

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHESCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE MOULOU D MAMMARI DE TIZI-OUZOU



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique

Département : Electronique

Mémoire de fin d'étude en master

DOMAINE : Sciences et technologies

FILIERE : Electronique

SPECIALITE : Microélectronique ET Instrumentation

Thème :

**Etude et réalisation d'une Station autonome de
traitement D'Eaux à base d'Arduino**

Réalisé par :

- Souiki Aghiles
- Rais Lyes

Membre de jury :

Mr : Attaf.Y

M^{elle} : benseba. Gh

Encadré par :

M^m. Nemmar Farida

Promotion : 2024/2025

Remerciements

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à **ALLAH, Tout-Puissant et Miséricordieux**, pour la force, la patience et la volonté qu'Il nous a accordées afin de mener à terme ce travail.*

*Nos sincères remerciements vont à notre encadreur, **Mme Nemmar Farida**, pour son suivi constant, ses conseils éclairés et ses encouragements tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous adressons également nos vifs remerciements à **M. Zermi Rached** pour son aide précieuse, son soutien et sa disponibilité qui ont largement contribué à l'avancement de ce travail.*

*Nous remercions chaleureusement l'ensemble des enseignants du **département de Génie Électrique de l'UMMTO** pour la qualité de leur enseignement et leur bienveillance, ainsi que tous les enseignants du **département de Chimie**, en particulier ceux du **laboratoire de Pharmacie**, pour leur disponibilité et leurs précieux apports.*

Enfin, nous exprimons toute notre reconnaissance aux membres du jury pour l'intérêt porté à ce mémoire, ainsi qu'à nos familles et amis pour leur soutien moral et leurs encouragements permanents.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mon défunt père, je le remercie pour ses sacrifices et ses devoirs, que le paradis soit sa demeure éternelle.

A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite, ma mère.

A mon frère Aghiles, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes mes années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner de l'aide et à me protéger.

Que dieu les gardes et les protèges.

A mes ami(e)s proches : Mouh, Zakaria, Salim.

A mes tantes Nora, Nadia

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

Lyes

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mon père, je le remercie pour ses sacrifices et ses devoirs,.

A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite, ma mère.

A mon frère hakim et mes soeur, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes mes années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner de l'aide et à me protéger.

Que dieu les gardes et les protèges.

A mes ami(e)s proches : Mouh, Zakaria,.

A mes tantes

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

AGHILES

Sommaire

Introduction générale	01
------------------------------------	-----------

CHAPITRE I : *Généralité Sur Les Systèmes Du Traitement D'eaux Avec Système Autonomie*

Histoire de traitement d'eau :	3
II. Stations de traitement des eaux potables :	4
II.1. Définition :	4
II.2. Les étapes de traitement d'eaux :	4
III. Les types de traitement de l'eau :	5
III.1. Smart-Stations sur le traitement de l'eau :	5
III.1.1. Définition :	5
III.1.2. Avantages principaux :	5
III.1.3. Les limites ou défis :	6
III.2. Station de traitement d'eaux numérique :	6
III.2.1. Définition et Fonctionnement :	6
III.2.2. Technologies Clé :	6
III.2.3. Défis et Considérations :	7
IV. Station de production d'eau :	7
IV.1. Fonctionnement d'une station de production d'eau :	7
IV.2. Le processus de traitement des eaux usées industrielles :	7
IV.3. Les Différentes Stations De Traitement Des Eaux :	10
IV.3.1.1 Stations de traitement des eaux de pluie :	10
IV.3.1.2 Étapes du traitement des eaux de pluie :	10
IV.3.1.3 Usages possibles après traitement :	10
IV.3.2.1 Stations de traitement des eaux de mer (désalination) :	11

IV.3.2.2	Caractéristiques des eaux marines et saumâtres :	11
IV.3.2.2.1	Les eaux marines :	11
IV.3.2.2.2	Les eaux saumâtres :	11
IV.3.2.3.	Les principales technologies de dessalement d'eau :	11
IV.3.3.1	Stations de traitement des eaux souterraines :	12
V.1.	Un système photovoltaïque autonome :	12
V.1.1.	Définition :	12
V.1.2.	Composants principaux d'un système photovoltaïque autonome :	13
V.1.3.	Avantages d'un système autonome :	14
V.1.4.	Inconvénients / limites :	14
V.1.5.	Exemple d'application :	14
V.2.	Principe de fonctionnement d'un système autonome photovoltaïque :	14
V.3.1.	Système autonome simple (DC-DC) :	16
V.3.2.	Système autonome avec onduleur (DC-AC) :	17
V.3.3.	Système autonome hybride :	17
V.3.4.	Système portable ou mobile (plug & play) :	18
VI.	Conclusion :	20

Chapitre II : Carte Arduino et capteurs utilisés

I.1.	Présentation du projet :	21
I.2.	Choix de la solution technologique :	21
I.3.	Définition du module Arduino Uno :	22
I.3.1.	L'Arduino :	22
I.3.2.	Caractéristique de la carte Arduino Uno :	22
I.3.3.	Constituants d'une carte Arduino Uno :	23
I.4.	Objectifs et description du système à réaliser :	24
I.4.1	Définition du module ESP32 :	24
I.4. 2.	L'ESP32 :	24

I.3.1.1. Caractéristique de la carte ESP32 :	25
I.3.1.2. Constituants d'une carte ESP32 :	26
I.3.1.3. Les périphériques de la carte ESP 32 :	26
I.3.1.4. Les pins de la carte ESP 32 :	27
II. Les capteurs et les actionneurs :	27
II.1. Définition et structure d'un capteur :	27
II.2. Capteurs utilisés dans la station intelligente :	29
II.2.1. Capteur de température et d'humidité de l'air DHT11 :	29
II.2.1.1. Définition :	29
II.2.1.2. Caractéristiques techniques du DHT11 :	29
II.2.2. Capteur de flammes :	29
II.2.2.1. Définition :	29
II.2.2.2. Caractéristiques :	30
II.2.3. Capteur de lumière (photorésistance) :	30
II.2.3.1. Définition :	30
II.2.3.2. Caractéristiques :	30
II.2.4. Capteur de position a ultrason :	31
II.2.4.1. Description et fonctionnement :	31
II.2.4.2. Caractéristiques :	31
II.2.5. Radio Frequency Identification (RFID) :	32
II.2.5.1. Définition :	32
II.2.5.2. Caractéristiques :	32
II.2.6. capture de ph:	33
II.2.6.1. Definition:	33
II.2.6.2. Caractéristiques :	33
II.2.7. capture D'empreinte :	34
II.2.7.1. Definition:	34
II.2.7.2. Caractéristiques :	34
II.2.8. Capture Temperature D'eaux :	35
II.2.8.1. Definition:	35
II.2.8.2. Caractéristiques :	36
II.2.9. Peneaux solaire :	36
II.2.9.1. Definition:	36

II.2.9.2. Les types des Peneaux solaires :	37
II.2.9.3. Caractéristiques [36]:.....	38
II.3. La relation capteurs et actionneurs :.....	39
II.4. Les pré-actionneurs :	39
II.5.1. Le relai électrique :.....	39
II.6. Les actionneurs :	40
II.6.1.1. Description et fonctionnement (buzzer) :	40
II.6.1.2. Caractéristiques techniques :.....	41
II.6.2.1. La pompe de remplissage :	41
II.6.2.2. Caractéristique techniques :.....	41
II.6.3.1. Le servomoteur :	42
II.6.3.2. Description et fonctionnement :.....	42
II.6.3.3. Caractéristiques techniques :.....	42
II.6.4. Les Leds :.....	43
II.6.5.1. L'extracteur :.....	43
II.6.5.2. Description et fonctionnement :.....	43
II.6.5.3. Caractéristiques techniques :.....	44
II.6.6. La plaque chauffante électrique :.....	44
II.6.6.1. Definition:	44
II.6.6.2. les Caractéristiques :.....	44
II.6.7. Régulateur MPPT :.....	45
II.6.7.1. Definition:	45
II.6.7.2. les Caractéristiques :.....	46

Chapitre III : Réalisation pratique

I.1. Introduction.....	48
I.2. Présentation du système.....	48
I.3. Objectif du projet :	49
I.3.1. Conception du système électronique :	49
I.3.2. Réalisation pratique :	49
I.3.3. Développement d'une application Android :	50
I.4. Description du système :	50

I.4.1. Le première pic (carte une) :	50
I.4.1.1.1. Schéma synoptique Branchement De Capteur d’empreinte :	50
I.4.1.1.2 Organigramme de capteur d’empreinte :	51
I.4.1.2.1. Schéma synoptique De Branchement De Capteur RFD branchement :	51
I.4.1.2.2 Organigramme de capteur RFID :	52
I.4.1.3.1. Schéma synoptique De Branchement De bouton poussoir avec servomoteur :	53
I.4.1.3.2 Organigramme de bouton poussoir avec servomoteur :	54
I.4.1.2. Branchement globale de la première carte :	54
I.4.2. Le deuxième pic (carte deux) :	55
I.4.2.1.1. Schéma synoptique de Branchement De Capteur de flamme :	56
I.4.2.1.2. Organigramme de Capteur de flamme :	56
I.4.2.2.1. Schéma synoptique de Branchement De DHT11 Et Ventilateur :	57
I.4.2.2.2. Organigramme De DHT11 Et Ventilateur :	58
I.4.2.3.1. Schéma synoptiques de Branchement de systèmes de luminosité :	59
I.4.2.3.2. Organigramme De système de systèmes de luminosité :	59
I.4.2.4.1. Schéma synoptiques de Branchement De système de traitement d’eaux (réglage de ph) :	60
I.4.2.4.2. Organigramme De système de traitement d’eaux (réglage de ph) :	61
I.4.2.5.1. Schéma synoptiques de Branchement De Ultrason :	62
I.4.2.5.2. Schéma synoptiques de capteur ph :	62
I.4.2.5.3. Schéma synoptiques de pompe de remplissage :	63
I.4.2.5.4. Schéma synoptiques de mélangeur (moteur DC) :	63
I.4.3. Le troisième pic (carte trois) :	65
I.4.3.1. Schéma synoptiques de système de chauffage et de refroidissement :	65
I.4.3.2. Schéma synoptiques de débitmètre et de pompe :	66
I.4.3.3. Schéma synoptiques de ds18b20 et buz et l.e.d :	66
I.4.3.4. Schéma synoptiques d’ultrason et afficheur l.c.d avec i2c :	67
I.4.3.5.1. Schéma synoptiques globale de 3 ème carte :	68
I.4.3.5.2. Organigramme De 3 ème carte :	69
I.4.3.6.1. Schéma synoptiques de système de photovoltaïque :	70
I.4.3.6.2. Organigramme de système de photovoltaïque :	70
I.5. Le Demontionement Sur P.V système :	71
I.5.1. Définition :	71
I.5.2. Étapes clés du dimensionnement :	71

I.5.2.1. Calcul de la consommation énergétique :	71
I.5.2.2. Estimation de l'ensoleillement :	71
I.5.2.3. Choix des panneaux solaires :	71
I.5.2.4. Dimensionnement de l'onduleur :	71
I.5.2.5. Dimensionnement des batteries (si nécessaire) :	71
I.5.2.6. Choix des câbles :	71
I.5.3. Facteurs à considérer :	72
I.5.3.1. Climat :	72
I.5.3.2. Inclinaison et orientation des panneaux :	72
I.5.2.3. Rendement du système :	72
I.5.2.4. Coûts :	72
I.5. Réalisation de la station :	72
I.5.1. Construction de la structure :	72
II .Partie logiciel :	73
II.1. Langage Arduino :	73
II.1.1. Définition :	73
II.1.2- IDE Arduino :	73
II.1.3- Interface d'utilisateur :	74
II .2. Isis proteus professionnelle :	74
II.2.1. Définition :	74
II.2.2. Utilisation de Proteus ISIS professionnelle :	75
II.2.3.1. Schéma électrique de 1 ère carte :	77
II.2.3.2. Schéma électrique de 2 ème carte :	77
II.3. Logiciel p.v Système :	78
II.3.3. Rôles Exemples de logiciels PV système :	78
II .3. Outils de conception de circuit imprimé EAGLE :	79
II.3.1. Présentation générale :	79
II .3.2. Schéma de la plaque pcb de notre station de traitement d'eau 01 ère carte sur logiciel eagle :	80
II .3.3. Typon de 01 ère carte de notre station de traitement d'eau :	80
II .3.4. Schéma de la plaque PCB notre station de traitement d'eau deuxième carte sur logiciel Eagle :	81
II .3.5. Typon de 02 ère carte de notre station de traitement d'eau :	82
II .3.6. - Impression du typon :	83

II.3.7. Transfert du circuit :	83
II.3.8. - La gravure :	84
II .3.9. - Le perçage et la Vérification :	84
II.3.10. L’implantation des composants :	85
III. Gestion des serres :	86
III.1.1 La plateforme « ThinkSpeak » :	86
III.1.2. Fonctions de ThingSpeak :	86
III.2. Les étapes pour utiliser ThingSpeak	87
III.2. Application WIFI:	89
III.2.1 Définition :	89
III.3.2 Créations d’une application Androïde WIFI:	89
III.2.3 Logiciel app inventor:	90
III.2.3.1 Définition :	90
III.3. L’étape de création de l’application Android WIFI avec logiciel “app inventor” :	92
III.4. Discussion :	92
III.5. Le rapport de demontionement sur logiciel p.v système :	92

