



Université ABBES LAGHROUR Khenchela
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Industriel
جامعة عباس لغزور خنشلة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة الصناعية



N° Série :

Mémoire de fin d'étude *Pour l'obtention du diplôme de Master*

Filière : Télécommunications
Spécialité : Systèmes des Télécommunications

THEME

Télésurveillance des vergers de pommiers en utilisant les technologies d'IOT

Réalisé par : MEBARKA MIZANE

Soutenu le 19/ 06/2023 Devant le jury composé de :

Dr. Malika MEDJALDI

Présidente

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Dr .Abdelhakim SAHOUR

Encadreur

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Dr. Farouk BOUMEHERZ

Co-encadreur

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Dr. Abdelaziz BEDDIAF

Examineur

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Promotion 2022/2023

DÉDICACES

A la mémoire de mon père (que Dieu le garde dans son vaste paradis).

*A mes frères et à ma chère sœur Yasmina pour leur soutien et leur
générosité.*

*A l'ensemble de mes oncles et de mes tantes et à tous les membres de
ma famille .qui ont tous contribué par leur encouragements ce travail*

A mes amies Sara, Farah, Fatma, Rani, lila

*....Enfin, à toi ma mère pour ton courage, tes combats et tes sacrifices
afin que je puisse achever mes études, et sans laquelle ce mémoire n'aurait
jamais existé, Que tu en sois remerciée à tout jamais.*

Remerciements

Nos vifs remerciements s'adressent à mon encadreur

Dr. SAHOUR Abdelhakim et Dr BOUMEHREZ Farouk pour

Nous avoir facilités la tâche grâce à tous ses conseils et remarques

Durant l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions tous les membres de jury qui nous ont fait

L'honneur d'accepter de participer à cette soutenance.

Nos remerciements vont également à tous ceux qui, de près ou de

Loin, nous ont aidés au cours de notre projet.

Résumé :

L'Internet des objets (IOT) est une révolution nouvelle et continue vers un certain nombre de domaines, la technique du réseau de capteurs sans fil (WSN) est souvent utilisée car ces technologies sont parmi les solutions les plus importantes pour surveiller et contrôler les systèmes. Dans ce travail, nous présentons un système de télésurveillance des vergers de pommiers avec l'utilisation de l'IOT. À cet égard, le système proposé exploite une carte WEMOS WIFI pour

obtenir et traiter les données, les facteurs que nous avons pris sont la température et l'humidité, l'humidité et la température du sol et la vitesse et direction du vent, qui sont des valeurs représentatives capturées par l'utilisations des capteurs Zigbee Network sans fil, puis traitées et envoyées au serveur via une connexion Internet Wi-Fi, lui permettant de le surveiller et de l'analyser via un navigateur Web à l'aide de tablettes, smart-phones, ordinateurs portables en temps réel. Le stockage d'informations dans la base de données permet également son analyse et l'extraction de tous les résultats en ce qui concerne le contrôle des systèmes, en évitant la déshydratation et l'anti- glace, ainsi que les facteurs de croissance multiples. Nous avons montré l'efficacité du système proposé dans les facteurs de surveillance de n'importe où via Internet des objets et le réseau de capteur sans fil avec la possibilité d'analyser les données stockées, permettant aux mesures réelles nécessaires à prendre.

Keywords : IOT, WSN, WEMOS, Irrigation, Arduino, Température, Humidité, Humidité du sol, Vitesse du vent, Vergers de pommiers.

Abstract :

The Internet of Things (IOT) is a new and continuous revolution towards a number of fields, Wireless Sensor Network (WSN) technique is often used as these technologies are among the most important solutions to monitor and control the systems. In this work, we present a remote monitoring system for apple orchards with the use of IoT. In this regard, the proposed system exploits a WEMOS WIFI card to obtain and process the data, the factors we took are temperature and humidity, soil humidity and temperature and wind speed and direction, which are representative values captured by the uses of Zigbee Network wireless sensors, then processed and sent to the server via a Wi-Fi internet connection, allowing it to be monitored and analyzed via a web browser using tablets , smartphones, laptops in real time. The storage of information in the database also allows its analysis and the extraction of all the results with regard to the control of the systems, avoiding dehydration and anti-ice, as well as multiple growth factors. We have shown the effectiveness of the proposed system in monitoring factors from anywhere via Internet of Things and wireless sensor network with the ability to analyze the stored data, allowing the actual actions needed to be taken.

Keywords : IOT, WSN, WEMOS, Irrigation, Arduino, Temperature, Humidity, Soil moisture, Wind speed, appleorchards.

إنترنت الأشياء (IoT) هي ثورة جديدة ومستمرة نحو عدد من المجالات. تعتمد غالبًا على استخدام تقنية شبكة الاستشعار اللاسلكية (WSN) لأنها من بين أهم الحلول لرصد ومراقبة النظم. في هذا العمل، نقدم نظام مراقبة عن بعد لبساتين التفاح والتي تتم باستخدام إنترنت الأشياء. وفي هذا الصدد، يقوم النظام المقترح بتشغيل بطاقة WEMOS WIFI للحصول على المعطيات ومعالجتها والعوامل هي درجة الحرارة والرطوبة ورطوبة التربة وسرعة الرياح واتجاهها، وهي قيم تمثيلية تم التقاطها باستخدام مستشعرات Zigbee Network اللاسلكية، ثم تتم معالجتها وإرسالها إلى الخادم عبر اتصال Wi-Fi بالإنترنت، مما يسمح له بمراقبتها وتحليلها عبر متصفح الويب وذلك باستخدام الأجهزة اللوحية والهواتف الذكية وأجهزة الكمبيوتر المحمولة في الوقت الفعلي. كذلك تخزين المعلومات في قاعدة البيانات يسمح لنا بتحليلها واستخراج جميع النتائج التي يتم التحكم بها بواسطة الأنظمة، وتجنب الجفاف ومضادات الجليد، وكذلك عوامل النمو المتعددة. لقد أظهرنا فعالية النظام المقترح في رصد العوامل عبر إنترنت الأشياء وشبكة الاستشعار اللاسلكية (WSN) مع القدرة على تحليل البيانات المخزنة، مما يسمح بإجراء القياسات الفعلية اللازمة.

الكلمات المفتاحية: إنترنت الأشياء، WSN، WEMOS، الري، أردوينو، درجة الحرارة، الرطوبة، رطوبة التربة، سرعة الرياح، بساتين التفاح.

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AC : Courant Alternatif

CRM : Customer Relationship Management

DC : Courant Continue

EPC : Engineering, Procurement and Construction

EEPROM : Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory.

GSM : Global System for Mobile Communication

IoT : Internet of Things (Internet des Objets)

GND : Gradual Neutral Density

LPWA : Low-Power Wide-Area

LTE : Long-Term Evolution

M2M : Machine to Machine

RFID : Radio Frequency Identification

RCSFs : Réseau de Capteurs Sans Fil

SRAM : Shadow Random Access Memory

SIM : Subscriber identification module

TCP/IP : Transmission Control Protocol/Internet Protocol

UMTS : universal mobile telecommunication system

WI-FI : Wireless local area networking (IEEE 802.11)

WSN : Wireless Sensors Network

WAN : Wide Area Network

LISTE DES FIGURES

<i>Figure I.1 : Verger de pommiers</i>	03
<i>Figure I.2 : Quelque type de pomme</i>	03
<i>Figure I.3 : L'effet de GEL sur les arbres</i>	04
<i>Figure I.4 : L'effet de sécheresse sur les arbres</i>	04
<i>Figure I.5 : Irrigation par goutte à goutte</i>	06
<i>Figure I.6 : Répartition de l'eau avec micro jets (l'irrigation par aspersion)</i>	07
<i>Figure I.7 : Irrigation gravitaire</i>	07
<i>Figure I.8 : L'eau disponible dans les sols selon la texture des sols</i>	09
<i>Figure II. 1 : L'utilisation de l'Internet des objets</i>	12
<i>Figure II. 2 : Internet des objets domaine de l'Agriculture</i>	13
<i>Figure II. 3 : Typologie des objets dans l'IoT</i>	15
<i>Figure II. 4 : L'Internet des objets aujourd'hui</i>	16
<i>Figure II. 5: Réseaux et Internet des Objets</i>	20
<i>Figure II. 6 : L'architecture de l'Internet des objets</i>	22
<i>Figure II. 7: Domaines d'application de l'IOT</i>	24
<i>Figure III. 1: Composants techniques de l'Arduino</i>	29
<i>Figure. III. 2 : Modèle de la topologie plate</i>	35
<i>Figure III. 3 : Modélisation de la topologie multi-étoile</i>	36
<i>Figure III. 4: Exemples de capteurs</i>	37
<i>Figure III.5 : lancement de XAMPP</i>	43
<i>Figure III.6 : Administration de MySQL à partir de PhpMyAdmin</i>	44
<i>Figure III.7 : affichage des bases de données</i>	45
<i>Figure IV.1 Architecture globale de système</i>	47
<i>Figure IV.2 : Carte ArduinoUno wifi</i>	48
<i>Figure IV.3 : Brochage DHT22 avec l'UNO</i>	50
<i>Figure IV.4 : Résultat du test se DHT22</i>	50
<i>Figure IV.5: Brochage HC-28 avec NANO</i>	53
<i>Figure IV.6: Résultat du test se HC-28</i>	53
<i>Figure IV.7 : Brochage Anémomètre avec UNO</i>	55
<i>Figure IV.8 : Brochage LCD KeyPad avec UNO</i>	55
<i>Figure IV.9 : Brochage de module Xbee (End Device) avec UNO</i>	56
<i>Figure IV.10 : Programme Xbee (End Device) Figure IV.11 : Programme Xbee(Coordinator</i>	57
<i>Figure IV.10: Mini panneau solaire avec UNO</i>	58
<i>Figure IV.9 : Capture d'écran de la page phpmyadmin</i>	58
<i>Figure IV.10 : Organigramme</i>	59
<i>Figure IV.10.1 : vérification des tests</i>	60
<i>Figure IV.11: Schéma globale de l'application</i>	61
<i>Figure IV.12 : Photo de l'application</i>	62
<i>Figure IV.12 : présentation graphique des données de la base de données</i>	63

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau I.1 : Efficience potentielle de l'irrigation avec des systèmes d'irrigation bien conçus et bien gérés</i>	08
<i>Tableau I.2 : Perméabilité de quelque type de Sol.....</i>	09
<i>Tableau III. 1 : Fiche techniques de l'Arduino.....</i>	29
<i>Tableau III. 2 : Les capteurs utilisés.....</i>	38
<i>Tableau III. 3: Les composants utilisés.....</i>	39
<i>Tableau IV.1: Caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO + WIFI R3.....</i>	49

Sommaire

Introduction général.....	01
---------------------------	----

Chapitre I : Généralités sur l'irrigation des vergers de pommiers

I.1 Introduction.....	02
I.2 Objectif de l'irrigation.....	02
I.3 Pommier.....	02
I.3 Risques liés aux conditions climatiques.....	03
I.3.1 Risque de GEL.....	03
I.3.2 Risque de Sécheresse	04
I.4 L'irrigation des vergers de pommes.....	05
I.4.1 Critères de choix de techniques d'irrigation.....	05
I.4.2 Type d'irrigation des vergers de pommes.....	05
I.5 Goutte-à-goutte.....	05
I.5.1 Avantages de l'irrigation par goutte à goutte.....	05
I.5.2 Inconvénients de l'irrigation par goutte à goutte.....	06
I.6 Irrigation par aspersion.....	06
I.6.1 Avantages de l'irrigation par aspersion.....	06
I.6.2 Inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	07
I.6.3 Irrigation gravitaire.....	07
I.6.4 Efficience de l'irrigation.....	08
I.7 Facteurs affectant la détermination des besoins en eau.....	08
I.7.1 Humidité de sol.....	08
I.7.2 Perméabilité et capacité du sols pour l'eau.....	09
I.8 Les conditions climatiques.....	10
I.8.1 Système automatique d'irrigation.....	10
I.8.2 Problématique.....	10
I.9 Conclusion.....	10

Chapitre II: Internet des objets

II. Introduction.....	11
II.2 Historique sur l'Internet des objets.....	11
II.3.1 L'Internet des objets.....	12
II.3.2 Typologie des objets.....	14
II.3.3 Les objets d'identification.....	14
II.3.4 Les drones.....	14
II.3.5 Smartphones et tablettes électroniques.....	15
II.4.1 L'IOT aujourd'hui.....	16
II.4.2 Le futur de l'IOT.....	17
II.4.3 Internet des objets et son importance.....	18
II.4.4. Internet comme un système des objets.....	19
II.4.5 L'Internet des objets comme un système des systèmes.....	19
II.4.6 Réseaux et Internet des Objets.....	19
II.5.1 L'Internet des Objets et les données.....	20
II.5.2 L'Internet des Objets et les nouveaux services.....	20

II. 5.3 L'objet connecté.....	20
II. 5.4 Les avantages d'un objet connectés.....	21
II. 6.1 Les inconvénients d'un objet connecté.....	21
II. 6.2. L'architecture de l'Internet des objets.....	22
II. 6.3. Les applications de l'Internet des objets.....	24
II. 6.4. Les problèmes de l'Internet des objets.....	26
II. 7. Conclusion.....	27

Chapitre III : Système Arduino logiciels et capteurs.

III.2.1 Introduction.....	28
III.2.2 Présentation de l'Arduino Uno.....	28
III. 2.2.1 La carte Arduino Uno.....	28
III. 2.2.2 L'alimentation.....	30
III. 2.2.3 Communication.....	30
III.2.3 Les broche.....	31
III.2.4 Les capteurs	31
III.2.4.2 Le critère de mobilité.....	32
III. 2.4.3 Les réseaux de capteurs statiques.....	32
III.2.4.4 Les réseaux de capteurs mobiles.....	32
III.2.4.5 Le type de l'application.....	33
III.2.4.6 Les réseaux de capteurs temporels.....	33
III.2.4.7 Les réseaux de capteurs évènementiels.....	33
III.2.4.7 Les réseaux de capteurs évènementiels.....	33
III.2.4.8 Les données captées.....	33
III.2.4.9 Les réseaux de capteurs standards.....	33
III.2.4.10 Les réseaux de capteurs multimédia.....	34
III.2.4.11 Les réseaux de capteurs multimodaux.....	35
III.2.5.1 Les topologies des réseaux capteurs	35
III.2.5.2 La topologie plate.....	35
III.2.5.3 La topologie hiérarchique.....	36
III.2.6.1 Les capteurs utilisés	38
III.2.6.2 Les composants utilisés	39
III.2.6.3 Les contraintes des réseaux de capteurs sans fil	40
III.2.6.4 Les technologies de transmission dans les RSCFs.....	41
III.2.6.5 Wi-Fi (IEEE 802.11a/b/g/n).....	41
III.2.7.1 Bluetooth (IEEE 802.15.1)	42
III.2.7.2 ZigBee (IEEE 802.15.4)	42
III.2.8.1 XAMPP.....	43
III.2.8.2 L'ancer XAMPP.....	43
III.2.8.3. Les fonctions de PhpMyAdmin	44
III.2.8.4. Utilisation de PhpMyAdmin.....	44
III.2.9. Conclusion.....	45

Chapitre IV

IV.1 Introduction	46
IV.2 Système propose	46
IV.2.1 La calculateur (contrôleur)	47
IV.2.1.1 Spécifications de la carte	48
IV.4 Capteur de la température et d'humidité (DHT22).....	49
IV.4 .1 Caractéristique	52
IV.4 .1 Interface de capteur	52
IV.5 Anémomètre a ultrason.....	54
IV.5.1 Parametres de l'anémomètre a ultrason.....	54
IV.6 Ecran LCD 16X2 avec clavier.....	55
IV.7 Noeud de capteur sans fil.....	56
IV.8 Mini panneau solaire.....	57
IV.8.1 Caractéristique du panneau	57
IV.9 Serveur Web et base de données	58
IV.10 L'organigramme de travail.....	59
IV.10.1 Vérification des tests	60
IV.10.2 Résultats et teste.....	63
IV.11 Conclusion Générale.....	64
Bibliographe	65

Introduction

Générale

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture est une partie importante de l'économie mondiale. En Algérie, La wilaya de Khenchela, est l'une des principales régions productrices de pommes. Cette expérience lui confère le leadership de la production de la pomme en Afrique. Une multitude de variétés sont cultivées, dont trois sont considérées comme les meilleures et les plus prisées au monde. Au cours de la campagne agricole 2022 a atteint près de 1,69 million quintaux. Malgré cette production abondante, n'a pas été en mesure de la développer de manière optimale. La pomiculture se pratique dans différentes conditions de sol et de climat. Nous constatons qu'elles sont encore loin d'atteindre celles enregistrées dans les pays développés.

Cette faiblesse des rendements peut être attribué à plusieurs facteurs dont :

Le non assimilation des techniques modernes à l'arboriculture par les agriculteurs algériens. Donc une surveillance des paramètres qui affectent la croissance des plantes, telles que la température, l'humidité, vitesse du vent l'humidité du sol..., est une opération pertinente.

Afin de relever les défis à l'agriculture, la haute technologie devient incontournable pour la rationalisation, le perfectionnement de la chaîne du travail agricole et le développement durable de l'agriculture. En se basant sur l'apport de l'Internet des Objets (ou IOT / Internet of Things).

Dans le paradigme de l'Internet des objets (IOT), de nombreux objets qui nous entourent seront sur le réseau sous une forme ou une autre

Le premier chapitre présente des Généralités sur l'irrigation des vergers de pommiers.

Le deuxième chapitre présent la technologie de L'IOT Le troisième chapitre généralités sur les équipements utilisés dans notre projet.

Enfin, le quatrième chapitre, présenté les différentes testes ainsi que les discussions.

Finalement nous terminons ce travail prune conclusion générale.

Chapitre I :
Vergers de Pommer

Introduction

L'eau est un constituant biologique important, pour tous les organismes vivants, sa présence et sa conservation sont donc une nécessité absolue. Lorsque les précipitations sont faibles et insuffisantes, l'irrigation est nécessaire pour répondre aux besoins des cultures agricoles.

Avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un moyen d'augmenter sa production, mais ce moyen doit être utilisé rationnellement pour éviter de gaspiller l'eau ou de détruire les cultures agricoles.

Objectif de l'irrigation

L'irrigation est généralement définie comme la pulvérisation d'eau dans le sol dans le but de fournir l'humidité essentielle à la croissance des plantes. Cependant, la définition large est que l'irrigation est l'application d'eau sur le sol à plusieurs objectifs [1] :

- Le lavage du sol pour éliminer les sels présents dans la couche supérieure du sol.
- Réduire le risque de la gelée.
- L'Arrosage de la terre avant de labourer, pour que les charrues pénètrent facilement dans le sol et réduisent la capacité requise pour le labour.
- La dissolution des engrais avec l'eau d'irrigation.

Pommier

C'est un arbre qui appartient à la famille des Rosacées et qui vient d'Asie du Sud. Il est considéré comme l'un des arbres les plus cultivés au monde en raison de sa valeur nutritionnelle, de sa facilité d'adaptation aux différents climats et de sa valeur économique car il est considéré comme un bon revenu financier ainsi que la qualité des produits obtenus dans l'industrie de transformation.

La préparation de jus de fruits, jus de pomme, confitures et gelées.

Le pommier s'adapte à une grande variété de climats, les meilleures conditions étant les journées chaudes avec des nuits fraîches et une forte radiation solaire. Il est résistant aux gelées mais le fruit s'endommage lorsque les températures descendent à -3°C . Puisque la floraison se produit plus tard que dans d'autres cultures à feuilles caduques, le risque de gelée est plus faible.

Il est moins exigeant que les autres arbres fruitiers car il s'adapte à des sols variés, idéalement bien drainés et moyens avec un pH autour de 6. Il tolère les sols calcaires et préfère une grande variété de modèles dans de nombreux types de sols.

