

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département d'Electronique et des Télécommunications



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en : Instrumentation
Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
Filière : Electronique
Spécialité : Instrumentation
Thème

Système d'Arrosage Automatique avec Arduino

Présenté Par :

- AISSA MAMOUN NADIR
- BERREBI DJILALI

Devant le jury composé de :

Dr BENKREIFA Lahouaria Badir	MCB UAT.B.B	Président
Mme BOUTKHIL Malika	MAA UAT.B.B	Examineur
Pr. AYACHE Choukria	Pr UAT.B.B	Encadrant

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements

En premier lieu on remercie le bon DIEU, pour nous avoir donné la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

Derrière ce travail se cache la présence, le support et l'ouverture d'esprit de notre encadreur **Professeur AYACHE Choukria**, je tiens à vous la remercie de nous avoir encadré, orienté, aidé et conseillé et sans oublier d'exprimer nos vifs remerciements à notre chère enseignante, **Melle BADIR** pour sa grande patience, sa disponibilité et surtout ses conseils très précieux qui ont été d'un grand soutien dans l'élaboration de ce mémoire.

Nous adressons nos sincères remerciements aux membres du jury **Mme BOUTKHIL** et **Melle BADIR** de nous avoir fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Nous exprimons également notre profonde gratitude à tous les enseignants du département de génie électronique et télécommunication, à tous ceux et celles qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

Enfin, On voudrait remercier très chaleureusement nos familles et à nos parents, qui ont été nos plus fidèles supporteurs et qui nous ont aidé à traverser cette période.

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

- Nos chers parents **Mohamed, Houarie** notre exemple éternel, notre soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui a toujours sacrifié pour que nous réussissons, que Dieu les garde dans son vaste paradis.
- A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

Résumé

Notre projet vise à utiliser un système intelligent dans le processus d'irrigation des plantes agricole pour résoudre les problèmes financiers et matériels associés, tout en réduisant le rendement annuel de l'agriculture. En exploitant les capacités de l'intelligence artificielle, notre objectif est de déterminer avec précision le moment et la quantité d'eau nécessaire pour irriguer l'exploitation agricole. Cette approche permet aux agriculteurs de gérer plus efficacement leurs consommations d'eau et d'énergie, tout en améliorant la qualité de leurs produits.

Mot clés : irrigation-Arduino-capteur d'humidité de sol-capteur de niveau d'eau.

Summary

Our project aims to use an intelligent system in the process of agricultural plant irrigation to address the associated financial and material problems while reducing annual agricultural yield. By leveraging the capabilities of artificial intelligence, our objective is to accurately determine the timing and quantity of water required to irrigate the farm. This approach enables farmers to more efficiently manage their water and energy consumption while enhancing the quality of their products .

ملخص

مشروعنا يهدف إلى استخدام نظام ذكي في عملية ري النباتات الزراعية لحل المشاكل المالية والمادية المرتبطة، مع الحد من العائد السنوي للزراعة. من خلال استغلال قدرات الذكاء الاصطناعي، هدفنا هو تحديد الوقت والكمية المطلوبة من الماء بدقة لسقي المزرعة. هذا النهج يمكن المزارعين من إدارة استهلاكهم للماء والطاقة بكفاءة أكبر، مع تحسين جودة منتجاتهم

Table de matière

Table Des Matière

CHAPITRE 1

1. Introduction	15
2. Internet de l'irrigation	15
3. Les techniques d'irrigation agricole	16
3.1. L'irrigation par aspersion.....	16
3.2. L'irrigation par gravité.....	17
3.3. L'irrigation localisée.....	17
3.4. L'irrigation par submersion	17
3.5. L'irrigation par pivot	17
4. Les systèmes d'irrigation de surface (gravitaire)	18
4.1. Irrigation par planche.....	18
4.2. L'irrigation par bassin.....	19
4.3. L'irrigation a la raie	20
4.4. Irrigation par siphon	21
4.5. L'irrigation par ramps a vanettes.....	22
4.6. Irrigation par gain souple	23
4.7. Trans-irrigation.....	24
5. Mode de distributaire	25
6. Micro irrigation (goutte a goutte).....	26
6.1. Equipement du système goutte a goutte.....	27
6.1.1. Unité en tête.....	27
6.1.2. Tuyaux	27
6.1.3. Goutteurs	28
7. Pompe doseuse et injecteurs	30
8. Filtration	30
8.1. Filtre à disque.....	30
8.2. Filtre à tamis.....	30
8.3. Filtre à sable.....	31
8.4. Filtre à charbon actif.....	31
8.5. Filtre à cartouche	31
9. Régulateurs de pression.....	31

Table de matière

9.1.	Jauge de pression d'eau	32
9.2.	Vannes	32
10.	Irrigation par aspersion.....	33
11.	Comparaison des méthodes d'irrigation	34
12.	Conclusion	36

CHAPITRE 2

1.	Introduction	38
2.	Historique	38
3.	Définition.....	38
4.	Les caractéristiques de la carte Arduino.....	39
5.	Le principe de fonctionnement	40
6.	Le matériel.....	40
6.1.	Présentation de la carte	41
6.2.	Constitution de la carte	41
6.2.1.	Le microcontrôleur (1)	41
6.2.2.	L'alimentation (2et3)	42
6.2.3.	Visionnage.....	42
6.2.4.	La connectique.....	42
7.	La carte Arduino uno.....	43
7.1.	Les caractéristiques de la carte Arduino uno	43
7.2.	Brochage de la carte Arduino uno	44
7.2.1.	Les broche d'alimentation	44
7.2.2.	Les Broche numérique :	44
7.2.3.	Les Broches analogique :	45
8.	Les différents types d'Arduino	45
8.1.	Carte Arduino méga (la challenger) intermédiaire expert.....	45
8.1.1.	Caractéristiques de la carte Arduino méga.....	46
8.2.	Carte Arduino Leonardo	46
8.2.1.	Caractéristiques de la carte Arduino Leonardo.....	47
8.3.	La carte Arduino Nano	47
8.3.1.	Caractéristique de la carte Arduino Nano	48
9.	Comparaison entre les quatre cartes Arduino	48
10.	Les avantages de l'Arduino	49
11.	Domaine d'utilisation	50
8.4.	Mesure et détection.....	50
8.5.	Contrôle	50

Table de matière

8.6.	Automatisation	50
12.	Partie programme	50
8.7.	Logiciel	50
8.8.	Interface utilisateur	51
8.9.	Présentation de logiciel	51
8.9.1.	Approche et utilisation	52
8.9.2.	Le menu file.....	52
8.9.3.	Les boutons	53
8.10.	Le langage Arduino	53
13.	Partie simulation	54
8.11.	Définition de la simulation.....	54
8.12.	Définition Proteus	54
8.12.1.	ISIS	54
8.12.2.	Ares.....	55
14.	Sélection des composants à utilisé	55
15.	Conclusion.....	55

CHAPITRE 3

1.	Introduction	57
2.	Présentation du schéma	57
2.1.	Description du schéma.....	57
2.2.	L'explication du schéma	58
2.2.1.	Bloc d'entrée	58
2.2.2.	Bloc de traitement	59
2.2.3.	Bloc de sortie	60
3.	Simulation.....	60
3.1.	Conception de système	60
3.2.	Schéma de la carte	60
3.3.	Programme	61
4.	Réalisation	65
4.1.	Matériels utilisés.....	66
4.1.1.	Capteur d'humidité de la sole.....	66
4.1.2.	Capteur de niveau d'eau.....	67
4.1.3.	La pompe.....	68
4.1.4.	La carte Arduino	68
4.1.5.	Relais	69
4.1.6.	Cable USB.....	69

Table de matière

4.1.7.	Fils de pin d'Arduino	70
4.1.8.	Piles d'usage.....	70
4.1.9.	Les LED	71
4.1.10.	Résistance électrique.....	71
4.1.11.	Carte d'essai	72
4.1.12.	Afficheur LCD.....	72
4.2.	Oganigrame que représente la réalisation	74
5.	Résultat.....	75
5.1.	Code final.....	75
5.2.	Test pratique.....	77
6.	Conclusion.....	79

Liste de figures

LISTE DE FIGURES

CHAPITRE 1

Figure 1. 1 production céréalière par rapport à l'eau utilisé.....	16
Figure 1. 2 les grandes catégories du système irrigation.....	18
Figure 1. 3 irrigation par planche	19
Figure 1. 4 irrigation par bassin.....	20
Figure 1. 5 Irrigation a la raie	21
Figure 1. 6 irrigation par siphon	22
Figure 1. 7 irrigation par ramps a vanettes	23
Figure 1. 8 Irrigation par gain souple.....	24
Figure 1. 9 trans-irrigation	25
Figure 1. 10 irrigation goutte a goutte.....	26
Figure 1. 11 les équipements du système goutte à goutte	27
Figure 1. 12 tuyaux en polyéthylène.....	28
Figure 1. 13 Tuyaux en pvc.....	28
Figure 1. 14 Tuyaux en silicone	28
Figure 1. 15 les distributeur.....	29
Figure 1. 16 filtre disque	31
Figure 1. 18 filtre tamis.....	31
Figure 1. 17 filtre sable	31
Figure 1. 19 régulateur de pression.....	32
Figure 1. 20 régulateur de pression.....	32
Figure 1. 21 vannes utilisées	32
Figure 1. 22 irrigation par aspersion.....	33

CHAPITRE 2

Figure 2. 1: l'architecture de la carte arduino.....	38
Figure 2. 2: d0 a d13	39
Figure 2. 3 : a0 a a5.....	39
Figure 2. 4: description des entrées/sorties de la carte arduino uno	40
Figure 2. 5:présentation de la carte arduino	41
Figure 2. 6:exemple d'un microcontrôleur.....	41
Figure 2. 7:le shield ethernet arduino.....	43
Figure 2. 8: brochage de la carte arduino uno	44
Figure 2. 9: la carte arduino mega	45
Figure 2. 10: carte arduino leonardo.....	46
Figure 2. 11: carte arduino nano	47
Figure 2. 12 : l'interface de l'arduino ide.....	51
Figure 2. 13 : l'interface de l'arduino ide en détail.	51
Figure 2. 14 : le menu fichier	52
Figure 2. 15 : la barre d'outils.	53
Figure 2. 16 : logiciel proteus.....	54
Figure 2. 17 : bibliothèque isis	55

Liste de figures

Chapitre 3

Figure 3. 1 Représentation schématique du prototype	57
Figure 3. 2 Schéma de bloc d'entrées	58
Figure 3. 3 Branchement de capteur d'humidité de sol avec Arduino (19).....	59
Figure 3. 4 Schéma de la carte sur ISIS Proteus	61
Figure 3. 5 Fichier hex	64
Figure 3. 6 L'emplacement du fichier hex dans la carte	64
Figure 3. 7 Schéma de la carte durant la simulation	65
Figure 3. 9 Capteur d'humidité du sol	66
Figure 3. 8 circuit équivalent du capteur.....	66
Figure 3. 10 Capteur de niveau d'eau (21).....	67
Figure 3. 11 Pompe 3,7 V (22).....	68
Figure 3. 12 La carte Arduino Uno (13).....	69
Figure 3. 13 Relai 5V (19)	69
Figure 3. 14 Câble USB type A-B (19).....	70
Figure 3. 15 fils de pin d'Arduino (19).....	70
Figure 3. 16 Pile (19)	71
Figure 3. 17 Batterie 3.7V (19).....	71
Figure 3. 18 LED verte(17).....	71
Figure 3. 19 LED rouge (17)	71
Figure 3. 20 Résistance électrique (17).....	72
Figure 3. 21 Carte d'essai.....	72
Figure 3. 22 Afficheur LCD 16*2 (17)	73
Figure 3. 23 Organigramme de notre système.....	74
Figure 3. 24 remplissage en cours pompe on.....	77
Figure 3. 25 Bâche rempli pompe off.....	78
Figure 3. 26 sol humide pompe off.....	78
Figure 3. 27 sol sec pompe on	79

Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAU

CHAPITRE 1

Tableau 1. 1 Valeur en % de l'efficience au champ	35
---	----

CHAPITRE 2

Tableau 2. 1 Caractéristique de la carte Arduino uno	43
Tableau 2. 2 Caractéristique carte Arduino MEGA	46
Tableau 2. 3 Caractéristiques de la carte Arduino Leonardo.....	47
Tableau 2. 4 Des caractéristiques de la carte Arduino Nano	48
Tableau 2. 5 Comparaison entre les cartes Arduino	48

CHAPITRE 3

Tableau 3. 1 Caractéristique capteur d'humidité du sol.....	67
Tableau 3. 2 Câble de capteur niveau d'eau.....	68

Liste des symboles

Liste des symboles

M : mètre.

M³ : mètre cube.

M² : mètre carré

Mm : millimétré.

Mhz : méga hertz.

A : ampère.

mA : milli ampère

Ko : kilo octet.

Cm : centimètre.

Ha : hectare.

L : litre.

V : volt.

X : coefficient qui caractérisé le type d'écoulement.

KB : Kilo- Octet.

Liste des abréviations

Liste des abréviations

LED : Light Emetting Diode.

USB : Universal Serial Bus.

GND : Ground.

PWM : Pulse width Modulation.

BSD : Barklay Softaware Distribution.

IDE : Integrated Development Environnement.

PCB : Printed Circuit Board.

VCC : Alimentation Tension Continue.

LCD : liquid Crystal Display.

CAO : Conception Assisté par Ordinateur.

A/N : Analogique /Numérique.

DC / AC : direct current / Alternatif current.

AO : Analogue Output (Sortie analogique).

DO : Digital Output (Sortie numérique).

PC :(Personal Computer) : Ordinateur Personnel.

I2C : Inter-Integrated Circuit, type de câblage.

TX : Transmitter (émetteurs).

RX : Réceiver (récepteur).

SPI : Serial Peripheral Interface.

Liste des abréviation

RAM : Random Access Memory.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Introduction Générale

L'irrigation est une pratique qui consiste à apporter de l'eau artificiellement aux plantes pour les aider à croître et à produire des récoltes.

Cette technique est utilisée depuis des milliers d'années pour augmenter les rendements agricoles dans les régions où les précipitations naturelles sont insuffisantes. Elle est peut-être effectuée de différentes manières, en fonction de la topographie du terrain, de la disponibilité de l'eau et de la culture en question.

La gestion de l'arrosage est un défi majeur pour les propriétaires de jardins et de cultures.

L'arrosage manuel peut être chronophage et inconstant, entraînant souvent un gaspillage d'eau et une croissance irrégulière des plantes.

Pour répondre à ce défi, des systèmes d'arrosage automatique ont été développés. Ces systèmes offrent une solution efficace pour les propriétaires de jardins et de cultures, en offrant une gestion précise et automatisée de l'arrosage des plantes.

Dans cette mémoire de fin d'études, nous allons nous concentrer sur la conception et la mise en place d'un système d'arrosage automatique utilisant la carte Arduino.

Nous allons explorer les différents composants du système, ainsi que les logiciels nécessaires pour le programmer et le contrôler.

Nous allons également étudier les avantages et les inconvénients de l'utilisation de ce système et comment il peut être adapté aux différents besoins des utilisateurs.

L'objectif de cette recherche est de concevoir un système d'arrosage automatique fiable et efficace, capable de répondre aux besoins spécifiques des propriétaires de jardins et de cultures.

Nous allons étudier les différentes options disponibles pour les composants du système, ainsi que les différentes stratégies de programmation pour assurer un contrôle précis et fiable de l'arrosage. Aussi en n'a choisi le panneau ARDUINO UNO pour contrôler la pompe à eau qui assure le déplacement de l'eau, ainsi que le capteur d'humidité du sol.

Le programme est conçu pour gérer automatiquement les cycles d'irrigation et éviter le gaspillage d'eau en interrompant l'irrigation lorsqu'il pleut, grâce à une analyse

Introduction générale

préalable approfondie. Cette approche permet de réaliser des économies d'eau significatives. Pour atteindre ces objectifs, cette mémoire est divisée en trois chapitres:

- Le premier chapitre traite des généralités sur les systèmes d'irrigation.
- Le deuxième chapitre se concentre sur la présentation de la carte ARDUINO et les différents modules utilisés.
- Le troisième chapitre aborde l'étude et la mise en œuvre concrète du système d'irrigation automatique.

Enfin, une conclusion générale viendra clore l'ensemble de ce travail.

**Chapitre 1 : Généralité sur Les
Système D'irrigation**

1. Introduction

L'eau est un élément essentiel pour l'agriculture, car elle est nécessaire pour la croissance et la survie des plantes. Lorsque les précipitations ne sont pas suffisantes pour répondre aux besoins en eau des cultures, l'irrigation est souvent utilisée pour fournir de l'eau supplémentaire.

L'irrigation peut être définie comme la méthode artificielle de fournir de l'eau aux plantes pour une croissance optimale.

Les systèmes d'irrigation modernes peuvent être très efficaces pour économiser de l'eau et optimiser l'utilisation des ressources. Cependant, la quantité d'eau utilisée pour l'irrigation peut varier considérablement selon le type de culture, les conditions météorologiques et les pratiques de gestion des ressources en eau.

L'eau est donc un élément crucial dans la planification et la mise en œuvre de systèmes d'irrigation durables et efficaces.

2. Internet de l'irrigation (1)

L'irrigation est très importante pour l'agriculture, car elle permet de fournir aux cultures la quantité d'eau dont elles ont besoin pour leur croissance et leur développement. Voici quelques-uns des avantages et de l'importance de l'irrigation:

- ✓ **Augmentation des rendements** : L'irrigation peut aider à augmenter les rendements des cultures en fournissant de l'eau supplémentaire, ce qui peut améliorer la qualité et la quantité des produits.
- ✓ **Utilisation efficace des terres** : L'irrigation permet de cultiver des terres qui seraient autrement improductives en raison du manque d'eau. Cela peut aider à augmenter la production alimentaire et à fournir des moyens de subsistance à des millions de personnes dans le monde.
- ✓ **Gestion des risques climatiques** : L'irrigation peut aider à gérer les risques liés aux changements climatiques, tels que les sécheresses et les inondations, en fournissant une source d'eau constante et fiable pour les cultures.