Chapitre IV : Tests et résultats

I. Introduction.....	92
I.1. Branchement de Système global :	92
I.2. Fonctionnement général du système :	93
I.3. Résultats des tests :	94
I.3.1. Résultats sur le moniteur série :	94
I.3.2. Collecte des données :	95
I.3.3. Présentation des résultats :	95
I.3.3.1. Station de traitement d’eaux :	95
I.3.3.2. Les résultats sur thingSpeak:	99
I.3.3.3. Les résultats sur l’application WIFI.....	99
I.4. Discussion :	100
Conclusion générale	101

Liste des figures

Figure 1 : les étapes de traitement d'eaux	5
Figure 02 : système photovoltaïque.....	13
Figure 03 : Composants principaux d'un système photovoltaïque autonome	14
Figure 04 : système photovoltaïque autonome	16
Figure 05 : Système autonome simple (DC-DC)	17
Figure 06 : Système autonome avec onduleur (DC-AC).....	17
Figure 07 : Système autonome hybride	18
Figure 08 : Système portable ou mobile (plug & play)	19
Figure 09 : Arduino Uno.....	22
Figure 10 : la Constituant de la carte Arduino Uno	23
Figure 11 : ESP32 30 PIN.....	25
Figure 12 : composants de la carte ESP32.....	26
Figure 13 : Les pins de l'ESP 32.....	27
Figure 14 : fonctionnement général d'un capteur	28
Figure 15 : structure d'un capteur.....	28
Figure 16 : Capteur de température et d'humidité de l'air (DHT11)	29
Figure 17 : Capteur de flammes	30
Figure 18 : Capteur de lumière (photorésistance)	30
Figure 19 : Capteur de position a ultrason.....	31
II.2.5. Radio Frequency Identification (RFID) :	32
Figure 20: Radio Frequency Identification (RFID).....	32
Figure 21: capteur ph.....	33
Figure 22: capture d'empreinte digitale.....	34
Figure 23: capteur de la température de l'eau.....	35
Figure 24: panneau solaire.....	37
Figure 25 : Relai électrique.....	40
Figure 26 : Un piézo-électrique (buzzer).....	41
Figure 27 : Pompe d'arrosage utilisée.	41
Figure 28 : Servomoteur.	42
Figure 29 : Une Led.....	43
Figure 30 : Type d'extracteur.....	43

Figure 31 : plaque chauffante.....	44
Figure 32 : Régulateur MPPT	46
Figure 33 : Branchement de capteur d’empreinte.	51
Figure 34 : Branchement de capteur RFD.	52
Figure 35 : Branchement de bouton poussoir avec servomoteur.	53
Figure 36 : Branchement de Branchement globale de la première carte	55
Figure 37 : Branchement De Capteur de flamme et buzzer et led rouge.....	56
Figure 38 : Branchement De DH11 ET ventilateur	58
Figure 39 : Branchement De L.D.R.....	59
Figure 40 : Branchement De système traitement d’eaux	60
Figure 41 : Branchement De Ultrason	62
Figure 42 : Branchement De capteur ph	62
Figure 43 : Branchement De pompe de remplissage.....	63
Figure 44 : Branchement De mélangeur (moteur DC)	63
Figure 45 : système de chauffage	64
Figure 46 : système de refroidissement	65
Figure 47 : branchement de débitmètre	65
Figure 48 : branchement de pompe	65
Figure 49 : branchement de ds18b20	66
Figure 50 : branchement de led et buz.....	66
Figure 51 : branchement de ultrason	66
Figure 52 : branchement de afficheur lcd avec i2c.....	66
Figure 53 : branchement globale de 3 ème carte.....	67
Figure 54 : branchement de ultrason	69
Figure 56 : La structure de notre station prototype.	71
Figure 58 : conception de circuit imprimé.	74
Figure 59 : ut lmilisation du module ares.	76
Figure 60 : Schéma électrique de 1 ère carte	76
Figure 61 : Schéma électrique de 2 ème carte.....	77
Figure 62 : conception de circuit imprimé sur EAGLE.....	78
Figure 63 : Schéma de la plaque pcb 1 ère carte. Sur logiciel eagle	79

Figure 64 : Typon de trous à percer.....	79
Figure 65 : Typon de la sérigraphie.....	79
Figure 66 : Typon de circuit imprimé.....	80
Figure 67 : Schéma de la plaque pcb deuxième carte. Sur logiciel eagle.....	80
Figure 68 : Typon de la sérigraphie	81
Figure 69 : Typon de trous à percer.....	81
Figure 70 : Typon de circuit imprimé.....	81
Figure 71 : Nettoyage de la plaque en cuivre.....	82
Figure 72 : transfert du circuit à l'aide d'un fer à repasser	82
Figure 73 : la gravure.....	83
Figure 74 : le perçage.....	84
Figure 75 : implantation des composants.....	85
Figure 76 : la plateforme ThingSpeak IoT (Internet of Things)	86
Figure.77. Création d compte ThingSpeak	87
Figure.78 : Création d'un nouveau canal.....	87
Figure 79 : Les détails du nouveau canal pour la serre agricole.	88
Figure 80 : Les détails du nouveau canal pour la serre animale.	88
Figure.81: obtenir l'API thingspeak	89
Figure 82 : Logiciel APP inventor.....	90
Figure 82 : Branchement de Système global	92
Figure 83 : résultat sur le moniteur sérié les 3 types de pH.....	93
Figure 84 : résultat sur le moniteur sérié de ultrason	94
Figure 85 : résultat sur le moniteur sérié de débitmètre	95
Figure 86 : résultat sur le moniteur sérié.	95
Figure 87 : résultat de thingSpeak.....	100
Figure 88 : application Mit inventor.....	100

Liste des tableaux:

Tableau 1: Les caractéristiques de tous les types des panneaux solaire	38
Tableau 2: Les caractéristiques et les types des plaques chauffants.....	44
Tableau N°4 : Résultats des capteurs de température et d'humidité de l'air	95
Tableau N°5 : Résultats de luminosité (station de traitement d'eaux).....	96

Introduction Générale

Introduction générale

L'essor de l'Internet des Objets (IoT) a profondément transformé la manière dont nous interagissons avec notre environnement. Grâce à la communication entre capteurs, microcontrôleurs et actionneurs, il est désormais possible de concevoir des systèmes intelligents et autonomes, capables de collecter, analyser et transmettre des données en temps réel. Cette convergence entre le monde physique et numérique ouvre de nouvelles perspectives dans de nombreux domaines, notamment la gestion des ressources naturelles.

Parmi celles-ci, l'eau occupe une place essentielle. Ressource vitale pour la santé humaine, le développement économique et l'équilibre des écosystèmes, elle reste pourtant inégalement accessible. Pollution, urbanisation rapide, changement climatique et infrastructures insuffisantes aggravent encore les difficultés d'approvisionnement, en particulier dans les zones rurales ou en développement.

Dans ce contexte, il devient crucial de développer des solutions locales, abordables, durables et intelligentes pour assurer le traitement et la surveillance de la qualité de l'eau. L'intégration de l'IoT et des systèmes embarqués ouvre la voie à des stations de traitement capables de mesurer en continu les paramètres de qualité (pH, turbidité, température, conductivité, TDS...), d'activer automatiquement des procédés de purification (filtration, stérilisation UV, ajout de réactifs...), et de transmettre les données à distance pour un suivi efficace.

Pour garantir une autonomie énergétique, notamment dans les régions isolées, l'alimentation du système par un module photovoltaïque constitue une avancée majeure. Cette solution permet non seulement de rendre la station indépendante du réseau électrique, mais aussi de réduire son empreinte environnementale, renforçant ainsi sa durabilité.

Le projet présenté dans ce mémoire s'inscrit dans cette perspective. Il vise à concevoir et réaliser une station de traitement de l'eau **autonome et low-cost**, basée sur une carte **Arduino**, équipée de capteurs et de modules IoT, et alimentée par un système **photovoltaïque**.

La structure du mémoire est organisée comme suit :

Chapitre 1 : Contexte général, enjeux liés au traitement de l'eau et aux énergies renouvelables, état de l'art des technologies existantes.

Chapitre 2 : Étude détaillée des composants matériels et logiciels utilisés (Arduino, capteurs, modules de communication, système photovoltaïque).

Chapitre 3 : Conception et mise en œuvre de la station (architecture, câblage, programmation et intégration du module solaire).

Introduction générale

Chapitre 4 : Résultats expérimentaux, analyse des performances et perspectives d'amélioration.

Enfin, une conclusion générale viendra synthétiser les apports de ce projet et proposer des pistes d'évolution futures.

CHAPITRE I :

Généralité Sur Les Systèmes Du Traitement D'eaux Avec Système Autonomie

Histoire de traitement d'eau :

L'histoire du traitement de l'eau remonte à plusieurs millénaires, car les humains ont très tôt compris que l'eau devait être purifiée pour être saine. Voici un résumé de son évolution à travers les époques, [45]

- 1. Chine ancienne :** déjà vers 500 av. J.-C., les Chinois faisaient bouillir l'eau pour la rendre potable.
- 2. Les Romains :** sont connus pour leurs aqueducs qui apportaient de l'eau depuis des sources éloignées.
- 3. L'hygiène régresse :** les villes se développent vite mais sans infrastructures d'assainissement.
- 4. Technologies avancées :** (Osmose inverse) pour dessaler l'eau de mer. (Rayons UV) pour désinfecter sans produits chimiques. (Charbon actif) contre les pesticides et micropolluants

I. Introduction :

L'eau constitue une ressource essentielle à la vie humaine, à l'agriculture, à l'industrie, et à l'environnement. Cependant, l'accès à une eau potable, propre et sûre reste un défi majeur dans de nombreuses régions du monde. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), près de 2,2 milliards de personnes n'ont pas un accès direct à une eau potable gérée de manière sécurisée. [45] Ce problème est particulièrement aigu dans les zones rurales et les régions isolées, où les infrastructures de traitement centralisé sont inexistantes ou inefficaces.

Face à cette problématique, le développement de solutions technologiques innovantes, accessibles et autonomes est devenu une nécessité. Parmi les approches récentes les plus prometteuses, l'intégration de l'Internet des Objets (IoT) dans les systèmes de traitement de l'eau émerge comme une solution intelligente, évolutive et à faible coût. En combinant l'automatisation, la connectivité, et les systèmes embarqués comme les cartes Arduino, il est désormais possible de concevoir des stations de traitement de l'eau autonomes, capables de surveiller, analyser et améliorer la qualité de l'eau en temps réel.

Chapitre I : Généralité Sur Les Systèmes Du Traitement D'eaux Avec Système Autonomie

L'Internet des Objets (IoT) se définit comme un réseau d'objets physiques embarquant des capteurs, des logiciels et d'autres technologies, connectés entre eux par Internet pour collecter et échanger des données. Dans le domaine de la gestion de l'eau, l'IoT permet une surveillance continue des paramètres de qualité de l'eau, une prise de décision automatisée, et une communication à distance avec les opérateurs.

II. Stations de traitement des eaux potables :

II.1. Définition :

D.W.T.P (Drinking Water Treatment Plant) ce qui signifie stations de traitement d'eau potable sont créées grâce à ce besoin d'eau potable . Les principales étapes ou processus qui sont réalisés dans la S.T.E.P (Station de traite d'eau potable) sont les suivantes : Réception et homogénéisation de l'eau entrant dans le système.

Ces stations ont pour objectif de rendre l'eau potable en la purifiant et en éliminant les impuretés, les micro-organismes et les substances chimiques.

II.2. Les étapes de traitement d'eaux : Elles peuvent inclure plusieurs étapes de traitement :

- **Filtration** : Elle sert à éliminer les particules solides (sable, argile, matières organiques).
- **Coagulation et floculation** : Des produits chimiques sont ajoutés pour agglomérer les particules fines.
- **Décantation** : Les floes formés pendant la coagulation et floculation sont ensuite séparés par décantation.
- **Filtration sur sable ou charbon actif** : Pour éliminer les particules fines et certains polluants dissous.
- **Désinfection** : Par chloration, ozonation ou ultraviolets pour tuer les micro-organismes pathogènes.

Chapitre I : Généralité Sur Les Systèmes Du Traitement D'eaux Avec Système Autonomie

Il existe différentes configurations en fonction de la qualité de l'eau à traiter, des besoins en termes de capacité de production, et des technologies disponibles (par exemple, l'osmose inverse).

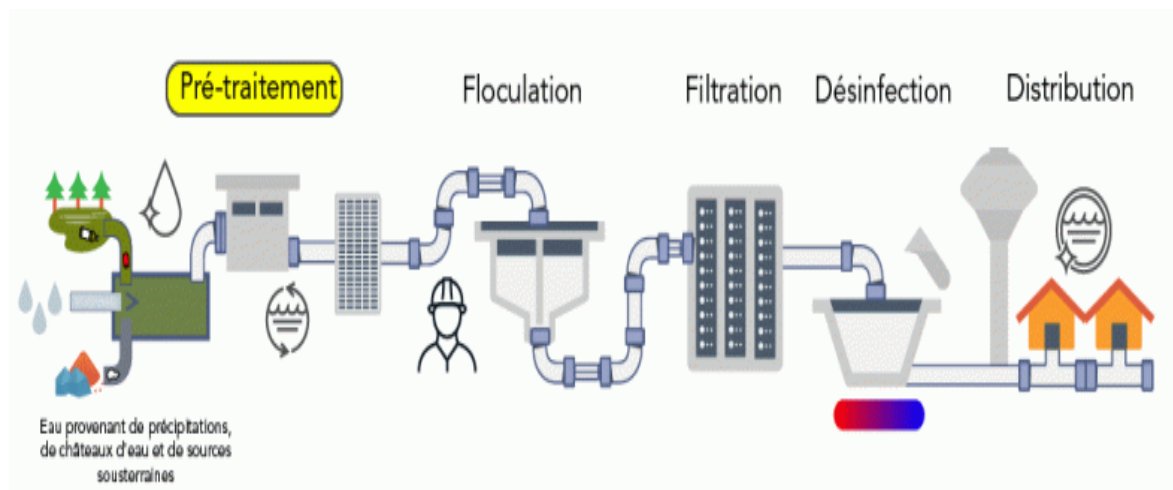


Figure 1 : les étapes de traitement d'eaux

III. Les types de traitement de l'eau :

III.1. Smart-Stations sur le traitement de l'eau :

III.1.1. Définition :

Les Smart-Stations (ou stations intelligentes) désignent des installations de traitement de l'eau intégrant des technologies numériques avancées : capteurs IoT, intelligence artificielle, automatisation, analyse en temps réel, etc. Leur apparition révolutionne le traitement de l'eau, en rendant les processus plus efficaces, durables et réactifs.