Khenchela est considérée comme l'une des régions les plus productrices de pommes d'Algérie, en particulier la commune de Bouhamama, en raison du climat favorable dans lequel elle se caractérise [2].



Figure I.1 : Verger de pommiers



Figure I.2 : Quelque type de pomme

Risques liés aux conditions climatiques

Les producteurs de pommes font face à de nombreux risques climatiques qui peuvent être une source de dommages pour leurs arbres et leurs cultures. Il est important que les producteurs soient en mesure de reconnaître les risques climatiques propres à leur situation géographique, et qu'ils mettent en place des stratégies pour réduire ou éliminer les effets de ces derniers sur leur exploitation.

Parmi les principaux risques liés aux conditions climatiques, nous les mentionnons :

Risque de GEL

Les dommages causés par le gel se manifestent sur les parties reproductives des fleurs, lorsque les températures chutent à 0 °C ou moins dans ce cas la pollinisation et la formation des graines ne peuvent pas se produire. Les dommages dus au gel peuvent aussi se produire sur la peau des fruits lorsque les tissus extérieurs de la fleur sont atteints par le gel. Cela donne souvent une roussissure, et dans les cas graves, les dommages peuvent complètement déformer le fruit.

Parmi les solutions de la lutte contre le gel vaporisation d'eau, à raison d'un très faible débit, entraîner à la formation de glace autour des inflorescences, et protégera ces dernières grâce à la faible quantité de chaleur libérée par les gouttelettes en gelant.

Dans ce cas ce système nécessite une très bonne source d'eau, parce qu'une fois démarrée, l'irrigation doit se poursuivre jusqu'au fond de la glace. S'il manque d'eau, tout va geler. De plus, le poids de la glace sur les arbres peut briser des branches.

L'irrigation par aspersion est également utilisée comme moyen de lutte contre le gel [3].



Figure 1.3 : L'effet de GEL sur les arbres

Risque de Sécheresse

Les pommiers ont besoin d'eau pour se développer, se garder en santé et produire des fruits de qualité. Le manque d'eau à cause de la sécheresse a plusieurs conséquences : réduction de la croissance, dépérissement des pousses, diminution de la taille et du poids des fruits (année en cours et année suivante), réduction de la survie et de la croissance des arbres (jeunes arbres), répercussions négatives sur la qualité des fruits, réduction de la production de boutons à fruit (et des rendements des cultures subséquentes), carences nutritionnelles, augmentation des dommages hivernaux, augmentation de la production en alternance et accroissement des troubles physiologiques (taches amères).

Parmi les solutions de la lutte contre la sécheresse une irrigation supplémentaire par goutte à goutte



Figure 1.4 : L'effet de sécheresse sur les arbres

l'irrigation des vergers de pommiers

Meilleure méthode d'irrigation c'est ce qui fournit à la terre l'humidité nécessaire à la croissance des pommiers sans perdre d'eau de celle-ci ou du sol, et sécurise les pommiers contre de courtes périodes de sécheresse, et lave les sels trouvés dans le secteur terrestre, pour obtenir la croissance des pommiers la plus grande et la plus fine, avec une efficacité d'utilisation de l'eau et l'excellence du rendement économique de la quantité limitée d'eau.

Critères de choix des techniques d'irrigation

- Le type du sol ;
- La pente de la parcelle ;
- La vitesse d'écoulement de l'eau ;
- Les travaux du sol ;
- Les cultures ;
- Les ressources en eau ;
- Le climat ;
- Qualité de l'eau (salée ou non) [4].

Types d'irrigation des vergers de pommiers (Techniques d'irrigation)

Les techniques d'irrigation agricoles sont des méthodes pour apporter de l'eau aux cultures pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique et est classifiées en irrigation de surface, irrigation par aspersion et micro-irrigation.

Goutte-à-goutte

Dans l'irrigation goutte à goutte, l'eau est livrée à au pommier à faible dose entraînant ainsi l'humidification d'une fraction du sol. Ceci permet de limiter les pertes par évaporation et percolation. Elle permet aussi de réduire le développement des mauvaises herbes. Par conséquent, cette méthode d'irrigation a un haut degré d'efficience de distribution d'eau. L'irrigation au goutte-à-goutte est aussi appelée micro-irrigation. Dans la plupart des cas, elle exige une automatisation à travers des contrôleurs associés à des pompes et des électrovannes [5].

Avantages de l'irrigation par goutte à goutte

- Convient aux terres désertiques sablonneuses et n'a pas besoin d'être nivelé.
- Fournir de l'eau d'irrigation et ne pas en perdre de grandes quantités.
- Une plus grande efficacité d'utilisation des engrais est enregistrée.

- Protégé l'environnement en évitant de laver les engrais et de ne pas les drainer aux eaux souterraines.
- La production agricole augmente en grande quantité.
- L'automatisation possible et même conseillée

Inconvénients de l'irrigation par goutte à goutte

- Coûts élevés du réseau d'irrigation.
- Problème du blocage fréquent des goutteurs.
- Les flexibles sont fréquemment endommagés et doivent être remplacés.
- Des problèmes d'accumulation de sel peuvent survenir autour de la zone d'irrigation.

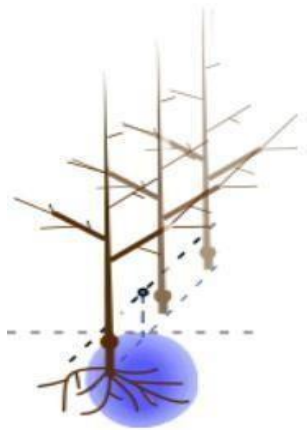


Figure 1.5 : Irrigation par goutte à goutte

Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est une technique relativement récente qui consiste à reproduire sur le sol le phénomène naturel de la pluie, avec toutefois le contrôle de l'intensité et de la hauteur de l'averse [6].

Avantages de l'irrigation par aspersion

- Convient aux terres sablonneuses du désert hautement perméable qui perdent rapidement de l'eau.
- Il provoque une abondance dans le sol où il n'a pas besoin de créer des canaux.
- Il n'est pas nécessaire de niveler le terrain.
- La déviation du sol ne se produit pas lors de son utilisation.
- Cela ne nécessite pas beaucoup de travailleurs.
- L'eau et les engrais peuvent être ajoutés par irrigation.
- Convient pour l'irrigation à partir de puits artésiens.
- Il fournit de grandes quantités d'eau.

Inconvénients de l'irrigation par aspersion

- Coûts élevés du réseau d'irrigation.
- Cela nécessite des travailleurs dotés de systèmes d'exploitation et de maintenance hautement expérimentés.
- Concentration de sels à la surface de la Terre.



Figure I.6 : Répartition de l'eau avec micro jets (l'irrigation par aspersion)

Irrigation gravitaire

Il s'agit de la technique d'irrigation la plus ancienne. Elle utilise un canal à ciel ouvert qui apporte l'eau par gravité à des canaux de plus en plus petits, venant irriguer les pommiers. Ce système d'irrigation utilise énormément d'eau, d'autant plus qu'une grande partie se perd par évaporation, et ça c'est la plus inconvénients de ce type d'irrigation.



Figure I.7 : Irrigation gravitaire

Efficienc e de l'irrigation

La préservation de l'eau d'irrigation peut être abordée à différentes échelles et avec des objectifs différents. L'agriculteur peut avoir un approvisionnement en eau limité, cherché à réduire ses coûts énergétiques ou encore être confrontée à des capacités de drainage limitées. L'efficienc e de l'irrigation à l'échelle de l'exploitation peut être améliorée par diverses solutions techniques pour réduire la consommation d'eau. L'irrigation goutte-à-goutte ou l'irrigation de précision à débit variable en sont des exemples. Cependant, les performances du système sont affectées par le degré de réutilisation des flux de retour, qui dépend de l'agencement hydraulique du système et des performances des unités élémentaires d'irrigation [7].

Tableau I.1 : *Efficienc e potentielle de l'irrigation avec des systèmes d'irrigation bien conçus et bien gérés*

Système d'irrigation	Efficienc e potentielle (%)
Irrigation par aspersion	
Arrosage de précision à faible énergie	80 à 90
Arrosage à faible énergie	75 à 85
Pivot central	75 à 85
Micro-irrigation	
Micro asperseurs	85 à 90

Facteurs affectant la détermination des besoins en eau

La détermination des besoins en eau est très importante pour la réussite d'une culture. Ces besoins sont affectés par plusieurs facteurs tels que la méthode d'irrigation utilisée et l'efficacité de l'irrigation, notamment :

Humidité du sol

L'humidité du sol, c'est la quantité d'eau qu'il contient. Elle dépend de la qualité du sol (structure et texture) et de sa capacité à retenir l'eau. Un sol de qualité médiocre s'asséchera trop rapidement, comme par exemple un sol limoneux "sol sec" et/ou se gorgera d'eau en cas de pluie "sol humide".

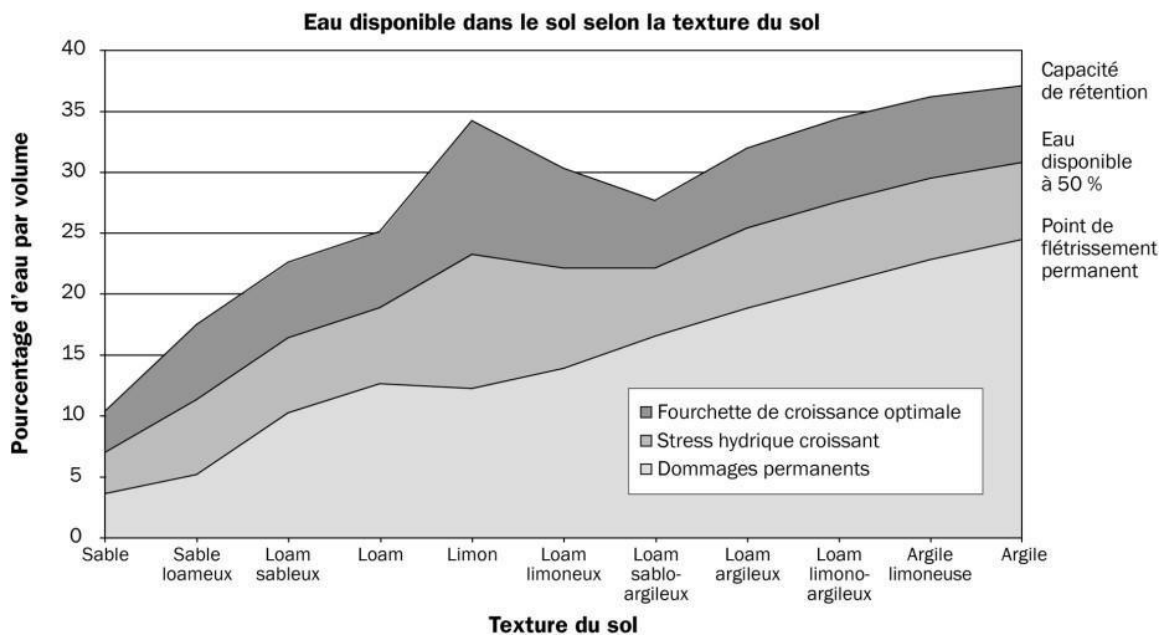


Figure I.8 : L'eau disponible dans les sols selon la texture des sols

Perméabilité et capacité du sol pour l'eau

Perméabilité et capacité du sol pour l'eau : plus la perméabilité est grande, plus la capacité est faible. Cohésion : Le maintien des particules en elle-même. La force d'érosion de l'eau est d'autant plus élevée que la vitesse du liquide est plus grande cohésion. En outre l'imbibition du sol réduit par elle-même la force de cohésion en dispersant les agrégats. Les terres lourdes, possèdent un degré de cohésion élevé.

Tableau I.2 : Perméabilité de quelque type de Sol

Nature	Grandeur k (m/s)	Degré de perméabilité
Sable très fin, sable limoneux, loess	10^{-5} à 10^{-7}	Faible
Limon compact, argile silteuse	10^{-7} à 10^{-9}	Très faible
Argile	10^{-9} à 10^{-12}	Pratiquement Imperméable

Les conditions climatiques

Les données climatiques donneront les indications nécessaires concernant les besoins en eau du pommier, notamment :

- La température de l'air.
- Le rayonnement global.
- La vitesse du vent.
- L'humidité relative.

Système automatique d'irrigation

On appelle irrigation automatique tout système d'irrigation permettant d'effectuer l'irrigation des plantations, automatiquement ou à l'aide d'un minimum d'intervention.

L'irrigation automatique permet ainsi d'apporter la bonne quantité d'eau, au bon endroit, au bon moment, en rapport avec les conditions climatiques.

On parle d'irrigation automatique programmée lorsqu'aucune intervention n'est nécessaire pour déclencher les cycles d'arrosage [8].

Problématique d'irrigation

Les vergers des agriculteurs peuvent être situés loin de leur résidence. Parfois, les agriculteurs doivent se rendre dans leur verger plusieurs fois par jour pour démarrer et arrêter les pompes à eau pour l'irrigation. Afin de supprimer ces difficultés pratiques, nous avons proposé un système est conçu pour s'occupe automatiquement de tous ces problèmes, basé principalement de la teneur en humidité du sol ainsi que de la température ambiante, l'humidité relative et la vitesse vent. Actuellement, il existe de nombreuses techniques d'irrigation automatisées, et chaque système basé d'une méthode spécifique de contrôle de l'irrigation, y compris le calcul ou l'estimation des besoins en eau.

Conclusion

Ce chapitre introductif a été consacré à un rappel théorique sur les systèmes d'irrigation et leurs avantages et inconvénients, et nous avons également parlé des problèmes de l'irrigation traditionnelle et non automatisée, et de la solution proposée par nous pour résoudre ces problèmes

Chapitre II:
Internet des objets

II. Introduction :

L'Internet des objets ou IOT (*Internet of Things*) [24], est un paradigme émergeant dans le monde des réseaux informatiques. Il peut être défini qui comme une évolution et extension de l'Internet de nos jours pour l'inclusion de tous les objets et les endroits dans notre entourage (réfrigérateurs, thermostat, maisons, véhicules, routes, etc.). Le concept prometteur de l'IoT va nous simplifier la vie, nous faire gagner du temps, décharger notre cerveau de la mémorisation de données logistiques (itinéraires, temps de prise des médicaments, etc.). Ainsi, l'accès ubiquitaire à différents types d'informations permettrait la sophistication du mode de vie et une amélioration significative de la qualité des services dans différents domaines.

L'IOT qui est une nouvelle vague de l'Internet, est en réalité une partie naissante de l'Internet du futur, appelé l'Internet de tous les objets ou IOE (*Internet of Everything*), qui vise à interconnecter les gens, les données et tous les objets, de telle sorte qu'il y ait une fusion entre le monde réel (physique) et le monde numérique (virtuel) ; les objets du monde physique vont être incorporés dans le monde virtuel de l'Internet. Cela fait appel à de nouvelles tendances et innovations que ce soit sur le plan architectures de communications ou sur le plan présentation et exploitation des services.

Ce chapitre est consacré à la présentation du domaine de l'Internet des objets et les aspects qui s'y rapportent.

II.1.2. Historique sur l'Internet des objets

Le terme « Internet of Things » (en Français Internet des Objets) est né en 1999 au centre MIT (Massachusetts Institute of Technology), grâce à Kevin Ashton, un chercheur britannique, pionnier dans son domaine (IDO). Son équipe lança la promotion d'une connectivité ouverte de tous les objets en utilisant les étiquettes RFID (Radio Frequency Identification). Grâce à l'apparition du nouveau protocole IPv6, des secteurs comme l'aéronautique s'emparent rapidement du concept de l'Internet des objets, et participent aux recherches. Ce concept de l'Internet des Objets commence à connaître une popularité en 2007. On a envisagé alors de mettre en place un Internet des Objets Global, Ubiquitaire [2].

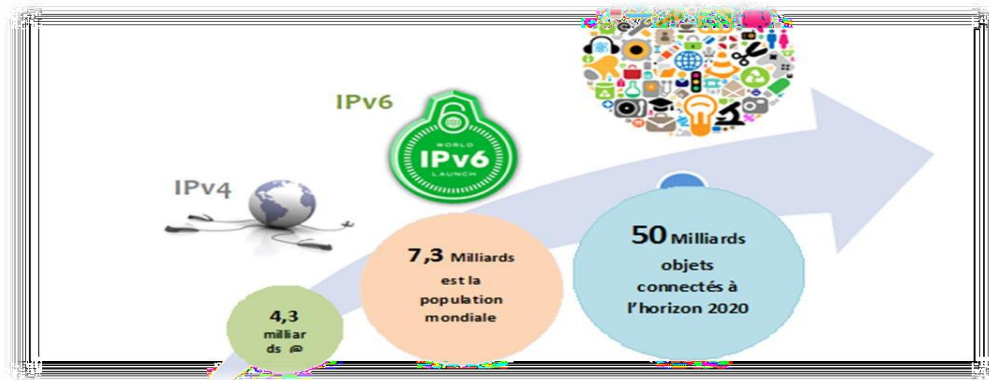


Figure II. 1 : L'utilisation de l'Internet des objets.

II.1.3.1 L'Internet des objets :

L'Internet des objets est un terme très vaste et riche il nous fait imaginer un monde entier qui est relié et peut se communiquer grâce à l'échange d'information entre ses objets.

Leurs utilisateurs en utilisant Internet mais aussi d'autres réseaux de communication bien moins connus mais tous efficaces. C'est le monde de l'Internet des Objets.

D'ici 2020, l'Institut Gartner prévoit plus 50 milliards d'objets connectés sur le marché. Autant vous dire que nous sommes en train d'assister à une véritable révolution numérique qui va radicalement changer nos styles de vie [1].

Pour illustrer, prenons un exemple dans le domaine de l'Agriculture intelligente.



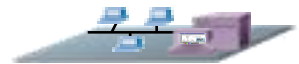
Plantation en serre
 Température constante automatique
 Contrôle de l'humidité
 Contrôle d'éclairage
 Résistant au changement climatique



Capteur de sol
 Collecte le sol, l'humidité et les nutriments
 Guide la fertilisation
 Améliore le rendement et la qualité des cultures



NB-IOT



Arrosage de précision
 Économie d'eau et augmentation de la production
 Réduit l'érosion du sol



Autres Fonctionnement sans surveillance
 Accès sans fil

Figure II. 2 : Internet des objets domaine de l'Agriculture

II.1.3.2 Typologie des objets

Avec l'avènement de l'Internet des objets, la connexion Internet acquiert une troisième dimension; en plus de la possibilité de se connecter n'importe quand et n'importe où, il est désormais possible d'être connecté avec n'importe quel objet. De plus, les objets connectés sont identifiés de façon unique et sont capable de récolter des informations environnementales (liées aux changements des paramètres de l'environnement, comme la température) ou comportementales (issues des variations d'état de l'objet lui-même ou des objets contextuels), de les traiter et de les communiquer sur Internet. D'où vient leur appellation par objets intelligents. Cisco prévoit que d'ici quelques années, spécifiquement en 2020, l'Internet des objets sera une réalité et le nombre d'objets connectés dépassera les 50 milliards. A ce stade, il est nécessaire de noter que les données massives générées par un nombre immense d'objets intelligents connectés présente, partiellement, une source de la charge globale de données qualifiées de *BigData* sur Internet. On distingue différents types de dispositifs connectés à l'IOT, ou qui font connecter d'autres objets à Internet, dont on cite principalement:

II.1.3.3 Les objets d'identification

Code barre, marqueurs RFID et autres dispositifs miniaturisés qui servent à l'identification et la traçabilité des objets sur lesquels ils sont collé pouvant être collés sur les objets d'usage courant (ex. vêtements, marchandises, livres, véhicules, etc.). Ce type de dispositifs nécessite qu'il y ait un lecteur pour récupérer leurs données qui seront par la suite téléchargées sur un serveur et deviennent alors accessibles via le système d'information d'une organisation ou directement sur Internet.