- ✓ **Économie d'eau:** Les systèmes d'irrigation modernes sont de plus en plus efficaces pour économiser l'eau et optimiser l'utilisation des ressources. Cela est important car l'eau est une ressource limitée et précieuse.
- ✓ **Amélioration de la qualité de l'eau:** L'irrigation peut aider à améliorer la qualité de l'eau en évitant la surexploitation des sources d'eau souterraines et en réduisant les quantités d'eau de surface nécessaires pour les cultures.

En somme, l'irrigation est un élément clé de la production alimentaire, de la sécurité alimentaire et de la gestion des ressources naturelles dans de nombreuses régions du monde.

La figure 1 illustre de manière évidente les bénéfices de l'irrigation sur les rendements des cultures irriguées par rapport à ceux des cultures pluviales.

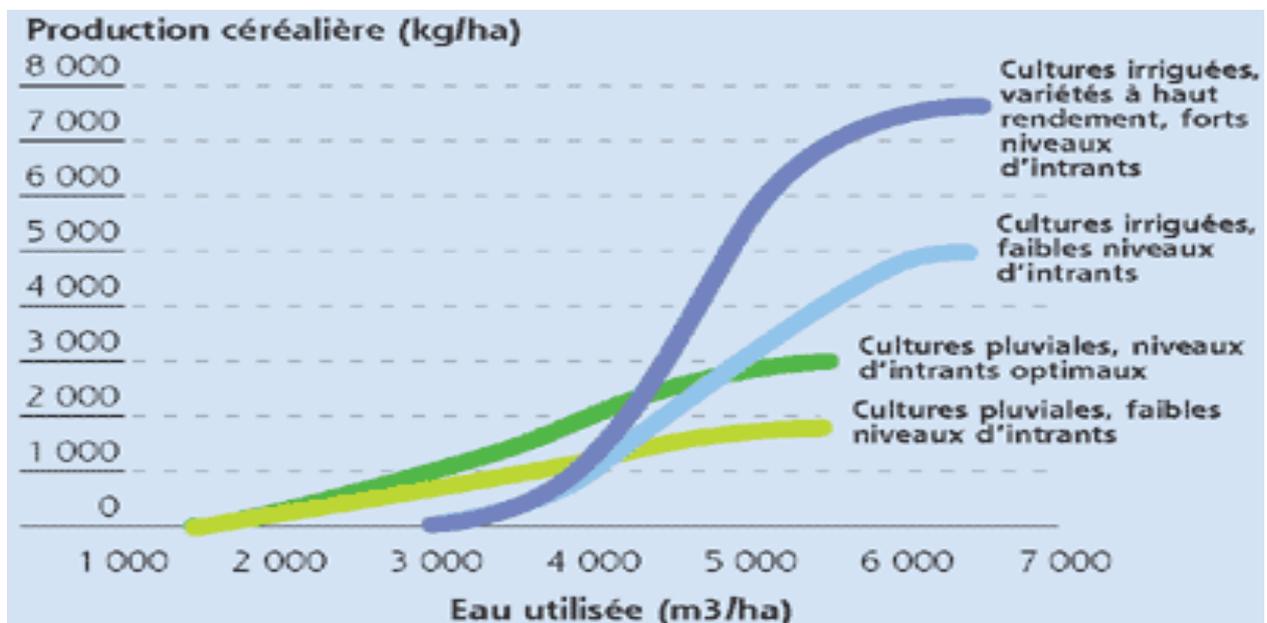


Figure 1. 1 production céréalière par rapport à l'eau utilisée (1)

3. Les techniques d'irrigation agricole (2)

Il existe plusieurs techniques d'irrigation agricole, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients en fonction des conditions locales. Les techniques les plus courantes sont :

3.1. L'irrigation par aspersion

L'eau est distribuée sous forme de petites gouttelettes à partir d'arroseurs placés en hauteur. Cette méthode est largement utilisée car elle est relativement facile à mettre

en place et à utiliser, et permet une distribution uniforme de l'eau sur toute la surface irriguée.

3.2. L'irrigation par gravité

L'eau est acheminée par des canaux ou des conduits vers les champs, où elle est répartie sur le sol par gravité. Cette technique est simple et peu coûteuse, mais peut être inefficace si le terrain n'est pas plat et si l'eau n'est pas répartie uniformément.

3.3. L'irrigation localisée

L'eau est appliquée directement à la racine des plantes à travers des tuyaux perforés ou des goutteurs. Cette méthode est très efficace car elle permet d'économiser de l'eau en réduisant les pertes par évaporation et en n'arrosant que les plantes qui en ont besoin.

3.4. L'irrigation par submersion

L'eau est laissée librement dans les champs pour submerger le sol. Cette technique est principalement utilisée pour les cultures de riz, mais elle peut également être utilisée pour d'autres cultures dans les zones où l'eau est abondante.

3.5. L'irrigation par pivot

L'eau est distribuée à partir d'une installation de pivot central, qui tourne autour d'un axe pour irriguer une surface circulaire. Cette technique est très efficace et permet une distribution uniforme de l'eau, mais elle peut être coûteuse à installer.

Fin de compte, le choix de la technique d'irrigation dépendra des conditions locales, des En ressources disponibles et des objectifs de l'agriculteur.

Dans la pratique, on distingue l'irrigation gravitaire, l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion

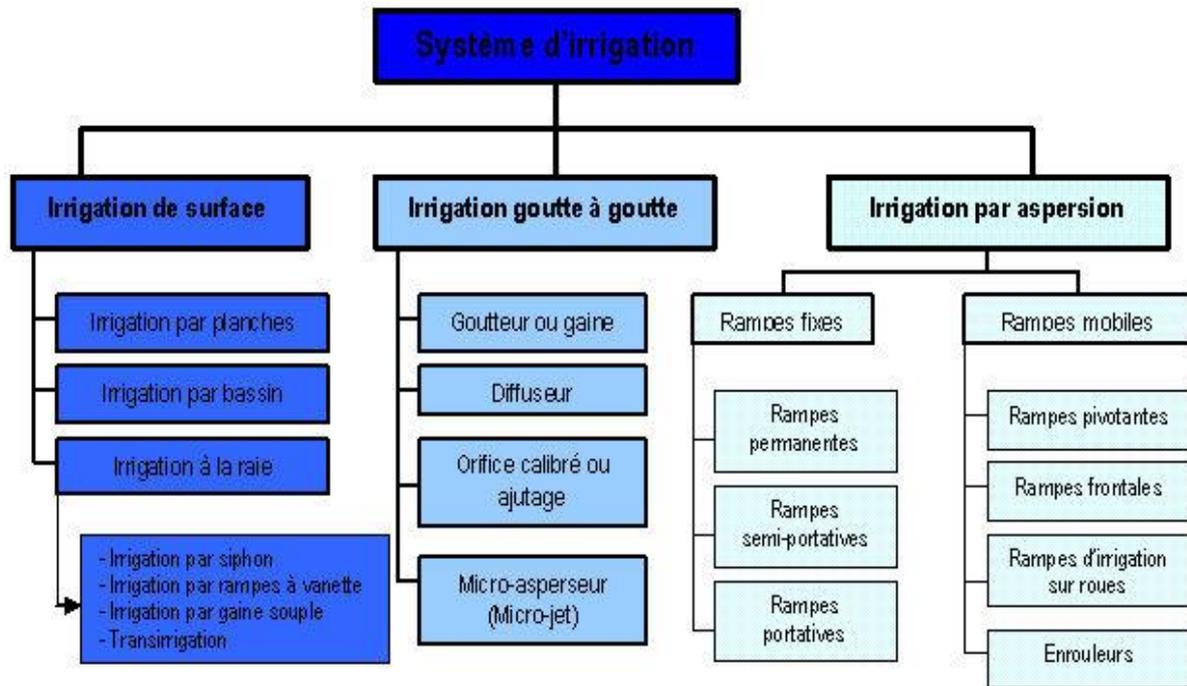


Figure 1. 2 les grandes catégories du système irrigation (2)

4. Les systèmes d'irrigation de surface (gravitaire) (3)

Les systèmes d'irrigation de gravitaires sont classés dans l'ordre croissant de leur efficacité en :

4.1. Irrigation par planche

L'irrigation par planche est une méthode d'irrigation qui est utilisée pour arroser les cultures en les inondant avec de l'eau à partir de canaux ou de fossés situés le long des bords des champs.

Dans cette méthode, les champs sont divisés en sections rectangulaires appelées planches, et de l'eau est déviée dans chacune de ces sections par des canaux ou des fossés. L'eau s'accumule alors sur les planches et s'infiltre dans le sol, fournissant ainsi de l'eau aux plantes.

L'irrigation par planche peut être effectuée à la main ou à l'aide de systèmes automatisés. Cette méthode peut être très efficace pour les cultures telles que le riz, le maïs et les légumes, car elle permet une distribution uniforme de l'eau et peut réduire la perte d'eau due à l'évaporation et au ruissellement. Cependant, cela peut également

nécessiter une quantité importante d'eau et peut ne pas être pratique pour toutes les cultures ou tous les types de sols.



Figure 1. 3 Irrigation par planche (3)

4.2. L'irrigation par bassin

L'irrigation par étang est une méthode courante d'irrigation par gravité, en particulier dans les zones de terrain plat avec des pentes entre 0,1 et 1%. Cette méthode est appréciée pour sa simplicité, notamment pour remplir les bassins, et est souvent appelée "Robât". Les bassins utilisés ont généralement une taille comprise entre 40 et 50 mètres carrés.

L'irrigation par bassin est particulièrement utile dans les régions où l'eau est rare ou coûteuse car elle permet une utilisation efficace de l'eau. Cette méthode peut également aider à réduire l'érosion du sol et à améliorer la qualité des sols. Elle est souvent utilisée pour irriguer des cultures telles que les légumes, les fruits, les arbres fruitiers et les cultures ornementales.



Figure 1. 4 Irrigation par bassin (3)

4.3. L'irrigation a la raie

L'irrigation à la raie est une méthode d'irrigation bien adaptée aux sols ayant des pentes comprises entre 0,2 et 3%. Cette méthode est généralement utilisée sur des sols à faible pente de 0,6 à 1,25 mètres et peut être adaptée à divers types de cultures.

Les rainures sont créées à l'aide d'outils de labourage, tels que des charrues, des disques ou des fraises, en fonction de la taille et de la profondeur souhaitées. L'eau est ensuite acheminée le long des rainures, soit par gravité, soit par pompage, et est directement appliquée aux racines des plantes.

Cette méthode peut être efficace pour réduire les pertes d'eau par évaporation et par ruissellement, et pour améliorer l'utilisation de l'eau en ciblant l'irrigation sur la zone racinaire des plantes.



Figure 1. 5 Irrigation a la raie (3)

4.4. Irrigation par siphon

L'irrigation par siphon est une technique adaptée pour arroser les cultures telles que les skis. Les joints en plastique ont une épaisseur de 1,5 mm et un diamètre qui varie de 20 à 43 mm. Ces joints sont relativement légers et ont des longueurs allant de 1 à 1,5 mètre. Pour fonctionner correctement, une charge de 10 cm est suffisante. Les débits d'eau peuvent varier en fonction de la hauteur de la tête d'eau, allant de 0,25 à 2 litres par seconde pour une hauteur de 5 cm à 20 cm respectivement. Il est également possible d'ajuster les débits en utilisant des bouchons perforés et en combinant des tuyaux de différents diamètres.

Le siphon est un dispositif qui utilise la gravité pour transférer l'eau d'un endroit à un autre en créant un vide partiel dans un tube rempli d'eau. Pour mettre en place un système d'irrigation par siphon, on commence par remplir le tube avec de l'eau, puis on place une extrémité du tube dans l'eau de la source et l'autre extrémité dans le champ à irriguer. La gravité tire l'eau vers le bas et crée un vide partiel dans le tube, ce qui aspire l'eau de la source et l'achemine vers le champ.

L'irrigation par siphon est une méthode simple et peu coûteuse, qui ne nécessite pas d'électricité ou de pompes.

Cependant, elle peut être inefficace si le terrain n'est pas plat ou si le siphon n'est pas correctement construit. Il est important de s'assurer que le tube est étanche et que

les extrémités sont bien positionnées pour éviter les fuites d'eau et les pertes d'efficacité.



shutterstock.com · 1048842437

Figure 1. 6 Irrigation par siphon (3)

4.5. L'irrigation par rampes a vanettes

L'irrigation par rampes à vanettes est une méthode d'irrigation qui utilise des rampes dotées de petits tuyaux percés de trous (les vanettes) pour distribuer l'eau sur le terrain. Les rampes sont placées à intervalles réguliers le long de la zone à irriguer et sont généralement mobiles pour permettre une couverture uniforme du champ.

Elle est efficace pour irriguer des cultures telles que les céréales, les légumes, les fruits et les plantes fourragères. Elle peut être utilisée sur des sols plats ou en pente légère et peut être adaptée à une grande variété de tailles et de formes de terrain.

Cependant, cette méthode peut également entraîner un gaspillage d'eau si les vanettes ne sont pas correctement positionnées ou si l'eau est appliquée à un rythme trop rapide. De plus, les coûts d'installation et de maintenance peuvent être élevés, en particulier pour les grandes exploitations agricoles.

Il est donc important de bien planifier et de gérer l'irrigation par rampes à vanettes pour garantir une utilisation efficace de l'eau et des résultats agricoles optimaux.



Figure 1. 7 Irrigation par rampes a vanettes (3)

4.6. Irrigation par gain souple

L'irrigation par gain souple, également connue sous le nom d'irrigation par tuyau poreux, est une méthode d'irrigation qui utilise un tuyau poreux pour distribuer de l'eau sur le terrain. Le tuyau est posé au sol ou enterré légèrement, et l'eau s'écoule lentement à travers les pores du tuyau, mouillant ainsi le sol et les racines des plantes.

Ce type d'irrigation, avec une tête de 0,4 à 1 m, convient aux terrains relativement plats.

Débits en by-pass de l'ordre de 2 l/sec.

L'un des avantages de l'irrigation par gain souple est qu'elle est très efficace pour l'utilisation de l'eau, car elle permet de minimiser les pertes d'eau par évaporation et ruissellement. Elle peut également réduire la croissance des mauvaises herbes, car elle ne mouille que la zone racinaire des plantes.

Cependant, cette méthode peut être coûteuse à installer et nécessite une surveillance régulière pour garantir que le débit d'eau est uniforme et que le tuyau n'est pas obstrué. De plus, elle peut ne pas être adaptée aux cultures qui nécessitent une irrigation fréquente et abondante, car le débit d'eau est relativement faible.



Figure 1. 8 Irrigation par gain souple (3)

4.7. Trans-irrigation

La trans-irrigation est une méthode d'irrigation qui utilise un canal pour transporter l'eau d'une source d'eau (rivière, lac, réservoir) vers des terres agricoles éloignées. Le canal est conçu pour suivre les contours du terrain et peut être souterrain ou à ciel ouvert.

Pour l'installation d'un tuyau en PVC rigide d'un diamètre de 250 mm et d'une épaisseur de paroi de 4,9 mm, il est nécessaire d'obtenir une pente uniforme allant de 0,25 à 0,6 % pour permettre la formation d'un angle de 30° par rapport à la verticale et la création de trous équilibrés.

Cette méthode d'irrigation est souvent utilisée dans les zones arides où les ressources en eau sont limitées et où les précipitations sont faibles. Elle peut permettre de fournir de l'eau à des terres agricoles situées à plusieurs kilomètres de la source d'eau.

Cependant, la trans-irrigation peut être coûteuse à construire et à entretenir, en particulier si le canal est à ciel ouvert et doit être protégé contre l'érosion et les dommages causés par les intempéries. De plus, cette méthode peut être limitée par la topographie et la disponibilité en eau de la région.

En outre, les problèmes environnementaux tels que la diminution de la quantité d'eau dans la source d'eau due à l'irrigation peuvent également affecter les écosystèmes locaux. Il est donc important de prendre en compte les impacts environnementaux et les coûts associés lors de la décision d'utiliser la trans-irrigation comme méthode d'irrigation



Figure 1. 9 Trans-Irrigation (3)

5. Mode de distributaire (4)

Le mode de distribution de l'eau en irrigation gravitaire peut se faire selon trois modes différents : la partition, le tour d'eau et la demande.

- **Partition:** l'eau est répartie en fonction des surfaces à irriguer, de manière fixe et simultanée. Ce système est simple mais rigide et est largement utilisé en Inde du Nord sous le nom de Wara Bandi.

- **Tour d'eau:** le réseau est divisé en quartiers d'une cinquantaine d'hectares en général. Chaque quartier est alimenté en continu pendant une période de temps déterminée, et chaque agriculteur bénéficie du débit d'eau à tour de rôle. Le débit peut être fixe en termes de débit et de durée, ou variable en fonction de l'un ou l'autre, voire les deux.

Ce mode de distribution est appliqué de manière plus stricte pendant les périodes de pointe d'arrosage, tandis qu'une demande plus ou moins restreinte est mise en place le reste du temps.

- **Demande:** ce mode de distribution est très rare en irrigation gravitaire car il est difficile à mettre en œuvre, sauf lorsque le débit disponible est toujours supérieur à la demande. Dans ce cas, le rendement du réseau est très faible.

Il est important de noter qu'il existe des canaux principaux qui alimentent des réseaux sous pression. En pratique, le fonctionnement réel de nombreux réseaux se situe entre les modes tour d'eau et demande.

6. Micro irrigation (goutte a goutte) (2)

L'irrigation goutte à goutte est une méthode d'irrigation qui consiste à fournir de petites quantités d'eau directement au niveau des racines des plantes, grâce à des tuyaux perforés et des goutteurs régulés.

Cette méthode permet de distribuer l'eau de manière contrôlée et régulière, ce qui peut améliorer la croissance et la santé des plantes tout en réduisant la consommation d'eau. Elle est utilisée dans l'agriculture, l'horticulture et les jardins domestiques pour irriguer une grande variété de cultures.

En général, pour sa mise en œuvre, il est nécessaire d'automatiser le processus à l'aide de contrôleurs qui sont connectés à des vannes volumétriques et/ou hydrauliques ainsi qu'à des électrovannes.