III.1.2. Avantages principaux :

- **Surveillance en temps réel** : Les capteurs surveillent la qualité de l'eau (pH, turbidité, contaminants) en continu. Cela permet des ajustements instantanés, limitant les risques de pollution.
- **Optimisation des ressources** : L'IA peut ajuster la consommation d'énergie, de produits chimiques et d'eau elle-même, ce qui réduit les coûts et l'impact environnemental.

Chapitre I : Généralité Sur Les Systèmes Du Traitement D'eaux Avec Système Autonomie

- **Maintenance prédictive** : Grâce à l'analyse de données, les Smart-Stations peuvent détecter les pannes avant qu'elles ne surviennent, évitant des interruptions ou des incidents majeurs.
- **Gestion à distance** : Les opérateurs peuvent surveiller et ajuster les paramètres à distance, ce qui est utile pour les stations isolées.
- **Traçabilité et transparence** : Les données enregistrées permettent une meilleure traçabilité du traitement, utile pour les audits, les réglementations, ou la communication publique.

III.1.3. Les limites ou défis :

- **Coût d'installation initial élevé**
- **Nécessité de compétences techniques** : pour l'entretien et l'exploitation
- **Sécurité des données**

III.2. Station de traitement d'eaux numérique :

III.2.1. Définition et Fonctionnement :

Une station de traitement d'eau numérique est une installation qui utilise des capteurs connectés, des systèmes de contrôle automatisés et des plateformes numériques pour surveiller et optimiser en temps réel les processus de traitement de l'eau. Cela permet une gestion proactive, une maintenance prédictive et une amélioration continue des performances.

III.2.2. Technologies Clé :

- **Efficacité énergétique accrue** : Réduction de la consommation d'énergie grâce à une optimisation des processus.
- **Réduction des coûts opérationnels** : Diminution des dépenses liées à la maintenance et à l'exploitation.
- **Amélioration de la qualité de l'eau** : Surveillance en temps réel permettant une réponse rapide aux variations de qualité.
- **Conformité réglementaire** : Facilitation du respect des normes environnementales et sanitaires.

III.2.3. Défis et Considérations :

- **Investissement initial élevé :** Les coûts d'installation et de formation peuvent être significatifs.
- **Sécurité des données :** Les systèmes numériques sont vulnérables aux cyberattaques, nécessitant des mesures de cybersécurité robustes.
- **Adaptation des compétences :** Nécessité de former le personnel à l'utilisation et à la maintenance des nouvelles technologies.

IV. Station de production d'eau :

IV.1. Fonctionnement d'une station de production d'eau :

- La première étape est appelée captage : Cela consiste à prélever de l'eau, aussi bien dans une rivière, dans des puits d'eaux usées, que dans des eaux de source. Ensuite, les plus gros déchets sont filtrés par dégrillage. [47]
- Une seconde installation : avec des grilles plus rapprochées, permet d'éliminer les plus petits déchets : c'est la technique du tamisage. [47]
- Lors de la décantation : les déchets restants tombent au fond de la cuve et forment des boues de station d'épuration. La dernière filtration relève d'une technique ancienne appelée filtration par le sable : l'eau circule lentement et passe à travers une plaque de sable qui filtre les derniers déchets visibles à l'œil nu. Dès lors, l'eau est dépourvue de matière polluante. Toutefois, certains virus et bactéries ont pu résister à la chaîne de filtration. [47]
- C'est alors qu'intervient l'ozonation : L'ozone est une molécule chimique qui a des qualités de désinfection et d'oxydation. Son utilisation ne permet pas seulement l'élimination des matières organiques et inorganiques restantes, mais aussi des goûts, des odeurs et des micro-polluants (pesticides et sous-produits). Ensuite, une nouvelle filtration est réalisée au charbon actif. Il est utilisé pour ses propriétés ultra-absorbantes (micro-organismes, ammoniac, matières organiques) ainsi que pour améliorer la qualité de l'eau (goût, odeur, couleur). Avant d'envoyer l'eau dans les réseaux de distribution, une chloration à faible dose est réalisée. [47]

IV.2. Le processus de traitement des eaux usées industrielles :

S.T.E.I (Stations de Traitement Des Eaux Industrielles) sont des installations conçues pour traiter et gérer les eaux usées issues des processus industriels. Les processus industriels peuvent produire une grande variété de polluants et de contaminants, notamment des produits chimiques, des métaux lourds, des composés organiques et des matières en suspension. L'objectif principal d'une station d'épuration est d'éliminer ou de réduire ces contaminants dans les eaux usées afin de respecter les réglementations environnementales et de garantir que les eaux usées industrielles traitées peuvent être rejetées ou réutilisées en toute sécurité. [48]

Voici les principaux composants et processus de traitement de l'eau que l'on trouve généralement dans une installation industrielle :

1. Prétraitement :

Dans de nombreux cas, les eaux usées entrantes subissent une phase de prétraitement. Cette étape consiste à éliminer les gros solides, les débris et toutes les matières susceptibles d'endommager ou d'obstruer les équipements en aval. Elle peut également comprendre l'ajustement du pH afin de rendre l'eau apte à subir d'autres processus de traitement. [48]

2. Traitement primaire :

Le traitement primaire consiste à séparer physiquement les solides et les liquides. Cette opération est souvent réalisée dans des bassins de décantation (clarificateurs) où la gravité permet aux solides les plus lourds de se déposer au fond, formant ainsi des boues, tandis que l'eau plus propre est évacuée par le haut. Au cours de cette phase, l'un des principaux processus en action est la filtration. [48]

3. Traitement secondaire :

Le rôle du traitement secondaire est d'éliminer les solides dissous et en suspension, ainsi que les matières biologiques et organiques. Parmi les méthodes courantes de traitement secondaire, on trouve les processus de boues activées, les filtres à ruissellement et les réacteurs discontinus séquentiels. Ces méthodes utilisent des micro-organismes pour décomposer les

Chapitre I : Généralité Sur Les Systèmes Du Traitement D'eaux Avec Système Autonomie

contaminants organiques présents dans l'eau. Dans cette phase, l'un des principaux processus en action est l'aération, également appelé « processus biologique ». [48]

4. Traitement tertiaire :

Le traitement tertiaire est une étape supplémentaire qui permet de polir davantage l'effluent afin d'éliminer les contaminants restants. [48]

5. Traitement avancé :

En fonction des contaminants spécifiques présents, certains flux d'eaux usées industrielles peuvent nécessiter un traitement plus poussé, tel que la filtration sur membrane, l'osmose inverse ou des processus d'oxydation avancés. [48]

6. Traitement et élimination des boues :

Les boues produites au cours du processus de traitement sont généralement épaissies et déshydratées. Les boues qui en résultent peuvent être incinérées, mises en décharge ou, parfois, traitées en vue d'une réutilisation bénéfique. [48]

7. Rejet ou réutilisation des effluents :

Une fois que les eaux usées traitées, l'eau propre (effluent), si elle répond aux exigences réglementaires, peut être rejetée en toute sécurité dans les masses d'eau ou éventuellement réutilisée dans un processus industriel afin de préserver les ressources en eau. [48]

8. Surveillance et contrôle :

Les stations d'épuration industrielles disposent généralement de systèmes de surveillance et de contrôle sophistiqués. Ces derniers permettent de s'assurer que les processus d'épuration fonctionnent efficacement et respectent les normes réglementaires. [48]

9. Conformité aux réglementations :

Chapitre I : Généralité Sur Les Systèmes Du Traitement D'eaux Avec Système Autonomie

Le respect des réglementations environnementales locales, nationales et fédérales est un aspect essentiel du traitement des eaux usées industrielles. Les stations doivent régulièrement prélever des échantillons et tester leurs effluents pour démontrer qu'elles respectent les limites de rejet. [48]

IV.3. Les Différentes Stations De Traitement Des Eaux :

IV.3.1.1 Stations de traitement des eaux de pluie :

Dans certaines régions, il existe des stations spécifiquement conçues pour traiter les eaux pluviales avant leur réutilisation ou leur rejet. Elles permettent de gérer les risques [49] d'inondation et de pollution en filtrant les eaux de pluie qui peuvent contenir des polluants de surface. Ces systèmes incluent souvent [49] :

- **Filtration des particules fines.**
- **Décantation des sédiments.**
- **Désinfection** pour prévenir les risques microbiens.

IV.3.1.2 Étapes du traitement des eaux de pluie :

1. Collecte

- L'eau de pluie est récupérée via des toitures, des chaussées, des parkings, etc.
- Elle est dirigée vers un réseau de canalisations ou de fossés.

2. Prétraitement (dégrillage / déshuileur / décanteur)

- Enlève les plus gros débris (feuilles, plastiques, graviers).
- Séparation des huiles et hydrocarbures (dans les zones urbaines ou industrielles).

3. Traitement primaire / décantation

- Sédimentation des particules fines.

4. Traitement secondaire (filtration ou végétalisation)

- Filtration sur sable, charbon actif ou filtres plantés (biorétention).

5. Traitement tertiaire (si nécessaire)

- Désinfection (UV, chlore) si l'eau est destinée à être réutilisée (arrosage, lavage).

IV.3.1.3 Usages possibles après traitement :

Chapitre I : Généralité Sur Les Systèmes Du Traitement D'eaux Avec Système Autonomie

- Arrosage des espaces verts
- Alimentation des chasses d'eau
- Lavage des voiries ou véhicules
- Réinfiltration dans le sol ou rejet en milieu naturel

IV.3.2.1 Stations de traitement des eaux de mer (désalination) :

L'eau est abondante sur terre, elle représente 1380 millions de km³. L'essentiel toutefois est constitué d'eau de mer (97,2 %) et de glace (2,15 %) inutilisables directement. L'eau douce, facilement disponible (lacs, fleuves, certaines eaux souterraines), ne représente que 0,07 % de la ressource totale soit environ un million de km³. Mais la répartition de cette eau est très inégale.

IV.3.2.2 Caractéristiques des eaux marines et saumâtres :

IV.3.2.2.1 Les eaux marines :

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g.L⁻¹ (27,2 g.L⁻¹ de NaCl, 3,8 g.L⁻¹ de MgCl₂, 1,7 g.L⁻¹ MgSO₄, 1,26 g.L⁻¹ CaSO₄, 0,86 g.L⁻¹ K₂SO₄).

Le pH moyen des eaux de mer varie entre 7,5 et 8,4 : l'eau de mer est un milieu légèrement basique. [49]

IV.3.2.2.2 Les eaux saumâtres :

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le CaCO₃, le CaSO₄, le MgCO₃ et le NaCl. [49]

IV.3.2.3. Les principales technologies de dessalement d'eau :

Chapitre I : Généralité Sur Les Systèmes Du Traitement D'eaux Avec Système Autonomie

Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en deux catégories, selon le principe appliqué [50] :

- Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases : la congélation et la distillation.
- Les procédés utilisant des membranes : l'osmose inverse et l'électrodialyse.

Parmi les procédés précités, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies dont les performances ont été prouvées pour le dessalement d'eau de mer.

IV.3.3.1 Stations de traitement des eaux souterraines : Les eaux souterraines sont les eaux qui se trouvent sous la surface de la terre, dans les sols poreux ou dans les creux des formations rocheuses. Une accumulation d'eau souterraine est considérée comme un **aquifère** lorsqu'elle peut fournir une quantité suffisante d'eau pour la consommation humaine. La profondeur à laquelle se trouvent ces espaces rocheux contenant de l'eau est appelée "**nappe phréatique**".

Les eaux souterraines sont normalement extraites de la surface par des unités de pompage, mais elles peuvent aussi émerger naturellement par des sources et des infiltrations, formant des réservoirs tels que des oasis, des marécages ou des lacs. D'autre part, les eaux souterraines sont également extraites par la construction de puits pour l'agriculture, l'industrie et la consommation humaine.

Les eaux souterraines représentent environ 30 % de toute l'eau douce disponible sur la planète, et leur volume est supérieur à la masse d'eau retenue dans les lacs ou les rivières, mais inférieur à celle accumulée dans les glaciers.