II. 1.3 .4 Les drones

Les drones sont des aéronefs sans pilote humain à bord. Pouvant porter des charges utiles, communiquer et exécuter des commandes en toute flexibilité. Les drones sont utilisés dans des applications civiles aussi bien que dans des applications militaires pour accomplir des missions bien déterminées. On entend parler de l'efficacité de l'utilisation des drones dans le domaine commerciale pour par exemple, les livraisons à domicile des commandes faites sur Internet. Aussi, des opérations de sauvetage, d'exploration et de surveillance sont réalisables par les drones dans le contexte des applications militaires. Bien que la technologie (ou bien son prototype) des drones en

Elle-même existait depuis bien longtemps, son exploitation idéale dans différentes applications demeure modeste. Récemment, les drones sont élus pour faire une importante part de l'Internet du futur, soit en tant que objets intelligents terminaux rapportant des données de contrôle, soit en tant que routeurs particuliers (mobiles et volants) de données entre les parties connectées à Internet. Comparés aux capteurs qui sont le plus souvent stationnaires ou dans certains cas mobiles mais dans tous les cas, manquent de l'aspect aérien, un drone parvient très efficacement à donner une vision aérienne sur l'état de la zone à contrôler même dans les zones isolée et/ou inaccessibles (là où il est difficile d'installer une infrastructure terrestre avec des points d'accès et des stations de base).

II.1.3.5 Smartphones et tablettes électroniques

Les Smartphones et les tablettes qui sont déjà connectés à Internet par le biais de diverses technologies (Wifi, 3G, 4G, 5G) permettent aux utilisateurs de communiquer à distances avec les autres types d'objets connectés dans l'IOT. Les objets intelligents peuvent rapporter en temps réel l'état actuel aux utilisateurs via Internet. Dans ce cas, les utilisateurs reçoivent des e-mails ou simplement des messages d'alertes sur leurs Smartphones ou tablettes, tout dépend de l'application. Il est même possible que les utilisateurs supervisent ou ordonnent leurs objets connectés, à distance, via leurs Smartphones ou tablettes.

La figure ci-dessous présente les principaux types d'objets dans l'IOT.

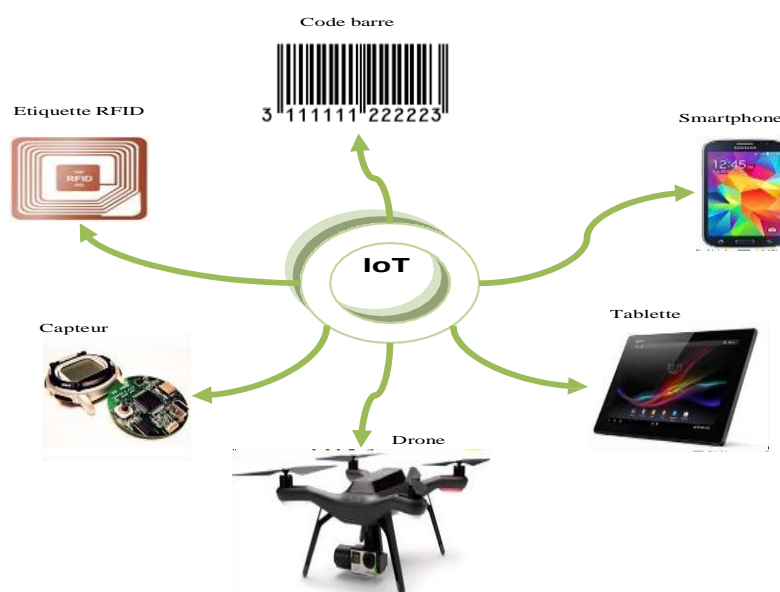


Figure II. 3 Typologie des objets dans l'IOT.

II.1.4.1 L'IOT aujourd'hui

En 2003, la population mondiale s'élevait à environ 6,3 milliards d'individus et 500 millions d'appareils étaient connectés à Internet. Le résultat de la division du nombre d'appareils par la population mondiale (0,08) montre qu'il y avait moins d'un appareil connecté par personne. Selon la définition de Cisco IBSG, l'IOT n'existait pas encore en 2003 car le nombre d'objets connectés était relativement faible. En outre, les appareils les plus répandus actuellement, et notamment les Smartphones, faisaient tout juste leur apparition sur le marché. En raison de l'explosion des Smartphones et des tablettes, le nombre d'appareils connectés à Internet a atteint 12,5 milliards en 2010, alors que la population mondiale était de 6,8 milliards. C'est ainsi que le nombre d'appareils connectés par personne est devenu supérieur à (1,84 pour être exact) pour la première fois de l'histoire [3]

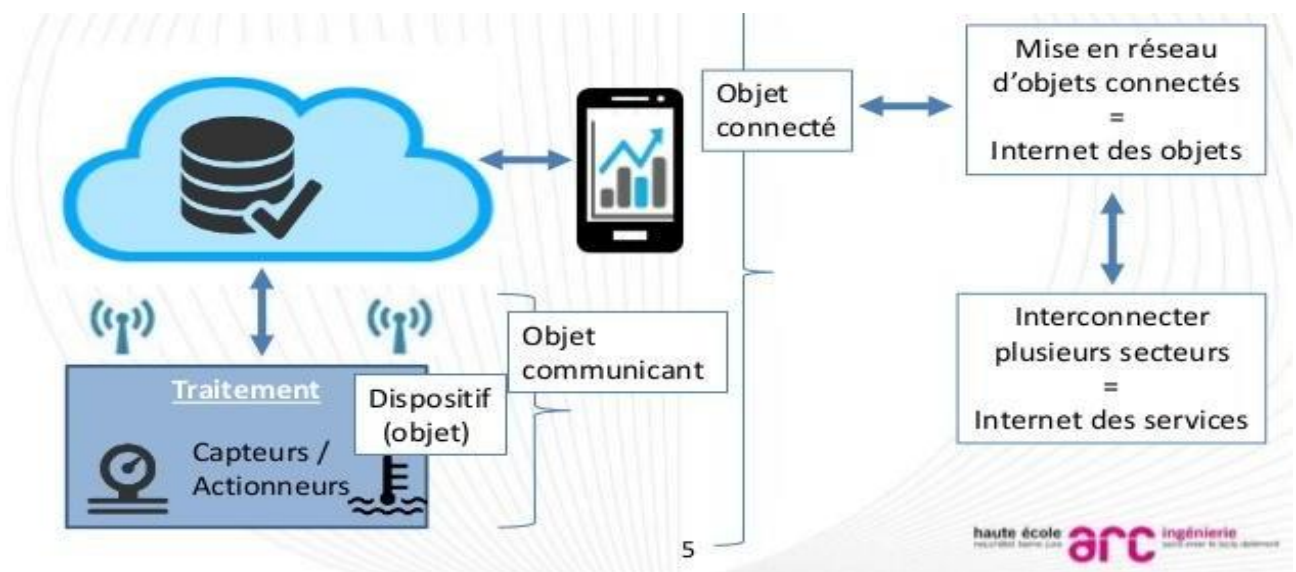


Figure II. 4 : L'Internet des objets aujourd'hui.

Aujourd'hui, derrière l'économie de la donnée, ce sont les objets connectés et l'industrie qui deviennent les principaux générateurs de contenu à analyser. Il est le fondateur de Objecte, une société de recherche, de formation et de conseil autour de l'Internet des objets. Il est également chargé de cours à l'ISAE-SUPAERO de Toulouse, au Collège de Bois de Boulogne, et formateur professionnel pour Data Science Institute. Il anime de nombreuses conférences chaque année, en Europe, au Canada et en Amérique du Sud.

Il a écrit plusieurs livres sur le Big Data, le CRM, les places de marché, et son prochain

Ouvrage soulignera le potentiel combiné des objets, des données et des algorithmes. L'Internet des Objets, ou M2M à l'échelle industrielle, est en pleine expansion depuis quelques années : nous passerons de 15 milliards d'objets connectés dans le monde en 2012 à 80 milliards d'ici 2020

Entrez dans la révolution IOT du 21ème siècle basé sur des objets connectés, source de données tout au long de leur cycle de vie, qui se focalise sur la connectivité permanente et l'exploitation

Stigmatisée de ces données grâce au Big-data. Ces données, relatives à l'état et l'environnement d'exploitation des objets en question, élargissent les possibilités de services du fabricant dans de nombreux domaines tels que l'observance, l'optimisation des flux, la maintenance prédictive et l'automatisation (mise à jour).

Les objets connectés produisent de grandes quantités de données dont le stockage et le traitement entrent dans le cadre de ce que l'on appelle les Big data. En logistique, il peut s'agir de capteurs qui servent à la traçabilité des biens pour la gestion des stocks et les acheminements. Dans le domaine de l'environnement, il est question de capteurs surveillant la qualité de l'air, la température, le niveau sonore, l'état d'un bâtiment, etc.

Le phénomène IOT est également très visible dans le domaine de la santé et du bien-être avec le développement des montres connectées, des bracelets connectés et d'autres capteurs surveillant des constantes vitales. Selon diverses projections (cf. Cisco et le cabinet Gartner), le nombre d'objets connectés devrait largement augmenter au fil des ans.

II.1. 4.2 Le futur de l'IOT

Des chercheurs de l'EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) en Suisse ont annoncé en juillet 2016 avoir réussi à mettre au point un condensateur en graphène modulable qui permet l'utilisation des hautes fréquences pour connecter les objets c'est-à-dire que la transmission, des données et des informations circulant d'un appareil à l'autre dans un écosystème fermé comme l'ensemble des objets connectés d'une maison, sera plus rapide.

Les données circulant mieux et plus rapidement vont permettre une utilisation plus simple, plus intuitive et plus efficace des appareils. D'autant que leur autonomie de fonctionnement sera largement plus importante [4].

Ce sont des chercheurs spécialisés dans la nano électricité qui ont eu élaboré un dispositif en graphène modulable. Ce dernier étant très petit et donc peu encombrant (sa taille= quelques

Centaines de micromètres), est miniaturisé. Ainsi, en plus d'améliorer la fréquence des

transmissions et d'allonger la durée d'utilisation des batteries, il permettra aussi de fabriquer des Appareils connectés encore plus compacts.

Le graphène semble être aussi le matériau idéal dans le développement de la wear able technologie, des vêtements intelligents, et de la biotechnologie.

Le graphène provoque donc un véritable défi pour l'avenir des communications sans fil et de l'IOT.

II.1. 4.3 Internet des objets et son importance

De nos jours les objets se transforment en objets intelligents capables de détecter, d'interpréter et de réagir à l'environnement grâce à la combinaison des IOT et les technologies émergentes.

La liaison et la gestion de plusieurs objets est devenue facile grâce à l'Internet des objets qui est capable de relier un monde de réseau d'appareils intelligents, ou tout est interconnectés et a une entité numérique. De tous les jours les objets se transforment en objets intelligents capables de détecter, d'interpréter et de réagir à l'environnement grâce à la combinaison de l'Internet et technologies émergentes.

✓ Pour la technologie à disparaître de la conscience de l'utilisateur, l'Internet des objets exige :une compréhension commune de la situation de ses utilisateurs et de leurs appareils.

✓ Des architectures logicielles et réseaux de communication omniprésents pour traiter et transmettre les informations contextuelles pour où il est pertinent.

✓ Les outils d'analyse dans l'Internet des objets qui visent un comportement autonome et intelligent.

Avec ces trois raisons fondamentales en place, la connectivité intelligente et sensible au contexte décalé peut être accomplie.

Depuis la production industrielle est l'un des plus grands facteurs économiques du monde l'un des principaux objectifs de ces initiatives est d'amener les paradigmes de la IOT aux usines leur permettant de faire face aux défis posés par populaires mégatendances. Les mégatendances avant tout pertinentes pour les usines sont la mondialisation, progresser l'évolution technologique, la dynamisation des cycles de vie des produits, la main-d'œuvre vieillissante et la pénurie de ressources. Effets centraux sont l'accélération des cycles d'innovation et de la demande croissante des clients pour masse individualisée produit avec les plus hautes exigences de qualité. Dans le cadre de la production industrielle des projets et applications IOT se développent dans la

Fabrication, la chaîne d'approvisionnement, la surveillance et l'entretien. Une question

importante dans tous les projets est sur la valeur, la prestation telle application peut apporter à l'utilisateur, au propriétaire ou à la société.

L'Internet des objets regroupe tous les objets physiques communicants dotés d'une identité numérique unique.

D'un point de vue conceptuel, l'Internet des objets caractérise des objets physiques connectés ayant leur propre identité numérique et capables de communiquer les uns avec les autres. Ce réseau crée en quelque sorte une passerelle entre le monde physique et le monde virtuel.

II. 1. 4.4 Internet des objets comme un système

L'Internet des objets est en relation avec le réseau, les données et les nouveaux services :

II. 1. 4.5 L'Internet des objets comme un système des systèmes

L'IOT désigne plutôt diverses solutions techniques (RFID, TCP/IP, technologies mobiles, etc.) qui permettent d'identifier des objets, de capter, stocker, traiter, et transférer des données dans les environnements physiques mais aussi entre des contextes physiques et des univers virtuels. L'enjeu majeur n'est pas tant d'inventer de nouvelles technologies que de perfectionner celles qui existent déjà, de les connecter, et de les intégrer.

Nous listons ci-après les principales classes de solutions nécessaires au fonctionnement de l'IOT. Plutôt que d'en décrire tous les éléments, nous considérerons trois composantes considérées comme critiques : les solutions RFID, les solutions logicielles middleware et le réseau EPC global.

II.1. 4.6 Réseaux et Internet des Objets

L'IOT se compose d'un ensemble hétérogène de réseaux qui permettent la communication de ces objets. Parmi les plus connus, les réseaux cellulaires des opérateurs télécoms qui permettent aux objets équipés d'une carte SIM M2M de remonter et envoyer les données. En plein émergence, les réseaux LPWA, avec notamment LoRa et Sigfox. Réseaux bas débit longue portée, ce sont des protocoles entièrement dédiés aux communications entre objets. Mais d'autres technologies sont aussi utilisées comme le Narrow Band ou le LTE-m [6].

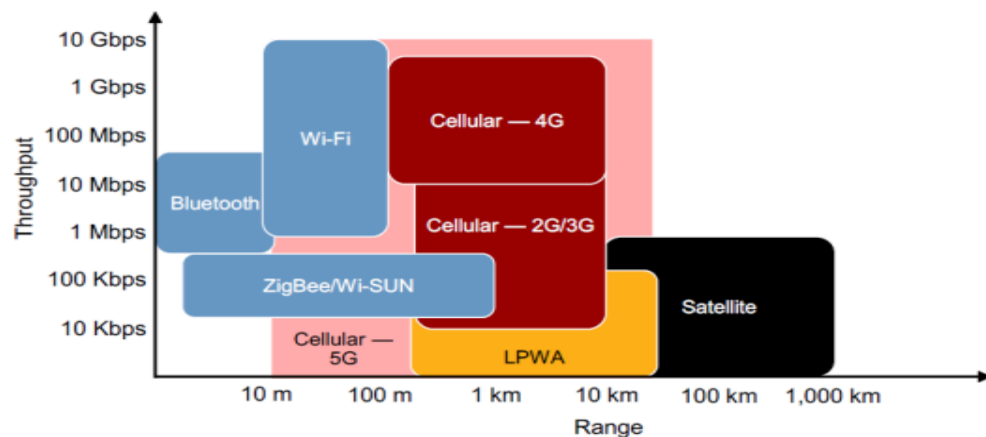


Figure II. 5: Réseaux et Internet des Objets

II. 1. 5. 1 L'Internet des Objets et les données

La petite pépite de l'Internet des Objets, c'est la donnée. Et surtout la capacité à capter une donnée brute, de température, de vibration, d'humidité... pour la transformer en information intelligente et exploitable. Ces milliards d'objets connectés vont créer un volume exponentiel de données qu'il faudra stocker, analyser, sécuriser et restituer pour des usages divers. Un enjeu de taille donc.

II. 1.5.2 L'Internet des Objets et les nouveaux services

La valeur ajoutée apportée par l'Internet des Objets est dans les nouveaux usages que cela va amener. Dans le secteur de l'industrie par exemple on peut désormais surveiller les machines à distance, faire de la maintenance prédictive des équipements, ou améliorer la traçabilité des produits. Chaque jour, les objets connectés vont générer des milliards d'informations qui permettront aux entreprises de créer de nouveaux services.

L'Internet des Objets va littéralement transformer notre société. Cette affirmation pourra vous sembler utopiste pourtant il suffit de voir à quel point les choses ont évolué depuis l'arrivée de l'iphone, il y dix ans tout pile.

Il ne tient qu'à nous de tirer parti du potentiel de l'Internet des Objets et d'en inventer les usages de demain.

II. 1.5.3 L'objet connecté

L'IOT repose avant tout sur les objets connectés. Un objet connecté a la capacité de capter une donnée et de l'envoyer, via le réseau Internet ou d'autres technologies, pour

que celle-ci soit analysée et visualisée sur des tableaux de bord dédiés.

Les objets connectés interagissent avec leur environnement par le biais de capteurs : température, vitesse, humidité, vibration... Dans l'Internet des Objets, un objet peut aussi bien être un véhicule, qu'une machine industrielle ou encore une place de parking

II.1.5.4 Les avantages d'un objet connectés :

Un objet connecté est la plupart du temps simplement composé

- ✓ D'un capteur (podomètre, thermomètre, capteur de fumée...)
- ✓ D'une petite mémoire permettant de stocker des préférences
- ✓ D'un processeur permettant de comparer des valeurs (atteinte d'un objectif de pas, atteinte de la consigne de température)
- ✓ D'une antenne de communication (Bluetooth, wifi, Sigfox ou autre) lui permettant ainsi d'envoyer les informations du capteur pour visualisation et de recevoir les préférences de l'utilisateur
- ✓ Parfois d'un mécanisme permettant d'effectuer une action simple (vibreur, sirène, déclencheur de chaudière...)

De ce fait, un objet connecté n'étant pas autonome, il ne nécessite pas d'embarquer de composants permettant une visualisation autonome, de stocker de nombreuses informations (historique) et de les traiter. Les avantages de cela sont multiples :

- ✓ Taille réduite de l'équipement nécessitant moins de composants
- ✓ Coût réduit à la production de l'équipement
- ✓ Cycles de vente raccourcis puisqu'il est possible de proposer rapidement à la vente le produit et de faire évoluer l'application avec de nouvelles fonctions ultérieurement (tout en les promettant dès la mise sur le marché).

II.1. 6.1 Les inconvénients d'un objet connecté :

- ✓ Les données du capteur transitent sur Internet et sont stockées sur les serveurs du fabricant (le tout de façon plus ou moins sécurisé).
- ✓ Certaines fonctions initialement promises ne sont jamais mises en place pour diverses raisons stratégiques et il est parfois nécessaire de réinvestir dans le modèle de 2e génération pour en bénéficier.
- ✓ En cas d'arrêt du service, l'objet devient inutile : le service peut être abandonné si non rentable, en cas de liquidation ou si changement de positionnement ou envie de générer

nouvel investissement de la part du fabricant.

Enfin, un objet connecté se cantonne généralement à une seule fonction alors que dans de nombreuses occasions il est nécessaire d’agir sur plusieurs points pour obtenir un bénéfice réel et malheureusement dans de nombreux cas, les divers objets connectés ne permettent pas un fonctionnement en commun ce qui améliorerait grandement le confort, la sécurité et les économies d’énergie. Par exemple, en cas d’incendie, un système domotique allume les lumières et lève les volets afin de faciliter l’évacuation alors qu’un détecteur d’incendie connecté se contenterait d’envoyer une notification sur Smartphone.

Il existe certains services comme IFTTT où certaines box domotiques qui lient entre eux des objets connectés mais le système est alors entièrement dépendant sur la connexion Internet et les serveurs du fabricant.