Figure 1. 10 Irrigation goutte à goutte (2)

6.1. Equipement du système goutte a goutte (5)

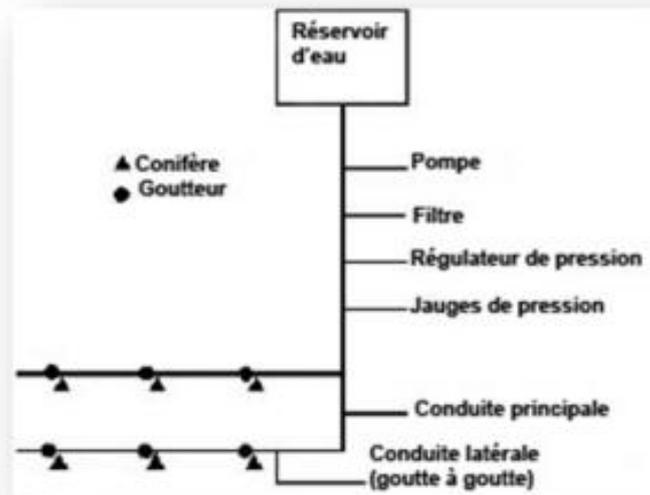


Figure 1. 11 Les équipements du système goutte à goutte (5)

Le système goutte à goutte est un système d'irrigation qui fournit de l'eau directement aux racines des plantes. Il est composé des équipements suivants :

6.1.1. Unité en tête

La principale unité comprend tous les composants requis pour assurer le conditionnement et la sécurité de fonctionnement.

6.1.2. Tuyaux

Il existe différents types de tuyaux utilisés pour l'irrigation goutte à goutte, voici quelques exemples:

- **Tuyaux goutte à goutte en polyéthylène:** Ces tuyaux sont souples et peuvent être facilement installés dans le jardin. Ils ont des émetteurs intégrés qui délivrent de l'eau directement aux racines des plantes.
- **Tuyaux goutte à goutte en silicone:** Ces tuyaux sont fabriqués à partir de matériaux en silicone et ont une durée de vie plus longue que les tuyaux en polyéthylène. Ils peuvent également résister à des températures plus élevées.
- **Tuyaux goutte à goutte en PVC:** Ces tuyaux sont rigides et sont principalement utilisés pour l'irrigation des grandes surfaces agricoles. Ils ont également des émetteurs intégrés.



Figure 1. 12 Tuyaux en polyéthylène (5)



Figure 1. 13 Tuyaux en pvc (5)



Figure 1. 14 Tuyaux en silicone (5)

6.1.3. Goutteurs

Des goutteurs sont des dispositifs qui sont insérés dans les tuyaux pour distribuer l'eau directement aux racines des plantes. Les goutteurs peuvent être ajustés pour délivrer une quantité spécifique d'eau.

Les différents types de distributeurs d'irrigation goutte à goutte, qui sont classés en fonction de leur flux en arroseurs, diffuseurs et arroseurs fins. Chacun de ces types de distributeurs est adapté à des besoins spécifiques en matière d'irrigation.

Les goutteurs sont particulièrement adaptés pour l'irrigation des cultures maraîchères et pérennes car ils ont un faible débit et fonctionnent à une pression relativement basse d'environ 1 bar. En pratique, les goutteurs ont une valeur de débit

comprise entre 1 et 16 l/h, et sont utilisés à une vitesse de 2 l/h pour les cultures maraîchères et 4 l/h pour les cultures pérennes, telles que les arbres fruitiers et la vigne. En fonction du type de dispositif goutte à goutte utilisé, la méthode d'installation sur le collecteur peut être shunt, intégrale ou compacte. La méthode compacte est de plus en plus populaire en raison de son coût de fabrication inférieur et de sa facilité d'installation sur le terrain. Cette méthode nécessite simplement l'ouverture de la rampe, tandis que les autres méthodes nécessitent l'installation manuelle de chaque goutteur en fonction des distances souhaitées.

Les goutteurs peuvent être disposés en cercle pour couvrir une plus grande surface. Dans certains projets d'irrigation goutte à goutte pour les cultures pérennes, on peut également utiliser un épi de plus petit diamètre lorsque les plantes sont jeunes, puis ajouter un second épi lorsque les besoins en eau sont plus importants.

Pour ajuster le débit des goutteurs en fonction de la pression, une formule peut être utilisée, qui prend en compte la constante K et le paramètre x , qui varie selon le type de système d'irrigation. Si plusieurs valeurs de débit du goutteur sont disponibles, en plus des valeurs de pression correspondantes, il est possible d'utiliser cette formule pour calculer les valeurs de K et x . En général, les constructeurs fournissent les caractéristiques des distributeurs sous forme de tableaux ou de graphiques pour faciliter le calcul de leur débit. Les goutteurs non autorégulateurs ont une valeur x allant de 0,5 pour le système turbulent à 1 pour le système laminaire. Cela signifie que le débit des goutteurs non autorégulateurs varie en fonction de la pression, et peut nécessiter des ajustements en fonction des besoins spécifiques de l'irrigation.



Figure 1. 15 Les distributeurs (5)

7. Pompe doseuse et injecteurs (4)

Pour choisir le bon dispositif d'injection d'engrais, il est important de prendre en compte la concentration d'engrais nécessaire ainsi que la précision requise. D'autres critères tels que la mobilité, le coût et le mode de fonctionnement doivent également être pris en considération.

Il existe différents types de dispositifs d'injection d'engrais, tels que les diluants qui consistent en une cuve ouverte dans laquelle on introduit l'engrais. Cependant, le temps de dégel des engrais n'est pas toujours bien connu et la concentration peut varier beaucoup entre le début et la fin de l'irrigation, limitant ainsi la surface à irriguer.

Les pompes doseuses hydrauliques, quant à elles, fonctionnent de manière régulière en aspirant et en poussant une quantité fixe et connue de solution d'engrais dans la ligne d'irrigation, offrant une précision dans le processus. Leur démarrage et leur arrêt peuvent être commandés par une vanne volumétrique ou une électrovanne.

Les pompes doseuses électriques, qui sont constituées d'un moteur électrique entraînant une pompe à membrane ou à piston, sont également précises et offrent une large gamme de débits d'injection. De plus, il est possible d'installer plusieurs pompes en parallèle pour injecter plusieurs solutions simultanément.

8. Filtration (2)

La filtration est une étape essentielle dans le processus d'irrigation au goutte-à-goutte. Elle permet de garantir l'efficacité du système en éliminant les impuretés présentes dans l'eau d'irrigation ainsi que celles qui pourraient se former pendant l'irrigation. Pour ce faire, différents types de filtres sont utilisés afin d'assurer une filtration adéquate et de préserver la longévité des goutteurs.

8.1. Filtre à disque

Il est composé de plusieurs disques superposés contenant des fentes qui permettent de filtrer l'eau. Les particules plus grosses sont piégées sur les disques, tandis que l'eau propre est évacuée.

8.2. Filtre à tamis

Ce type de filtre utilise un tamis en acier inoxydable ou en nylon pour filtrer les particules en suspension dans l'eau. Les tamis peuvent être de différentes tailles pour filtrer les particules plus ou moins fines.

8.3. Filtre à sable

Ce type de filtre utilise une couche de sable pour filtrer l'eau. Les particules en suspension dans l'eau sont piégées dans le sable, tandis que l'eau propre est évacuée.

8.4. Filtre à charbon actif

Ce type de filtre utilise pour adsorber les impuretés et les contaminants présents dans l'eau.

8.5. Filtre à cartouche

Ce type de filtre utilise une cartouche en fibres synthétiques pour filtrer les particules en suspension dans l'eau. Les cartouches peuvent être facilement remplacées lorsqu'elles sont obstruées.

Le choix du type de filtre dépendra de la qualité de l'eau à filtrer, du débit d'eau requis, ainsi que des exigences spécifiques du système de goutte à goutte utilisé.



Figure 1. 18 Filtre tamis



Figure 1. 17 Filtre disque



Figure 1. 16 Filtre sable

9. Régulateurs de pression (5)

Les régulateurs de pression sont utilisés pour réguler la pression de l'eau dans le système. Les goutteurs fonctionnent mieux à une pression spécifique, et les régulateurs de pression garantissent que la pression est maintenue à ce niveau.



Figure 1. 19 Régulateur de pression (5)

9.1. Jauge de pression d'eau

Une jauge de pression d'eau est un instrument de mesure qui permet de mesurer la pression de l'eau dans un système. Elle est généralement constituée d'un boîtier en métal ou en plastique, d'un cadran gradué et d'un indicateur de pression.



Figure 1. 20 Régulateur de pression (5)

9.2. Vannes (5)

Les vannes sont utilisées pour réguler le débit d'eau et pour couper l'eau dans certaines parties du système.



Figure 1. 21 vannes utilisées (5)

10. Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est recommandée dans les cas suivants :

- Sols peu profonds qui ne peuvent pas être installés correctement pour une irrigation de surface tout en maintenant une profondeur suffisante Pour les sols très perméables qui ne permettent pas une distribution uniforme de l'eau au cours de l'irrigation avec ruissellement.
- Terrain présentant une pente irrégulière et un terrain accidenté, et ne permettant pas la création d'un service gravitaire à surface vide. En revanche, il est à éviter dans les zones aux vents trop réguliers (des vents supérieurs à 4 ou 5 m/s détériorent sensiblement la régularité des arrosages) et également lors de la réalisation d'arrosages salins de plantes à feuilles sensibles à la salinité Les installations d'irrigation sous pression sont généralement constituées d'équipements fournissant la pression nécessaire à leur fonctionnement, de débitmètres et d'appareils de contrôle, et d'une canalisation principale amenant l'eau vers les canalisations secondaires et tertiaires.



Figure 1. 22 Irrigation par aspersion (2)

D'autres éléments peuvent être utilisés, notamment un filtre ou batterie de filtres et un dispositif d'ajout d'éléments de compost. Il est nécessaire de considérer les facteurs suivants lors de la mise en œuvre d'un projet de dimensionnement pour tout système d'irrigation sous pression :

- La taille et la forme de la zone à irriguer, sa topographie et le type de sol.
- Sources d'eau disponibles ou potentielles et leurs caractéristiques.

Conditions climatiques de la région, accès à la terre et culture à irriguer. Reformuler ce passage.

11. Comparaison des méthodes d'irrigation (2)

Le passage de l'irrigation de surface à l'irrigation par aspersion est un choix courant dans l'agriculture, car l'irrigation de surface est considérée comme moins efficace que l'irrigation par aspersion, et nécessite également plus de main-d'œuvre. Toutefois, avant de procéder à cette conversion, il est important de prendre en compte de nombreux facteurs tels que les impacts sur les récoltes, l'eau, l'emploi, les économies d'énergie, l'aspect économique, les conditions climatiques et les caractéristiques du terrain.

Il est important de noter que chaque méthode d'irrigation a ses avantages et ses inconvénients, il n'y a donc pas de solution unique pour tous les cas. Les avantages et les inconvénients de chaque méthode doivent être soigneusement évalués pour prendre une décision éclairée. Ainsi, un tableau comparatif des différentes méthodes d'irrigation peut être utile pour prendre une décision éclairée, en fonction des facteurs tels que le coût, la consommation d'eau, les impacts sur les récoltes, l'impact environnemental et la complexité du système.

Il convient également de noter qu'un système d'irrigation qui fonctionne bien dans une région ou pour une culture particulière peut ne pas être adapté à une autre région ou culture. Par conséquent, si un système d'irrigation n'est pas adapté à une situation particulière, il peut ne pas être plus efficace ou ne pas fournir plus d'eau que la méthode d'irrigation d'origine.

Enfin, il est important de considérer les économies d'eau possibles lors du passage d'une méthode d'irrigation à une autre. Ces économies dépendent de la différence d'efficacité au champ entre les deux méthodes d'irrigation. Par conséquent, il est important de prendre en compte tous les facteurs pertinents pour déterminer la méthode d'irrigation la plus appropriée pour une situation donnée.

Systèmes d'irrigations	Efficiencce au champ (en %)
Systèmes d'irrigations de surface	
Irrigation à la raie (inclinée)	50-80
Avec réutilisation des eaux en aval	60-90
Irrigation à la raie (horizontale)	65-95
Irrigation par planche	50-80
Bassins plats	80-95
Aspersion (sauf pivots)	-
Aspersion avec déplacement	60-85
Sidé Roll	60-85
Canon déplaçable	55-75
Rampes Frontale	-
Sprays (alimentation par tuyau)	75-95
Sprays (alimentation par canal)	75-95
Pivots	-
Asperseurs à batteur avec canon d'extrémité	75-90
Spray sans canon d'extrémité	75-95
Système LEPA sans canon d'extrémité	80-95
Systèmes de micro irrigation	-
Goutte à goutte de surface	70-95
Goutte à goutte enterré (SDI)	75-95
Micro asperseurs	70-95

Tableau 1. 1 Valeur en % de l'Efficiencce au champ

12. Conclusion

D'après une étude menée au Maroc de 2012 à 2016, l'utilisation de l'irrigation automatique a augmenté le rendement moyen de 13 % au cours de ces trois années d'essai, sans affecter significativement la taille des fruits. Les paramètres de qualité des fruits, tels que la fermeté, la teneur en sucre et l'acidité, n'ont pas été significativement affectés par le mode de gestion de l'irrigation.

En outre, l'utilisation de l'irrigation automatique gérée par WEM (Water Mark Electronica Module) a permis de réduire considérablement la consommation d'eau par rapport à l'irrigation manuelle traditionnelle, avec des économies allant de 41 à 58 % selon l'année.

Chapitre 2: L'Arduino et les différents modules

1. Introduction

Arduino est une marque qui produit des cartes électroniques destinées à la fabrication d'ordinateurs capables d'interagir avec leur environnement en utilisant des capteurs, des moteurs, des émetteurs de lumière, etc. Elle propose également une plateforme open source qui facilite le partage et la modification de code. L'objectif d'Arduino est de rendre les microcontrôleurs accessibles et faciles à utiliser pour le grand public. Arduino offre à la fois une solution matérielle (hardware) et logicielle (software), connue sous le nom de "Arduino Integrated Development Environment" (IDE). La simplicité et l'intuitivité de la marque ont permis une adoption rapide dans le monde entier, laissant place à l'imagination comme seule limite.

2. Historique (6)

La carte Arduino a été créée en 2005 par un groupe d'étudiants de l'Interaction Design Institute Ivrea en Italie, composé de Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis et Nicholas Zambetti. Ils ont créé la carte pour simplifier le processus de création de projets électroniques pour les étudiants en design interactif qui n'avaient pas nécessairement une formation en électronique.

La première version de la carte Arduino, appelée "Arduino Serial", était basée sur le microcontrôleur Atmel ATmega8.

3. Définition (7)

Une carte Arduino est une petite (5,33 x 6,85 cm) carte électronique équipée d'un microcontrôleur. Le microcontrôleur permet, à partir d'événements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs; la carte Arduino est donc une interface programmable. Une carte Arduino est une plateforme de prototypage électronique open-source basée sur un microcontrôleur. La carte Arduino la plus utilisée est la carte Arduino Uno dans la Figure 2.1.



Figure 2. 1 L'architecture de la carte Arduino (7)

Le système Arduino se compose essentiellement de deux éléments : une plateforme matérielle et un environnement de développement logiciel.

4. Les caractéristiques de la carte Arduino (8)

L'Arduino Uno est une carte électronique basée sur un microcontrôleur ATmega328P. Elle dispose de plusieurs ports d'entrée/sortie qui nous permettant de se connecter avec un dispositif ou de s'alimenter.

Cette dernière elle dispose plusieurs caractéristiques :

- **Le port USB:** il permet de connecter la carte Arduino Uno à un ordinateur pour la programmer et/ou communiquer avec elle.
- **Le connecteur d'alimentation:** il permet de fournir une alimentation externe à la carte, par exemple à partir d'un adaptateur secteur.
- **14 broches entrée/sortie numérique (0-13):** elles permettent de contrôler des composants externes tels que des LED, des moteurs, des capteurs, etc. elles peuvent les considérer comme des sorties et des entrées.



Figure 2. 2 D0 à D13 (8)

- **Les broches d'entrée analogique (A0-A5):** elles permettent de mesurer des signaux analogiques tels que la luminosité, la température, etc.



Figure 2. 3 A0 à A5 (8)

- Bus I2C, SPI.
- Un oscillateur à quartz de 16 MHz pour fournir une horloge précise au microcontrôleur.
- 2 Ko de RAM pour stocker les variables et les données temporaires.
- 32 Ko de mémoire flash pour le programme de l'utilisateur.
- Bouton reset.

Remarque : Les broches (3, 5, 6, 9,10 et 11) possible de reconfigurer six des quatorze broches d'entrée/sortie numériques en broches sortie analogique.

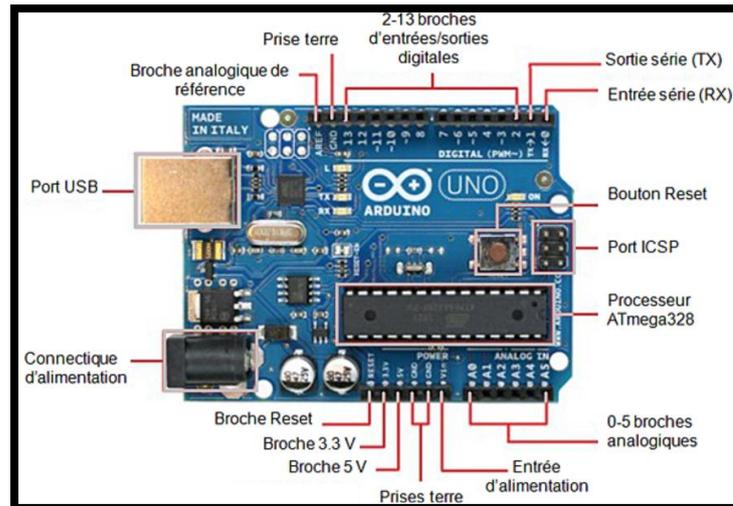


Figure 2. 4 Description des entrées/sorties de la carte Arduino Uno (8)

5. Le principe de fonctionnement (9)

Le principe de fonctionnement de l'Arduino repose sur un microcontrôleur programmable qui contrôle les entrées et les sorties de la carte en fonction du code que l'utilisateur a écrites.

Voici les étapes principales du fonctionnement d'un Arduino :

- L'utilisateur écrit du code dans l'IDE Arduino et le téléverse sur la carte Arduino via un câble USB.
- On vérifie ce programme avec le logiciel Arduino si des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
- Le microcontrôleur de la carte Arduino exécute le code téléversé et lit les signaux entrants des capteurs ou d'autres sources d'entrée.
- Le microcontrôleur traite les informations reçues et envoie des signaux de sortie aux actionneurs ou autres périphériques connectés à la carte.
- Les signaux de sortie contrôlent les actions des actionneurs, par exemple en allumant une LED, en faisant tourner un moteur ou en activant un relais.
- Ce processus se répète en boucle, permettant à l'utilisateur de contrôler les entrées et les sorties en temps réel.