La réutilisation de cette eau, tant comme eau potable que pour un usage industriel ou agricole, nécessite des traitements spécifiques en fonction de chaque aquifère, d'où la nécessité d'une analyse et d'un suivi complets de l'eau, car il existe des variations en fonction de la pluviométrie, de la localisation et du type de terrain. [55]

V.1. Un système photovoltaïque autonome :

V.1.1. Définition :

Chapitre I : Généralité Sur Les Systèmes Du Traitement D'eaux Avec Système Autonomie

Un système photovoltaïque autonome, aussi appelé système hors réseau ou off-grid, est une installation solaire qui fonctionne de manière indépendante du réseau électrique. Il est conçu pour produire, stocker et gérer sa propre électricité, généralement dans des zones isolées ou là où le raccordement au réseau est coûteux ou impossible. [51]

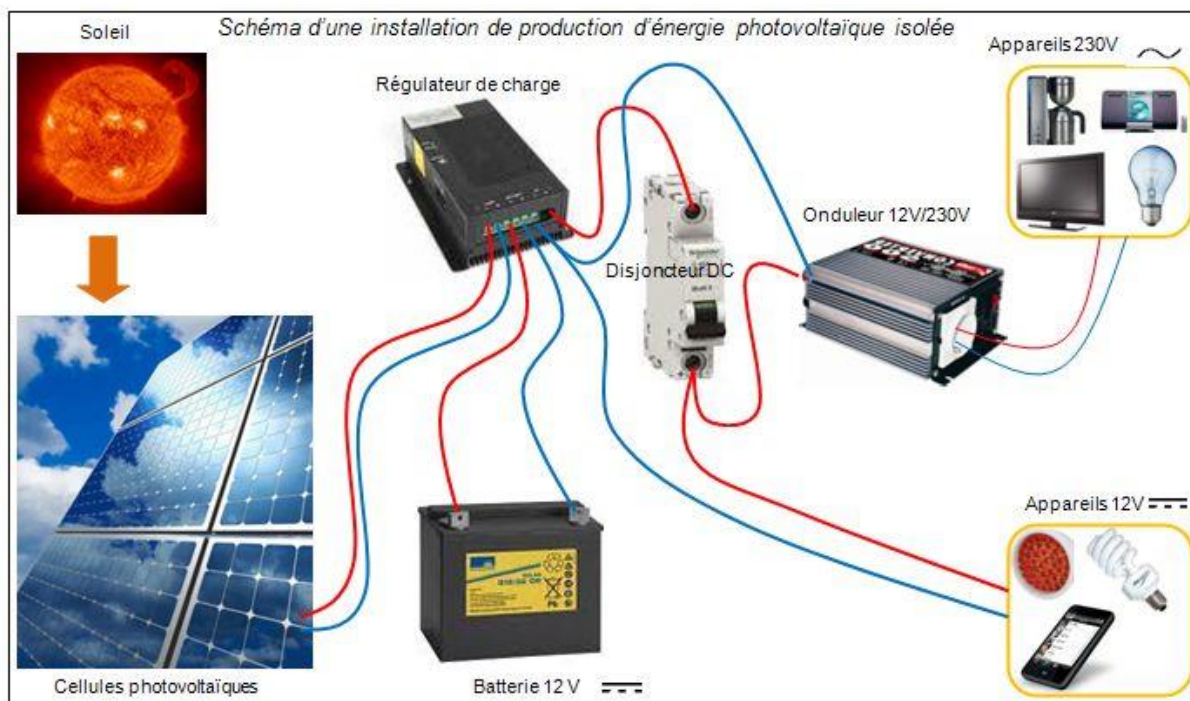


Figure 02 : système photovoltaïque

V.1.2. Composants principaux d'un système photovoltaïque autonome :

- 1. Panneaux solaires (photovoltaïques) :** Captent l'énergie solaire et la convertissent en électricité (courant continu – DC). [52]
- 2. Régulateur de charge (MPPT ou PWM) :** Protège la batterie contre la surcharge ou la décharge profonde. Optimise la charge provenant des panneaux [52]
- 3. Batteries :** Stockent l'énergie produite pour l'utiliser la nuit ou par temps nuageux. Types courants : plomb-acide, gel, AGM, lithium (LiFePO4). [52]
- 4. Onduleur :** Convertit le courant continu (DC) en courant alternatif (AC), pour alimenter des appareils classiques (220V en Europe, par exemple). [52]
- 5. Systèmes de protection et de gestion :** Disjoncteurs, fusibles, boîtes de jonction, parfois des systèmes de monitoring à distance. [52]



Figure 03 : Composants principaux d'un système photovoltaïque autonome

V.1.3. Avantages d'un système autonome :

- Indépendance énergétique.
- Fonctionne dans des zones non raccordées au réseau.
- Réduction de la facture d'électricité (si combiné avec une solution hybride).

V.1.4. Inconvénients / limites :

- Coût initial plus élevé (surtout à cause des batteries).
- Capacité limitée selon la taille du système.
- Nécessite une bonne gestion de l'énergie (éviter les gaspillages).

V.1.5. Exemple d'application :

- Maisons isolées
- Chalets, cabanes
- Sites agricoles ou relais télécoms
- Villages éloignés ou zones rurales

V.2. Principe de fonctionnement d'un système autonome photovoltaïque :

1. Production d'électricité (panneaux solaires) :

Chapitre I : Généralité Sur Les Systèmes Du Traitement D'eaux Avec Système Autonomie

Les panneaux photovoltaïques captent l'énergie solaire et la convertissent en électricité en courant continu (DC) grâce à l'effet photovoltaïque. [53]

2. Régulation de la charge (régulateur) :

L'électricité produite passe par un régulateur de charge (MPPT ou PWM) qui [53] :

- Protège les batteries contre la surcharge ou la décharge excessive.
- Optimise la charge selon l'intensité solaire.

3. Stockage de l'énergie (batteries) :

L'énergie est ensuite stockée dans des batteries pour être utilisée [53] :

- La nuit
- Lors de journées nuageuses
- En cas de forte demande

4. Conversion en courant alternatif (onduleur) :

Quand on veut utiliser cette énergie pour alimenter des appareils électroménagers classiques, l'électricité en courant continu est convertie en courant alternatif (AC) par un onduleur. [53]

5. Utilisation de l'électricité :

L'énergie est directement utilisée pour alimenter [53] :

- L'éclairage
- Les appareils électroménagers
- Les équipements électroniques, etc.

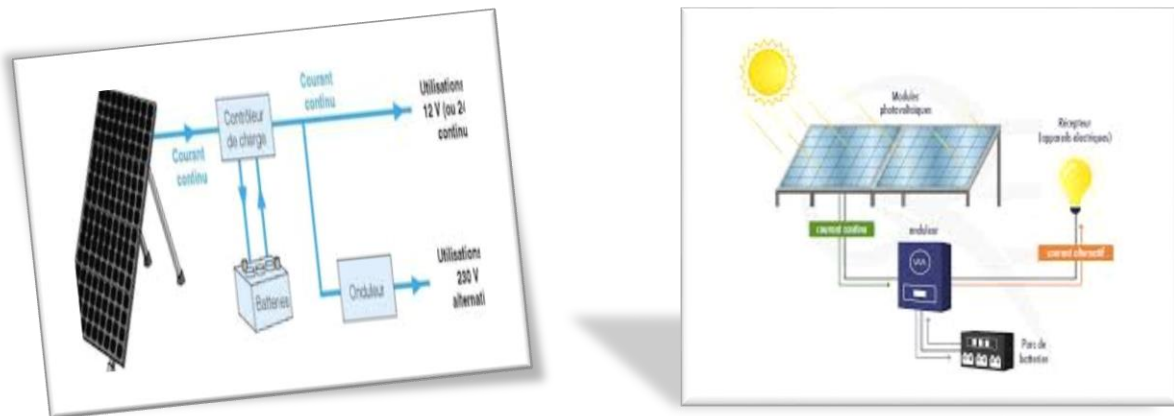


Figure 04 : système photovoltaïque autonome

V.3. Les principaux types de système photovoltaïque autonome existants :

V.3.1. Système autonome simple (DC-DC) :

Sans onduleur : fonctionne uniquement en courant continu (DC). [54]

- **Composants** : panneaux solaires + régulateur de charge + batteries + appareils DC.
- **Usage** : petites installations (lampes LED, pompes DC, téléphones, radios...).
- **Avantage** : peu coûteux, simple à installer.
- **Limite** : ne peut pas alimenter des appareils en courant alternatif (AC).



Figure 05 : Système autonome simple (DC-DC)

V.3.2. Système autonome avec onduleur (DC-AC) :

Produit du courant continu (DC) mais alimente les appareils en courant alternatif (AC) via un onduleur. [54]

- **Composants** : panneaux solaires + régulateur de charge + batteries + onduleur + appareils AC.
- **Usage** : habitations, sites isolés, équipements agricoles, etc.
- **Avantage** : permet d'utiliser des appareils classiques (220V).
- **Limite** : plus coûteux, plus complexe.

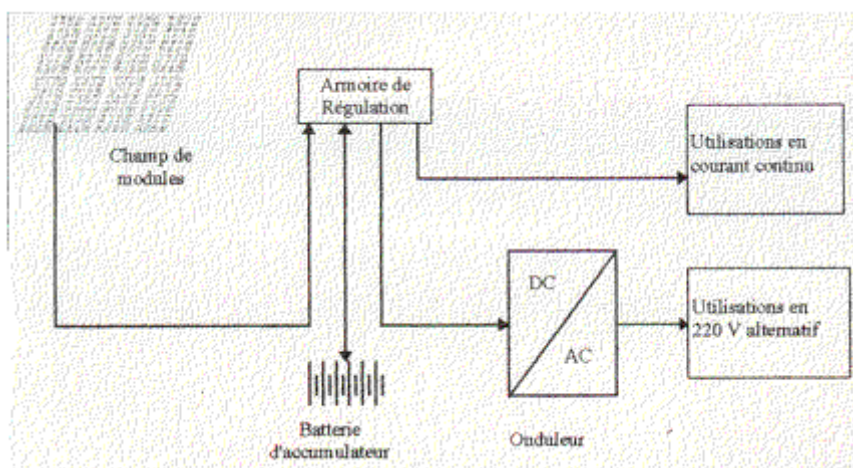


Figure 06 : Système autonome avec onduleur (DC-AC)

V.3.3. Système autonome hybride :

Combine plusieurs sources d'énergie : solaire + générateur diesel ou éolien, parfois même micro-hydraulique. [54]

- **Composants** : panneaux solaires + autres sources (groupe électrogène, éolienne, etc.) + batteries + onduleur + gestion intelligente.
- **Usage** : lieux avec besoins élevés ou conditions météo variables.
- **Avantage** : plus fiable, autonomie renforcée.
- **Limite** : plus coûteux, nécessite un bon dimensionnement.

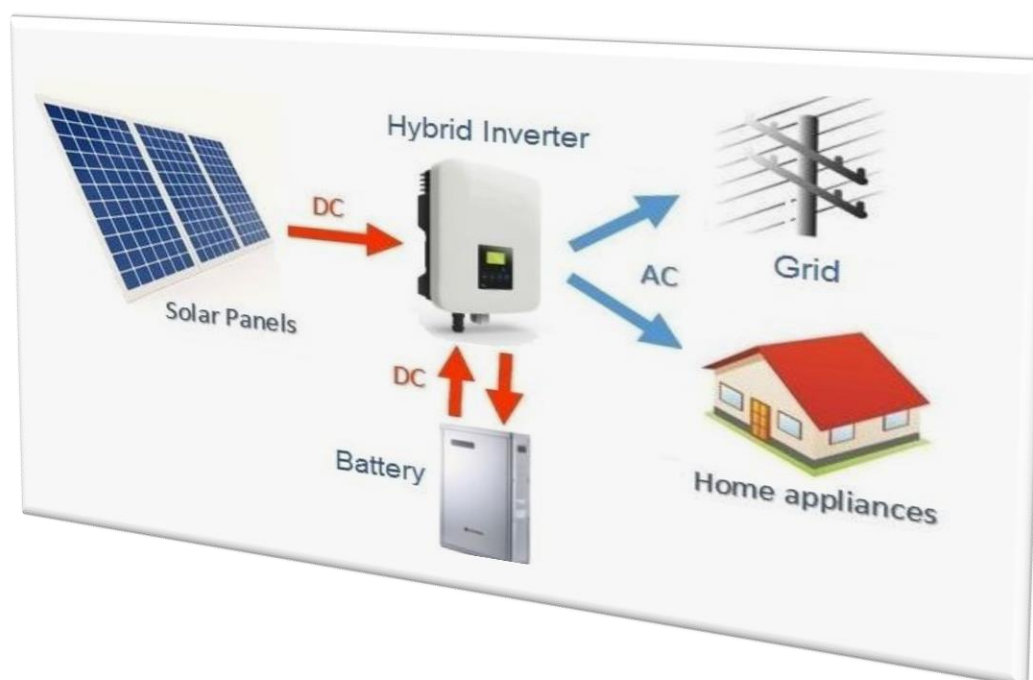


Figure 07 : Système autonome hybride

V.3.4. Système portable ou mobile (plug & play) :

Compact et transportable, souvent utilisé pour le camping, les vans, ou les urgences. [54]

- **Composants** : valise solaire, petite batterie intégrée, sorties USB / 12V / 220V.
- **Usage** : nomade, secours, camping.
- **Avantage** : pratique, facile à utiliser.
- **Limite** : puissance limitée.