Les objets connectés sont une grande avancée : ils permettent de faire connaître la domotique au grand public, de la démocratiser et même à certains de mettre en place des fonctions qui améliorent le quotidien. Le modèle des objets connectés est inspiré de l’évolution des systèmes informatiques des entreprises ces dernières années principalement hébergés par des services Cloud. Cependant, alors que les entreprises peuvent se permettre de vérifier et modifier leurs contrats garantissant ainsi une continuité de service, il n’en est pas de même du particulier qui est tributaire de CGV définies unilatéralement par le fabricant en termes juridiques peu accessibles et qui évoluent au gré de ses positionnements stratégiques [7].

II.1. 6.2 L’architecture de l’Internet des objets :

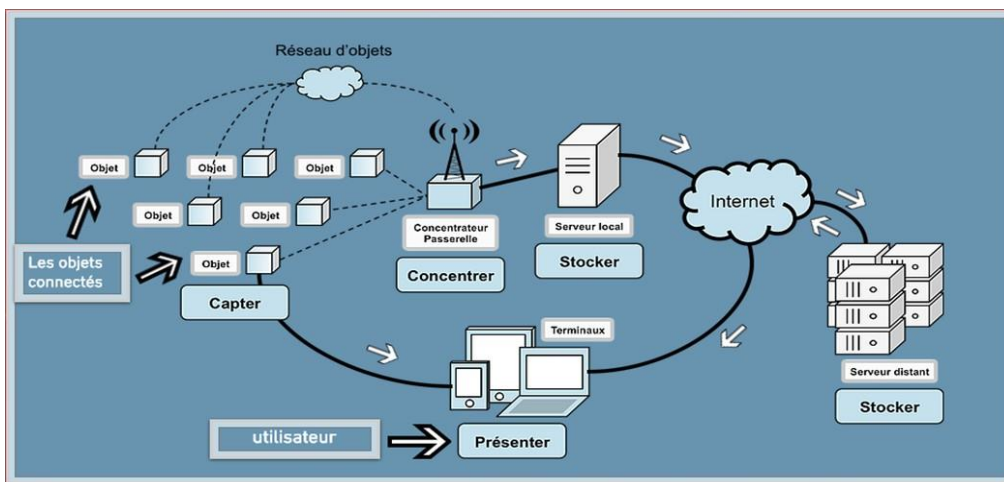


Figure II. 6 : L’architecture de l’Internet des objets

Précisons le rôle des différents processus présentés sur ce schéma :

- ✓ Capter désigne l'action de transformer une grandeur physique analogique en un signal numérique.
- ✓ Concentrer permet d'interfacer un réseau spécialisé d'objet à un réseau IP standard ou des dispositifs grand public.
- ✓ Stocker qualifie le fait d'agréger des données brutes, produites en temps réel, métataguées, arrivant de façon non prédictible.
- ✓ Enfin, présenter indique la capacité de restituer les informations de façon compréhensible par l'Homme, tout en lui offrant un moyen d'agir et/ou d'interagir.

Deux autres processus n'apparaissent pas sur le schéma, car ils sont à la fois transverses et omniprésents :

- ✓ Le traitement des données est un processus qui peut intervenir à tous les niveaux de la chaîne, depuis la capture de l'information jusqu'à sa restitution. Une stratégie pertinente, et commune quand on parle d'Internet des objets, consiste à stocker l'information dans sa forme intégrale. On collecte de manière exhaustive, « big data », sans préjuger des traitements qu'on fera subir aux données. Cette stratégie est possible aujourd'hui grâce à des architectures distribuées type NoSQL, capables d'emmagasiner de grandes quantités d'information tout en offrant la possibilité de réaliser des traitements complexes en leur sein (Map/Reduce par exemple).
- ✓ La transmission des données est un processus qui intervient à tous les niveaux de la Chaîne. Deux réseaux, supports des transmissions, cohabitent généralement :
 - ✓ Réseau local de concentration. On utilise alors des technologies comme ANT, Zig Bee, Z-Waves, NFC ou Bluetooth LE.
 - ✓ Réseau WAN, permettant d'interconnecter les réseaux spécialisés et de les interfacer avec des fermes de serveur. On utilise alors Wifi, les réseaux cellulaires (GSM, UMTS, LTE) ou encore les connexions physiques standard (Ethernet, fibre optique). Ces réseaux sont généralement connectés à Internet [8].

II.1. 6.3 Les applications de l'Internet des objets :

Intel et son écosystème de partenaires aident les entreprises à utiliser l'Internet des objets (IOT) pour résoudre des défis de longue date spécifiques à chaque secteur d'activité.

Son portefeuille de solutions ouvertes et évolutives permet de développer rapidement des objets connectés, de collecter des données et d'obtenir des informations afin de réduire les coûts, d'améliorer la productivité et d'augmenter les recettes. Il existe plusieurs domaines d'application qui seront touchés par l'Internet émergent des choses. Les applications peuvent être classifiées en fonction du type de la disponibilité du réseau, la couverture, l'échelle, hétérogénéité, la respectabilité, la participation des utilisateurs et de l'impact [9].

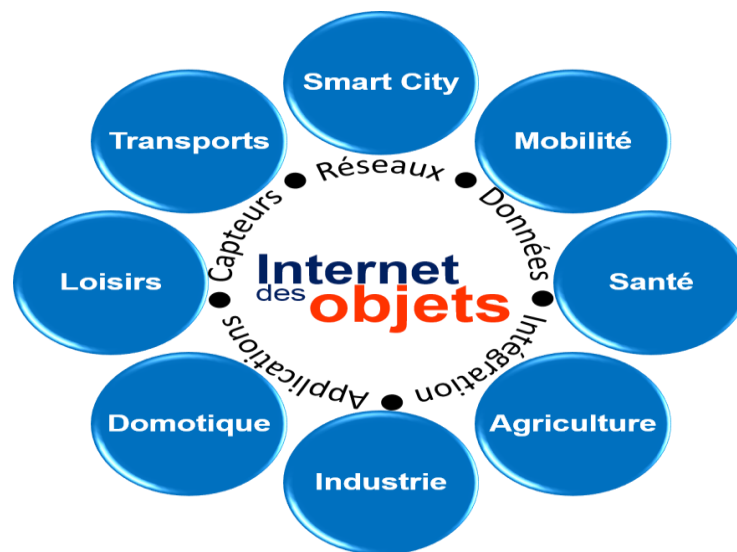


Figure II. 7: Domaines d'application de l'IOT.

IOT peut être utilisée dans plusieurs les domaines :

➤ **Le transport :**

Des voitures connectées ou autonomes aux systèmes de transport/logistique intelligents, l'IOT peut sauver des vies, réduire le trafic et minimiser l'impact des véhicules sur l'environnement.

➤ **La sante :**

Des appareils médicaux wear ables aux tablettes de premiers secours en passant par les équipements chirurgicaux sophistiqués, l'IOT transforme les soins.

➤ **Industrie**

La technologie IOT permet aux usines d'améliorer l'efficacité de ses opérations, d'optimiser la production et d'améliorer la sécurité des employés.

➤ **Énergie**

L'Internet des objets permet aux innombrables appareils qui composent le réseau électrique de partager des informations en temps réel pour une distribution et une gestion plus efficace de l'énergie.

Automobile

Reliée à l'IOT, la voiture transforme les données en informations exploitables, à la fois dans le véhicule et dans le monde qui l'entoure.

➤ **Maisons intelligentes**

De la reconnaissance de votre voix à l'identification de la personne à la porte d'entrée, la technologie IOT donne vie au rêve d'une maison intelligente protégée.

➤ **Bâtiments intelligents**

L'IOT résout les problèmes de l'augmentation des coûts énergétiques, de développement durable et de conformité au code en connectant, gérant et sécurisant les appareils qui collectent les données.

➤ **Vente au détail**

L'IOT offre aux détaillants des possibilités illimitées d'améliorer l'efficacité des chaînes d'approvisionnement, de développer de nouveaux services et de proposer de nouvelles expériences aux clients.

➤ **Les applications dans la vie de tous les jours :**

L'Internet des objets c'est l'Internet que l'on porte, qui dépasse le seuil de votre domicile pour vous proposer des services quel que soit le lieu où vous vous trouvez. On va illustrer cette omniprésence en expliquant leurs implications, en prenant séparément l'espace professionnelle, l'espace privée et l'espace publique.

➤ **L'espace professionnel**

Dans l'espace professionnel, on les retrouve dans les chaînes de logistiques ou de

Distribution avec notamment des puces dans les produits pour en connaître la traçabilité, et optimiser des activités comme la maintenance et la consommation d'énergie. C'est également le cas des balises communicantes en magasin (Beacon) qui guident un client dans ses achats. Pour ce qui est de l'usine, on parle "d'usine du futur" pour la France, c'est à dire une quatrième révolution industrielle qui se consacre aux objets connectés.

➤ **L'espace privé**

Pour ce qui est de l'espace privé, "la diffusion des objets dans l'espace privé" comme "plus incertain". Pour lui une majorité de personnes n'en voit pas l'intérêt et les délaisse rapidement car jugée désuet. Pour lui la clé du virage passe par des produits plus simples et plus attractif.

On peut néanmoins voir qu'avec une population française qui possède à 60% Smartphone, la française savent gérer majoritairement la technologie, et que la difficulté d'accès des objets connectés n'est peut-être pas une explication valable.

II.1.6.4 Les problèmes de l'Internet des objets

Comme toutes les autres technologies l'Internet des objets a des difficultés d'application et de réalisation. Les problèmes majeurs sont listés si dessous :

✓ Personne ne portera 50 appareils. Les appareils sont de plus en plus spécifiques : ils sont conçus pour faire une chose et la faire vraiment bien, que ce soit mesurer le sommeil, sa vitesse d'alimentation où la santé de son genou. Au nom de la simplicité, les entreprises cherchent trop à résoudre un seul problème, un seul cas d'utilisation. Pas sûr que cela dessine un marché.

✓ Plus d'inférence moins de détection. Avons-nous vraiment besoin d'un bracelet qui détecte le niveau d'UV auquel nous sommes exposés ? L'inférence, qui prend en charge le contexte est plus nécessaire que la détection permanente. Dans l'Internet des objets, les objets capables de comprendre l'information par inférence plutôt que par une détection permanente ont plus de chance de survivre que les autres.

✓ Le problème du découpage des données. Dans le monde de l'Internet des objets, trop souvent, les interfaces et la façon dont sont produites les données découragent l'échange. Le manque d'interopérabilité et la guerre des formats est la règle. Nombreux sont ceux qui veulent créer le système d'exploitation unique de l'IOT, mais en travaillant seulement depuis leurs propres appareils, regrettaient le PDG de Samsung.

✓ Le contexte est la clef. Si les données ne changent pas notre comportement, alors il ne sert à rien de les recueillir. V1bes ou les solutions sociométriques mesurent le niveau de stress,

Mais s'ils ne captent pas le contexte qui génère ce stress, alors à quoi le rattacher, comment l'interpréter, le comprendre ?

L'Internet des Objets, ou M2M à l'échelle industrielle, est en pleine expansion depuis quelques années : nous passerons de 15 milliards d'objets connectés dans le monde en 2012 à 80 milliards d'ici 2020 selon les prévisions.

Entrez dans la révolution IOT du 21^{ème} siècle basé sur des objets connectés, source de données tout au long de leur cycle de vie, qui se focalise sur la connectivité permanente et l'exploitation systématique de ces données grâce au Big Data. Ces données, relatives à l'état et l'environnement d'exploitation des objets en question, élargissent les possibilités de services du fabricant dans de nombreux domaines tels que l'observance, l'optimisation des flux, la maintenance prédictive et l'automatisation [11].

II.1. 7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé d'expliquer la notion d'Internet des objets qui constitue l'avenir de plusieurs domaines.

L'agriculture est l'un des domaines qui vont être influencés par la notion d'Internet des objets, et notamment les vergers agricoles qui constituent notre centre d'intérêt. En combinaison avec la technologie d'Internet des objets l'utilisation, la gestion et la production ont devenues plus facile ; de ce fait nous avons pensé à améliorer la production maraichère dans le domaine d'agriculture avec l'intégration de l'IOT.

Dans le cadre de la réalisation de notre projet, nous voulons contrôler à distance des critères (l'humidité, la lumière et l'arrosage, le vent) qui sont très importants pour l'agriculture et la réalisation du verger fruitière de la pomme. De ce fait, la liaison des objets tels que la pompe et le ventilateur se fera à travers l'intégration de la technologie d'Internet des objets. Dans le chapitre suivant,

Nous permettrons de gérer ces critères et de les commander en utilisant une application Android que nous avons ainsi développé.

Chapitre III :
Système Arduino logiciels
et capteurs

III.2.1 Introduction

Le travail que nous décrivons dans ce mémoire est divisé en deux grandes parties. La première partie consiste à vergers de pommiers automatisée qui se sert d'un ensemble de capteurs et de microcontrôleurs afin de s'autogérer. La deuxième partie consiste à développer une application Android qui va se servir de l'IOT afin de contrôler notre verger à distance. L'objectif de ce chapitre est donc de présenter l'ensemble des outils matériels et logiciels utilisés pour la réalisation de notre travail.

Nous utilisons dans ce projet des outils matériels tels que le microcontrôleur Arduino et un ensemble de capteurs et de composants. Ces outils matériels seront respectivement présentés dans les sections 2, 3 et 4 de ce chapitre.

III. 2.2 Présentation de l'Arduino Uno

Une équipe de développeurs a imaginé un projet répondant au nom d'Arduino et mettant en œuvre une petite carte électronique programmable et un logiciel multiplateforme, qui puisse être accessible à tout le monde en téléchargement gratuit. On dit que le matériel et le logiciel sont « open source ».

Le système Arduino a de nombreuses applications possibles :

- Contrôler des appareils domestiques
- Donner une "intelligence" à un robot
- Réaliser des jeux de lumières
- Permettre à un ordinateur de communiquer avec une carte électronique et différents capteurs Télécommander un appareil mobile (modélisme)

III.2.2.1 La carte Arduino Uno

Les cartes Arduino font partie de la famille des microcontrôleurs. Un microcontrôleur est une petite unité de calcul accompagnée de mémoire, des ports d'entrée/sortie et de périphériques permettant d'interagir avec son environnement.

Une carte Arduino est une interface programmable capable de piloter des capteurs et des actionneurs afin de simuler ou créer des systèmes automatisés. Elle peut stocker un programme et le faire fonctionner. La carte reçoit des informations analogiques ou numériques sur ces entrées. Le microcontrôleur traitera ces informations et les transmettra vers les sorties numériques.[13]

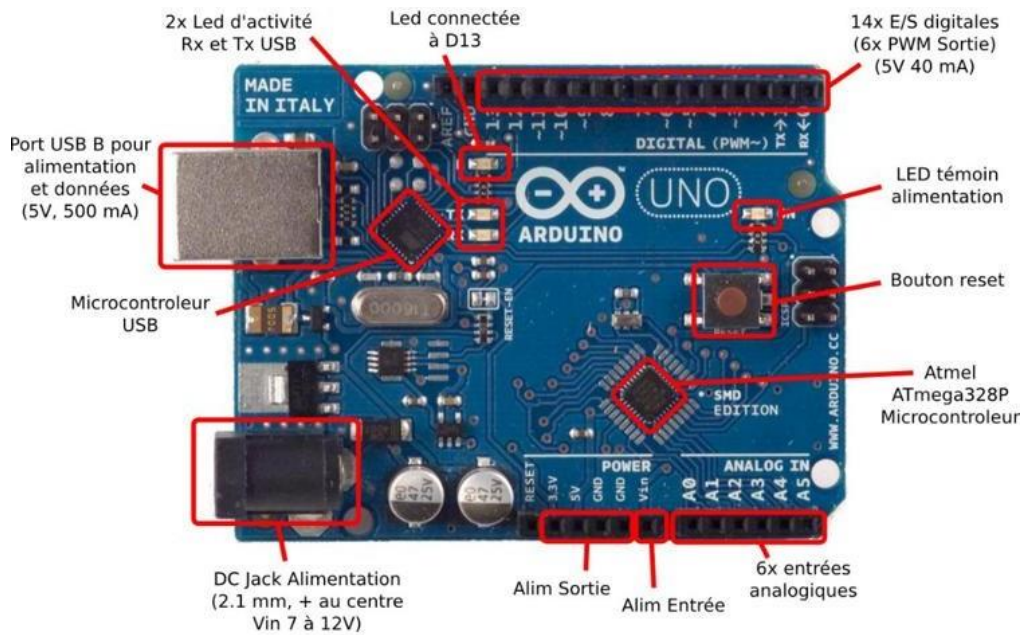


Figure III. 1: Composants techniques de l'Arduino

Fiche technique :

Tableau III. 1 : Fiche techniques de l'Arduino

Microcontrôleur	ATmega328P
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée	7-12V
Tension d'entrée	6-20V
E / S numériques Pins	14
PWM numérique E / S Pins	6
Pins d'entrée analogique	6
Courant DC pour 3.3V Pin	50 mA
Mémoire flash	32 KB
SRAM	2 KB
Vitesse de l'horloge	16 MHz
Longueur	68,6 mm
Largeur	53,4 mm
Poids	25 g

III. 2.2.2 L'alimentation

La carte Arduino Uno peut être alimentée via la connexion USB ou avec une alimentation externe. La source d'alimentation est automatiquement sélectionnée. Une alimentation externe peut provenir soit d'un adaptateur AC-DC ou d'une batterie. L'adaptateur peut être connecté en branchant une prise 2.1mm dans la prise d'alimentation de la carte ou à partir d'une batterie connectée dans le pin (ou broche) GND et V-in (alimentation externe). Le processeur peut fonctionner sur une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la tension est inférieure à 7V, le pin 5V peut fournir moins de cinq volts et le processeur peut devenir instable. Si la tension est supérieure à 12V, le régulateur de tension peut surchauffer et endommager la carte.

La plage recommandée est de 7 à 12 volts. Les pins (ou broches) d'alimentation sont les suivantes : [14]

- V-in. Tension d'entrée à la carte Arduino à l'aide d'une source d'alimentation externe (par opposition à 5 volts de la connexion USB ou une autre source d'alimentation régulée). Si l'alimentation en tension est faite par l'intermédiaire de la prise d'alimentation, on pourra y accéder via ce pin.
- 5V. Ce pin délivre un 5V régulé par la carte. Le processeur peut être alimenté soit à partir de la prise d'alimentation DC (7-12V), le connecteur USB (5V), ou le pin V-in de la carte (7-12). La fourniture d'une tension via les 5V ou 3,3V contourne le régulateur, et peut endommager votre processeur.
- 3V 3. Une alimentation de 3,3 volts générée par le régulateur. La consommation de courant maximale est de 50 mA.
- GND : Masse

III.2.2.3 Communications

Arduino a un certain nombre de moyens pour communiquer avec un ordinateur, une autre carte Arduino, ou autres microcontrôleurs. L'ATmega328 fournit UART TTL (5V) en communicationsérie, disponible sur les broches numériques 0 (RX) et 1 (TX).

III. 2.3 Les broches

- Les broches analogiques

L'Uno dispose de 6 entrées analogiques, A0 à A5, dont chacune fournit 10 bits de résolution (ou 1024 valeurs différentes). Par défaut, la tension est de 5 volts.

- Les broches numériques

Chacune des 14 broches numériques sur la carte Uno peut être utilisée comme une entrée ou une sortie. Ils fonctionnent à 5 volts. Chaque broche peut fournir ou recevoir 20 mA en état de fonctionnement recommandée et a une résistance de pull-up interne (déconnecté par défaut) de 20-50k ohm. Un maximum de 40mA est la valeur qui ne doit pas être dépassée sur toutes les broches d'Entrée/Sorties pour éviter des dommages permanents au microcontrôleur.

- La mémoire

L'ATmega328 a 32 Ko (avec 0,5 KB occupées par le bootloader). Il a également 2 Ko de SRAM et 1 Ko de mémoire EEPROM.