6. Le matériel (10)

Pour débiter notre exploration de la carte Arduino, je vais vous introduire à sa structure physique. Nous allons examiner son utilisation et les composants qui y sont liés. J'ai encadré en rouge sur cette image les éléments clés de la carte.

6.1. Présentation de la carte (7)

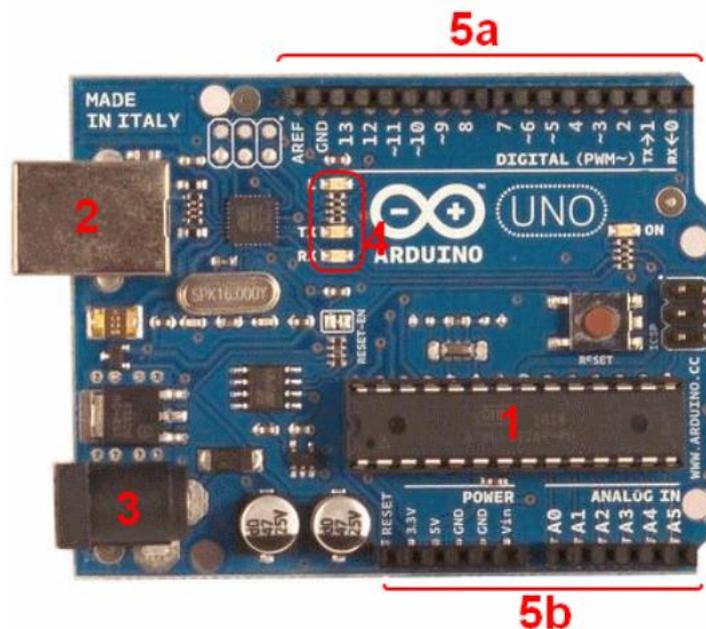


Figure 2. 5 Présentation de la carte Arduino (7)

6.2. Constitution de la carte :

La carte Arduino est constituée de :

6.2.1. Le microcontrôleur (1)

Le composant que nous voyons (1) ici est le cerveau de notre carte Arduino. Il sera chargé de recevoir le programme que nous aurons créé et de le stocker dans sa mémoire, puis de l'exécuter. Grâce à ce programme, il sera capable d'effectuer diverses actions telles que faire clignoter une LED, afficher des caractères sur un écran ou envoyer des données à un ordinateur.

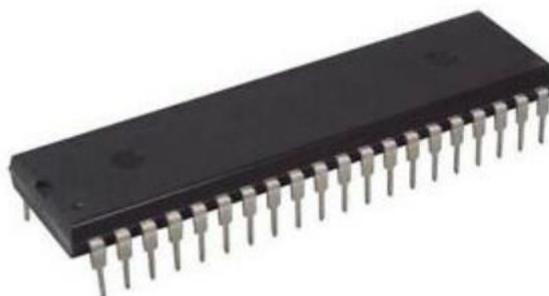


Figure 2. 6 Exemple d'un microcontrôleur (7)

6.2.2. L'alimentation (2 et 3)

Pour faire fonctionner la carte Arduino, il est nécessaire de lui fournir une alimentation. Le microcontrôleur intégré fonctionne avec une tension de 5V, ce qui peut être fourni par le port USB de l'ordinateur en (1) ou par une alimentation externe (3). Cette alimentation externe doit être continue et avoir une tension comprise entre 7V et 12V. Par exemple, une pile de 9V peut être utilisée. La carte dispose d'un régulateur qui abaisse la tension d'entrée à 5V pour assurer le bon fonctionnement de la carte. Il n'y a donc pas de risque de détériorer la carte en respectant cette plage de tension d'alimentation recommandée (7V-15V).

6.2.3. Visionnage

Les trois "points blancs" entourés en rouge (4) sont en fait des LED dont la taille est de l'ordre du millimètre. Ces LED servent à deux choses :

- La LED située en haut du cadre est reliée à une broche du microcontrôleur et permet de tester le fonctionnement du matériel.

Remarque : Lorsque la carte Arduino est connectée à un ordinateur, la LED verte nommée "L" clignote pendant quelques secondes. Ce clignotement indique que la carte est en train de s'initialiser et de se connecter au port USB de l'ordinateur.

- Les deux LED situées en bas du cadre sont là pour visualiser l'activité de la communication série. La LED RX (réception) s'allume lorsqu'elle reçoit des données, tandis que la LED TX (émission) s'allume lorsqu'elle envoie des données. Comme le téléchargement du programme vers le microcontrôleur se fait via la communication série, ces deux LED clignotent pour indiquer l'activité d'émission et de réception (chargement).

6.2.4. La connectique (7)

La carte Arduino ne dispose que d'une LED connectée à la broche 13 du microcontrôleur, ce qui rend nécessaire l'ajout de composants externes. Cela se fait en connectant les composants à la carte grâce à sa connectique, qui est essentielle et doit être respectée. Par exemple, pour connecter une LED, on peut la brancher sur l'une des sorties numériques de la carte avec une résistance en série, en respectant le brochage de la carte.

La connectique de la carte est également importante car elle permet de rendre "extensible" en permettant de connecter différents modules et montages pour réaliser des projets plus complexes. Par exemple, le « Shield Ethernet » est un module d'extension spécifique qui peut

être branché directement sur la carte Arduino Uno pour permettre une connexion filaire à Internet.

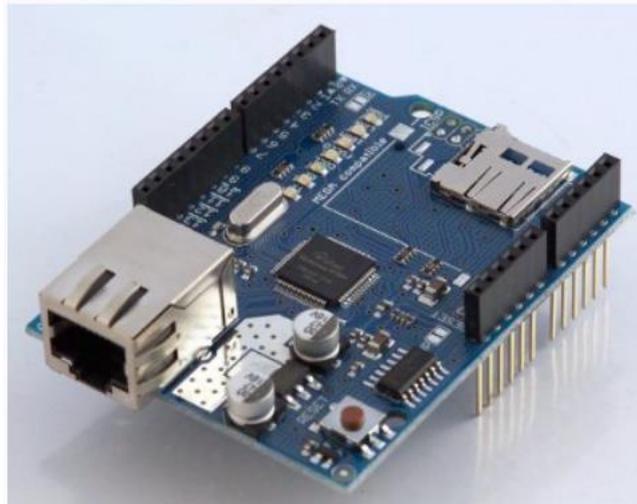


Figure 2. 7 Le Shield Ethernet Arduino (7)

7. La carte Arduino Uno (11)

7.1. Les caractéristiques de la carte Arduino Uno

Microprocesseur	ATMega328
Tension de fonctionnement	5v
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Mémoire flash	32 KB
Mémoire SRAM	2 KB
Mémoire EEPROM	1 KB
14 broches d'E/S	6 PWM
6 entrées analogiques	10 bits
Intensité par E/S	40 ma
Cadencement	16 MHz
Dimensions	74 x 53 x 15 mm
Bus série	12C et SPI
Tension d'alimentation (recommandée)	5-12 V
Gestion des interruptions	
Fiche USB	

Tableau 2. 1 Caractéristique de la carte Arduino uno (11)

7.2. Brochage de la carte Arduino uno (12)

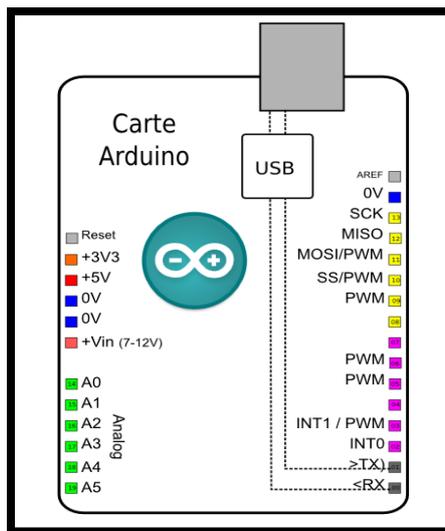


Figure 2.8 Brochage de la carte Arduino uno (12)

7.2.1. Les broche d'alimentation (12)

- **5V (en rouge) :** fournit une tension stable pour alimenter le microcontrôleur et les autres composants de la carte. Cette tension de 5V peut être obtenue soit à partir de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, soit directement depuis une connexion USB (qui fournit également du 5V régulé), ou encore à partir de toute autre source d'alimentation régulée.
- **GND (en bleu) :** (GROUND) la terre 0V.

7.2.2. Les Broche numérique :

14 broches numériques, numérotées de 0 à 13, qui peuvent être utilisées comme des entrées ou des sorties numériques, selon la configuration souhaitée. Pour utiliser ces broches, il est nécessaire de les déclarer en début de programme. Selon l'interface de programmation utilisée, cette configuration peut déjà être incluse (par exemple dans S4A) ou nécessitera une déclaration explicite (comme dans S2A ou Ardublock). Les broches numériques de la carte Uno fonctionnent sous une tension de 5V et peuvent fournir ou recevoir un maximum de 40 mA d'intensité, ce qui doit être pris en compte lors de la conception de projets électroniques pour éviter les surcharges et les courts-circuits.

En effet certaines broches ont des fonctions spécialisées :

- **Broche 13 :** la carte est équipée d'une LED connectée à la broche numérique 13. Lorsque cette broche est configurée en sortie numérique et mise à l'état logique haut (valeur 1), la LED s'allume. En revanche, si la broche est mise à l'état logique bas

(valeur 0), la LED s'éteint. Cette LED est souvent utilisée pour tester le bon fonctionnement de la carte et peut être contrôlée facilement dans un programme Arduino en utilisant la fonction `digital Write()` .

- **Broche PWM:** les sorties PWM (Pulse Width Modulation) peuvent être utilisées pour piloter des moteurs à courant continu en variation de vitesse.
- **Broche 0 et 1:** sont utilisées pour la communication série (RX et TX).

7.2.3. Les Broches analogique :

La dispose de 6 entrées analogiques, numérotées de A0 à A5, qui peuvent être utilisées pour mesurer des tensions analogiques. Chaque entrée analogique est équipée d'un convertisseur analogique-numérique (CAN) 10 bits, ce qui signifie que la valeur de tension mesurée peut être convertie en une valeur numérique comprise entre 0 et 1023. Cette résolution de 10 bits permet une précision de mesure suffisamment fine pour de nombreuses applications telles que la mesure de la luminosité ambiante, la température ou la tension d'une batterie. En termes de tension la sensibilité est donc de $5/1024 = 4,88$ mV.

8. Les différents types d'Arduino (12) (13)

8.1. Carte Arduino méga (la challenger) intermédiaire expert

La carte Arduino Mega est l'une des cartes les plus populaires et est souvent choisie comme alternative à la carte Arduino Uno. Elle fonctionne de la même manière que l'Arduino Uno, la seule différence étant le nombre de ports disponibles. La carte Mega dispose de 16 ports analogiques et 54 ports numériques, dont 14 avec modulation de largeur d'impulsion (PWM). Un processeur plus puissant accompagné d'une mémoire plus grande permet d'utiliser des algorithmes plus avancés et complexes.



Figure 2.9 La carte Arduino MEGA (12)

8.1.1. Caractéristiques de la carte Arduino méga

Microcontrôleur	Atmel ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandé)	7-12V
Tension d'entrée (limites)	6-20V
Broches d'E/S numérique	54 (dont 15 PWM)
Broches d'E/S analogique	16
Mémoire flash	256 KB (dont 8 occupés pour le bootloader)
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Vitesse d'horloge	16 MHz
Intensité par E/S	20 Ma
Dimension	53 x 101mm

Tableau 2.2 Caractéristique carte Arduino MEGA (12)

En résumé, la carte Arduino MEGA est une carte de développement puissante et polyvalente, idéale pour les projets nécessitant de nombreuses entrées/sorties et une grande capacité de mémoire.

8.2. Carte Arduino Leonardo (14)

La carte Arduino Leonardo est conçue pour succéder à la carte Arduino Uno possède des fonctionnalités équivalentes mais une ergonomie améliorée et une stabilité plus fiable elle est diffère des autres cartes précédentes en ce que le microcontrôleur ATmega32u4 a intégré dans la communication USB, éliminant le besoin d'un processeur USB séparé.

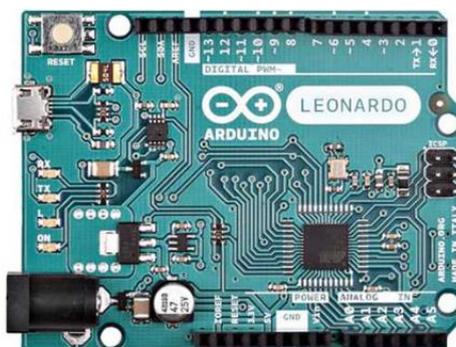


Figure 2.10 Carte Arduino Leonardo (14)

8.2.1. Caractéristiques de la carte Arduino Leonardo

Microcontrôleur	Atmel Atmega32U4
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandé)	7-12V
Tension d'entrée (limites)	6-20V
Broches d'E/S numérique	20(dont 7 PWM)
Broches d'E/S analogique	12
Mémoire flash	32 KB dont 4KB utilisé par le bootloader
SRAM	2.5 KB
EEPROM	1 KB
Vitesse d'horloge	16 MHz
Intensité par E/S	40 Ma
Dimension	68.8 x 53.3 mm

Tableau 2.3 Caractéristiques de la carte Arduino Leonardo (14)

8.3. La carte Arduino Nano

L'Arduino Nano est une version réduite de l'Arduino UNO, ce qui la rend adaptée à des applications ayant des contraintes d'espace importantes. Sa taille compacte permet une utilisation dans des projets où la place est un critère primordial.



Figure 2.11 Carte Arduino Nano (14)

8.3.1. Caractéristique de la carte Arduino Nano

Microcontrôleur	ATmega 328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (limites)	20V
Broches d'E/S numérique	14(dont 6PWM)
Broches d'E/S analogique	8
Mémoire flash	32KB (dont 2KB utilisé par le bootloader)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Vitesse d'horloge	16MHz
Intensité par E/S	20 Ma (max)
Dimension	18.5 mm x 43.2 mm

Tableau 2.4 Des caractéristiques de la carte Arduino Nano (14)

9. Comparaison entre les quatre cartes Arduino (13)

Carte	Microcontrôleur	Nombre de broches d'E/S numérique	Nombre de broches PWM	Nombre de broches d'E/S analogique	Taille de la mémoire Flash	Taille de la mémoire SRAM	Tension d'alimentation
Arduino uno	ATmega328P	14	6	6	32KB	2KB	5V
Arduino mega	ATmega2560	54	15	16	256KB	8KB	5V
Arduino Leonardo	ATmega32u4	20	7	12	32KB	2.5KB	5V
Arduino Nano	ATmega328P	22	6	8	32KB	2KB	5V

Tableau 2.5 Comparaison entre les cartes Arduino (13)

Remarque : Arduino Mega est la plus grande carte avec une mémoire très grandes qu'autres. La principale différence entre ces cartes réside dans le microcontrôleur utilisé, le nombre de broches d'E/S numériques, le nombre de broches PWM et le nombre de broches d'E/S analogiques. La carte Mega offre la plus grande quantité de broches d'E/S, tandis que la carte Leonardo dispose d'un microcontrôleur plus avancé offrant des fonctionnalités supplémentaires. La carte Nano est plus petite et plus compacte que la carte Uno, ce qui la rend plus facilement transportable, tandis que la carte Uno est la plus couramment utilisée pour les projets de base.

10. Les avantages de l'Arduino (6)

- **Facilité d'utilisation:** Arduino est facile à utiliser, même pour les débutants en électronique. Les cartes Arduino sont livrées avec un logiciel de programmation convivial, qui permet aux utilisateurs de créer et de téléverser des programmes facilement.
- **Coût abordable:** Les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses et sont disponibles dans une gamme de prix pour répondre à différents budgets.
- **Flexibilité:** Arduino est très flexible et peut être utilisé dans une grande variété de projets électroniques, des projets de bricolage simples aux projets industriels complexes.
- **Grande communauté de soutien:** Arduino une communauté active et dynamique qui fournit un soutien, des conseils et des ressources utiles aux utilisateurs. Il existe de nombreux forums, groupes de discussion et sites web dédiés à Arduino, ce qui rend l'apprentissage et le développement avec cette plate-forme plus facile.
- **Large gamme de composants et de capteurs compatibles:** Arduino est compatible avec une large gamme de composants électroniques et de capteurs, ce qui permet aux utilisateurs de construire des projets très différents les uns des autres.
- **Ouverture de la plateforme:** Arduino est une plateforme open source, ce qui signifie que tout le monde peut contribuer au développement de nouveaux composants et de nouvelles fonctionnalités. Cela permet à la communauté Arduino de se développer constamment, de proposer de nouvelles fonctionnalités et d'innover.
- **Programmation facile:** La programmation d'Arduino est basée sur un langage de programmation simplifié appelé Wiring, qui est facile à apprendre et à comprendre pour les débutants.

- L'un des avantages de l'Arduino est son prix abordable. Les cartes Arduino sont peu coûteuses et on peut trouver des kits pour bien débuter à un prix raisonnable, autour de 45€ ou 60€. De plus, les cartes Arduino sont très évolutives et peuvent être étendues avec des modules et des capteurs supplémentaires pour répondre aux besoins spécifiques de chaque projet, ce qui permet de réaliser des projets électroniques à moindre coût. Enfin, les cartes Arduino sont très polyvalentes et peuvent être utilisées pour une grande variété de projets électroniques, ce qui en fait un choix économique pour les débutants et les professionnels de l'électronique.

11. Domaine d'utilisation (15)

Mesure et détection

- Détecteur de foudre.
- Suivi du soleil pour orientation des panneaux solaires.
- Moniteur de radiation.

Contrôle

- Petits robots.
- Drone multi-rotor.

Automatisation

- Serre automatisée.
- Aquarium automatisé.

12. Partie programme

12.1. Logiciel (16)

De nos jours, on constate une tendance croissante à remplacer l'électronique traditionnelle par l'électronique programmée. Cette évolution est souvent désignée sous le terme d'électronique embarquée ou d'informatique embarquée.