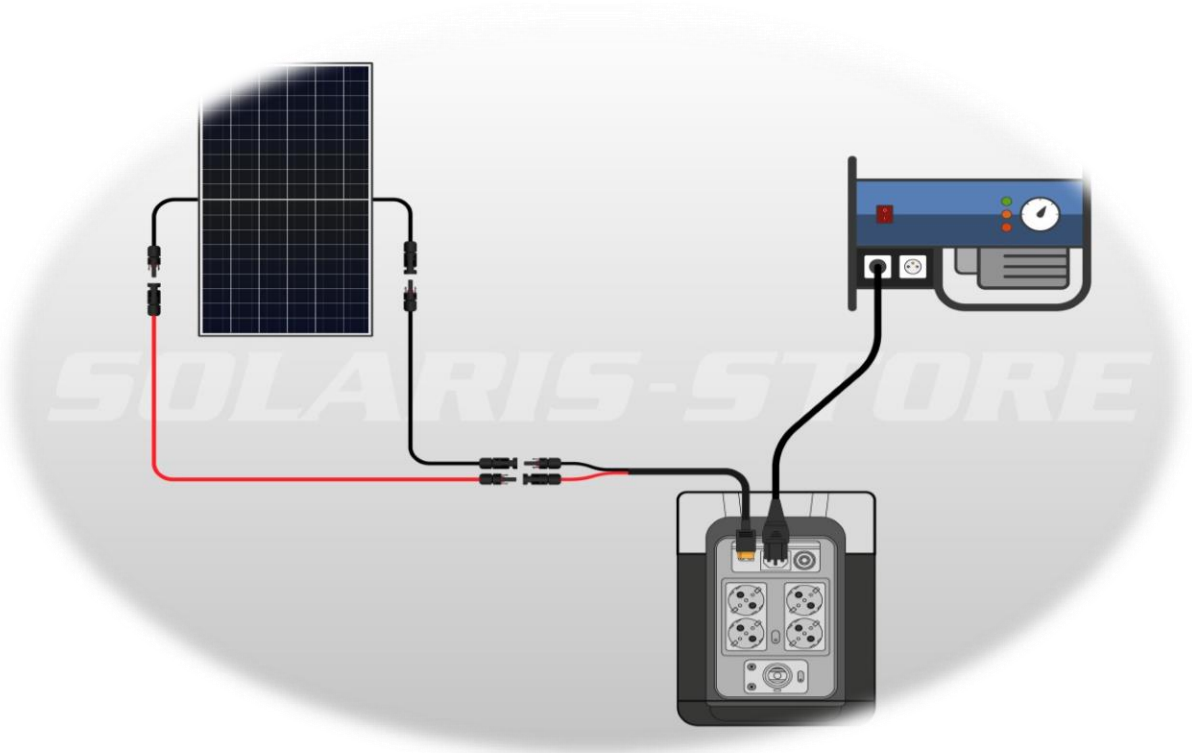


Figure 08 : Système portable ou mobile (plug & play)

VI. Conclusion :

Dans un contexte de croissance démographique et de changement climatique, l'accès à une eau potable de qualité est un enjeu crucial.

Traditionnellement, les stations de traitement utilisent des procédés mécaniques et chimiques, souvent coûteux. Grâce aux progrès de l'électronique et de la programmation, il est désormais possible de concevoir des systèmes automatisés à faible coût avec des microcontrôleurs comme Arduino. Ces dispositifs permettent de simuler une station de traitement d'eau en intégrant des capteurs (pH, turbidité, température...), des pompes et des vannes, afin de gérer en temps réel la qualité de l'eau.

Ce travail montre comment une solution low-cost, basée sur Arduino, peut automatiser certaines étapes du traitement de l'eau et sensibiliser à l'importance d'une gestion durable de cette ressource vitale.

Chapitre II :
Carte Arduino et capteurs utilisés

Introduction

Aujourd'hui, l'électronique traditionnelle laisse de plus en plus place à l'électronique programmée, aussi appelée informatique embarquée ou systèmes embarqués. Cette évolution technologique permet de simplifier les schémas électroniques en réduisant le nombre de composants nécessaires, ce qui contribue à diminuer le coût de fabrication des produits tout en augmentant leur performance et leur compacité.

Dans le cadre de notre projet, nous allons procéder à une étude conceptuelle, une étape essentielle qui permet de définir les choix techniques adaptés et de préparer au mieux l'implantation du système. L'objectif est de concevoir un système de contrôle intelligent des paramètres d'une station de traitement d'eaux intelligente, tout en assurant un suivi efficace des processus de traitement. Pour ce faire, il est crucial de sélectionner une solution technologique adéquate et répondant aux besoins concrets des opérateurs.

Ce chapitre présente donc la carte Arduino Uno, et ESP 32 qui sera au cœur de notre application. Nous allons détailler les différentes composantes de cette carte, notamment son microcontrôleur, ainsi que les capteurs qui y seront associés pour mesurer les paramètres d'eaux.

I.1. Présentation du projet :

L'objectif de ce projet est de concevoir une station de traitement des eaux connectée, autonome et intelligente, pilotée par une carte Arduino Uno. Cette station a pour mission d'assurer le suivi et le traitement de la qualité de l'eau à travers différentes étapes automatisées. Elle intègre un système capable de détecter en temps réel les paramètres essentiels tels que le pH, la température, la turbidité, ou encore la présence de certains polluants. Le système est conçu pour fonctionner de manière autonome,

I.2. Choix de la solution technologique :

Le contrôle des paramètres de qualité de l'eau dans une station de traitement nécessite l'utilisation de capteurs spécifiques, capables de mesurer des variables clés telles que le pH, la turbidité, la température ou encore la présence de contaminants. Les données relevées par ces capteurs doivent être traitées par une carte de commande, en l'occurrence une Arduino Uno,

qui interprète les informations et transmet les ordres nécessaires aux différents actionneurs (pompes, vannes, dispositifs de filtration ou de dosage chimique).

Pour choisir la solution technologique la plus adaptée, nous commencerons par l'étude de la partie commande, qui constitue le cœur de pilotage du système. Ensuite, nous aborderons la partie alimentation, essentielle pour garantir l'autonomie énergétique de la station. Par la suite, nous traiterons la partie actionneurs, responsable de la mise en œuvre physique du traitement de l'eau.

I.3. Définition du module Arduino Uno :

I.3.1. L'Arduino :

L'Arduino Uno est une carte électronique programmable qui fait partie de la famille des microcontrôleurs Arduino. Très populaire dans le monde de l'électronique embarquée et des projets DIY (Do It Yourself), elle est particulièrement adaptée aux applications de prototypage rapide, notamment dans le domaine des systèmes autonomes. [24]

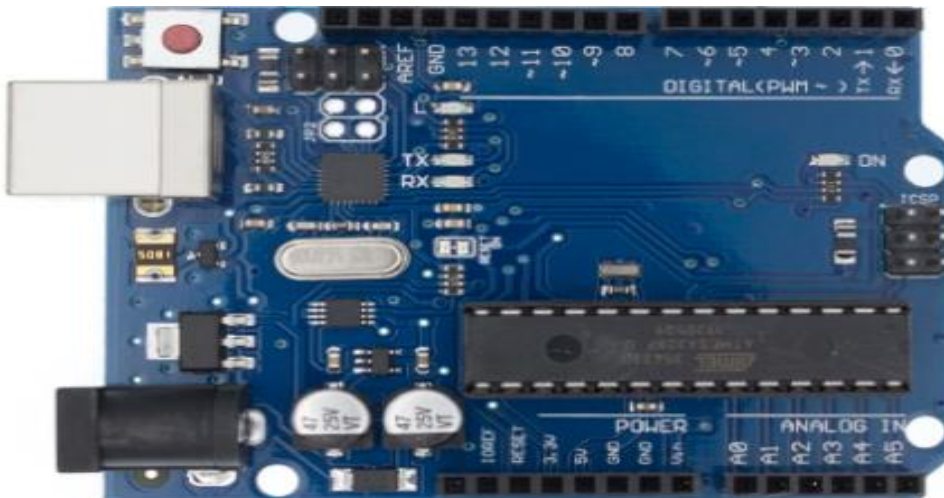


Figure 09 : Arduino Uno

I.3.2. Caractéristique de la carte Arduino Uno :

L'Arduino Uno est l'une des cartes les plus populaires de la famille Arduino, utilisée principalement pour des projets de prototypage et d'apprentissage en électronique. Voici les principales caractéristiques de cette carte :

1. Microcontrôleur :

- **ATmega328P** : Ce microcontrôleur 8 bits est la pièce maîtresse de l'Arduino Uno, offrant une gestion des entrées et sorties (I/O) et des capacités de traitement pour des applications de base.

2. Mémoire :

- **Mémoire Flash** : 32 Ko, dont 0,5 Ko utilisés par le bootloader.
- **SRAM** : 2 Ko de mémoire vive.
- **EEPROM** : 1 Ko pour le stockage de données non volatiles.

3. Alimentation :

- La carte peut être alimentée par USB (5 V) ou par une source externe (7-12 V via le connecteur d'alimentation ou le pin Vin). Un régulateur de tension intégré fournit 5 V pour alimenter la carte.
- Consommation : La consommation d'énergie est relativement faible, ce qui permet une utilisation dans des applications alimentées par batterie ou énergies renouvelables.

4. Entrées/Sorties (E/S) :

- 14 broches numériques (dont 6 peuvent être utilisées pour la modulation de largeur d'impulsion, PWM).
- 6 entrées analogiques (de 0 à 5 V, avec une résolution de 10 bits).
- 1 port série (USART) pour la communication avec des périphériques externes (ex. : GPS, Bluetooth).
- Broches de communication : SPI, I2C, UART.

5. Dimensions et Forme :

- Dimensions : 68,6 mm x 53,4 mm.
- Poids : 25 g.
- Un format standard qui facilite son intégration dans des projets ou des boîtiers.

I.3.3. Constituants d'une carte Arduino Uno :

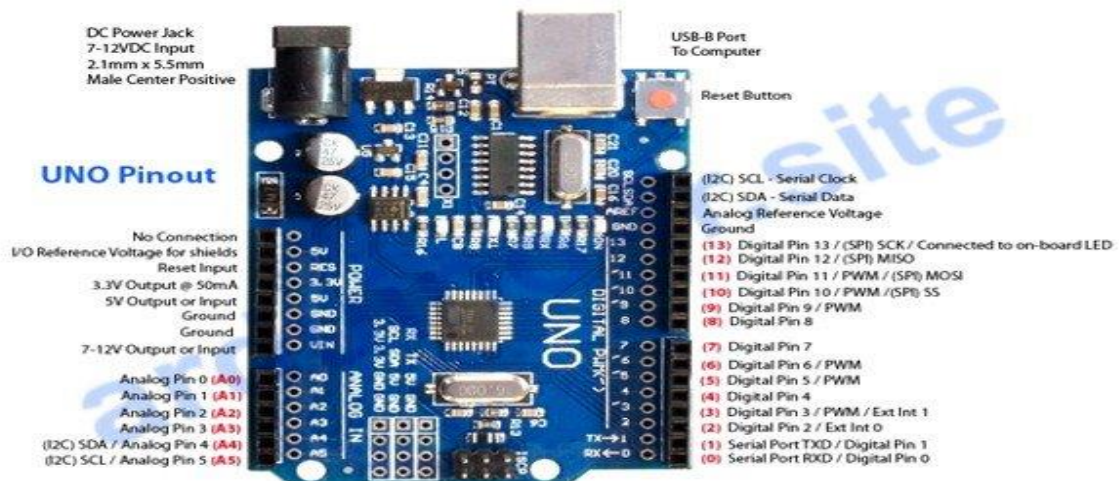


Figure 10 : la Constituant de la carte Arduino Uno

1. Connectivité :

- La carte ne dispose pas de connectivité Wi-Fi ou Bluetooth intégrée (ce qui est une différence avec des cartes comme l'ESP32), mais elle peut être connectée à des modules externes pour ces fonctionnalités.

2. Ports USB :

- Le port USB-B permet à la carte de se connecter à un ordinateur pour la programmation et la communication série. Il permet également de l'alimenter en énergie lorsqu'aucune autre source externe n'est utilisée.

3. Broche Reset :

- Permet de réinitialiser la carte Arduino à tout moment, pour redémarrer le programme en cours d'exécution.

4. Indicateurs LED :

- **LED d'alimentation** (indique si la carte est sous tension).
- **LED de communication série (TX/RX)** pour visualiser l'envoi et la réception de données.
- écrans LCD, des cartes SD, des modules radio ou des capteurs numériques via le protocole SPI.

5. Interface I2C (Inter-Integrated Circuit) :

- L'Arduino Uno prend en charge le protocole I2C via les broches SCL (Serial Clock Line) et SDA (Serial Data Line). Ce protocole permet de connecter plusieurs périphériques à un même bus, avec un nombre réduit de câbles, ce qui est utile pour des capteurs multiples ou des dispositifs d'affichage.

I.4. Objectifs et description du système à réaliser :

I.4.1 Définition du module ESP32 :

I.4. 2. L'ESP32 :

C'est une série de microcontrôleurs de type système sur une puce(Soc) d'Expressif Système, basé sur l'architecture Xtensa LX6 de Tensica (en), intégrant la gestion du Wi-Fi et du Bluetooth (jusqu'à LE 5.0 et 5.11) en mode double, et un DSP, il a rencontré un certain succès depuis quelques années à la fois pour son coût, ses capacités et son intégration (**Figure 10**).