III.2.4 Les capteurs

Les réseaux de capteurs sans fil sont une technologie très importante dans l'Internet des objets. Ils permettent de présenter les caractéristiques et l'état des objets (ou environnements) dans lesquels ils sont implantés (ou déployés) comme des services web sur Internet. Les nœuds capteurs sont invités donc à jouer le rôle d'hôtes de l'Internet (souvent des serveurs web) et communiquer entre eux (dans le cadre des communications automatiques dits objet-à-objet) et avec les hôtes déjà connectés à l'Internet actuel (communications humain-à-objet). Suivant le modèle d'intégration des réseaux de capteurs à l'Internet des objets, les interactions avec les nœuds capteurs connectés peuvent être directes (le cas où les réseaux de capteurs adoptent le standard TCP/IP) ou indirecte (le cas où le réseau de capteurs est connecté par interface ou proxy). Pour une intégration flexible avec un degré élevé d'ubiquité de l'information des nœuds capteurs intégrant l'Internet, le modèle d'intégration par adoption des standards basés IP est favorisé. Pour répondre au besoin d'adressage de l'immense ensemble de capteurs intégrant l'Internet, le protocole IPv6 est utilisé. Dans de nombreux domaines (industrie, recherche scientifique, services, loisirs ...), on a besoin de contrôler de nombreux paramètres physiques (température, force, position, vitesse, luminosité, ...).Le

Capteur est l'élément indispensable à la mesure de ces grandeurs physiques. Les types des réseaux de capteurs sans fil

Selon des critères bien spécifiques, comme la mobilité, l'homogénéité des nœuds du réseau, la nature de l'application et le type des données captées, les RSCFs peuvent être classés en plusieurs classes [12].

III.2.4.1 Le critère de mobilité

Les nœuds capteurs, ainsi que la station de base dans un réseau de capteurs sans fil peuvent être stationnaires ou bien mobiles. On parle alors des réseaux de capteurs statiques ou mobiles respectivement.

III.2.4.2 Les réseaux de capteurs statiques

Dans les réseaux de capteurs statiques, et les nœuds capteurs et la station de base sont stationnaires ; ils gardent leurs positions initiales tout au long de leur durée de vie. Ce type de réseaux de capteurs est bénéfique dans certains types d'applications qui exigent que les capteurs soient placés dans des endroits stratégiques pour les contrôler. En effet, tel type de RSCFs est caractérisé par une topologie statique, une localisation facile des nœuds dans le réseau et des techniques de routages assez simples.

III.2.4.3 Les réseaux de capteurs mobiles

Contrairement aux RSCFs statiques, dans les réseaux de capteurs mobiles, les capteurs et/ou la station de base ont la capacité de se mobiliser. La mobilité du capteur se produit soit quand le capteur est collé sur un objet mobile, soit quand le capteur s'auto-déplace (cas d'un capteur muni d'un moteur).

La mobilité est indispensable dans les réseaux de capteurs destinés aux applications de suivi, par exemple, quand les capteurs sont embarqués sur des véhicules, ou sur des animaux. Elle est (la mobilité) également avantageuse du point de vue coût d'investissement ; au lieu de déployer plusieurs nœuds statiques, un nombre minime de dispositifs mobiles est suffisant. Cependant, lorsque la mobilité est trop fréquente, elle ne peut être considérée comme un problème secondaire. Ainsi, le changement fréquent de la topologie complique les mécanismes de routage et de localisation.

III.2.4.4 Le type de l'application

Le déclenchement du processus de captage de données dans un réseau de capteurs sans fil dépend des exigences applicatives et de l'importance de la donnée captée en elle-même. Donc, on distingue deux types de RCSFS : temporels (*time-driven*) ou évènementiels (*event-driven*).

III.2.4.5 Les réseaux de capteurs temporels

Un réseau de capteurs temporel est approprié pour des applications qui nécessitent un prélèvement périodique des données. Tel est le cas par exemple dans les applications de monitoring (feu ou météo). Un écoulement en rafale, périodique, du trafic est très susceptible dans ce type d'applications. Par conséquent, des mécanismes de gestion raisonnable des ressources sont primordiaux.

III.2.4.6. Les réseaux de capteurs évènementiels

Dans certaines applications, les capteurs doivent réagir rapidement à des changements brusques des valeurs captées et donner des réponses immédiates à l'occurrence des évènements. Un prélèvement périodique des données est inadapté pour ce type de scénario.

III.2.4.7 Les données captées

Les données que récoltent les nœuds dans un réseau de capteurs peuvent être de type simple, comme ils peuvent être de type multimédia. De plus, un nœud capteur peut capter un seul type de données (exemple : que la température) ou plusieurs types à la fois (exemple : image, température et humidité).

III.2.4.8 Les réseaux de capteurs standards

Il s'agit des RCSFs ordinaires où les données récoltées sont de types scalaires, comme par exemple : la température, l'humidité, la pression, etc. les RCSFs de tel type partagent les caractéristiques déjà mentionnées.

III.2.4.9 Les réseaux de capteurs multimédia

Certaines applications des réseaux de capteurs, exigent que les données à capter soient de type multimédia (son, image ou vidéo) comme c'est le cas par exemple dans les applications médicales et les applications militaires. Néanmoins, les données multimédia sont reconnues pour être volumineuses et occupent donc, un espace mémoire important. Ainsi, des techniques de représentation différente que celles des données ordinaires sont nécessaires pour les données multimédia.

Les réseaux de capteurs multimédia (ou *Wireless Multimedia Sensor Networks*: WMSN) requièrent des protocoles performants ainsi que des considérations particulières pour répondre à leurs défis en matière de qualité de service et de capacités de traitement exigées. D'autres spécificités liées aux WMSNs sont données ci-dessous :

- **le déploiement** : les nœuds dans les réseaux de capteurs standards sont souvent déployés aléatoirement. En revanche, dans les réseaux de capteurs multimédia, le déploiement des nœuds est généralement précis et étudié d'avance, particulièrement quand il s'agit du captage des images.
- **La puissance de traitement** : les traitements à effectuer sur les données scalaires sont faibles. Néanmoins, pour le cas des données multimédia, les nœuds capteurs effectuent des traitements intensifs ce qui demande plus de performance matérielle.
- **Qualité de service** : les réseaux de capteurs multimédia revendiquent suffisamment de bande passante ainsi qu'une faible latence pour qu'ils soient opérationnels, ce qui n'est pas le cas dans les réseaux de capteurs standards où la qualité de service est relâchée pour un besoin en un moindre coût et une faible dissipation des ressources.
- **Consommation d'énergie** : puisque la qualité de service et les traitements intensifs sont pratiquement gourmands en énergie, les mécanismes de gestion de la consommation énergétique dans les réseaux de capteurs multimédia doivent être très efficaces. A cet effet, on note que dans ce cas, le remplacement des batteries des nœuds capteurs est souvent possible (tout dépend de la nature du champ de captage).

III.2.4.10 Les réseaux de capteurs multimodaux

Un nœud capteur dans un RCSF multimodal peut récolter plusieurs informations de types différents où les types peuvent être scalaires ou multimédia. Par exemple, un nœud capteur peut capturer et la température et l'image. Ainsi, un seul nœud capteur multimodal peut remplacer tout un groupe de capteurs ordinaires. Ceci est particulièrement avantageux dans le cas où l'on veut avoir plus d'une information environnementale sur le même endroit d'intérêt.

III.2.5.1 Les topologies des réseaux de capteurs

La connectivité entre les nœuds capteurs et les stations de base peut être principalement organisée en deux topologies.

III.2.5.2 La topologie plate

Les nœuds capteurs sont tous dans le même niveau de privilège. Ainsi, chaque nœud dans le réseau a la possibilité de communiquer avec n'importe quel autre nœud dans sa portée radio. La communication suivant cette architecture est dite communication en multi-sauts, c'est-à-dire que si un nœud veut envoyer un message vers la station de base et que celle-ci est en dehors de sa portée radio, il envoie son message à un nœud intermédiaire (dans sa portée radio) pour passer le message et la même procédure se répète récursivement, jusqu'à ce que le message arrive à la station de base. Donc, dans la topologie maillée, les nœuds capteurs ne se chargent pas que de la tâche de captage de données, mais ils se préoccupent aussi du routage.

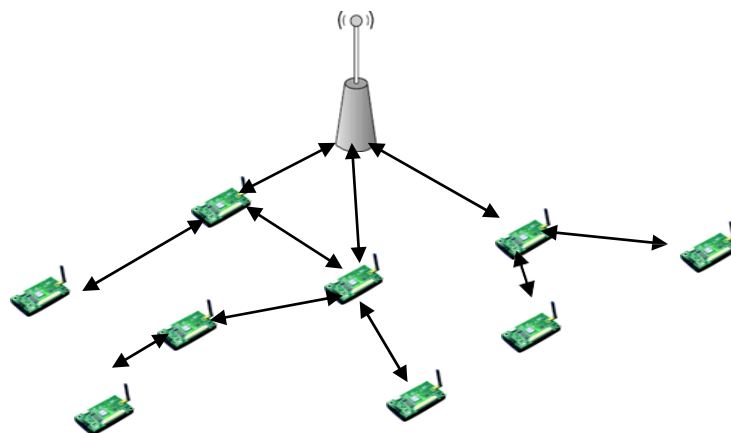


Figure. III. 2 Modèle de la topologie plate

Cette topologie a l'avantage d'être adaptée à l'évolutivité du réseau avec un certain niveau de redondance. La tolérance aux pannes est en fait un autre avantage de la topologie plate; si un nœud intermédiaire tombe en panne, la communication entre deux nœuds éloignés dans le réseau demeure possible s'il existe un chemin alternatif.

Avec un nombre considérable de nœuds capteurs, la consommation d'énergie sera de plus en plus importante car la majorité des nœuds capteurs sont sélectionnés dans, éventuellement, multiples routes menant vers la station de base ce risque d'épuiser rapidement leurs réserves énergétiques. Par conséquent, des protocoles de routage optimisés doivent être employés pour que la charge du réseau soit équilibrée et ne soit plus concentrée sur une zone particulière.

III. 2.5.3 La topologie hiérarchique

Le principe est de partitionner le réseau en plusieurs groupes dont chacun est vu comme un sous réseau ayant la topologie en étoile. Chaque groupe possède un chef qui relie les membres de son groupe à la station de base. La communication entre les nœuds capteurs et le chef du cluster peut être directe ou indirecte (en multi-sauts) pour les nœuds distants. Ainsi, il peut y avoir plusieurs niveaux dans la hiérarchie, où les chefs des clusters forment entre eux des chaînes menant vers la station de base. Cette topologie est particulièrement avantageuse car elle est flexible et permet une durée de vie du réseau, du fait que les nœuds capteurs sont dans la majorité du temps endormis et ils ne deviennent actifs que s'ils veulent communiquer des informations au chef du cluster, ou pendant la mise à jour de la topologie. Un autre avantage marquant de la topologie hiérarchique réside dans le fait qu'elle répond mieux au besoin d'extensibilité et d'évolutivité du réseau. La figure suivante présente un simple modèle de cette topologie

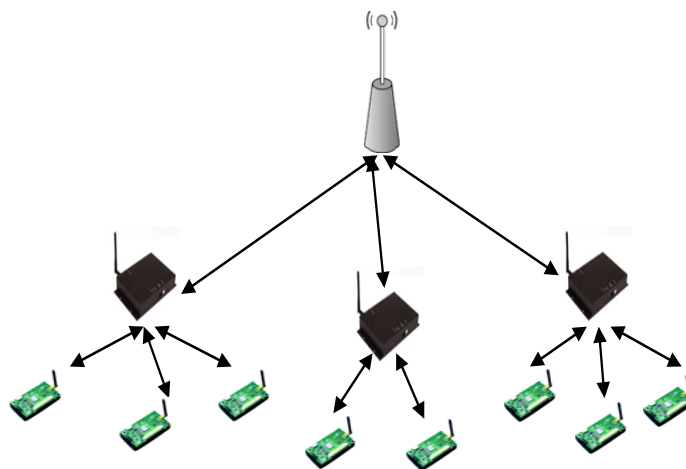


Figure III. 3 : Modélisation de la topologie multi-étoile.

Série de capteurs pour mesurer des variables physiques dans un environnement :



CAPTEUR DE FLAMME



PRESSION/ALTITUDE



CAPTEUR DE SON



THERMOMÈTRE INFRAROUGE



CAPTEUR LUMIÈRE RGB



CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE



CAPTEUR D'HUMIDITÉ DES SOLS



CAPTEUR UV



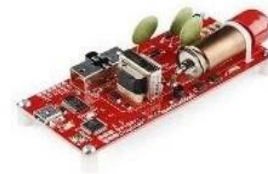
CAPTEURS DE GAZ



THERMISTOR



CAPTEUR DE PLUIE



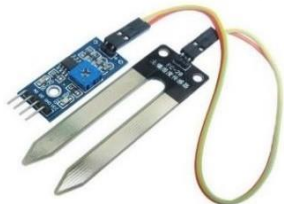


COMPTEUR GEGER

Figure III. 4: Exemples de capteurs

III.2.6.1 Les capteurs utilisés

Dans notre projet nous avons besoin d'utiliser plusieurs capteurs qui vont nous servir à contrôler le verger de pommier. Nous utilisons un capteur d'humidité du sol, un capteur d'humidité et de température, et un capteur de luminosité.





Tableau III. 2 : Les capteurs utilisés

Les captures	Image
Capture d'humidité du sol	 A soil moisture sensor module with a blue PCB, two metal probes, and a yellow cable.
Capture d'humidité et de température	 A black PCB sensor module with a white multi-pin connector and a black header.
Capture de luminosité	 A circular light sensor module with a red PCB and two metal leads.

III.2.6.2 Les composants utilisés

Dans ce projet nous avons utilisés les composants décrit dans le tableau ci-dessous :

Tableau III. 3: Les composants utilisés

Les composants	Image	Description
Le module WifiESP8266		Un circuit intégré à microcontrôleur avec connexion Wi-Fi
Le Module à relais		Interrupteur qui se commande avec une tension
LCD		Dispositif d'affichage à cristaux liquides.
Les resistances		Grandeur physique, rapport entre la tension et l'intensité du courant.

III.2.6.3 Les contraintes des réseaux de capteurs sans fil

Les principales contraintes imposées sur les réseaux de capteurs sont résumées dans les points suivants [12] :

- **La consommation d'énergie** : Le nœud capteur est limité en énergie ($< 1.2V$). Dans la plupart des cas, le remplacement de la batterie est quasi impossible ce qui fait que la durée de vie du réseau dépende grandement de la durée de vie des batteries des nœuds capteurs. D'autre part, la nature de réseau peut parfois entraîner une dissipation supplémentaire de l'énergie. Ceci pourrait être le cas par exemple lors de dysfonctionnement de quelques nœuds capteurs, ce qui nécessite un changement de la topologie du réseau et un re-routage des messages. Toutes ces opérations sont bien évidemment gourmandes en énergie. C'est pour cette raison que les recherches dans le domaine des RCSFs se concentrent principalement sur l'économie d'énergie.

- **La tolérance aux fautes** : Certains nœuds capteurs peuvent générer des erreurs ou ne plus fonctionner à cause d'un manque d'énergie, un problème physique. Ces problèmes ne doivent pas affecter le reste du réseau, suivant le principe de tolérance aux fautes, qui est la capacité de maintenir les fonctionnalités du réseau sans interruptions causées par les incidents matériels ou logiciels.

- **L'évolutivité du réseau** : Le nombre de nœuds capteurs déployés peut atteindre le million. Un nombre aussi important de nœuds capteurs engendre des flux intensifs dirigés vers la station de base. Cette dernière doit absolument être équipée de suffisamment d'espace mémoire pour stocker les informations reçues. Des techniques efficaces d'agrégation de données doivent être mises en place pour atténuer les répliques inutiles des messages.

- **L'environnement** : Les capteurs sont souvent déployés en masse dans des endroits difficiles d'accès, tels que des champs de batailles, à l'intérieur de grandes machines, au fond d'un océan, dans des champs biologiquement ou chimiquement souillés, etc. Par conséquent, il devient primordial d'assurer le bon fonctionnement du réseau sans le surveiller.

- **La topologie du réseau** : Le déploiement d'un grand nombre de nœuds capteurs nécessite une maintenance de la topologie. Cette maintenance consiste en trois phases: le déploiement, le post-déploiement (les capteurs peuvent bouger, ne plus fonctionner, etc.), le redéploiement de nœuds capteurs additionnels.

- **Les contraintes matérielles** : La principale contrainte matérielle est la taille du capteur qui doit être assez réduite, ainsi que la résistance du capteur aux susceptibles cassures et accidents.

- **La sécurité** : La sécurité physique des nœuds capteurs ainsi que la sécurité des communications inter-capteurs sont des contraintes très intéressantes. On étudie la sécurité des RCSFs, en détails, dans le chapitre suivant.

-

III. 2.6.4 LES technologies de transmission dans les RCSFs

La communication sans fil dans les réseaux de capteurs est extrêmement importante et critique. Les RCSFs peuvent en supporter plusieurs types dont l'efficacité des communications et la conformité aux particularités du réseau et/ou l'application figée sont des critères clés pour le choix de telle ou telle technologie de transmission sans fil. Dans cette section, on cite les exemples de technologies les plus utilisées par les RCSFs.

III.2.6.5 Wi-Fi (IEEE 802.11a/b/g/n)

La technologie Wi-Fi (IEEE 802.11) permet la connexion d'un réseau local sans fil. Elle est disponible en plusieurs types : A, B, G et N. et récemment les normes AC et AD. La différence entre ces types tourne essentiellement autour du débit maximal qu'un dispositif connecté puisse atteindre et la portée (la distance maximale possible entre un dispositif connecté et le point d'accès). Wi-Fi utilise la bande de fréquence ISM (Industrial, Scientific and Medical) 2.4 GHz (à licence gratuite) ou la bande 5GHz. Cette technologie est caractérisée par un débit théorique nettement élevé allant de 11Mb/s (pour IEEE 802.11b) jusqu'à 54Mb/s (pour IEEE 802.11a,g). L'avantage du Wi-Fi est qu'il est couramment utilisé et donc, les nœuds capteurs peuvent être facilement connectés aux réseaux WLAN (Wireless Local Networks) existants.

A côté de ces avantages, cette technologie est inappropriée pour les réseaux de capteurs standards, en raison de la forte consommation d'énergie induite, ainsi que la complexité de sa pile protocolaire. Cependant, certains types de réseaux de capteurs, comme les réseaux de capteurs multimédia, exigent un débit effectif relativement important. Pour satisfaire cette exigence, la technologie Wi-Fi est utilisée.

III.2.7.1 Bluetooth (IEEE 802.15.1)

La technologie Bluetooth a été initiée en 1994 et actuellement gérée par le groupe SIG (*Special Interest Group*), elle a été standardisée sous la norme IEEE 802.15.1. Bluetooth est conçu pour fonctionner sur des appareils à faible puissance et faible consommation d'énergie, il a comme but la mise en œuvre des réseaux à portée personnelle où le transfert de données se fait par un débit moyen.

III.2.7.2 ZigBee (IEEE 802.15.4)

ZigBee est une association de plusieurs groupes de recherche qui visent le développement d'un standard global, complet et ouvert pour les communications sans fils avec un coût réduit et une basse consommation d'énergie. Il est fondé sur le standard IEEE 802.15.4 qui définit les couches basses (la sous-couche MAC et la couche physique) pour les réseaux WPAN à très faible débits LRWPAN (*Low Rate Wireless Personal Area Networks*). ZigBee offre des caractéristiques qui répondent mieux aux besoins des réseaux de capteurs sans fil parmi :

- Installation automatique/semi-automatique.
- Possibilité de rajouter/retirer des dispositifs avec souplesse.
- Coût avantageux.
- Débit : 10 kbps-115.2 kbps.
- Portée radio: 10-75 m.
- Jusqu'à 65536 nœuds par réseau.
- Jusqu'à 100 réseaux co-localisés.
- Jusqu'à 2 ans d'autonomie énergétique (durée de vie de batterie).