12.2. Interface utilisateur

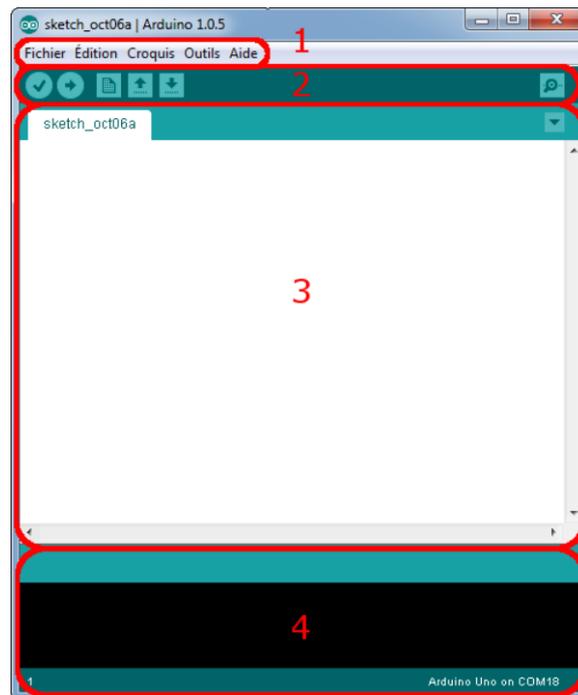


Figure 2.12 L'interface de l'Arduino IDE (16)

Ce qui saute aux yeux en premier, c'est la clarté de présentation du logiciel. On voit tout de suite son interface intuitive. Voyons comment se compose cette interface.

12.3. Présentation de logiciel

J'ai utilisé le logiciel Paint, pour découper l'image précédente en plusieurs sections.

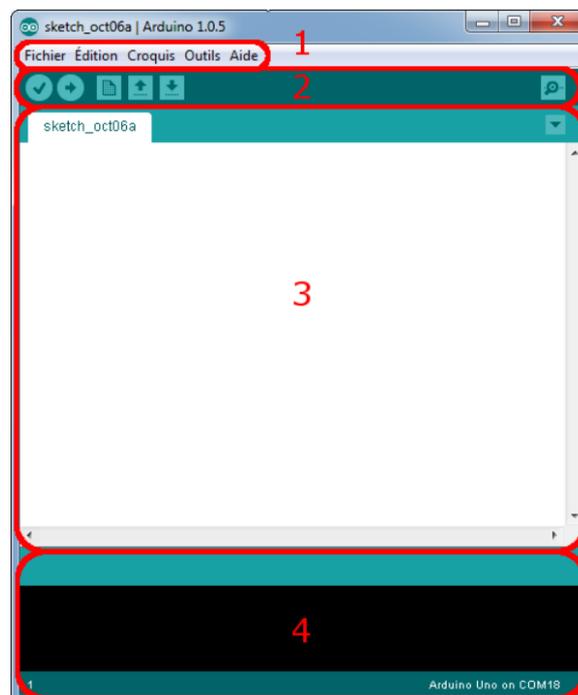


Figure 2.13 L'interface de l'Arduino IDE en détaille (16)

- *Le cadre numéro 1:* ce sont les options de configuration du logiciel.
- *Le cadre numéro 2:* Nous pourrions utiliser ces boutons du logiciel pour programmer nos cartes.
- *Le cadre numéro 3:* programme a créé.
- *Le cadre numéro 4:* Le débogueur est un élément clé car il nous aidera à détecter et corriger les erreurs dans notre programme.

12.3.1. Approche et utilisation

Maintenant, passons à l'utilisation plus approfondie du logiciel. La barre de menus est indiquée par un entour rouge et identifié par le numéro 1.

12.3.2. Le menu file

Nous pourrions utiliser les boutons du logiciel pour programmer nos cartes. Nous allons surtout utiliser ce menu car il offre plusieurs options qui nous seront très utiles. Bien qu'il ait été traduit en français de manière progressive, certaines options sortent de l'ordinaire. Nous allons donc examiner ces dernières.

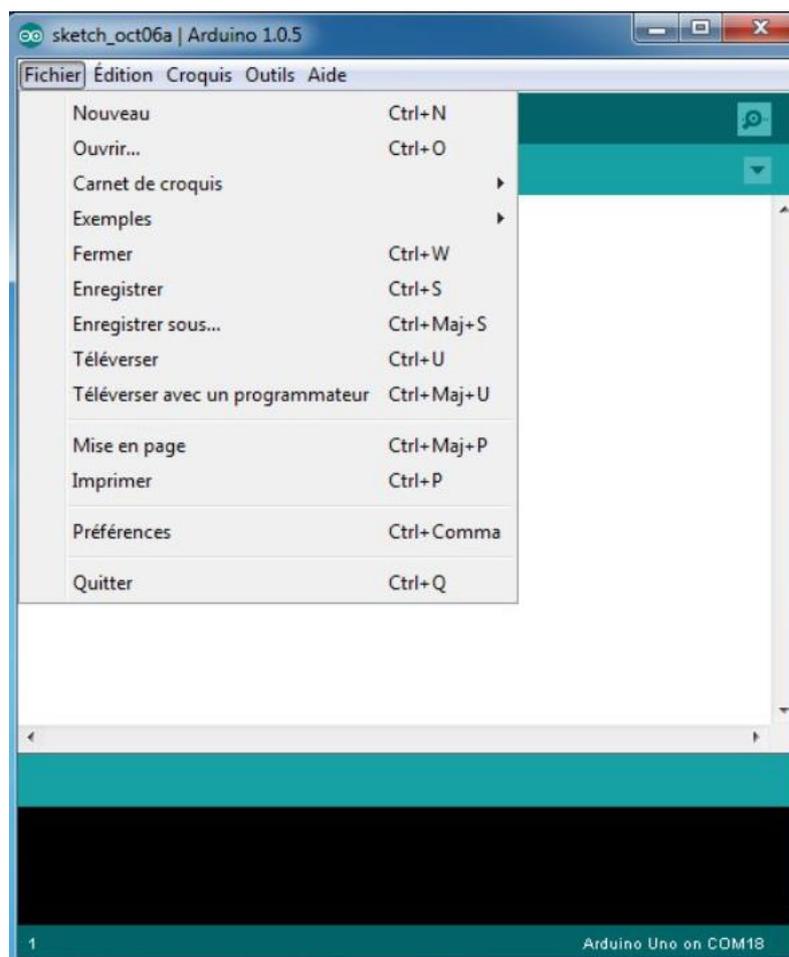


Figure 2.14 Le menu fichier (16)

- **New sketch (nouveau):** Lorsque vous appuyez sur ce bouton, cela va ouvrir une nouvelle fenêtre à l'écran, similaire à celle-ci, qui vous permettra de créer un nouveau programme.
- **Ouvrir:** En utilisant cette commande pour ouvrir un programme déjà existant.
- **Enregistré/Enregistré sous:** Cette commande permet d'enregistrer le document en cours / de demander l'emplacement où le document doit être enregistré.
- **Exemples:** Il est important de démontrer que toute une liste de noms de programmes existants se déroule lorsque cette fonction est utilisée.
- **Téléverser:** Cette option permet d'envoyer le programme vers la carte Arduino.
- **Téléverser avec un programmeur:** De même que précédemment, cette option concerne l'utilisation d'un programmeur (qui ne sera nécessaire que très rarement).
- **Préférence:** Cette option permet de régler quelques paramètres du logiciel.

12.3.3. Les boutons

Passons maintenant à l'utilité des boutons, qui sont entourés d'un cadre rouge et numérotés par le chiffre 2.

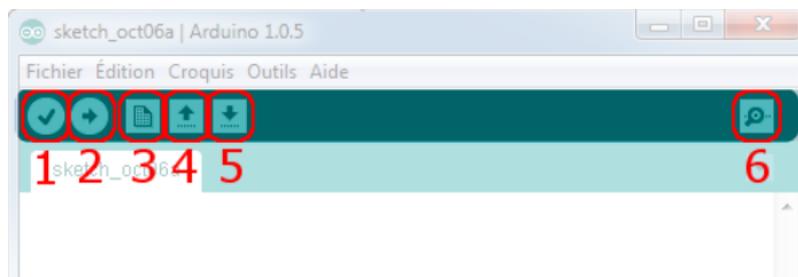


Figure 2.15 La barre d'outils (16)

- **Bouton 1:** Ce bouton permet de vérifier votre programme en lançant un module qui détecte les erreurs dans celui-ci.
- **Bouton 2:** charge ou téléverse le programme dans la carte Arduino.
- **Bouton 3:** crée un nouveau fichier.
- **Bouton 4:** ouvre un fichier.
- **Bouton 5:** enregistré le fichier.
- **Bouton 6:** ouvre le moniteur série.

12.4. Le langage Arduino (9)

Le langage Arduino est un langage de programmation basé sur C++, spécialement conçu pour les cartes Arduino. Il est simple et facile à apprendre, même pour les débutants en

programmation. Les programmes Arduino sont appelés "sketches" et sont composés de fonctions appelées "setup ()" et "loop ()". La fonction "setup ()" est exécutée une fois au début de l'exécution du programme, tandis que la fonction "loop()" est exécutée en boucle tant que la carte Arduino est alimentée. Les programmes Arduino peuvent être écrits à l'aide de l'IDE Arduino, qui est un environnement de développement intégré open-source disponible pour Windows, Mac OS X et Linux.

13. Partie simulation (16)

13.1. Définition de la simulation

La simulation ouvre de vastes perspectives pour le développement scientifique et technologique. En plus de faire gagner du temps, elle permet de réduire les coûts associés aux nombreux essais expérimentaux. Cela offre aux fabricants de circuits la possibilité de simuler différentes conceptions avant de passer à la phase de production. Il existe plusieurs logiciels de simulation tels que Multisim et PDN Analyzer, mais le logiciel le plus largement utilisé demeure PROTEUS. Par conséquent, il est intéressant de fournir un aperçu de ce logiciel.

13.2. Définition Proteus (17)

PROTEUS est un logiciel de CAO largement utilisé dans le domaine de l'utilisateur par la société Labcenter Electronique, Il offre une plateforme complète pour la simulation, la conception et la vérification de circuits électroniques. Avec ses outils intégrés, il permet la conception de schémas, la simulation de circuits, la modélisation de composants, le tracé de PCB et le routage. Il prend également en charge la simulation de microcontrôleurs et de systèmes embarqués. PROTEUS est un outil essentiel pour les ingénieurs électroniques, leur permettant de développer et de tester des conceptions avant la production physique.

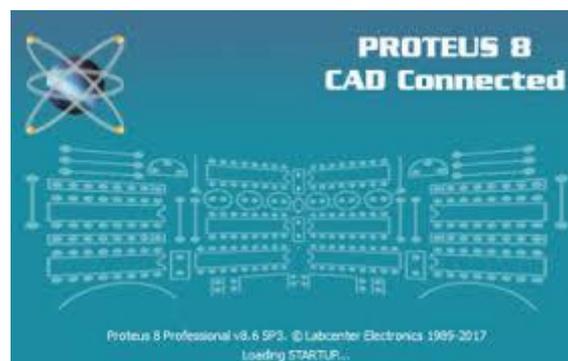


Figure 2.16 Logiciel Proteus (17)

13.2.1. ISIS

ISIS Proteus est un logiciel de simulation électronique qui permet aux ingénieurs et aux concepteurs de circuits électroniques de créer des schémas et de simuler leur fonctionnement

avant de les mettre en œuvre dans des projets réels. Le logiciel fournit des outils pour concevoir et simuler des circuits analogiques et numériques, des circuits électroniques de puissance, des microcontrôleurs et d'autres dispositifs électroniques complexes. ISIS Proteus est largement utilisée dans l'industrie électronique pour le développement de produits et pour l'enseignement et la recherche dans le domaine de l'électronique.

13.2.2. ARES

ARES est un logiciel d'édition et de routage qui fonctionne de manière parfaitement intégrée avec ISIS. Il offre la possibilité d'importer facilement les schémas électriques réalisés sur ISIS pour les convertir en circuits imprimés (PCB). Ainsi, les conceptions effectuées sur ISIS peuvent être directement utilisées dans ARES pour la réalisation du PCB.

14. Sélection des composants a utilisé



Figure 2.17 Bibliothèque ISIS (18)

15. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons succinctement exposé les principes et les différentes techniques employées lors de la mise en œuvre de notre projet. Nous avons commencé par donner un aperçu général de la carte Arduino, en décrivant ses divers types, avant de nous concentrer sur l'Arduino Uno qui sera utilisé dans notre travail. Enfin, nous avons abordé le fonctionnement de l'interface de l'Arduino IDE ainsi que la programmation de la carte Uno pour créer et simuler un prototype d'un système d'arrosage automatique.

Chapitre 03

Etudes d'un système d'irrigation

Automatique et

Simulation

1. Introduction

Dans le cadre de notre projet, nous avons pour objectif de simuler un prototype capable de détecter l'humidité du sol et le niveau d'eau. Ce chapitre présente le principe de fonctionnement de notre prototype. Pour cela, nous avons utilisé une carte Arduino Uno pour contrôler les différents composants électroniques qui composent les différentes parties de notre projet (tels que les capteurs, le système d'arrosage, les LED et l'afficheur LCD). La Figure 3.1 illustre les différents blocs constituant notre prototype.

2. Présentation du schéma

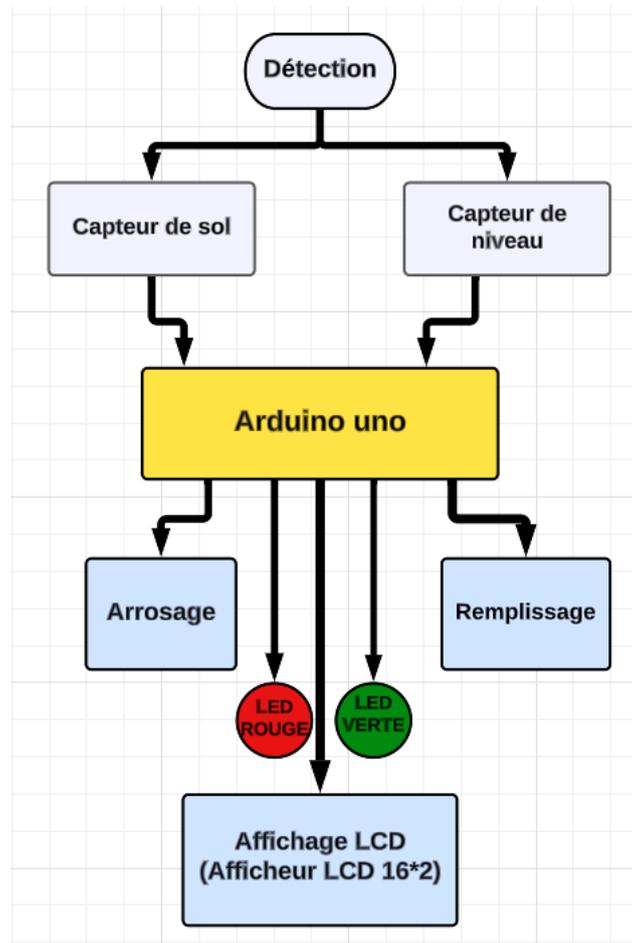


Figure 3. 1 Représentation schématique du prototype

2.1. Description du schéma

Le prototype que nous avons réalisé est constitué de :

- Bloc d'entrée (capteur de sole et capteur de niveau)
- Bloc d'activation des LED (LED rouge et LED vert)

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

- Bloc d'action automatique (arrosage et remplissage)

2.2. L'Explication du schéma

Notre projet de fin d'étude est basé sur la carte Arduino Uno est l'utilisation de deux capteurs a dont le premiers est capteur d'humidité du sol et le deuxième capteur de niveau d'eau comme des entrées analogiques. Pour les sorties, nous avons utilisé quatre sorties numériques :

- Une LED verte et une LED rouge pour afficher le flux de données (Arduino).
- Dans l'arrosage, on a une pompe à eau qui se met en marche lorsque l'humidité est inférieure à 500 et qui s'arrête sinon.
- Dans le remplissage on a une pompe à eau qui se met en marche lorsque le niveau d'eau est inférieure à 80% et qui s'arrête sinon.
- Un afficheur LCD 16*2 reliés avec toutes les instructions programmées par l'Arduino Uno.

2.2.1. Bloc d'entrée

Dans cette étape, nous avons deux capteurs essentiels. Le premier est le capteur d'humidité du sol, responsable de mesurer l'humidité du sol. Il fournit les informations nécessaires à la carte Arduino afin d'assurer le fonctionnement optimal du système. Ce capteur est connecté à la broche A0. Le deuxième capteur est le capteur de niveau d'eau, qui détecte la présence d'eau pour garantir le remplissage automatique de la bache d'eau. Ce capteur est connecté à la broche A1.

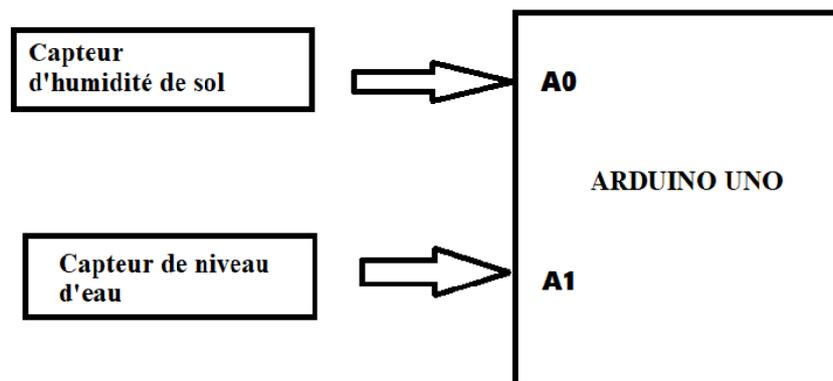


Figure 3. 2 Schéma de bloc d'entrées

- Détecteur d'humidité de sol (19)

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

Le capteur de sol est utilisé pour cette fonctionnalité spécifique. Il est compatible avec l'Arduino et sert à mesurer le niveau d'humidité. La mesure, repose sur la variation de la résistivité en fonction du taux d'humidité. Pour cela, le bon fonctionnement du capteur on relie la pin Vcc est connecté au 5V de l'Arduino, la pin GND est relié à la masse et et la troisième pin relié avec la broche analogique.