Il a été développé par la société Expressif (une société chinoise situé à Shanghai) dédiée à l'internet des objets (IOT). [25]

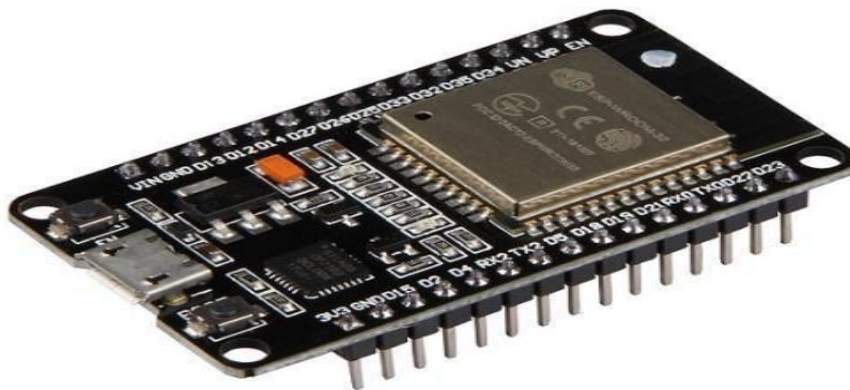


Figure 11 : ESP32 30 PIN

I.3.1.1. Caractéristique de la carte ESP32 :

- **Processeurs** : CPU (Xtensa double-cœur, microprocesseur LX 2 bit), coprocesseur ultra basse consommation (ULO).

- **Wifi** : Fréquence de 2.4 GHz, vitesse de transmission jusqu'à 150Mbits/s, et une norme de 802.11b/g/n.
- **Bluetooth**: BLE (Bluetooth Low Energy), Bluetooth classique.
- **Architecture**: CPU 2bits.
- **RAM**: 512KO.
- **ROM** : 448 448KB.
- **Mémoire Flash**: 4Mo.
- **Pins** : 30 Pins.
- **Périphériques** : Tactile capacitive , ADC, DAC, L2C, UART, Can2.0, Spi, L2S, RMII, PWM.
- **Dimension** : 48*26*11.5mm.
- **Température** : -40°C à 125°C.

I.3.1.2. Constituants d'une carte ESP32 :

Les parties qui constituent de la carte ESP32 sont représentées à la (Figure 12) :

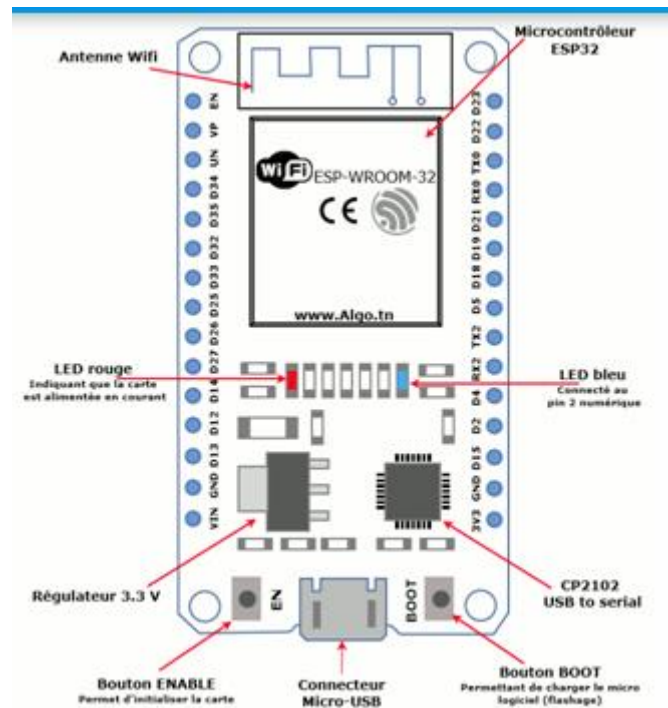


Figure 12 : composants de la carte ESP32

Antenne Wifi : antenne 2.4Ghz.

- LED rouge qui indique que la carte est sous tension.
- LED bleu connecté au pin 2 et elle est programmable par l'utilisateur.
- Régulateur 3.3v est utilisé pour avoir une tension de 3.3volts.
- Bouton ENABLE/Reset permet de réinitialiser la carte ESP32.
- Connecteur Micro-USB qui permet de programmer et d'alimenter La carte ESP 32 avec 5 volts.
- Bouton BOOT est utilisé lors du téléchargement du nouveau programme.
- CP2102 Pont USB-UART qui permet la communication entre l'ordinateur et la carte ESP32.
- Microcontrôleur (la puce ESP-WORM-32).

I.3.1.3. Les périphériques de la carte ESP 32 :

- 18 canaux de convertisseur analogique-numérique(ADC).
- 03 interfaces SPI.

- 02 interfaces I2C.
- 16 canaux de sortie PWM.
- 02 canaux numérique-analogique (DAC).
- 02 interfaces I2S.
- 10 GPIO à détection capacitive.

I.3.1.4. Les pins de la carte ESP 32 :

L'image ci-dessous (**Figure 13**) illustre le brochage de L'ESP 32

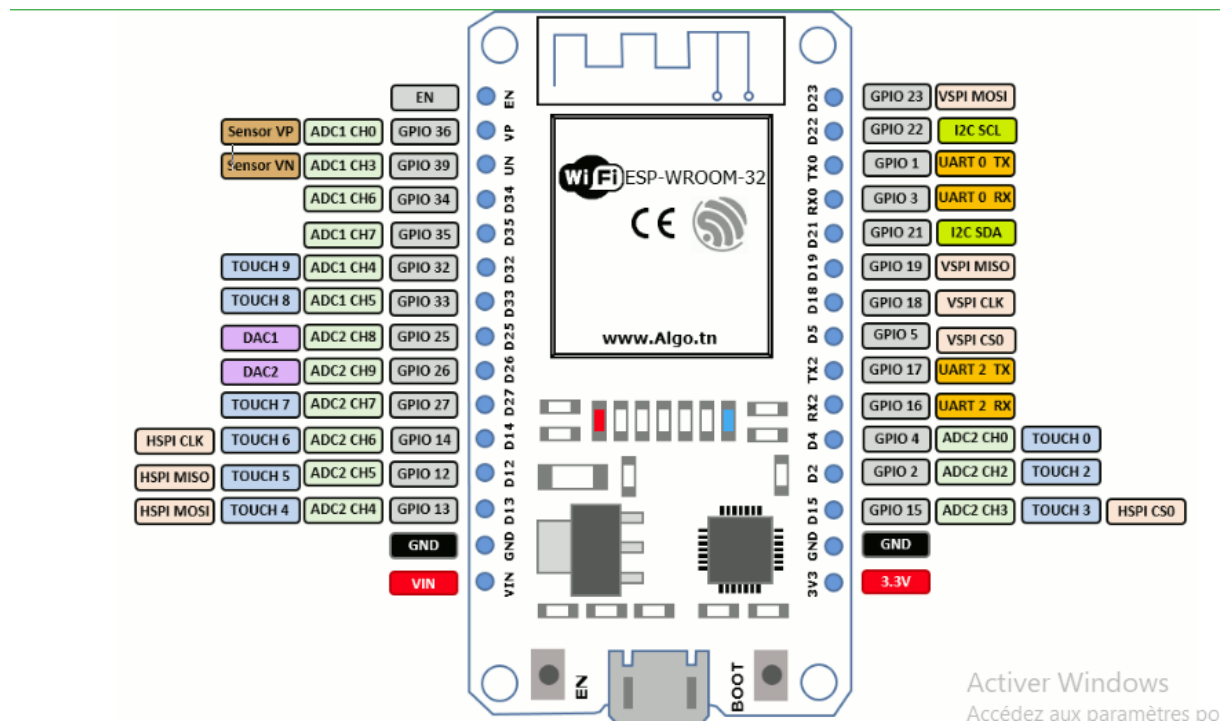


Figure 13 : Les pins de l'ESP 32

- **VIN** : La pines fonctionne entre 4,5et 12 volts.
- **Pin 3.3V** : c'est la sortie du régulateur de tension intégré. Cette broche peut être utilisée pour alimenter des composants externes.
- **GND** : est une broche de masse.
- **Enable (EN)** : est utilisée pour redémarrer la carte esp32, vous pouvez utiliser un bouton poussoir pour connecter EN à GND.
- **GPIO** : la carte esp 32 possède 25 broches GPIO qui peuvent avoir plusieurs fonctions différentes choisies par programmation. Chacune des broches numériques de la carte peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique.

[17]

II. Les capteurs et les actionneurs :

II.1. Définition et structure d'un capteur :

Un capteur est un dispositif transformant une grandeur physique à une autre grandeur utilisable, tel qu'une tension électrique ou une intensité de courant (**Figure 14**).

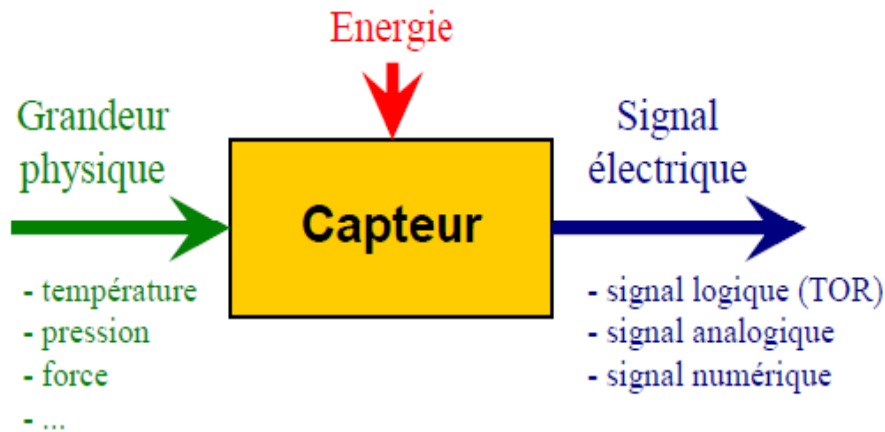


Figure 14 : fonctionnement général d'un capteur

Ce dernier est souvent le premier dispositif de la chaîne d'acquisition, il s'agit d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable.

La structure d'un capteur peut être représenté comme suit (**Figure 15**) :

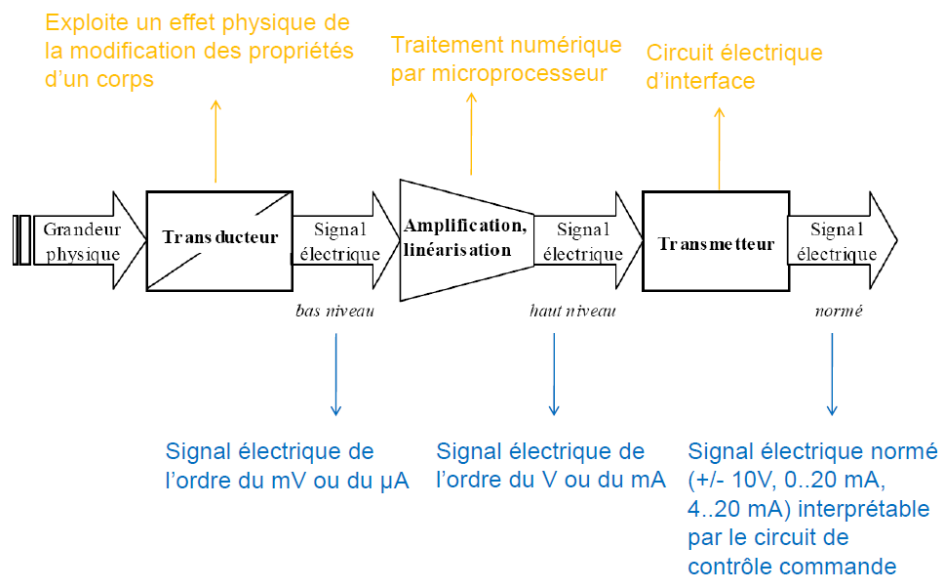


Figure 15 : structure d'un capteur

II.2. Capteurs utilisés dans la station intelligente :

II.2.1. Capteur de température et d'humidité de l'air DHT11 :

II.2.1.1. Définition :

DHT11 est un capteur de température et d'humidité de l'air « deux en un », il fournit une information numérique proportionnelle à la température et l'humidité mesurée. Il est constitué d'un capteur de température à base de thermistances CTN, d'un capteur d'humidité résistif et un microcontrôleur qui s'occupe de faire les mesures, de les convertir et de les transmettre (**Figure 16**). [26]

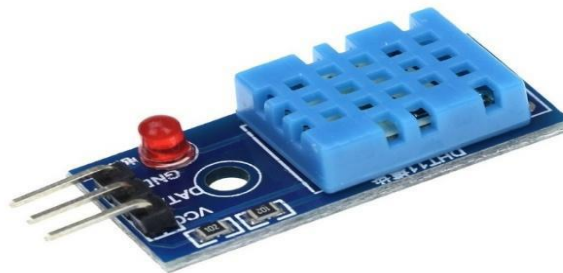


Figure 16 : Capteur de température et d'humidité de l'air (DHT11)

II.2.1.2. Caractéristiques techniques du DHT11 :

- Alimentation : 5V.
- Consommation : 0.5 mA en nominal / 2.5 mA maximum.
- Etendue de la mesure de température : 0°C à 50°C avec une précision de $\pm 2^\circ\text{C}$.
- Etendue de la mesure de l'humidité : 20% à 90% avec une précision de $\pm 5\%$.
- Période de mesure : 2s.
- Dimensions : 12x15.5x5.5m.

II.2.2. Capteur de flamme :

II.2.2.1. Définition :

Le capteur de flamme peut être utilisé pour détecter une source d'incendie ou d'autres sources lumineuses. Il est basé sur le capteur YG1006 qui est un phototransistor au silicium NPN à haute vitesse et très sensible. En raison de son époxy noir, le capteur est sensible au rayonnement infrarouge (**Figure 17**). [27]



Figure 17 : Capteur de flamme

II.2.2.2. Caractéristiques :

- Tension : de 4.75 à 5.3 V DC.
- Courant : 20 mA.
- Gamme de bande passante : de 760 à 1100 nm.
- Portée de détection : 0 ~ 1 mètre.
- Temps de réponse : 15 μ S.