En raison de ses caractéristiques attractives, ZigBee est devenue la technologie la plus adoptée dans la plupart des applications des réseaux de capteurs où le besoin en débit est lâché pour une efficacité énergétique maximale, comme dans le cas des applications industrielles, et agricoles. Il existe également d'autres technologies de transmission qui peuvent être supportées par les RCFs et qui sont tout autant adaptées, comme la technologie UWB (IEEE 802.15.3) et Wibree. Le tableau suivant récapitule les principales différences entre les trois technologies citées sur le plan des réseaux de capteurs sans fil.

III.2.8.1 XAMPP

XAMPP est un utilitaire qui installe et configure automatiquement un environnement de travail complet pour le développement et le test des applications Web. Il regroupe un serveur web Apache, un serveur FTP, un serveur de messagerie SMTP (Mercury), un serveur de base de données MySQL et le langage PHP ainsi que des outils qui facilitent le développement tel l'administrateur de bases de données MySQL, PhpMyAdmin

L'assistant d'installation de XAMPP win32. Quand l'installation est complétée, vous trouverez XAMPP sous Démarrer / Programmes / XAMPP. Grâce au panneau de contrôle XAMPP, vous pouvez démarrer/arrêter chacun des serveurs et installer/désinstaller les services

III.2.8.2 Lancer XAMPP

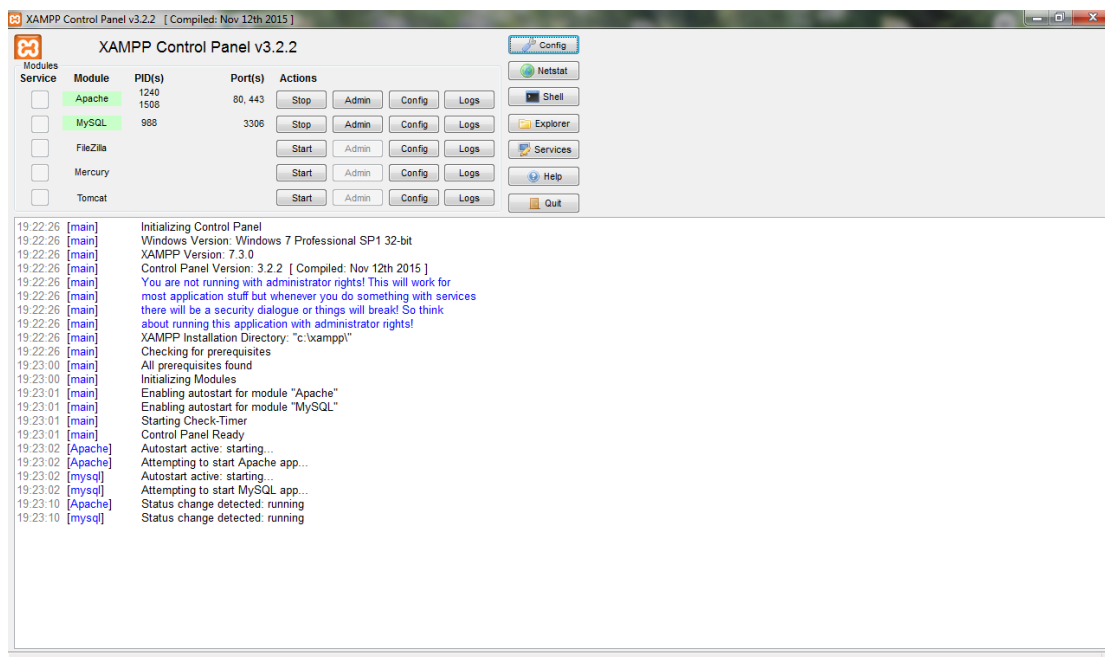


Figure III.5 : lancement de XAMPP

Pour tester : après le démarrage d'Apache, visitez <http://localhost> ou <http://127.0.0.1> et examinez tous les exemples et outils XAMP

III.2.8.3 Les fonctions de PhpMyAdmin

- Création et suppression de base de données
- Création, modification, copie et suppression de table
- Edition, ajout et suppression de champ
- Exécution des commandes SQL.
- Création d'index
- Chargement de fichier dans des tables

III.2.8.4 Utilisation de PhpMyAdmin

Pour accéder à PhpMyAdmin, il faut d'abord vérifier que Apache et MySQL sont lancés, après on peut accéder à partir du bouton 'admin' à côté du module Apache au serveur local dans le

Menu outils on clique sur PhpMyadmin., la page d'accueil de PhpMyAdmin s'affiche dans la fenêtre du navigateur, accompagné d'un champ de sélection de base de données présente sur l'hôte MySQL par défaut.

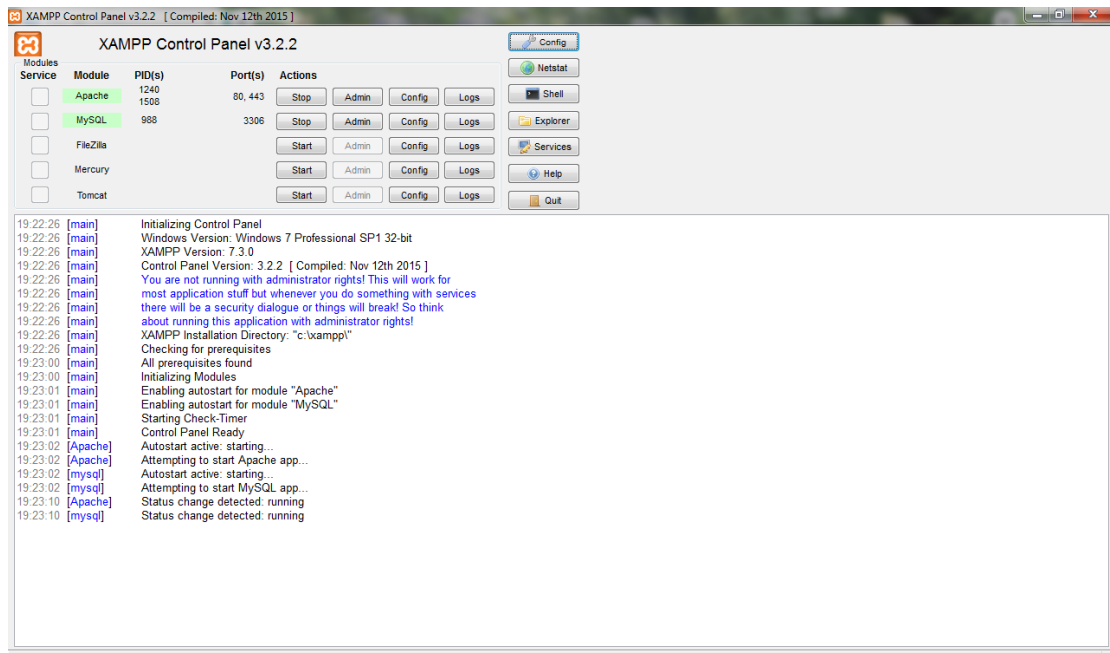


Figure III.6 : Administration de MySQL à partir de PhpMyAdmin

Pour afficher le contenu de la base personnelle par exemple, il faut cliquer sur la ligne correspondante à la base de données personnelle dans la partie gauche de la fenetre du navigateur. Toutes les tables de cette base de données seront affichées :

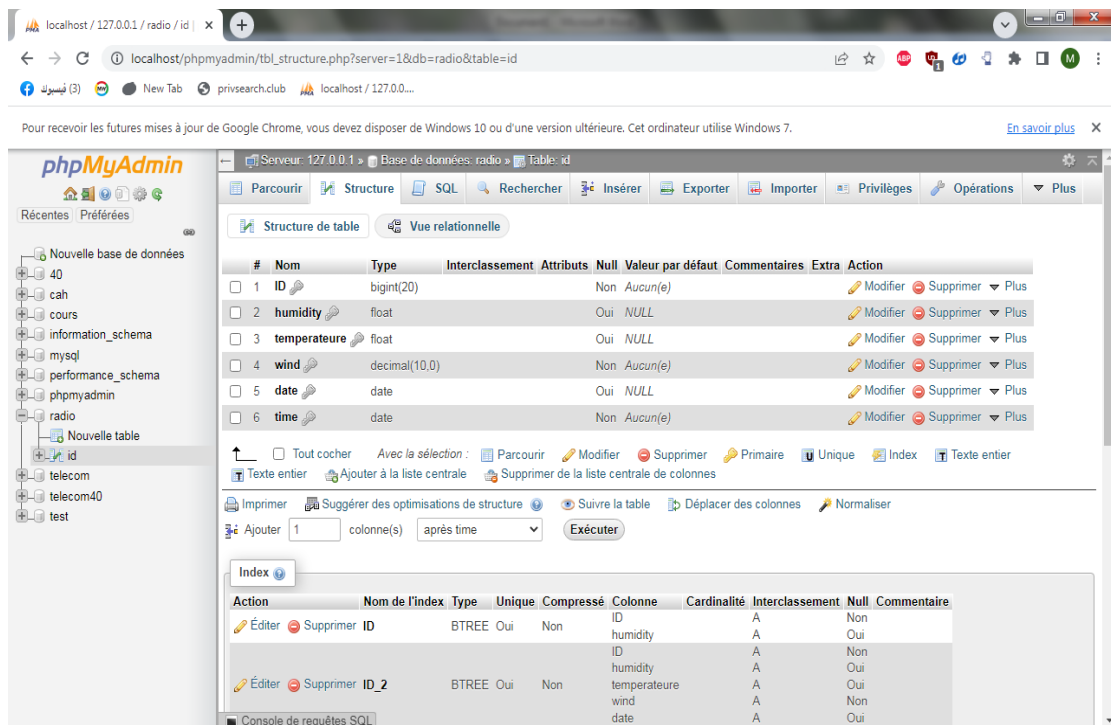


Figure (III.7) : affichage des bases de données

III.2.9 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les outils de travail avec lesquels nous avons réalisé notre projet. A travers cette liste d'outils, nous avons constaté que notre projet est en relation avec l'automatique, l'informatique et même l'électronique appliquée. Cela nous a enrichie le savoir et nous a permis d'avoir une idée sur tous ces domaines et aussi nous avons décrit les principaux concepts liés aux réseaux de capteurs sans fil tels que : l'architecture, les applications en vedette, les principales caractéristiques et limitations.

Chapitre IV :
Conception et Réalisation

IV .1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter les études des méthodes scientifique et techniques de développement et la réalisions d'un système télésurveillance des vergers de pommier, on utilise l'entrent des objets (IOT) avec l'énergie solaire

Nous montrerons aussi comment traités et gérer tous les contraintes de développements du système proposé, à savoir les contraintes physiques, de fonctionnement, logicielles, ou matérielles différentes. A la fin présente les différents tests effectués pour pouvoir valider le bon fonctionnement du système du côté : Performances, fiabilité, pérennité, intégration

IV .2 SYSTÈME PROPOSE

Le système de surveillance des paramètres tel que l'humidité et température de l'aire et de sol et la vitesse et direction du vent d'un verger de pommiers en temps réel proposé, est basé sur un réseau de capteurs sans fil, et il est alimenté par l'énergie solaire. Les données collectées sont transmises au contrôleur WEMOS doté d'une connexion WIFI, ce qui permet au système d'envoyer les données collecté au serveur.

Le serveur a sa part fait enregistre les données reçus dans une base de données crée pour cette raison. L'agriculteur peut consulter à distance les informations enregistrées à l'aide d'un navigateur Internet sur smart phone ou ordinateur, en saisissant simplement le nom de domaine. Grâce aux capacités offertes par le système en termes de présentation numérique et graphique des données, l'agriculteur peut les analyser ce qui lui permet de prendre les mesures et précautions nécessaires en temps réel.



Figure IV.1 Architecture globale de système

IV.2.1 Le calculateur (contrôleur) :

Arduino et le module Wi-Fi ESP8266 sont deux dispositifs électroniques différents mais souvent utilisés ensemble pour créer des projets IOT (Internet of Things).

Et aussi une plate-forme open-source de développement électronique basée sur un microcontrôleur programmable. Elle est populaire pour la création de projets électroniques en raison de sa facilité d'utilisation et de sa flexibilité. Les microcontrôleurs Arduino peuvent être programmés à l'aide d'un langage de programmation similaire à C++.

ESP8266 est un module Wi-Fi à faible coût et haute performance qui peut être utilisé pour ajouter une connectivité Wi-Fi à des projets électroniques existants. Le module est équipé d'un microcontrôleur intégré, d'une antenne Wi-Fi et d'une pile TCP/IP.

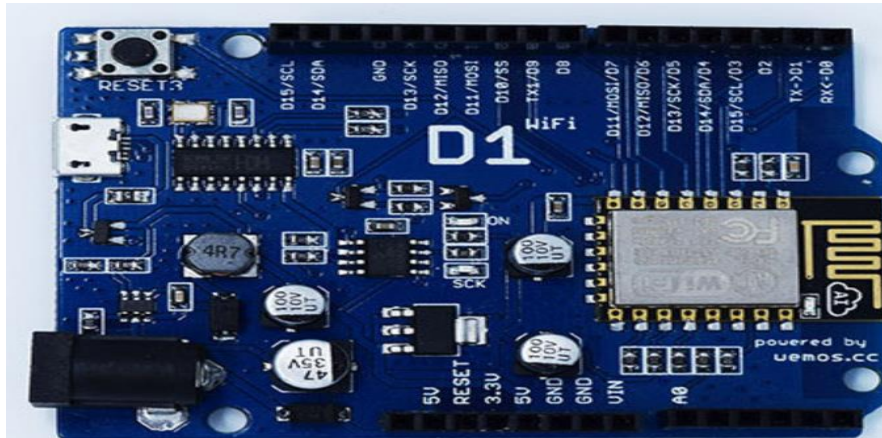


Figure IV .2 : Carte ArduinoUno wifi

IV.2.1 .1 Spécifications de la carte :

Tableau IV.1: Caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO + WIFI R3

Microcontroller	ATmega328
IC Wi-Fi	ESP8266
USB-TTL converter	CH340G
Power Out	5V-800mA
Power IN. USB	5V (500mA max.)
Power IN. VIN/DC Jack	9-24V
Power Consumption	5V 800mA
LogicLevel	5V
Wifi	Wi-Fi 802.11 b/g/n 2.4 GHz

USB	Micro USB
ClockFrequency	16MHz
Operating Supply Voltage	5V
Digital I/O	14
Analog I/O	6
Memory Size	32Mb
Interface Type	serial\OTA
Operating temperature	-40C°/+125C°
Length×Width	53.34×68.58mm
Weight	8
antenna	Buil-in\externalantenna

IV.3 Capteur de la température et d'humidité (DHT22)

La température ambiante et l'humidité relative sont des facteurs clés dans le processus d'irrigation. Ils sont inclus dans le calcul des besoins en eau du pommier. Plus la température est élevée et plus l'humidité est basse, plus le pommier s'évapore et l'équilibre hydrique du sol se dégrade, pour cela nous avons utilisé Le capteur DHT22/AM2302 est capable de mesurer des températures de -40 à +125 C° avec une précision de +/- 0.5 C° et des taux d'humidité relative de 0 à 100% avec une précision de +/- 2% (+/- 5% aux extrêmes, à 10% et 90%) Une mesure peut être réalisée toutes les 500 millisecondes (soit deux fois par seconde) .le capteur de température et d'humidité DHT22(ou AM2302) communique avec un microcontrôleur via un port série. Le capteur est calibré et ne nécessite pas de composants supplémentaires pour pouvoir être utilisé

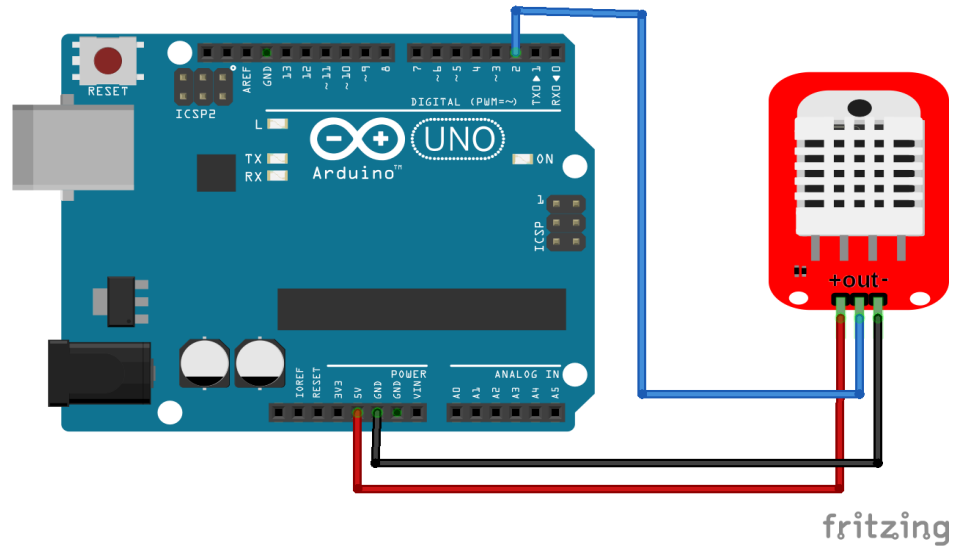


Figure IV.3 : Brochage DHT22 avec l'UNO

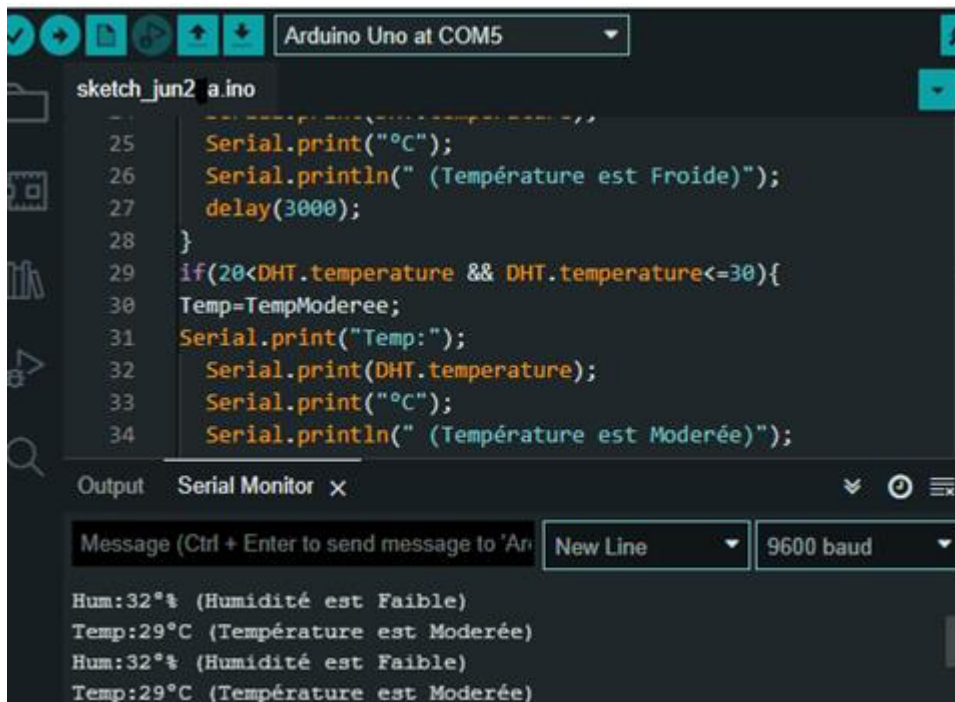


Figure IV.4 : Résultat du test se DHT22

IV.3.1 Caractéristique

Alimentation	3,3 à 6 Vcc
Consommation maxi	1,5 Ma
Consommation au repos	50
température	-40 à +80 C°
humidité	0 à 100 % RH
Précision (température)	± 0.5 C°
Précision (humidité)	± 2% RH
Dimensions	25x15x9mm

IV.4 Capteur d'humidité du sol HC-28

Ce capteur de température et d'humidité SHT20 I2C (sonde étanche) est équipé d'une sonde étanche. Il est livré avec la puce de capteur de température et d'humidité 4C CMOSens SHT20 et la sonde a subi un double test de protection étanche.