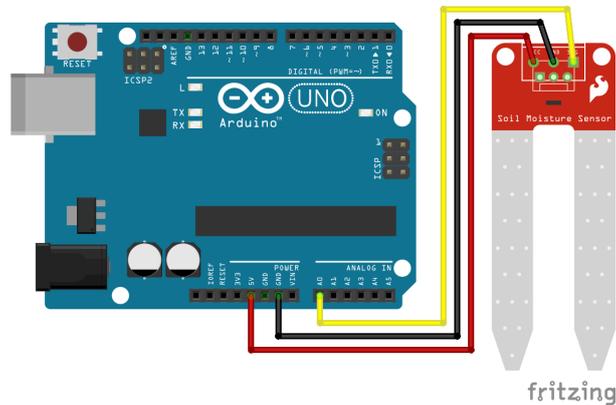


Figure 3. 3 Branchement de capteur d'humidité de sol avec Arduino (19)

- **Détecteur de niveau d'eau (20)**

Le capteur WATER SENSOR est utilisé pour détecter le niveau d'eau dans le réservoir.

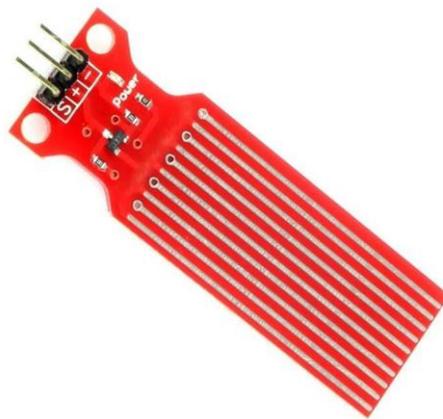


Figure 3. 1 Capteur de niveau d'eau (WATER SENSOR) (20)

2.2.2. Bloc de traitement

La carte ARDUINO joue un rôle crucial en tant que bloc de traitement dans notre application. Elle est responsable de collecter les informations à partir des capteurs, puis de contrôler l'ensemble du système en fournissant les ordres nécessaires aux organes de sortie. Tout cela est rendu possible grâce au programme qui est préalablement chargé dans la mémoire de la carte ARDUINO.

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

2.2.3. Bloc de sortie

Dans notre système, nous avons connecté une LED rouge à la broche 13 de l'Arduino et une LED verte à la broche 12. Ces LED jouent le rôle de voyants indicateurs. Deux pompes sont contrôlées à l'aide de deux relais reliés respectivement aux broches 10 et 9 de l'Arduino. Les relais sont activés ou désactivés en fonction de l'humidité du sol et du niveau d'eau, ce qui permet de mettre en marche ou d'arrêter les pompes en conséquence.

3. Simulation

3.1. Conception de système

Nous avons besoin de : Carte Arduino UNO, pompe, relais , capteur de niveau d'eau, capteur d'humidité du sol, LED verte, LED rouge, résistance, potentiomètre, batterie, afficheur LCD 16*2. Ensuite, nous procédons à la connexion des composants que nous avons choisis.

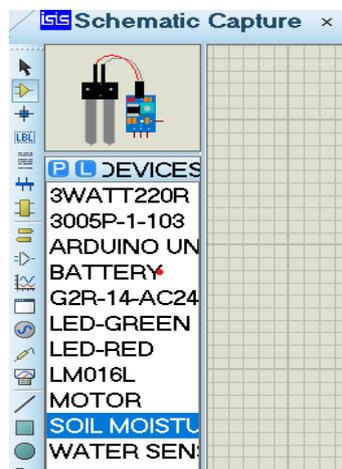


Figure 3. 2 Liste des composants

3.2. Schéma de la carte

La figure ci-dessous représente le schéma global de notre circuit sous environnement Proteus :

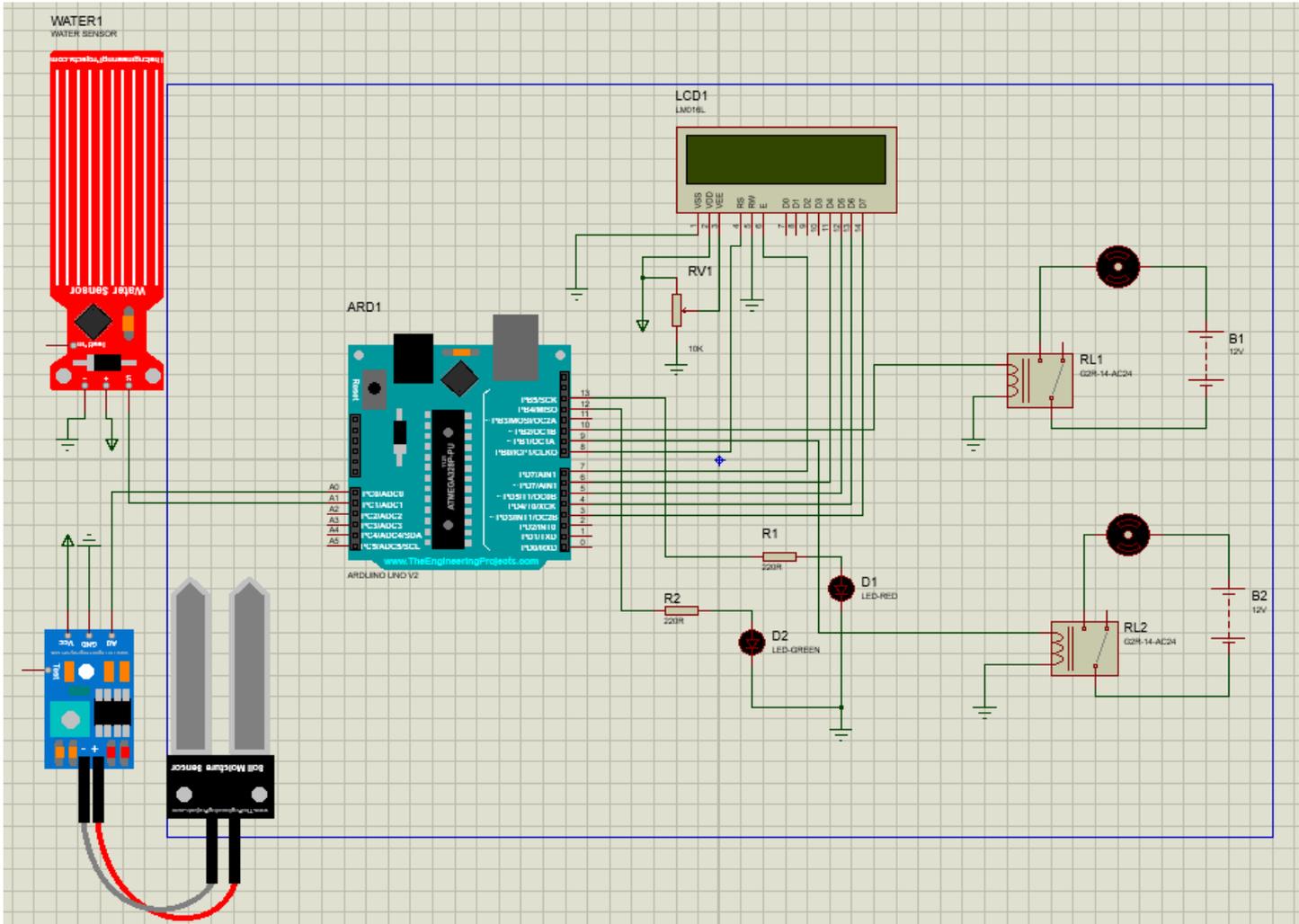


Figure 3. 4 Schéma de la carte sur ISIS Proteus

Une fois l'Arduino allumé, la LED verte s'allume lorsque la valeur d'humidité du sol est inférieure à 500, la pompe s'allume. Ainsi que si la LED rouge allume lorsque le niveau d'eau est inférieur à 37%, la deuxième pompe s'allume.

3.3. Programme

Nous avons implémenté le programme sur l'interface Arduino IDE, puis nous l'avons compilé et copié le fichier .hex du programme dans arduino qui figure dans Proteus dans un but de voir notre simulation.

```

essai | Arduino IDE 2.0.3
Fichier Modifier Croquis Outils Aide
Arduino Uno
essai.ino
1 #include <LiquidCrystal.h> // Inclusion de la librairie pour afficheur LCD
2 ////////////// capteur de niveau
3 int piniveau=A1;
4 float niv_eau;
5 int remplissage=10;
6 //////////////// secheresse et arrosage
7 int pinhumid=A0;
8 int hsol; //Humidite su sol, mesure analogique
9 int arros=9;
10 ///////led
11 int ledPin_vert = 11;
12 int ledPin_rouge = 12;
13 /////// LCD
14 const int RS=8; // Constante pour la broche 8
15 const int E=7; // Constante pour la broche 9
16 const int D4=6; // Constante pour la broche 11
17 const int D5=5; // Constante pour la broche 12
18 const int D6=4; // Constante pour la broche 13
19 const int D7=3;
20 LiquidCrystal lcd(RS, E, D4, D5, D6, D7);//
21 ////// niveau d'eau
22 void niveau(){
23 | niv_eau= analogRead(piniveau);
24
25 | if (niv_eau<500)
26 | | {
27 | | | digitalWrite(remplissage, HIGH);
28 | | | digitalWrite(ledPin_vert, LOW);
29 | | | digitalWrite(ledPin_rouge, HIGH );
30 | lcd.clear();
31 | lcd.setCursor(0,0);
32 | | lcd.print("bache remplie");
33 | lcd.setCursor(0,1);
34 | | lcd.print("pompe off");

```

```
essai | Arduino IDE 2.0.3
Fichier Modifier Croquis Outils Aide
Arduino Uno
essai.ino
34   lcd.print("pompe off");
35   | | | | }
36   | | | | else {
37   | | | |     digitalWrite(remplissage, LOW); // LED off
38   | | | |     digitalWrite(ledPin_vert,HIGH );
39   | | | |     digitalWrite(ledPin_rouge, LOW);
40   | | | |     lcd.clear();
41   lcd.setCursor(0,0);
42   lcd.print("remplissage en cours");
43   lcd.setCursor(0,1);
44   lcd.print("pompe on");
45   | | | }
46   delay(1000);
47   }
48
49
50   ///// hssol
51   void hssol(){
52     hsol = analogRead(pinhumid);
53     if (hsol<500)
54     | | | | {
55     | | | |     digitalWrite(arros, HIGH); // LED allumée
56     | | | |     digitalWrite(ledPin_vert, HIGH);
57     | | | |     digitalWrite(ledPin_rouge, LOW);
58   lcd.clear();
59   lcd.setCursor(0,0);
60   | lcd.print("sol humide");
61   lcd.setCursor(0,1);
62   | lcd.print("pompe off");
63   | | | | }
64   | | | | else {
65   | | | |     digitalWrite(arros, LOW); // LED off
66   | | | |     digitalWrite(ledPin_vert, LOW);
67   | | | |     digitalWrite(ledPin_rouge, HIGH);
```

Chapitre 3

Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

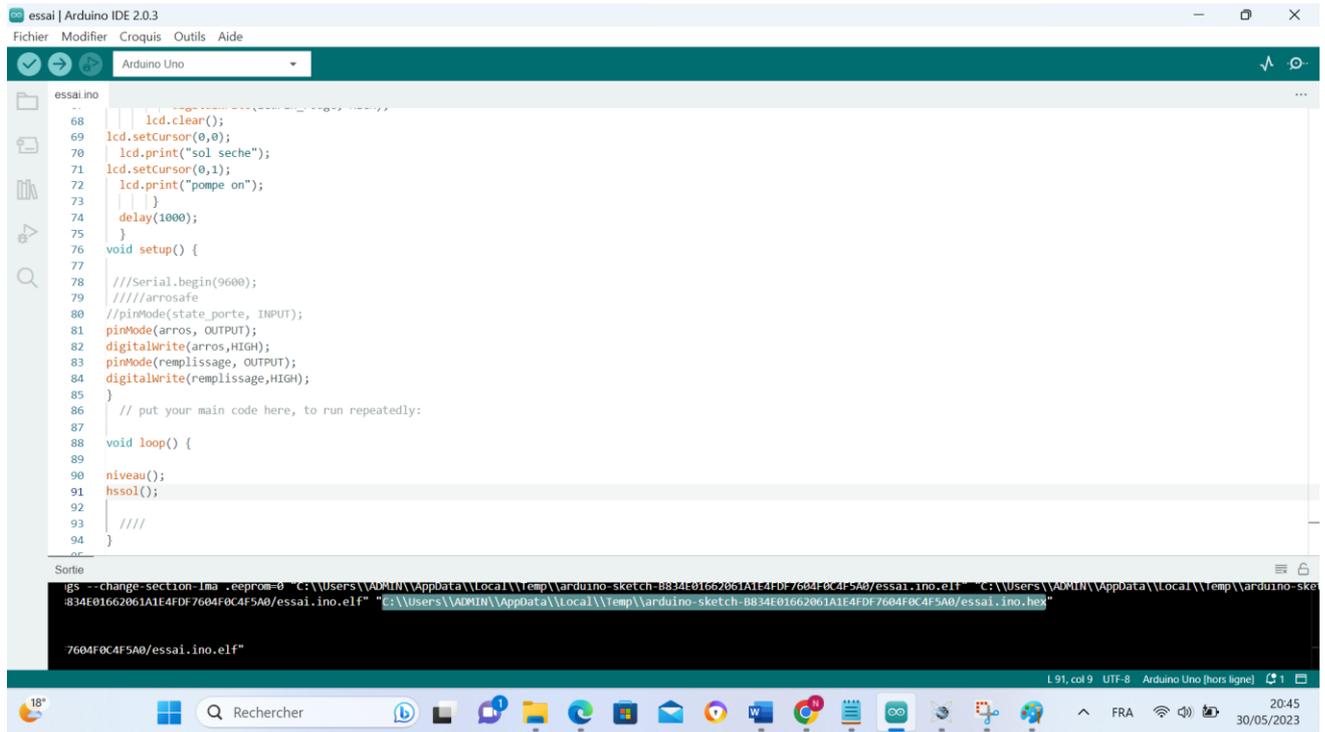


Figure 3. 5 Fichier hex

Ensuite, nous avons ouvert le schéma Proteus et copié le fichier hex dans la carte Arduino.

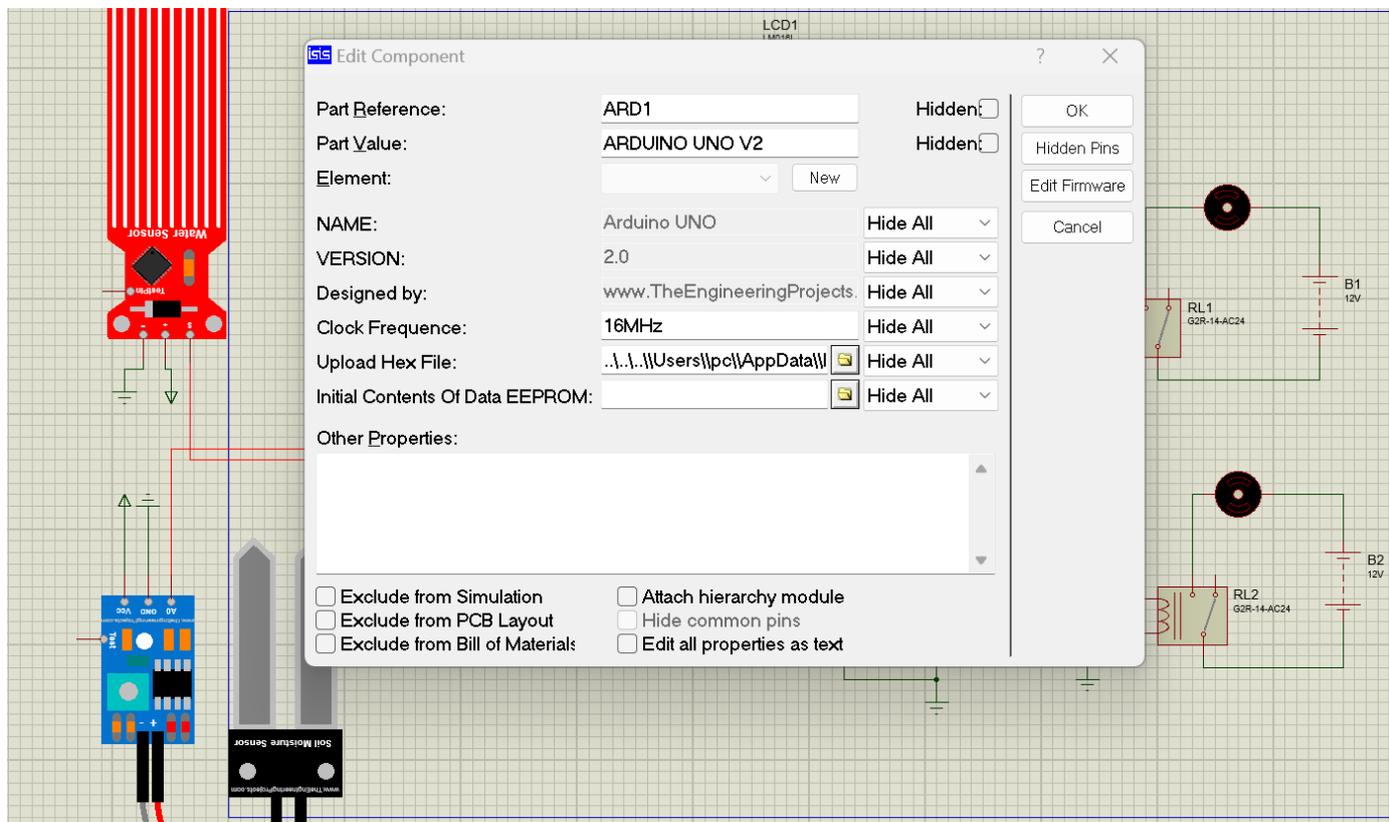


Figure 3. 6 L'emplacement du fichier hex dans la carte

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

À présent, nous avons lancé la simulation et voici les résultats obtenus :