II.2.3. Capteur de lumière (photorésistance) :

II.2.3.1. Définition :

La photorésistance également connue sous le nom cellule photoconductrice est un composant passif qui présente une variation de la résistance en fonction du flux de lumière reçu à sa surface (**Figure 18**). [28]

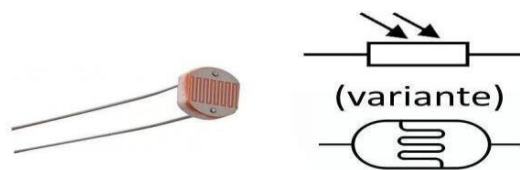


Figure 18 : Capteur de lumière (photorésistance)

II.2.3.2. Caractéristiques :

- Diamètre : 12mm.
- Nombre de broches : 2.
- Résistance à l'obscurité : max. 20M Ω .

- Pic spectral : 560nm.
- Résistance à la lumière (1 lux) : 10 – 20 k Ω .
- Tension maximale : 250V DC.
- Puissance maximale : 0.2W.
- Température de fonctionnement : -30°C à 70°C.
- Temps de réponse (μ S) : 20 (montée), 30 (bas).

II.2.4. Capteur de position a ultrason :

II.2.4.1. Description et fonctionnement :

Le capteur à ultrasons HC-SR04 est un dispositif électrique qui génère ou détecte de l'énergie ultrasonore. Il est composé de 02 transducteurs ultrasons, l'un agit comme émetteur, qui convertit le signal électrique en une impulsion sonores ultrasonique (40KHz), l'autre agit comme récepteur d'impulsion transmise qui à son tour produit une impulsion de sortie.

Lorsqu'une impulsion élevée de 10 μ S est appliquée à la broche de TRIGGER du capteur, qui émet une série de 08 impulsions à 40 KHz (inaudible pour l'homme). Ces impulsions ultrasonores se propagent dans l'air loin de l'émetteur jusqu'à ce qu'elles en touchent un obstacle et retourne dans l'autre sens vers le capteur qui détecte l'écho et clôture la prise de mesure (**Figure 19**). [29]



Figure 19 : Capteur de position a ultrason

II.2.4.2. Caractéristiques :

- Gammes de distance : 2cm à 400 cm
- Alimentation : 5V.
- Résolution : 3mm.
- Fréquence d'utilisation : 40Hz.

- Angle de mesure : $<15^\circ$.
- Dimension : $45 \times 20 \times 15$ mm.
- Signal d'entrée de déclenchement : Impulsion TTL $10 \mu\text{s}$.

II.2.5. Radio Frequency Identification (RFID) :

II.2.5.1. Définition :

La RFID est la technologie qui fonctionne sur la fréquence radio et elle est utilisée pour l'auto identification des différents objets. Le système RFID se compose principalement de deux parties.

- 1) Lecteur ou interrogateur RFID.
- 2) Étiquettes RFID.

Le lecteur RFID envoie en continu des ondes radio d'une fréquence particulière. Si l'objet sur lequel cette étiquette RFID est attachée se trouve dans la portée de ces ondes radio, il renvoie le retour à ce lecteur RFID. Et sur la base de ce retour, le lecteur RFID identifie l'objet (**Figure 20**). [30]



Figure 20: Radio Frequency Identification (RFID)

II.2.5.2. Caractéristiques :

- Basé sur le circuit MFRC522.
- Fréquence de fonctionnement : 13,56 MHz.
- Tension d'alimentation : 3.3V.
- Courant : 13-26mA.
- Portée de lecture : Environ 3 cm avec la carte et le porte-clés fournis.
- Interface de communication : SPI.
- Taux de transfert de données maximum : 10 Mbit / s.

- Dimensions : 60mm × 39mm.

II.2.6. capteur de ph :

II.2.6.1. Definition:

Un capteur de pH est un dispositif utilisé pour mesurer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution liquide.

Il fonctionne en détectant la concentration d'ions hydrogène (H^+) présents dans le liquide, ce qui permet de déterminer sa valeur de pH sur une échelle de 0 (très acide) à 14 (très basique).

Le capteur est généralement constitué d'une électrode de verre sensible aux ions H^+ et d'une électrode de référence, ensemble appelés sonde pH. [31]



Figure 21: capteur ph

II.2.6.2. Caractéristiques :

- **Plage de mesure** : pH 0 à pH 14 ;
- **Précision** : $\pm 0,1$ pH (variable selon le modèle) ;
- **Température de fonctionnement** : 0 °C à 60 °C (certains modèles vont plus haut) ;
- **Tension d'alimentation** : généralement 3,3V ou 5V (pour les modules électroniques) ;
- **Type de sortie** : signal analogique (tension proportionnelle au pH) ou numérique selon le modèle ;
- **Temps de réponse** : rapide (quelques secondes pour atteindre 90 % de la valeur réelle) ;
- **Calibration** : nécessite une calibration régulière avec des solutions tampons (ex : pH 4.0, pH 7.0, pH 10.0) ;

- **Matériau de la sonde** : verre spécial sensible aux ions hydrogène ;
- **Durée de vie de la sonde** : environ 1 à 2 ans (selon utilisation et entretien) ;
- **Dimensions** : varient selon les modèles (par exemple sonde de 12 mm de diamètre pour 150 mm de longueur).

II.2.7. capteur D'empreinte :

II.2.7.1. Definition:

La capture d'empreinte digitale est un procédé qui permet d'acquérir l'image des empreintes présentes sur un doigt humain afin de les analyser et de les utiliser pour l'identification ou l'authentification d'une personne.

Un capteur d'empreintes digitales détecte les motifs uniques formés par les crêtes et les vallées de la peau, et convertit ces informations en données numériques exploitables.

Il existe plusieurs technologies pour la capture d'empreintes : optique, capacitive, thermique et ultrasonique, chacune ayant ses propres avantages en termes de précision, vitesse et robustesse. [32]



Figure 22: capteur d'empreinte digitale

II.2.7.2. Caractéristiques :

- **Type de capteur** : optique, capacitif ou ultrasonique (selon la technologie utilisée) ;
- **Résolution d'image** : généralement entre 300 et 500 dpi (dots per inch) ;
- **Zone de capture** : par exemple 15 mm × 18 mm (variable selon le modèle) ;
- **Tension d'alimentation** : 3,3 V ou 5 V ;

- **Courant de fonctionnement** : environ 50-150 mA ;
- **Interface de communication** : UART (série), SPI ou USB selon le capteur ;
- **Temps de reconnaissance** : inférieur à 1 seconde ;
- **Capacité de stockage** : jusqu'à plusieurs centaines d'empreintes pour les modèles avec mémoire interne ;
- **Taux de faux rejets (FRR)** : généralement $< 1\%$;
- **Taux de fausse acceptation (FAR)** : très faible, souvent $< 0,001\%$;
- **Dimensions physiques** : compactes pour une intégration facile (ex. 54 mm \times 20 mm \times 20 mm).

II.2.8. Capteur température d'eau :

II.2.8.1. Définition:

Le capteur de la température de l'eau :

consiste à mesurer la température d'un milieu aquatique à l'aide de capteurs spécifiques.

Cette mesure est essentielle pour de nombreuses applications comme la surveillance environnementale, l'aquaculture, les processus industriels et les systèmes de traitement de l'eau.

Les capteurs de température d'eau :

utilisent généralement des sondes thermométriques (comme des thermistances, des capteurs RTD ou des capteurs numériques) conçues pour résister à l'humidité et à l'immersion prolongée.

La température de l'eau est un paramètre clé, car elle influence directement la qualité chimique, biologique et physique des milieux aquatiques. [3]



Figure 23: capteur de la température de l'eau

II.2.8.2. Caractéristiques :

- **Plage de mesure** : généralement de -10 °C à +85 °C (variable selon le capteur) ;
- **Précision** : $\pm 0,5$ °C ou meilleure selon le modèle ;
- **Type de capteur** : thermistance (NTC/PTC), sonde RTD (Pt100, Pt1000) ou capteur numérique (comme DS18B20) ;
- **Temps de réponse** : rapide, typiquement quelques secondes dans l'eau ;
- **Tension d'alimentation** : 3,3 V ou 5 V (selon le capteur) ;
- **Type de sortie** : analogique ou numérique (1-Wire, I2C, SPI selon les modèles) ;
- **Matériau de la sonde** : acier inoxydable, étanche pour résister à l'immersion prolongée ;
- **Étanchéité** : certification IP68 pour les sondes immergées ;
- **Dimensions** : souvent cylindriques, longueur de sonde entre 50 mm et 100 mm.

II.2.9. Panneaux solaire :

II.2.9.1. Définition:

Un panneau solaire est un dispositif destiné à capter l'énergie lumineuse émise par le soleil et à la convertir en énergie électrique ou thermique.

Dans le cas des panneaux photovoltaïques, ils utilisent des cellules solaires en silicium pour transformer directement la lumière du soleil en électricité par effet photovoltaïque.

Les panneaux solaires sont largement utilisés pour alimenter des équipements autonomes, réduire la consommation d'énergies fossiles et produire de l'électricité dans des installations domestiques, industrielles ou agricoles.

Ils jouent un rôle clé dans la transition énergétique vers des sources d'énergie renouvelables. (Figure 23). [34]



Figure 24: panneau solaire

II.2.9.2. Les types des panneaux solaires :

Il existe plusieurs types de panneaux solaires, chacun ayant des caractéristiques spécifiques qui les rendent adaptés à différents types d'applications. Les principaux types sont :

a) **Panneaux solaires photovoltaïques (PV) :**

Ce sont les plus courants et sont utilisés pour convertir la lumière du soleil en électricité grâce à l'effet photovoltaïque. Ils sont fabriqués à partir de cellules en silicium. Les sous-catégories comprennent :

- **Monocristallins** : fabriqués à partir de silicium de haute pureté, ils sont plus efficaces et durent plus longtemps, mais coûtent généralement plus cher. [35]
- **Polycristallins** : fabriqués à partir de silicium fondu, ils sont moins chers mais ont une efficacité légèrement inférieure à celle des panneaux monocristallins. [35]
- **Panneaux à couches minces** : fabriqués en déposant des couches de matériaux semi-conducteurs sur des substrats comme le verre, le métal ou le plastique, ils sont flexibles et légers, mais généralement moins efficaces. [35]

b) **Panneaux solaires thermiques :**

Ces panneaux captent l'énergie thermique du soleil pour chauffer l'eau ou l'air. Ils sont principalement utilisés pour les systèmes de chauffage de l'eau domestique ou les applications industrielles. Ils peuvent être à :

- **Tube sous vide** : plus efficaces, ils utilisent un tube hermétiquement scellé qui contient un fluide de transfert thermique.

Plaques plates : plus simples et moins chers, ces panneaux utilisent un échangeur de chaleur pour chauffer l'eau.

c) Panneaux solaires hybrides (photovoltaïques et thermiques) :

Ces panneaux combinent les deux technologies en un seul système. Ils produisent à la fois de l'électricité et de la chaleur, ce qui les rend plus efficaces en termes d'utilisation de l'énergie solaire.

II.2.9.3. Caractéristiques [36]:

Tableau 1: Les caractéristiques de tous les types des panneaux solaire

Caractéristique	Panneaux Solaires Monocristallins	Panneaux Solaires Polycristallins	Panneaux à Couches Minces	Panneaux Solaires Tubes Sous Vide	Panneaux Solaires Plaques Plates	Panneaux Solaires Hybrides
Efficacité	18 % à 22 %	15 % à 18 %	10 % à 13 %	N/A	40 % à 70 % (dépend du type d'application)	Combinaison de l'efficacité PV et thermique
Durée de vie	25 à 30 ans	20 à 25 ans	15 à 20 ans	10 à 15 ans	10 à 15 ans	20 à 25 ans
Coût	Plus élevé	Moins cher	Moins cher	Modéré	Moins cher	Plus élevé (technologie combinée)
Performance en faible luminosité	Très bonne	Bonne	Modérée	Excellente	Bonne	Excellente
Aspect visuel	Noir uniforme, esthétique	Bleu clair	Flexible, peut être intégré dans des matériaux	Tubes transparents, souvent visible	Plaques noires ou argentées	Combiné (panneau et tube ou plaque)
Température de fonctionnement	Moins sensible à la température	Sensible à la température	Sensible à la température	Excellente performance dans des environnements	Sensible à la température	Moins sensible grâce à la combinaison

				chauds		
Taille et poids	Compacts et légers	Un peu plus grands et plus lourds	Légers et flexibles	Légers, peuvent être plus longs	Légers, assez grands	Variable, souvent plus grand
Garantie de performance	25 ans (80 % de performance après 25 ans)	25 ans (80 % de performance après 25 ans)	10 à 15 ans	10 à 12 ans	10 à 15 ans	20 à 25 ans
Applications principales	Résidentiel, industriel, petites surfaces	Zones avec moins d'espace, résidentiel	Applications flexibles, intégration architecturale	Chauffage de l'eau (domestique et industriel)	Chauffage de l'eau, applications domestiques	Chauffage et production d'électricité

II.3. La relation capteurs et actionneurs :

Les actionneurs et capteurs communiquent via un 'bus' : les capteurs placent l'information sur le bus et transmettent ainsi leurs instructions aux actionneur. Le principe est très simple. Un capteur transmet un signal, une alarme ou une instruction au système domotique. La programmation détermine quel actionneur doit entrer en action. Le système transmet automatiquement l'instruction à l'acteur qui fait le nécessaire sur la base.