- Capteur de température et d'humidité SHT20 I2C (sonde étanche)
- Puce de capteur de température et d'humidité 4C CMOSens SHT20
- Test de double protection étanche
- SHT20 contient un amplificateur, un convertisseur A/N, une mémoire OTP et une

unité de traitement numérique

Il peut mesurer la température de l'environnement environnant

L'humidité du sol est l'image de la quantité d'eau apportée aux racines des pommiers. Ce module de capteur d'humidité du sol permet de détecter des changements d'humidité avec réglage de seuil, et double sortie, numérique et sortie analogique. C'est un capteur d'humidité simple qui peut être utilisé pour détecter lorsque qu'un sol est en manque d'eau (niveau haut) et vice versa (niveau bas).

IV.4 .1 Caractéristique

Tension de fonctionnement	3,3/5 V
Interface de communication	I2C/IIC
Classe de protection	étanche anti-condensation
Temps de réponse HR	8 s (tau63 %)
Précision	$\pm 3\%$ HR / ± 0.3 °C
Plage de mesure	0-100% RH / -40-125
Poids	44g

IV.4 .2 Interface de capteur

Rouge	VCC
Vert	GND
Bleu (noir)	SDA
Jaune (Blanc)	SCL

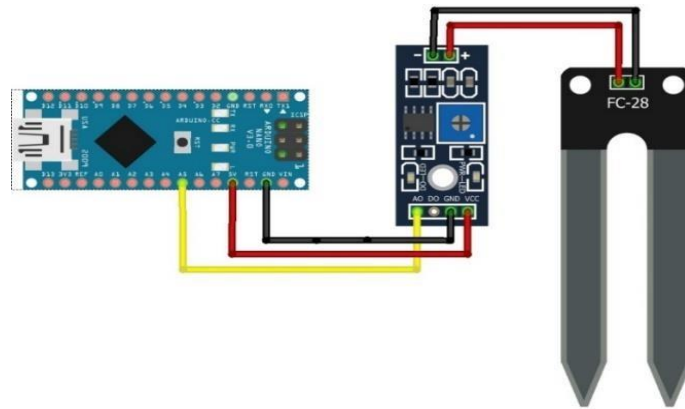


Figure IV.5: Brochage HC-28 avec NANO

```

17   if(0<sensorValue && sensorValue <=40) {
18     Serial.print("SolHum:");
19     Serial.print(sensorValue);
20     Serial.print("%");
21     Serial.println(" (Sol est Sec)");
22     delay(3000);
23   }
24   if(80<sensorValue && sensorValue <=100) {
25
26     Serial.print("SolHum:");

```

Output Serial Monitor

Message (Ctrl + Enter to send message to 'Ar) New Line 9600 baud

```

SolHum:2% (Sol est Sec)
SolHum:1% (Sol est Sec)
SolHum:6% (Sol est Sec)
SolHum:1% (Sol est Sec)
SolHum:100% (Sol est Humide)

```

Figure IV.6: Résultat du test se HC-28

IV.5 Anémomètre à ultrason:

L'anémomètre à ultrasons RS-CFSFX-*-3 est un instrument de mesure qui utilise des ondes ultrasonores pour se propager dans l'air afin de mesurer la vitesse et la direction du vent. Ses puces internes à faible consommation d'énergie, la consommation d'énergie n'est que de 0,12 W. Il est particulièrement adapté aux environnements solaires ou alimentés par batterie avec une consommation d'énergie relativement élevée. Grâce aux nouvelles technologies, la structure est plus compacte. Des modules optionnels de température et de pression d'air sont également fournis. La coque est fabriquée en matériau ABS à haute résistance, ce qui est pratique pour les utilisateurs dans différents environnements. Nous fournissons une plate-forme cloud gratuite permettant aux clients de visualiser les données

IV.5.1 Paramètres de l'anémomètre à ultrasons

Alimentation	10-30V CC
Gamme (Vitesse du vent)	0 ~ 40 m/s, direction du vent : 0 ~ 360°
Précision (Vitesse du vent)	± 0,5 + 2 % FS, direction du vent : ± 3 °
Résolution	0,01 m/s
Environnement de travail	-40~80°C, 0~95%HR
Résistance au vent	75 m/s
Temps de réponse	1S
Niveau de protection	IP65
Signal de sortie	4~20mA, 0~5V, 0~10V, RS485

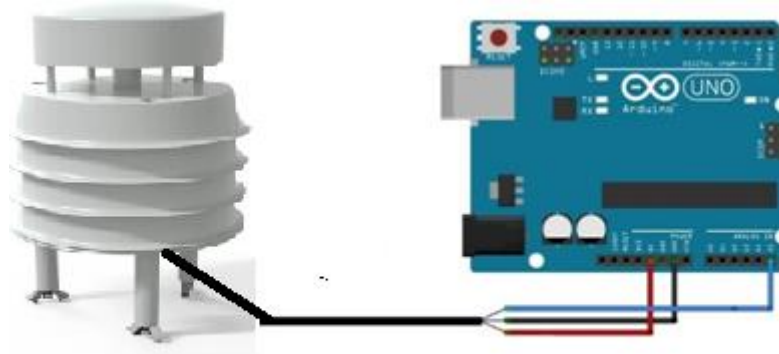


Figure IV.7 : Brochage Anémomètre avec UNO

Remarque : à l'absence de capteur de vitesse de vent on fait les tests avec le capteur DHT22 seulement.

IV.6 Ecran LCD 16x2 avec clavier

Cette shield est très basique ce qui limite son prix. Celle-ci est composée d'un écran LCD alphanumérique de 2 x 16 caractères, d'un potentiomètre de réglage du contraste et d'une série de 6 boutons (haut, bas, droite, gauche, sélection, reset).

Cette shield est idéale pour ajouter un écran LCD et des boutons de contrôle pour un menu à notre projet et ceci à moindre coût. Après avoir câblé l'écran LCD, vous devrez régler le contraste de l'écran. Cela se fait en tournant le potentiomètre de 10 k Ω dans le sens horaire ou antihoraire. Branchez le connecteur USB de l'Arduino pour alimenter l'écran LCD.

Les avantages des écrans LCD (belle luminosité, faible consommation énergétique, notamment) tout en offrant davantage de liberté et de possibilités à son utilisateur



Figure IV.8 : Brochage LCD Keypad avec UNO

IV.7 Nœud de capteur sans fil

Le ZigBee combiné avec IEEE 802.15.4 offre des caractéristiques répondant encore mieux aux besoins des réseaux de capteurs en termes d'économies d'énergie. Ce standard spécifie les couches basses, MAC et physique, pour les RSCF. Comme l'IEEE ne définit que la couche MAC et la couche, ce qui a donné naissance au protocole ZigBee. Un faible débit, une faible portée et une faible consommation énergétique sont les principales caractéristiques d'un réseau de capteurs classique : c'est pour cette raison que dans notre étude, nous allons nous intéresser à cette technologie sans fil qui utilise, comme Bluetooth et WIFI, la bande ISM de 2,4 GHz et offre un débit de 250Kbit/s. Cette technologie fera l'objet d'une étude plus. Les nœuds de panneaux distants sont implémentés avec un module XBee.

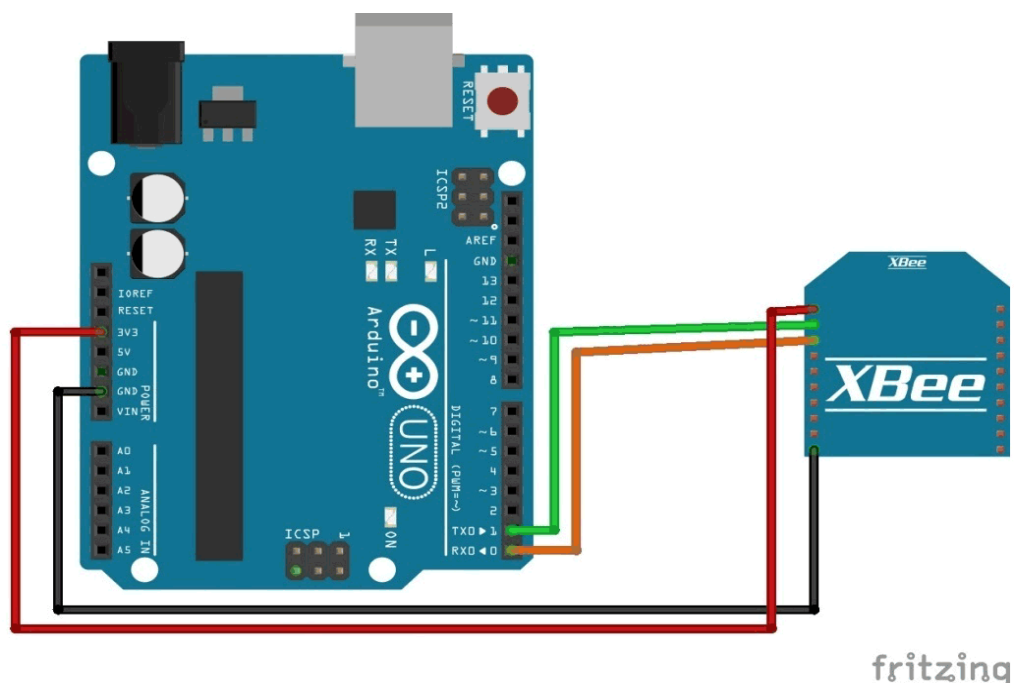


Figure IV.9 : Brochage de module Xbee (End Device) avec UNO

```

1 #include <SoftwareSerial.h>
2 SoftwareSerial xbee(2, 3);
3 void setup()
4 {
5     Serial.begin(9600);
6     xbee.begin(9600);
7 }
8 void loop()
9 {
10 Serial.println("Système d'irrigation");
11 xbee.write("Système d'irrigation");
12 delay(3000);
13 }

```

```

1 #include <SoftwareSerial.h>
2 SoftwareSerial xbee(2, 3);
3 void setup()
4 {
5     xbee.begin(9600);
6     Serial.begin(9600);
7 }
8 void loop()
9 {
10 if(xbee.available()) {
11     while(xbee.available()) {
12         Serial.write(xbee.read());
13     }
14 }
15 }

```

Figure IV.10 : Programme Xbee (End Device) Figure IV.11 : Programme Xbee(Coordinator)

IV.8 Mini panneau solaire

Le panneau solaire est destiné à récupérer l'énergie du rayonnement solaire pour la transformer en énergie électrique. Le nœud est placé dans le verger, ce qui nécessite l'utilisation de module solaire qui aide à fournir l'alimentation électrique. C'est la meilleure alternative pour assurer l'alimentation du système. Le panneau solaire chargera la batterie toute la journée sous la lumière du soleil. Il convertit l'énergie solaire en électricité

IV.8 .1 Caractéristique du panneau

Taux de conversion	élevé
Rendement	élevé
Excellent effet de lumière	faible
Puissance	1.1W
Tension	6V
Matériau	Silicium

Cout	Faible
Puissance	1.1W
Tension	6V

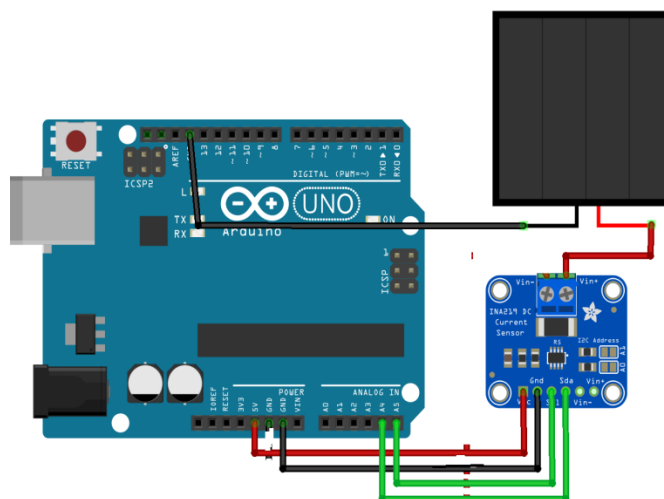


Figure IV.10: Mini panneau solaire avec UNO

IV.7 Serveur web et base de données

Le serveur reçoit et registre et analyse les données pour voir toute ces opération on choisi le package XAMPP c'est un ensemble de logiciels permettant de mettre en place un serveur Web local, un serveur FTP et un serveur de messagerie électronique..

Une base de données dans MySQL est implémentée.

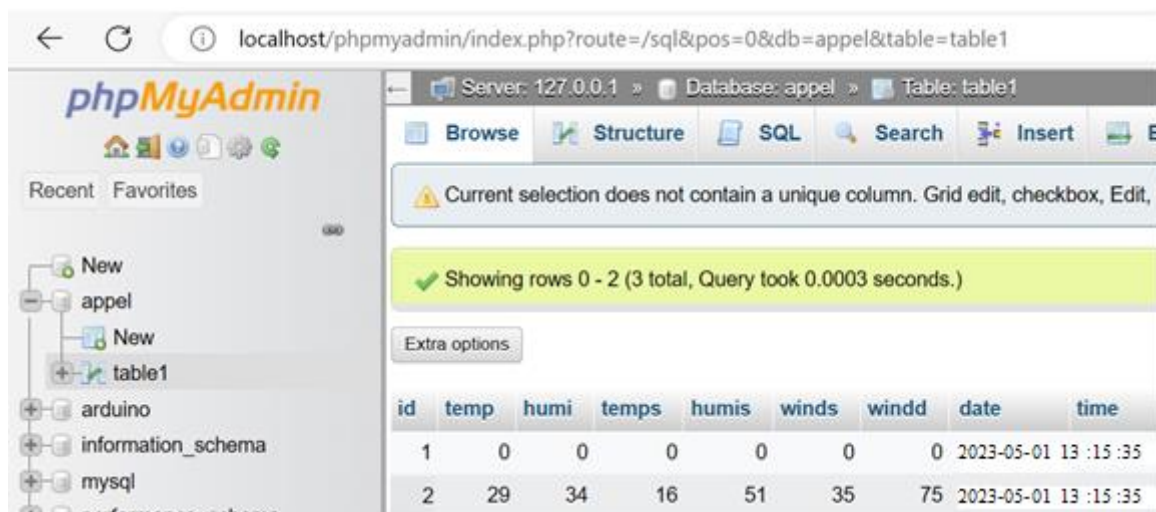


Figure IV.9 Capture d'écran de la page phpmyadmin

IV.7 L'organigramme de Travail

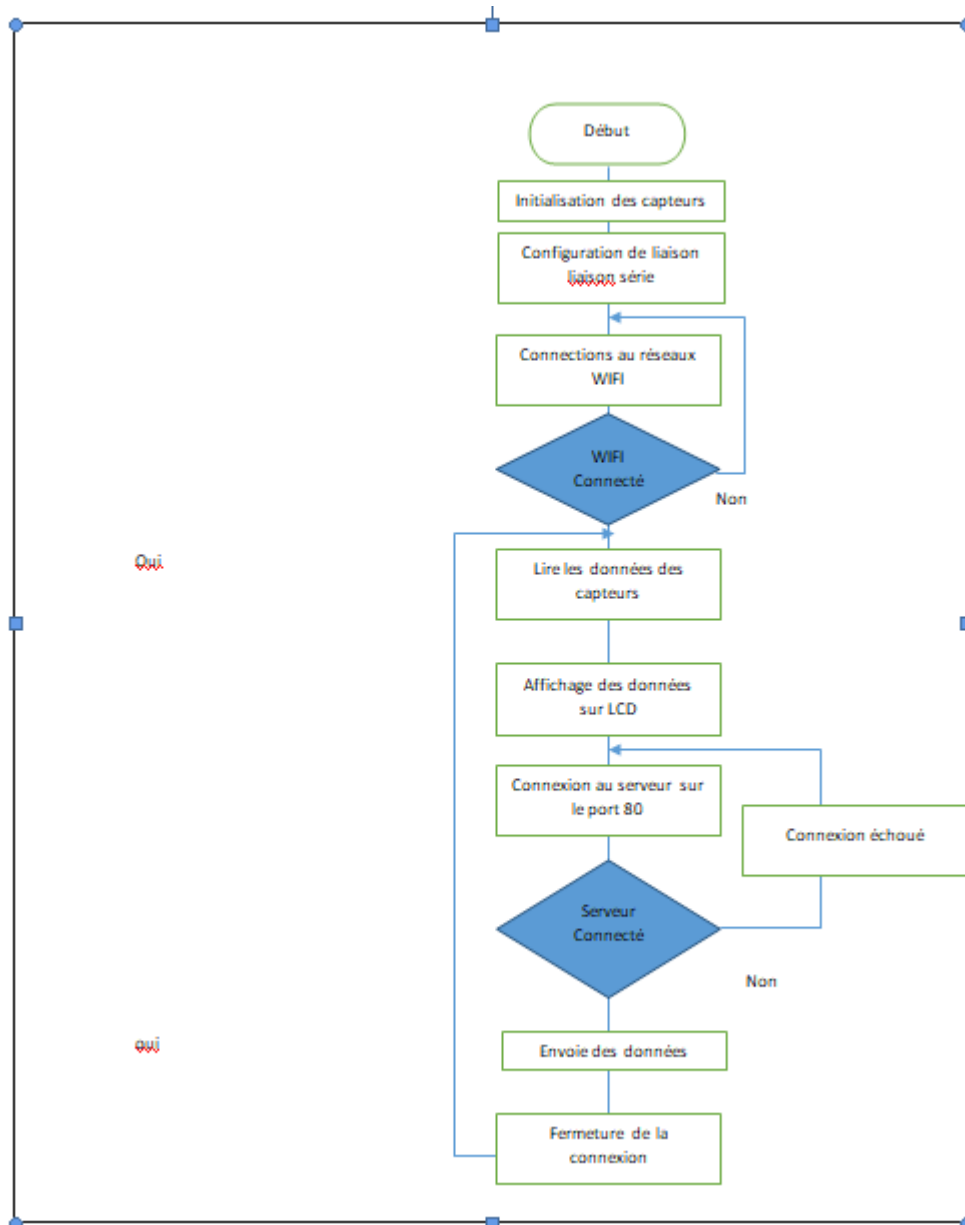
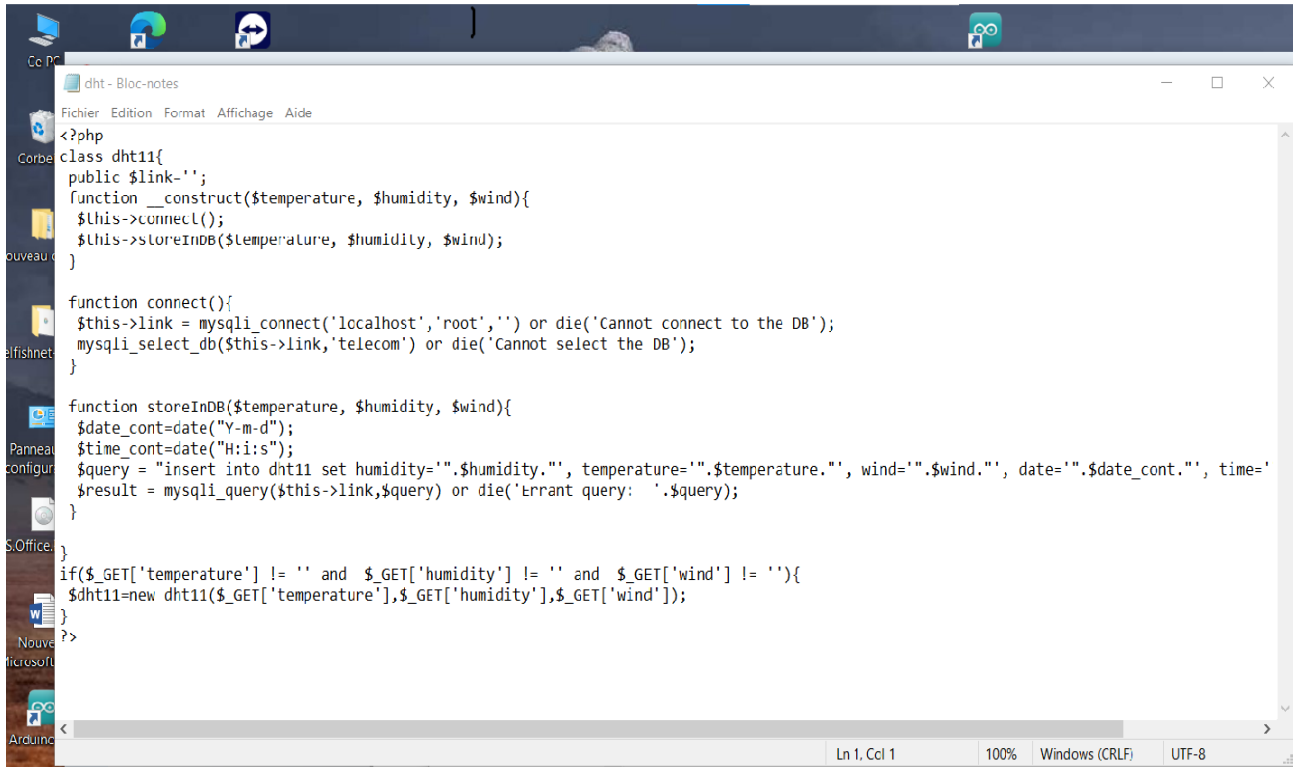


Figure IV.10 : Organigramme

L'envoi des données au page de réception de la base de données au niveau de serveur



```
<?php
class dht11{
public $link='';
function __construct($temperature, $humidity, $wind){
    $this->connect();
    $this->storeInDB($temperature, $humidity, $wind);
}

function connect(){
    $this->link = mysqli_connect('localhost','root','') or die('Cannot connect to the DB');
    mysqli_select_db($this->link,'telecom') or die('Cannot select the DB');
}

function storeInDB($temperature, $humidity, $wind){
    $date_cont=date("Y-m-d");
    $time_cont=date("H:i:s");
    $query = "insert into dht11 set humidity='".$humidity."', temperature='".$temperature."', wind='".$wind."', date='".$date_cont."', time='";
    $result = mysqli_query($this->link,$query) or die('errant query: '.$query);
}
}

if($_GET['temperature'] != '' and $_GET['humidity'] != '' and $_GET['wind'] != ''){
    $dht11=new dht11($_GET['temperature'],$_GET['humidity'],$_GET['wind']);
}
?>
```

IV.8 vérification des tests

La structure du système est composée de plusieurs parties comme c'est afficher au figure (IV.11).