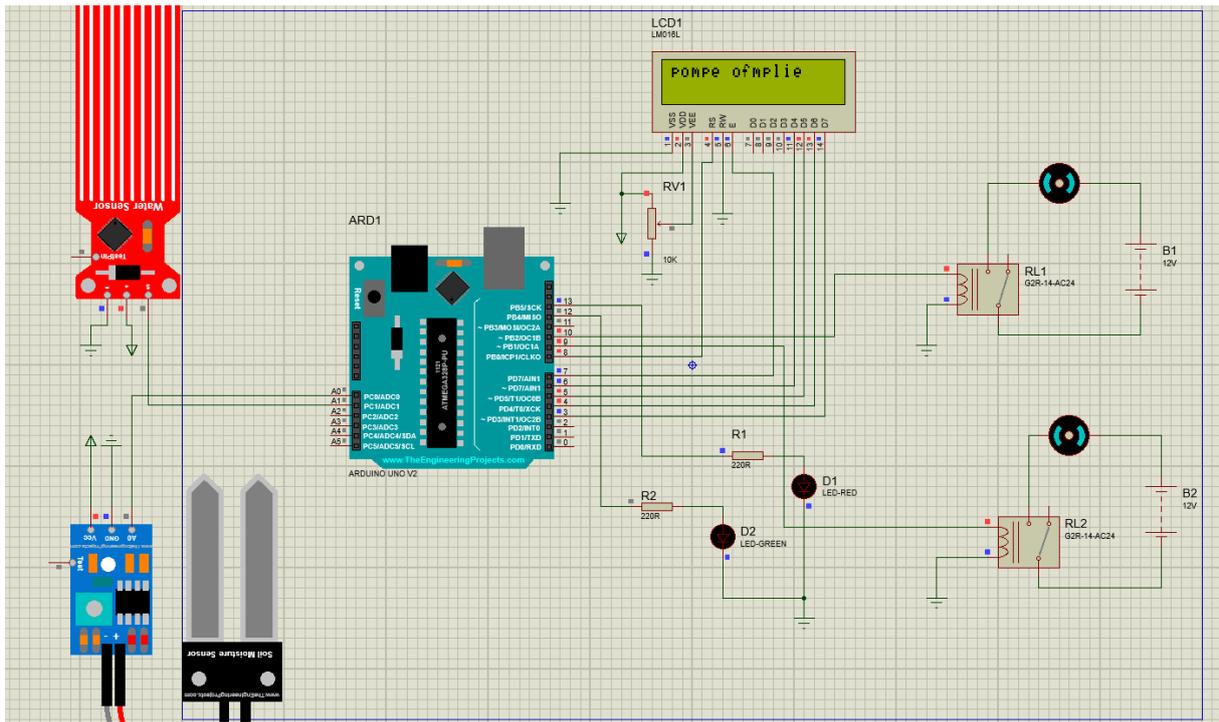


Figure 3. 7 Schéma de la carte durant la simulation

4. Réalisation

Dans cette section, nous allons examiner les différentes étapes impliquées dans la création de notre projet :

un système d'irrigation et remplissage d'eau automatique, Ce dernier est basé sur la carte Arduino uno, qui est utilisée pour contrôler les deux pompes à eau afin d'assurer un arrosage et un remplissage d'eau approprié. L'irrigation et le remplissage automatique est un outil précieux pour les personnes qui veulent prendre des vacances sans s'inquiéter de leurs plantes, de leurs fleurs ou de leur jardin. De plus, ce système est programmé pour les personnes qui n'ont pas le temps d'arroser régulièrement leurs plantes, car elles sont occupées par d'autres activités son oublié le système de remplissage de la bêche automatique qui va éliminer la tâche de vérification de la bêche d'eau de propriétaire en lui offrent un gain de temps. Parmi les autres avantages, notre système permet d'économiser l'eau avec un prix raisonnable. En outre, il est facile à utiliser et peut ajouter une touche de confort à un foyer intelligent. Les étapes impliquées dans la réalisation de notre réalisation comprennent une étude préliminaire de la problématique, l'identification du matériel nécessaire, l'écriture du programme, la simulation sur ordinateur et la mise en place du projet. Les étapes de réalisation sont les suivantes :

- Une bonne étude préalable de la problématique.

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

- Disponibilité du matériel.
- Ecriture du programme.
- Faire la simulation sur l'ordinateur.
- Etablir la manipulation du projet.

4.1. Matériels utilisés

Ce projet porte sur l'utilisation d'un capteur pour mesurer l'humidité du sol en utilisant un Arduino, afin de déterminer si le sol est sec et nécessite de l'eau ou s'il est suffisamment humide. Le capteur se compose de deux parties distinctes : une carte électronique et une sonde à deux broches qui réagit à l'eau.

4.1.1. Capteur d'humidité de la sole (19)

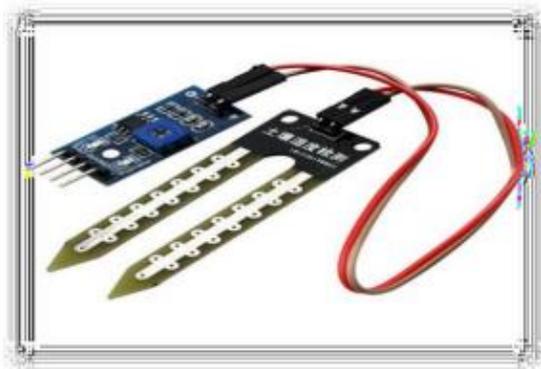


Figure 3. 9 Capteur d'humidité du sol

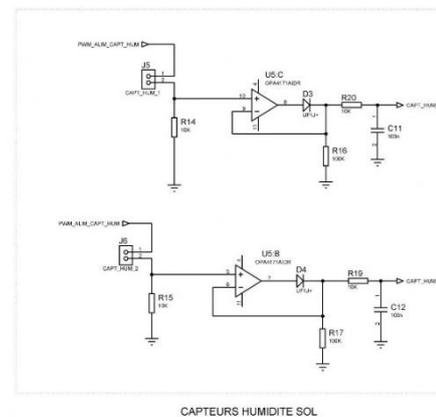


Figure 3. 8 circuit équivalent du capteur

❖ Fonctionnement

Le fonctionnement du capteur repose sur la mesure de la continuité électrique entre ses deux broches, qui correspond à la résistance électrique entre elles. À mesure que le sol devient plus humide, la résistance électrique diminue car l'eau est un bon conducteur d'électricité. À l'inverse, lorsque le sol est plus sec, la résistance électrique augmente.

❖ Caractéristiques

Nombre de pattes	4
Dimension	6cm x 2cm
Il fonctionne en basse tension	3.3V ou 5V
Indication de tension de sortie	0 ~ 4,2 V
Prend en charge les signaux	Analogiques et numériques
Plage de Mesure	De 0 à 45 % d'humidité

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

Précision	4% -+
Fréquence par défaut	Hz 10
T° d'utilisation	À 60°C 40

Tableau 3. 1 Caractéristique capteur d'humidité du sol

4.1.2. Capteur de niveau d'eau (21)

Le capteur de niveau d'eau est spécialement conçu pour détecter la présence d'eau. Il peut être utilisé de manière polyvalente pour détecter les précipitations, surveiller le niveau d'eau dans une cavité ou détecter les fuites de liquide. Le capteur est principalement constitué de trois composants essentiels : un connecteur électronique, une résistance de 1 M Ω et plusieurs fils conducteurs nus.



Figure 3. 10 Capteur de niveau d'eau (21)

- **Fonctionnement**

Le capteur de niveau d'eau utilise un réseau de traces de cuivre exposées reliées à la terre, entrelacées avec des traces de détection. Ces traces agissent comme une résistance variable. Lorsqu'il y a présence d'eau sur le capteur, cela crée un court-circuit entre ces traces, ce qui permet de détecter la présence d'eau. Le capteur convertit ensuite le niveau d'eau en une sortie analogique qui peut être directement utilisée par un microcontrôleur. La valeur du signal dépend du niveau d'immersion du capteur dans l'eau.

- **Caractéristique**

Caractéristique	Description
-----------------	-------------

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

Tension de d'alimentation	3,3 à 5 V
Consommation de courant	20 mA
Sortie	Analogique
Température de fonctionnement	10-30 °C

Tableau 3. 2 Câble de capteur niveau d'eau (21)

4.1.3. La pompe (22)

Une pompe est un dispositif qui utilise l'énergie électromécanique pour déplacer les fluides d'un endroit à un autre en augmentant leur pression et leur fournissant de l'énergie pour les déplacer à travers les tuyaux jusqu'à leur destination.



Figure 3. 11 Pompe 3,7 V (22)

4.1.4. La carte Arduino (13)

La carte Arduino UNO est une carte électronique compacte (5,33 x 6,85 cm) dotée d'un microcontrôleur. Ce microcontrôleur permet de programmer et de contrôler des actionneurs en fonction des événements détectés par les capteurs. En d'autres termes, elle sert de plateforme pour le développement de projets électroniques interactifs en combinant des entrées et des sorties.



Figure 3. 12 La carte Arduino Uno (13)

4.1.5. Relais (19)

Un relais électromécanique est un composant électrique qui assure la séparation entre la partie puissance et la partie commande. Il permet d'ouvrir et de fermer un circuit électrique en utilisant un second circuit isolé galvaniquement. En revanche, un relais électronique est un interrupteur piloté par une tension continue de faible puissance. La partie interruptrice sert à piloter des charges secteur de forte puissance (jusqu'à 10A Couramment).



Figure 3. 13 Relai 5V (19)

4.1.6. Cable USB (19)

Le câble USB est un composant essentiel pour la communication entre l'ordinateur et la carte Arduino. Il assure non seulement l'alimentation de la carte, mais aussi la programmation via le logiciel Arduino IDE. En outre, il permet d'utiliser le Moniteur Série, un outil de débogage et de diagnostic qui permet de visualiser les données échangées entre la carte et l'ordinateur.

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

Le Moniteur Série peut être utilisé pour afficher des informations telles que les valeurs de capteurs, les messages d'erreur, ou les résultats de calculs effectués sur la carte Arduino.

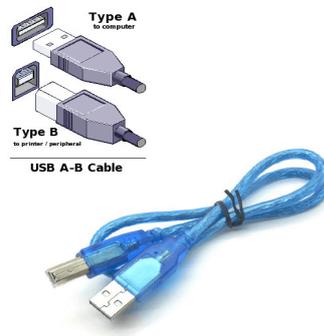


Figure 3. 14 Cable USB type A-B (19)

4.1.7. Fils de pin d'Arduino (19)

Les fils mâles sont des fils de connexion qui permettent de relier l'Arduino à d'autres composants électroniques ou pour effectuer des tests. La plaque d'essai, également appelée breadboard, est un outil indispensable pour réaliser le prototype d'un circuit électronique.

Elle permet de réaliser des connexions temporaires entre les différents composants sans avoir à souder les fils. La plaque d'essai est largement utilisée pour les expérimentations avec Arduino et facilite grandement le processus de prototypage.

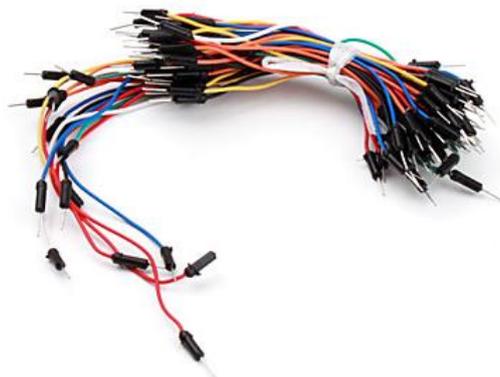


Figure 3. 15 fils de pin d'Arduino (19)

4.1.8. Piles d'usage (19)

Une batterie ou un accumulateur électrique est un dispositif qui stocke de l'énergie électrique sous forme chimique et la libère sous forme d'énergie électrique pour alimenter des appareils électroniques. Elle est composée d'une ou plusieurs cellules électrochimiques qui contiennent

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

des électrodes et un électrolyte, Ainsi que des connexions externes pour permettre l'alimentation appareils.

des



Figure 3. 17 Batterie 3.7V (19)

Figure 3. 16 Pile (19)

4.1.9. Les LED (17)

Une diode (jonction PN) est un composant qui produit de la lumière lorsqu'un courant électrique le traverse dans le sens direct.



LED

Figure 3. 19 rouge (17)



Figure 3. 18 LED verte (17)

4.1.10. Résistance électrique

Les résistances sont des composants électroniques fondamentaux utilisés pour limiter la valeur du courant électrique dans un circuit.

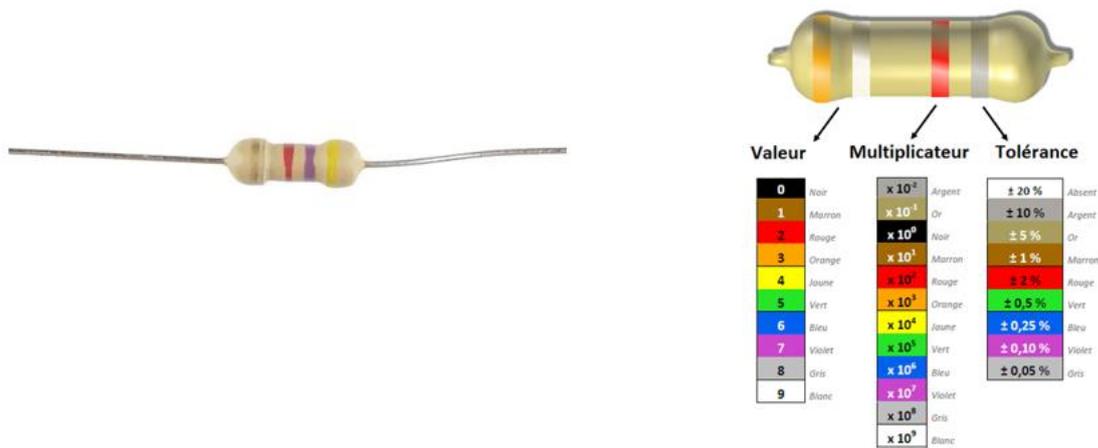


Figure 3. 20 Résistance électrique (17)

4.1.11. Carte d'essai (19)

La plaque d'essai (ou breadboard) est un outil pratique utilisé pour connecter facilement des composants électroniques et prototyper des circuits électroniques. Elle est utilisée pour des expériences de conception de circuits et permet une connexion sans soudure et réutilisable.

Cela facilite la création de prototypes temporaires ou la construction de circuits électroniques.

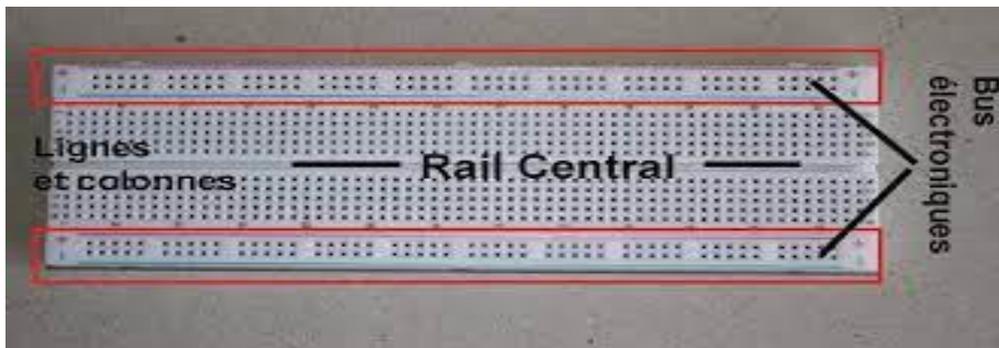


Figure 3. 21 Carte d'essai

4.1.12. Afficheur LCD (17)

L'afficheur LCD 16x2 est un module d'affichage alphanumérique qui utilise la technologie des cristaux liquides pour afficher du texte et des symboles. Il se compose de 16 caractères répartis sur 2 lignes et est couramment utilisé dans de nombreux projets électroniques. Il dispose d'un contrôleur intégré pour gérer l'affichage et peut être rétroéclairé pour une meilleure lisibilité. L'afficheur LCD 16x2 est contrôlé par un microcontrôleur ou un Arduino

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

via un protocole de communication série. C'est une interface pratique pour afficher des informations textuelles dans diverses applications.