Nous avons d'abord faire une série de tests. Pour détecter d'éventuels problèmes dans la mise en œuvre, l'intention de s'assurer qu'elle est effectuée correctement. Dans la deuxième partie, toutes les parties ont été assemblées. La carte est reliée via le port USB à l'ordinateur. Le câble USB sert à deux choses : alimenter la carte par l'énergie solaire.

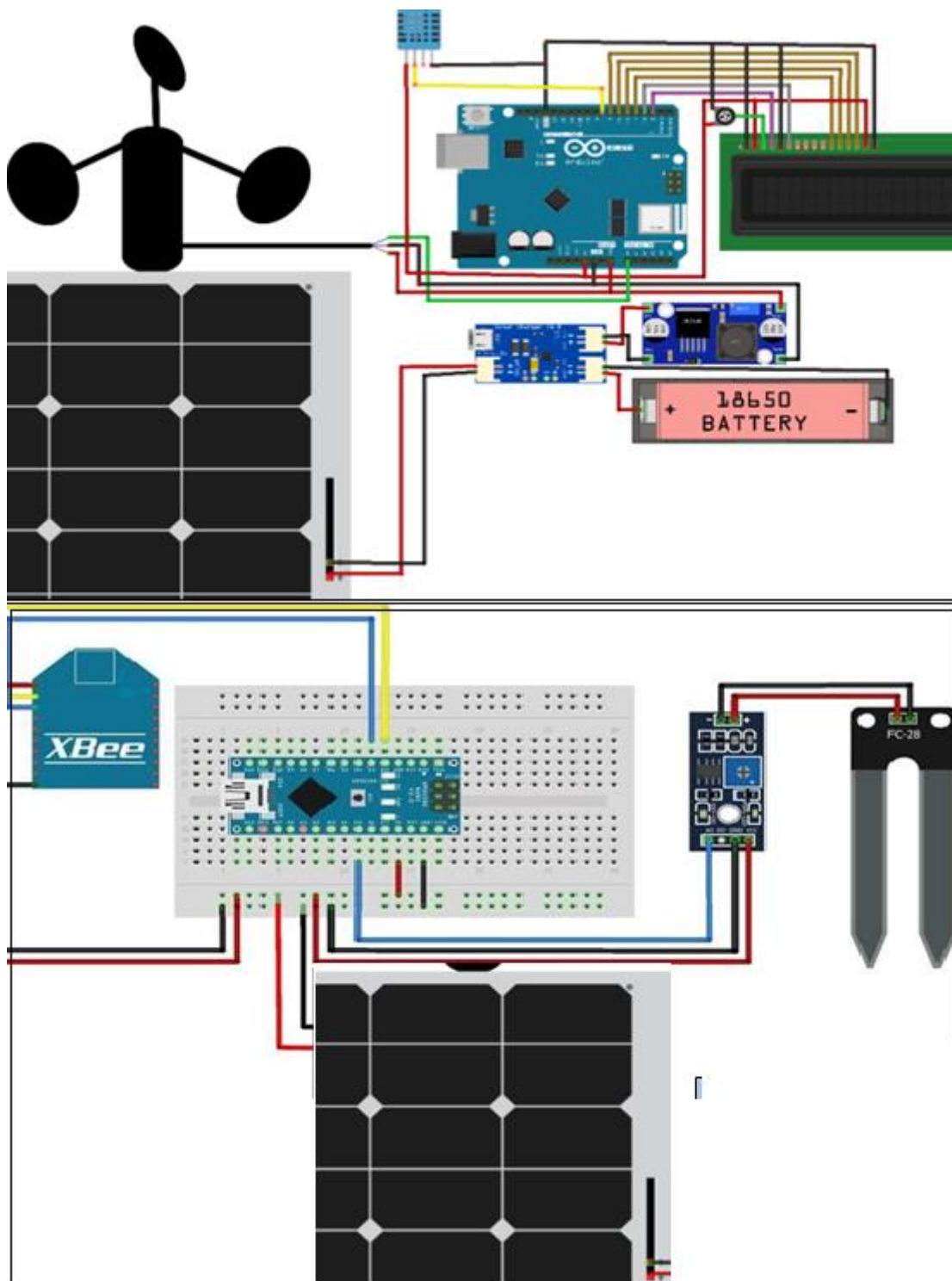


Figure IV.11: Schéma globale de l'application

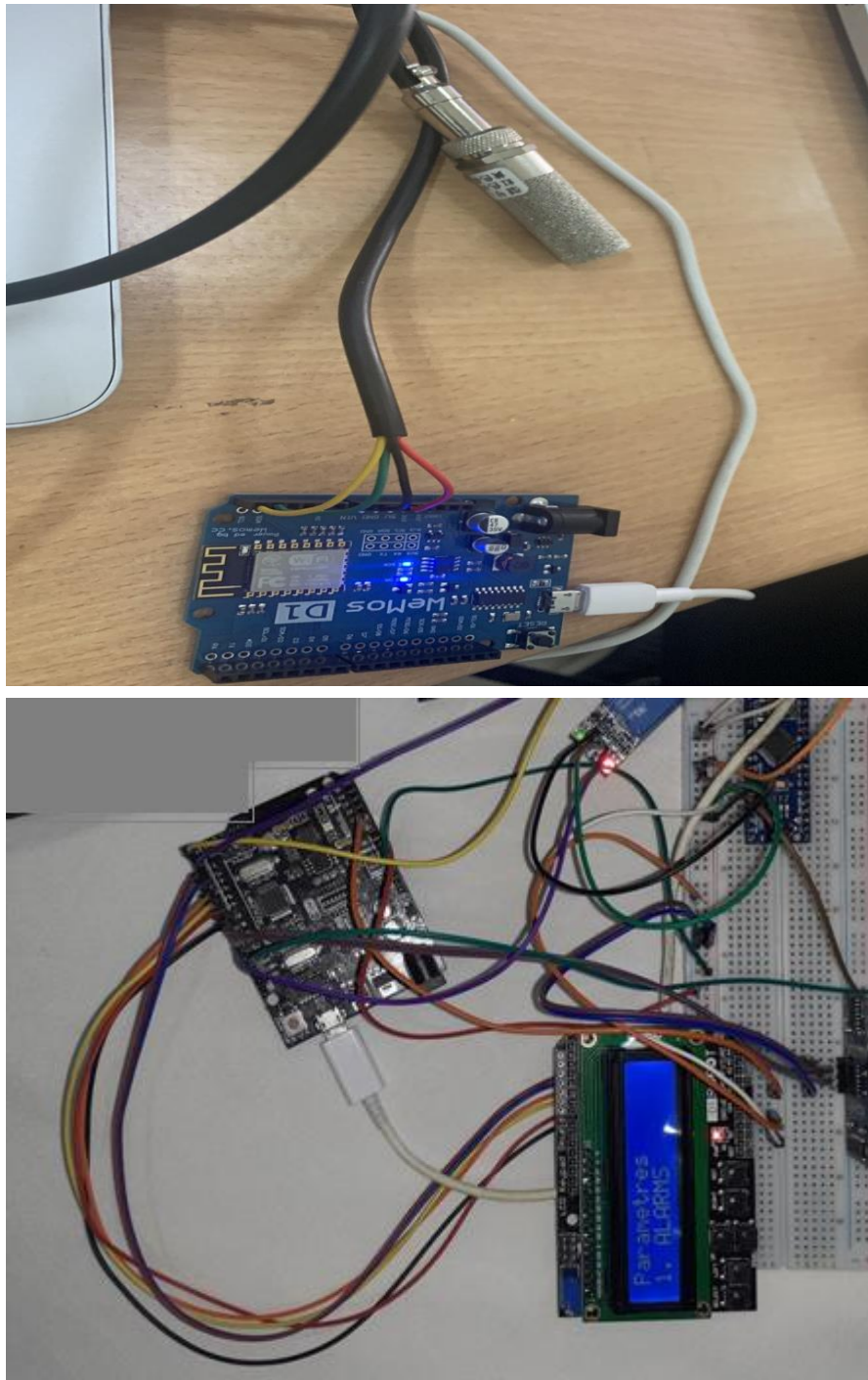


Figure IV.12 : Photo de l'application

IV.9 Résultats et testes

Dans cette partie nous avons des affichages numériques et des affichages graphiques,

Pour l’affichage graphique, l’utilisateur doit définir la période à consulter:

Étant donné que la représentation graphique est un résumé visuel des données. d'en saisir Elle permet de découvrir des résultats inattendus et de remettre en question les conclusions attendues. Pour ce la nous avons développé des pages web qui affiche les données sous forme graphique. Cette visualisation est composée d'un élément visuel, d'une échelle, d'un système de coordonnées et d'un contexte.

En vue de faciliter l'observation et l’analyse des données facilement, nous avons ajouté des fonctions aux pages.

Par exemple le placement du curseur de la souris sur le graphe permet d’afficher des informations telle que : la valeur de la température, humidité, vitesse de vent et la date et l’heure. Comme il est illustré sur la figure 40. En plus, d’autre fonction de sauvegarde et d’impression



Figure IV.12 présentation graphique des données de la base de données.

IV.10 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté Le système se base des technologies Internet des objets (IOT) et le montage du matériel Arduino, qui elle permet de surveiller la température et l'humidité avec le capteur DHT22

Toutes les données collectées seront envoyées et enregistrées dans une base de données située au niveau d'un serveur connecté à Internet, ce qui nous permet de visualiser ces données.

Les utilisateurs peuvent observer ces paramètres sur n'importe quelle page Web, à l'aide d'un ordinateur portable, d'un Smartphone, etc., fourni avec un simple navigateur Internet. Cela permet d'étudier les paramètres climatiques des les vergers du pommier et de faire une représentation numérique ou graphique de ces données,

Par la suite nous avons fait les tests de notre projet, et ça nous a donné des résultats satisfaisants.

Conclusion

Générale

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans ce travail, nous nous sommes concentrés sur la mise en place d'un système de télésurveillance des vergers de pommiers de la basé IOT. L'Internet des objets est une évolution de l'internet actuel qui est née de la convergence de plusieurs types de réseaux et de technologies, les réseaux de capteurs sans fil et la technologie d'identification par radiofréquence. En effet, les réseaux de capteurs représentent la partie la plus intéressante parmi l'ensemble des technologies fondatrices de l'IoT. Et avec l'intégration à Internet, leurs avantages et rendements applicatifs sont prévus à prendre un espace beaucoup plus large avec de nouvelles perspectives. Le système de télésurveillance pour les vergers de pommes basé sur la collecte de données qui sont la température, l'humidité, l'humidité du sol et la vitesse du vent. Où nous avons articulé sur les technologies de télécommunications avancées, et réseaux des capteurs. Les capteurs utilisés sont des capteurs d'humidité et température de sol Hc-28, capteur DHT22 qui est à la fois un capteur de température et d'humidité, capteur de vent à ultrason, écran LCD et contrôleur de base et la carte WEMOS. Pour l'exécution du programme, nous avons utilisé une carte Arduino Uno, et pour visualiser les mesures on utilise le XAMPP et pour recevoir les données nous avons choisir les réseaux Wi-Fi, Zigbee, parce qu'elle consomme moins d'énergie et Aussi offre une plus grande portée et une couverture plus stable.

Tout ça pour faciliter le travail de l'agriculteur dans ce domaine et pour obtenir un produit de pomme de qualité.

Perspectives

Malgré les efforts que nous avons déployés pour réaliser ce modeste travail, malgré les concepts que nous avons acquis, nous constatons que notre contribution ce n'est qu'un début d'un long chemin. Ce système est loin d'être finalisé et, selon notre expérience, il nécessite plusieurs améliorations.

- L'ajout d'autres types de capteurs.
- L'ajout d'autre réseaux Wi-Fi son latence très courte prochainement dans la technologie 5G
- L'ajout de nœuds de capture sans fil dans le cas d'un verger de grandes dimensions

Bibliographie

BIBLIOGRAPHE

[1] Ahmed SKHIRI les bases de l'irrigation : Calcul des besoins en eau. Publisher: Editions Universitaires Européennes ISBN: 978-620-2-26993-3 (April 2019) : https://www.researchgate.net/publication/332233446_LES_BASES_DE_L'IRRIGATION_Calcul_des_besoins_en_eau

[2] AZUD Culture de pommier <https://azud.com/fr/aplicacion/agriculture/cultures/pommier/> 24 avril 2023 • 15:20

[3] <http://omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/weather-frost.htm>) Site officiel Ministère Canadienne de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales. 24 avril 2023 • 15:20

[4] Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture <https://www.fao.org/3/Y2650F/Y2650F00.htm> 9 avril 2023 • 17:49

[5] Hamim Asma et Mena Hafida « L'effet de deux systèmes d'irrigation aspersion et goutte à goutte sur l'évolution du profil salin du sol le cas de Hassi ben Abdallah » Mémoire En vue de l'obtention du Diplôme de Master UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA, Disponible sur : Prof. Mohammed AZOUGGAGH Les différents systèmes d'irrigation. 25 avril 2023 • 15:38

[6] KATTAR Fouad. « Irrigation automatique des vergers de pommes » Mémoire de fin d'étude *l'obtention du diplôme de Master* Université ABBES LAGHROUR – Khenchela, Disponible dans la bibliothèque

[7] Luciano Mateos. Efficience de l'irrigation et économie d'eau : effet d'échelle et effet rebond. Sciences Eaux & Territoires, 2020, 34, pp.86-89. <https://hal.inrae.fr/hal-0342354> 9 avril 2023 • 21 :00

[8] E.L'hot «Le 5 secteurs pour entreprendre en 2018,» [En ligne]. Avalable, <http://www.arrosage-synaa.com/quest-ce-que-larrosage-automatique> 25 avril 2023 • 20 :38

[9] MEGTIT Tedjini et DAHMANE Dihia « Réalisation d'une serre agricole intelligente et contrôlable à distance par Internet » Mémoire de fin d'étude l'obtention du diplôme de Master Université Abou Bakr Belkaid– Tlemcen Disponible sur <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/12979> 03 mai 2023 • 19:40

[10] Zahra Dafri « Réalisation d'un système basé sur Internet des Objets pour le contrôle des serres intelligentes » Mémoire de fin d'étude l'obtention du diplôme de Master Université de 8 Mai 1945 – Guelma Disponible sur <http://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/4216> 05 mai 2023 • 20 :00

[11] LARRAS Melissa et KHALFOUNI Djamila « Défis de sécurité de l'Internet des Objets Problèmes et solutions » Mémoire de fin d'étude l'obtention du diplôme de Master Université

Bibliographe

Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou Disponible sur <https://www.ummo.dz/dspace/bitstream/handle/ummo/12608/LarrasMelissa> 10 mai 2023 • 22 :00

[12] Hadjadj Walid « L'utilisation de N-Version de programmation pour la prise en charge des fautes dans un environnement IoT » Mémoire de fin d'étude l'obtention du diplôme de Master Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi Disponible sur <http://bib.univ-oeb.dz> 15 mai 2023 • 22 :00

[13] Khoualdia Farouk « APPLICATION MOBILE ET IOT POUR L'ANALYSE DU COVID 19 A POSTERIORI » Mémoire de fin d'étude l'obtention du diplôme de Master Université - ANNABA BADJI MOKHTAR Disponible sur <https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2022/02/Khoualdia-Farouk.pdf> 15 mai 2023 • 20 :00

[14] CHALAL Lina et SIROUAKNE Slimane « Gestion des clés dans l'internet des objets » Mémoire de fin d'étude l'obtention du diplôme de Master Université A/Mira de Bejaia Disponible sur <http://www.univ-bejaia.dz/xmlui/bitstream/handle/> 17 mai 2023 • 22 :00

[15] TALEB Omar MANKOURI Abdelkrim « Programmation de la sécurité Internet des Objet, Etude de cas module WIFI Electric imp » Mémoire de fin d'étude l'obtention du diplôme de Master Université TLEMCEM Disponible <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/11078/1/Ms.Tel.Taleb%2BMankouri.pdf> 19 mai 2023 • 22 :30

[16] ALEXANDRE MARTIN « UNE ARCHITECTURE DE DOMOTIQUE SÉCURISÉE RESPECTUEUSE DE LA VIE PRIVÉE » UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL <https://archipel.uqam.ca/13808/1/M16488.pdf> 20 mai 2023 • 21 :30

[17] Les applications de l'Internet des objets <https://gladiacteur.com/iot-linternet-des-objets/> 25 mai 2023 • 21 :30

[18] Les problèmes de l'Internet des objets <https://geekflare.com/fr/iot-security-issues/> 25 mai 2023 • 23 :30

[19] La carte Arduino Uno : http://www.techmania.fr/arduino/Decouverte_arduino.pdf 27 mai 2023 • 15 :30

[20], [21],[22] Somia SAHRAOUI « Mécanismes de sécurité pour l'intégration des RCSFs à l'IoT (Internet of Things) » Thèse En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Informatique Université de Batna 2 Disponible sur <http://eprints.univ-batna2.dz/308/1/These%20Somia%20SAHRAOUI.pdf> 27 mai 2023 • 20 :30