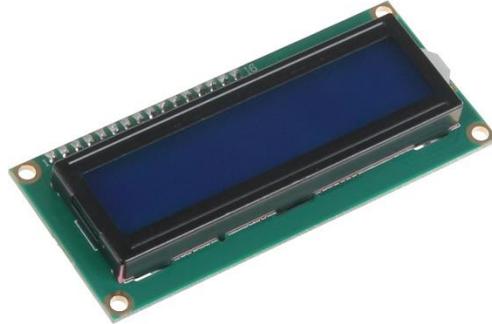


Figure 3. 22 Afficheur LCD 16*2 (17)

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

4.2. Organigramme que représente la réalisation

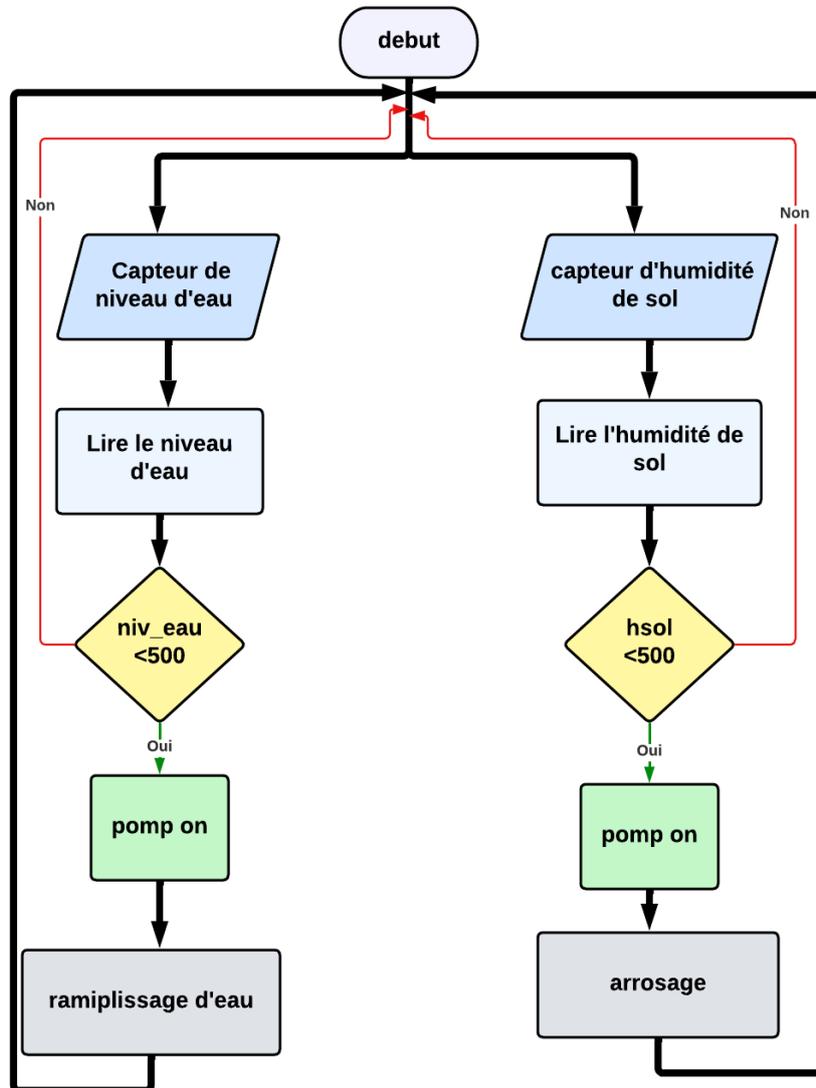


Figure 3. 23 Organigramme de notre système

5. Résultat

5.1. Code final

```

#include <LiquidCrystal.h> // Inclusion de la librairie pour afficheur LCD
////////// capteur de niveau
int piniveau=A1;
float niv_eau;
int remplissage=10;
////////// secheresse et arrosage
int pinhumid=A0;
int hsol; //Humidite su sol, mesure analogique
int arros=9;
//////////led
int ledPin_vert = 11;
int ledPin_rouge = 12;
////////// LCD
const int RS=8; // Constante pour la broche 8
const int E=7; // Constante pour la broche 9
const int D4=6; // Constante pour la broche 11
const int D5=5; // Constante pour la broche 12
const int D6=4; // Constante pour la broche 13
const int D7=3;
LiquidCrystal lcd(RS, E, D4, D5, D6, D7);//
///// niveau d'eau
void niveau(){
  niv_eau= analogRead(piniveau);

  if (niv_eau<500)
  {
    digitalWrite(remplissage, HIGH);
    digitalWrite(ledPin_vert, LOW);
    digitalWrite(ledPin_rouge, HIGH );
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("bache remplie");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("pompe
off");
  }
  else {
    digitalWrite(remplissage, LOW); // LED off
    digitalWrite(ledPin_vert,HIGH );
    digitalWrite(ledPin_rouge, LOW);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("remplissage en cours");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("pompe on");
  }
}

```

```

    delay(1000);
}

//////// hssol
void hssol(){
    hsol = analogRead(pinhumid);
    if (hsol<500)
        {
            digitalWrite(arros, HIGH); // LED allumée
            digitalWrite(ledPin_vert, HIGH);
            digitalWrite(ledPin_rouge, LOW);
        }
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("sol humide");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("pompe off");
        }
    else {
        digitalWrite(arros, LOW); // LED off
        digitalWrite(ledPin_vert, LOW);
        digitalWrite(ledPin_rouge, HIGH);
        lcd.clear();
    }
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("sol seche");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("pompe on");
        }
    delay(1000);
}
void setup() {

    ///Serial.begin(9600);
    /////arrosafe
    //pinMode(state_porte, INPUT);
    pinMode(arros, OUTPUT);
    digitalWrite(arros,HIGH);
    pinMode(remplissage, OUTPUT);
    digitalWrite(remplissage,HIGH);
}
// put your main code here, to run repeatedly:

void loop() {

    niveau();
    hssol();

    ////
}

```

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

5.2. Test pratique

Après avoir expliqué le fonctionnement et la simulation de l'arrosage automatique à l'aide de deux capteurs dans la partie précédente, nous passerons à la deuxième partie où nous présenterons la réalisation du système à l'aide de la carte Arduino Uno. Nous suivrons différentes étapes pour concevoir et réaliser notre système, qui comprend un sol, un capteur d'humidité du sol, un capteur de niveau d'eau, deux pompes à eau (3,7 V) situées dans un réservoir, une LED rouge et une LED verte, deux piles de 3,7 V et 9 V, deux relais, ainsi qu'une carte Arduino Uno. Ensuite, nous téléchargerons le code du programme Arduino sur l'ordinateur et le téléverser sur la carte Arduino que nous utilisons à l'aide d'un câble USB.

✓ Niveau d'eau

Le système de niveau d'eau est équipé de deux LED. Une LED témoin de couleur bleue est présente, tandis qu'une autre LED de couleur rouge remplace la pompe de remplissage.

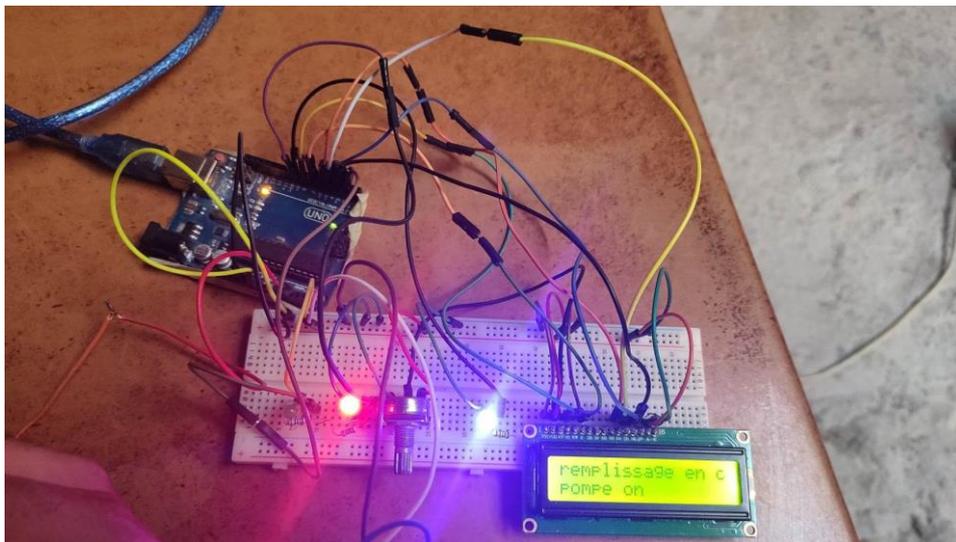


Figure 3. 24 remplissage en cours pompe on

La condition sera satisfaite lorsque le capteur détectera une valeur de niveau inférieure à 80%. À ce moment-là, la LED témoin s'allumera et la pompe sera activée pour remplir notre bêche. Ensuite, l'afficheur LCD affichera "remplissage en cours, pompe activée".

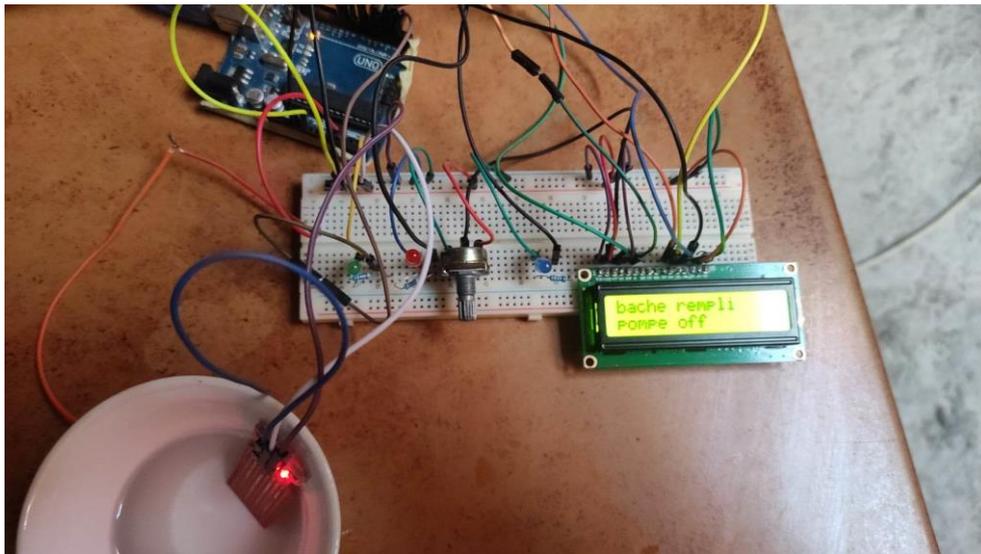


Figure 3. 25 Bâche rempli pompe off

La figure visualisée ci-dessous présente l'afficheur LCD qui affiche "bâche remplie, pompe éteinte" car le niveau d'eau dépasse la condition fixée à 80%. En conséquence, la LED témoin reste éteinte et la pompe ne s'allume pas.

✓ Humidité de sol

Le système de détection d'humidité du sol est pourvu de deux LED. Une LED témoin de couleur bleue est intégrée, tandis qu'une autre LED de couleur verte se substitue à la pompe d'arrosage.

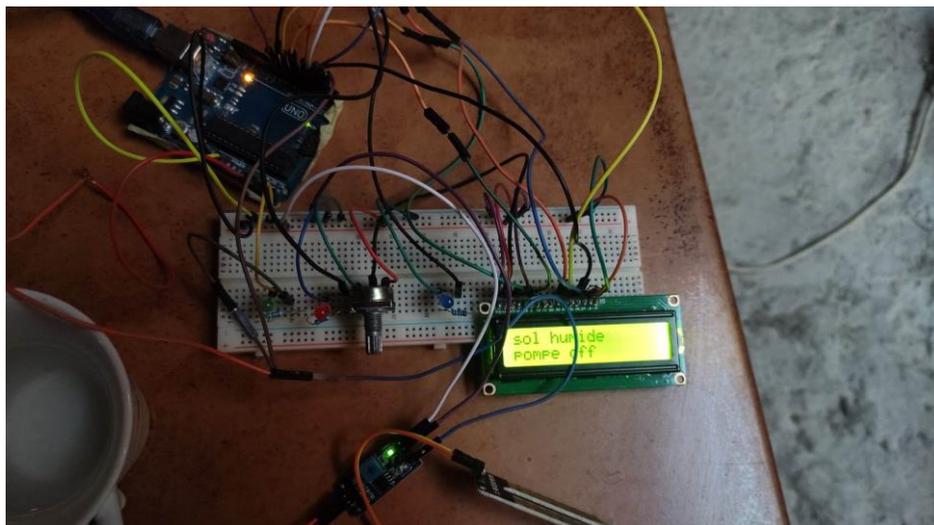


Figure 3. 26 sol humide pompe off

Chapitre 3 Etudes d'un système d'irrigation automatique et simulation

Le système est configuré de sorte que lorsque l'humidité chute en dessous de 500, la LED verte remplace la pompe et reste éteinte, tout comme la LED témoin. Pendant cette période, l'afficheur affiche "sol humide, pompe off" jusqu'à ce que l'humidité démunie à 500.

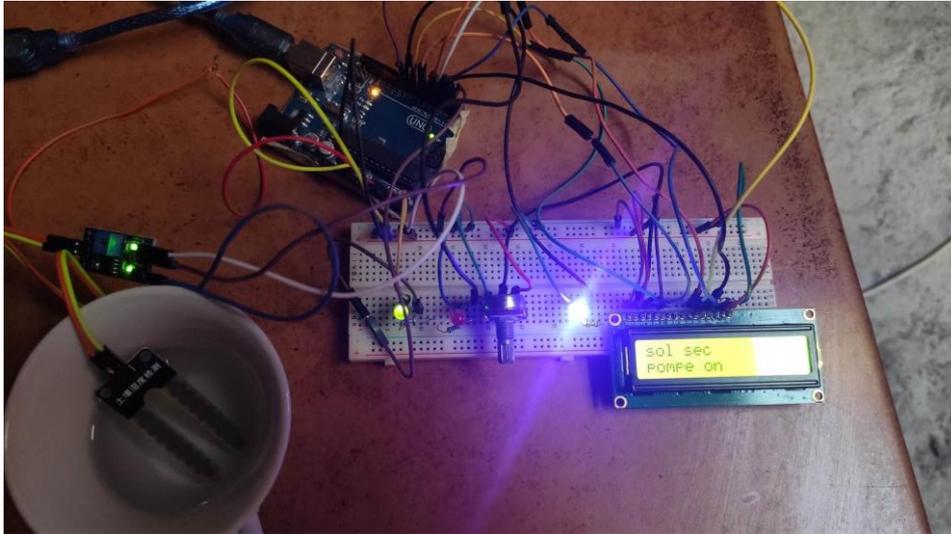


Figure 3. 27 sol sec pompe on

La figure illustre notre système d'arrosage, qui comprend deux LED. La première LED, de couleur bleue, sert de témoin, tandis que la seconde LED, de couleur verte, indique l'état de fonctionnement de la pompe. Le système est conçu de manière à ce que lorsque l'humidité descend en dessous de 500, la LED verte remplace la pompe, s'allume, la LED témoin s'allume également, et l'arrosage débute. Pendant cette période, l'afficheur indique "sol sec, pompe allumée" jusqu'à ce que l'humidité dépasse 500.

6. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons mis en place un système d'irrigation en utilisant la carte Arduino Uno comme élément de contrôle des pompes à eau. Nous avons réalisé des expérimentations réelles sur ce système afin de le tester et de le valider. Ensuite, nous avons brièvement présenté les différents composants qui constituent ce système.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Notre projet consiste en une étude et une analyse d'un système d'irrigation automatisé. Ce système utilise un capteur d'humidité du sol pour mesurer l'humidité et convertit ces informations pour contrôler la pompe d'arrosage. De plus, il intègre un capteur de niveau d'eau qui détecte la présence d'eau et active la deuxième pompe responsable du remplissage. L'ensemble du projet repose sur l'utilisation de la carte Arduino Uno.

Dans les premières étapes de notre projet, nous avons entrepris des recherches approfondies dans le domaine de l'irrigation. Nous avons consulté plusieurs livres sur le sujet et sélectionné une source fiable pour approfondir nos connaissances. Nous avons étudié différentes méthodes d'irrigation et évalué les besoins spécifiques de chaque surface à irriguer.

Nous avons effectué une deuxième analyse approfondie des caractéristiques générales des cartes Arduino utilisées pour le contrôle des systèmes automatisés, en mettant particulièrement l'accent sur la carte Arduino Uno.

L'Arduino est une famille de cartes de circuits imprimés à microcontrôleur open source qui se distinguent par leur interface d'E/S (Entrée/Sortie) simple. La carte Arduino Uno, en particulier, offre toutes les fonctionnalités d'un microcontrôleur conventionnel tout en étant facile à utiliser. Elle dispose de plusieurs broches d'entrées/sorties numériques, dont six peuvent générer des signaux PWM (Modulation de Largeur d'Impulsion).

Par la suite, nous avons introduit les différents composants du système d'irrigation, tels que le module de capteur d'humidité du sol, le capteur de niveau d'eau, l'Arduino servant d'interface entre le bloc de contrôle et le bloc d'action. Le bloc d'action comprend deux pompes à eau, et nous avons utilisé un circuit imprimé pour assurer la connexion entre les différents appareils.

En conclusion, nous avons réalisé une simulation sur ISIS PROTEUS et mis en œuvre un système d'irrigation basé sur une carte Arduino. Les résultats obtenus à partir de la simulation et des tests pratiques ont démontré que notre système d'arrosage fonctionne de manière efficace. Il arrose les plantes lorsque le sol est sec en suivant les conditions programmées, et arrête l'irrigation lorsque le sol est suffisamment humide. De plus, le système fournit de l'eau à partir d'une pompe lorsque la détection de niveau d'eau est faible dans le réservoir.

Conclusion générale

De plus, nous proposons d'étendre notre concept en intégrant un écran LCD pour afficher l'état des deux pompes. Cette amélioration permettra d'avoir un contrôle précis de l'humidité du sol et de l'approvisionnement en eau, ce qui optimisera l'utilisation des ressources hydriques et facilitera la gestion des plantes, même dans des environnements variables. L'écran LCD fournira des informations en temps réel sur le fonctionnement du système d'irrigation, offrant ainsi une meilleure visibilité et une prise de décision plus éclairée. Cette évolution renforcera l'efficacité et la performance de notre système global.

Bibliographie

16. Bibliographie

- (1) Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, l'eau et l'agriculture et l'alimentation, page 18 ,2004
- (2) Martin Burton et RG McKinney, Irrigation management: principles and practise, 2010
- (3) Theory and Practice" par Mohsen M. Sherif et Josué Medellín-Azuara
- (4) NN Basak, "Irrigation Engineering", McGraw-Hill Education (India) Pvt Limited, 1 oct. 1999 - 329 pages
- (5) Santosh Kumar Garg, "Irrigation Engineering and Hydraulic Structures", Khanna Publishers, 1987 - 1184 pages.
- (6) Michael Margolis, "Arduino Cookbook", O'Reilly Media, 662 pages, 2011.
- (7) John Boxall, "Arduino Workshop : A Hands-On Introduction with 65 Projects", No Starch Press, 394 pages ,2013
- (8) Dale Wheat, "Arduino Internals", Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG, 392 Pages,2011.
- (10) J. M. Hughes, "Arduino: A Technical Reference", O'Reilly Media, Inc.,589 pages, 2016.
- (11) John Nussey, "Arduino for Dummies", **John Wiley & Sons**, 446 pages, **2013**
- (12)"Arduino Programming in 24 Hours, Sams Teach Yourself" par Richard Blum, Sams Publishing; 1st edition, 432 pages, 2014.
- (22) Maaroufi Hicham, Système d'arrosage automatique, Rapport de Mini-Projet, Université Hassan 2 de Casablanca.
- (13) Bruno PIQUEMAL, Comparatifs des Arduinos, Alliance Sorbone Université, 2020.
- (17) AMIR SOUHILA, « conception et réalisation d'un système d'irrigation intelligent », (master en Electronique Industrielle, 2020, université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

17. Webographie

- (9) <https://www.arduino.cc/>
- (21) <https://www.theengineeringprojects.com>
- (20) <https://electronics-go.com/soil-moisture-sensor/>
- (15) <https://www.abonnel.fr/>
- (14) <https://domotics.fr/>
- (18) <https://www.labcenter.com/>

Bibliographie

(12) <https://www.geworks.fr/tutoriel/arduino/Uno.html>