II.4. Les pré-actionneurs :

Les pré-actionneurs sont chargés d'alimenter les actionneurs en énergie de puissance en fonction des consignes opérative reçues de la partie commande. Le pré actionneur peut être un distributeur (chaîne d'action pneumatique) ou un contacteur électromagnétique (chaîne d'action électrique).

II.5.1. Le relai électrique :

La carte relais est un commutateur électrique, qui permet de commander un second circuit utilisant, généralement, une tension et un courant bien supérieur à ce qu'un dispositif électronique pourrait accepter comme la Raspberry. En gros, c'est un interrupteur qui se ferme, quand on lui place un certain courant ou une certaine tension sur sa patte de commande (**Figure 29**). [37]



Figure 25 : Relai électrique

Le relais se compose de deux parties, une partie commande à gauche et composée d'une broche d'alimentation de 5V pour le relais lui-même, une masse et une broche de commande pour faire basculer l'état. De l'autre côté, à droite on trouve la partie basse tension qui se compose de trois fiches :

- NC : signifie « normalement fermer ». Cela veut dire que lorsque le relais n'a pas de signal d'entrée (0 sur la broche de commande), le circuit haute tension connecté sera actif. Si on câble comme cela il faut envoyer du courant à la partie commande pour faire basculer le relais.
- NO : signifie « normalement ouvert ». Cela veut dire qu'à contrario, une valeur de 5V appliqué au relais (1 sur la broche de commande) coupera le circuit haute tension et inversement.
- COM : la masse.

II.6. Les actionneurs :

Dans une machine, un actionneur est un outil qui transforme l'énergie qui lui est fournie en un phénomène physique qui fournit du travail et modifie le comportement ou l'état d'un système. Dans les définitions de l'automatisme, l'actionneur appartient à la partie opérative.

II.6.1.1. Description et fonctionnement (buzzer) :

Le buzzer actif génère un son quand il reçoit une tension continue, on le différencie du buzzer passif qui fonctionne avec une tension alternative, dont la fréquence est comprise entre 500Hz à 5Khz. Dans notre projet on va utiliser le buzzer actif (**Figure 30**). [38]



Figure 26 : Un piézo-électrique (buzzer).

II.6.1.2. Caractéristiques techniques :

- Dimensions : diamètre 12 mm, hauteur 9mm.
- Type de sonnerie : continue.
- Tension d'alimentation : 2V – 4V.
- 02 broches : positive et négative
- Matériaux : plastique, métal

II.6.2.1. La pompe de remplissage :

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide, il existe plusieurs pompes adaptées à chaque besoin, le choix d'une pompe s'effectue toujours selon son usage et la détermination des paramètres de performances. [39]

Nous avons utilisé une mini-pompe submersible, alimentée par une source de tension 9v et contrôlée par un relais (**Figure 27**).



Figure 27 : Pompe remplissage utilisée.

II.6.2.2. Caractéristique techniques :

- Une alimentation 3 à 5V.
- Une consommation de courant : 100 à 200mA.
- Un débit : 10 à 120 L/H.

II.6.3.1. Le servomoteur :

Les servomoteurs sont pilotés par un signal PWM et alimentés par deux fils. Habituellement, ces fils sont rassemblés dans une prise au format standard (**Figure 28**). Pour le projet, nous avons utilisé le servomoteur SG90, qui va servir à ouvrir et fermer les fenêtres. [40]



Figure 28 : Servomoteur.

II.6.3.2. Description et fonctionnement :

Le servomoteur se pilote par l'intermédiaire d'un câble à trois fils. Ce câble permet à la fois de l'alimenter et de lui transmettre des consignes de position par fil de signal. Contrairement à un moteur CC simple, qui peut être piloté par variations de tension, le servomoteur réagit en fonction d'une impulsion de durée variable. C'est la durée de ce signal qui détermine la rotation de l'axe de position de l'objet fixé dessus, l'impulsion détermine la position en absolu et non relatif (une durée précise correspond à une position de l'axe, toujours la même)

II.6.3.3. Caractéristiques techniques :

- Poids : 55g,
- Dimensions : 40.7 * 19.7 * 42.9 mm environ,
- Couple de décrochage : 4.8V, 6V,
- Vitesse de fonctionnement : 0.2 s/60° (4.8 V), 0.16 s/60° (6 V),
- Tension de fonctionnement : 4.8 V à 7.2 V,
- Largeur de bande morte : 5 µs,
- Plage de température : 0 °C – 55 °C.
- Moteur à courant continu
- Des engrenages pour former un réducteur (en plastique ou métal).
- Un capteur de position de l'angle d'orientation de l'axe.
- Une carte électronique pour le contrôle de la position de l'axe de pilotage du moteur à courant continu.

II.6.4. Les leds :

Une diode électroluminescente (abrégé en LED, de l'anglais : light-emitting diode), est un dispositif optoélectronique, capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique (**Figure 33**). [41]

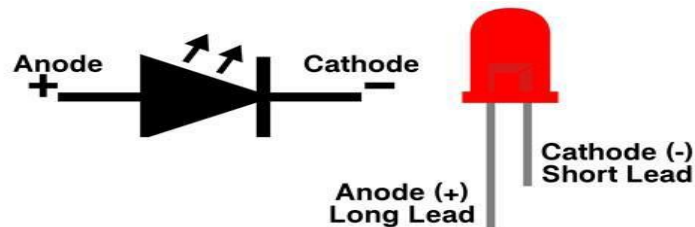


Figure 29 : Une Led.

Nous avons utilisé un ensemble de LEDs qui font office d'éclairage dans la station de traitement de l'eau.

C'est un indice pour les systèmes de sécurité 0

II.6.5.1. L'extracteur :

Dans la réalisation de notre prototype, nous avons utilisé un ventilateur 12V [42]

II.6.5.2. Description et fonctionnement :

C'est un dispositif qui permet de renouveler, de brasser l'air dans un lieu fermé et de rafraichir l'atmosphère d'un lieu.

Dans notre réalisation, le ventilateur s'active pour simuler le fonctionnement d'un climatiseur en cas de dépassement d'une température seuil par exemple dans notre cas c'est (25°). Mais aussi dans le cas de détection de gaz et fumée, un ventilateur est activé pour évacuer la fumée (**Figure 44**).



Figure 30 : Extracteur

II.6.5.3. Caractéristiques techniques :

- Tension d'alimentation : DC 12v.
- 2 broches [vcc (+5V) masse] Modèle : SDF8025M12S.
- Dimension : 80×80×25mm.

II.6.6. La plaque chauffante électrique :

II.6.6.1. Définition:

Une plaque chauffante électrique est un dispositif de chauffage utilisant l'électricité pour produire de la chaleur. Elle est généralement constituée d'un élément chauffant (souvent en métal ou en céramique) qui chauffe lorsqu'il est alimenté par un courant électrique.

La chaleur générée est ensuite transférée à une surface ou à un objet placé sur la plaque. Les plaques chauffantes électriques sont couramment utilisées dans des applications domestiques (cuisine, chauffe-plats) et industrielles (chauffage de fluides, tests de température). [43]



Figure 31 : plaque chauffante

II.6.6.2. Les Caractéristiques :

Tableau 2: Les caractéristiques et les types des plaques chauffants

Caractéristique	Détail
Puissance	Généralement entre 100 W et 3000 W selon le modèle
Surface de chauffe	Variable (de 10 cm ² à 50 cm ² ou plus, selon l'application)
Type de chauffe	Résistif (élément chauffant métallique) ou céramique
Température maximale	Jusqu'à 500 °C, en fonction du modèle

Plage de température	50 °C à 500 °C (pour les modèles les plus puissants)
Alimentation	220 V, 230 V (courant alternatif), parfois 12 V pour des applications spécifiques
Contrôle de température	Par thermostat réglable, contrôle électronique ou manuel
Dimensions	Varie selon l'application (par exemple 20 cm x 20 cm pour un usage domestique)
Matériaux	Aluminium, acier inoxydable, céramique, ou enrobé de verre pour une meilleure répartition de la chaleur
Sécurité	Protection contre la surchauffe, protection IP (étanchéité) pour certains modèles
Applications principales	Chauffage de liquides, cuisine (chauffe-plats, bouilloires), recherche scientifique, tests industriels
Temps de chauffe	Généralement rapide, entre quelques secondes et quelques minutes selon la puissance

II.6.7. Régulateur MPPT :

II.6.7.1. Définition:

Un régulateur MPPT (Maximum Power Point Tracking) est un dispositif électronique utilisé dans les systèmes photovoltaïques pour optimiser l'efficacité de la conversion d'énergie.

Il a pour fonction de suivre en temps réel le point de puissance maximale du panneau solaire, où l'ampérage et la tension sont optimisés pour produire la quantité maximale d'énergie possible. En ajustant constamment la résistance du système, le régulateur MPPT s'assure que le système solaire fonctionne toujours à son rendement optimal, même lorsque les conditions d'ensoleillement et de température varient. [44]



Figure 32 : Régulateur MPPT

II.6.7.2. Les Caractéristiques :

Tableau 3: Les caractéristiques de régulateur MPPT

Caractéristique	Détail
Plage de tension d'entrée	Généralement de 10 V à 150 V (selon le modèle)
Plage de tension de sortie	Typiquement 12 V, 24 V ou 48 V selon la configuration du système
Plage de courant de charge	De 5 A à 80 A ou plus, selon la capacité du régulateur
Efficacité de conversion	95 % à 99 %, en fonction de la qualité et du modèle
Tension d'entrée maximale	100 V à 150 V pour des systèmes de panneaux photovoltaïques
Plage de température de fonctionnement	-20 °C à 60 °C (selon le modèle et la marque)
Type de régulation	Suivi du point de puissance maximale (MPPT)
Protection contre les surcharges	Protection contre la surchauffe, surcharge et court-circuit
Affichage	Écran LCD ou LED pour afficher la performance du système
Communication	Certains modèles offrent une connectivité Bluetooth, USB ou RS485 pour la surveillance à distance

Compatible avec	Batteries plomb-acide, lithium, gel, AGM, etc.
Efficacité de suivi MPPT	Suivi dynamique du point de puissance maximum à chaque instant
Applications principales	Systèmes photovoltaïques domestiques, industriels, systèmes autonomes, etc.
Protection contre inversions de polarité	Oui, pour protéger le système contre les erreurs de câblage

Chapitre III :
Réalisation pratique

I.1. Introduction

Afin d'assurer le bon fonctionnement de notre station de traitement des eaux, il est essentiel d'adopter une approche rigoureuse et méthodique. Négliger certains aspects clés du projet pourrait compromettre son efficacité et ses performances. Ce chapitre vise à présenter les différentes étapes suivies pour concevoir et réaliser ce projet, depuis l'assemblage du système jusqu'à la mise en service de sa version finale.

Nous commencerons par décrire le processus d'assemblage du modèle de la station. Ensuite, le code source du système sera présenté afin d'expliquer les choix technologiques ainsi que les différentes phases de développement et de programmation. Enfin, nous illustrerons les interfaces du système en détaillant leur rôle et leur fonctionnement.

Dans le contexte actuel de gestion durable des ressources, les stations de traitement des eaux doivent être capables de fonctionner de manière autonome. Cela implique l'intégration de capteurs, d'actionneurs et d'un système de contrôle intelligent permettant d'assurer le traitement efficace de l'eau tout en minimisant l'intervention humaine. Ce projet s'inscrit donc dans une démarche d'automatisation et d'optimisation des processus liés à la gestion de l'eau.

I.2. Présentation du système

Le système proposé a pour objectif de contrôler plusieurs paramètres essentiels liés au traitement et à la qualité de l'eau, tels que la température, le niveau, le débit et la turbidité. Ces variables sont déterminantes pour garantir le bon fonctionnement de la station ainsi que la conformité de l'eau traitée aux normes sanitaires. En se basant sur un ensemble de spécifications techniques, notre mission est de développer une solution complète, fiable et autonome.

Le cahier des charges de ce projet peut être résumé comme suit :

- ✓ La station doit permettre un traitement automatique de l'eau (filtration, décantation, désinfection, etc.).

- ✓ La station doit permettre une régulation automatique de la température et des débits en fonction des besoins.

✓ Le système doit pouvoir s'adapter à différentes sources d'eau (eaux de puits, eaux de pluie, eaux usées domestiques) tout au long de l'année.

✓ Le tout doit être supervisé par une interface centrale, avec un système de monitoring en temps réel et un mode de fonctionnement autonome en cas de coupure réseau ou d'absence de personnel.

Ce système vise donc à automatiser les processus clés du traitement de l'eau, tout en garantissant une efficacité énergétique, une maintenance réduite, et une haute qualité de l'eau produite.

I.3. Objectif du projet :

Ce projet a pour objectif la création d'une station de traitement des eaux intelligente et autonome, capable de surveiller et de contrôler en temps réel les paramètres essentiels du traitement de l'eau. L'ambition est d'optimiser l'utilisation des ressources, d'améliorer la qualité de l'eau traitée et de garantir un fonctionnement efficace sans intervention humaine constante.

Pour aboutir à la réalisation expérimentale, trois grandes étapes ont été nécessaires :

I.3.1. Conception du système électronique :

Cette première étape comprend plusieurs sous-parties :

- L'étude et la sélection des structures fonctionnelles (ou blocs) composant le système, en cohérence avec les objectifs fixés et les moyens disponibles.
- Le choix et la présentation des composants électroniques nécessaires à chaque bloc, en fonction de leurs caractéristiques techniques et de leur adéquation avec l'architecture globale.

I.3.2. Réalisation pratique :

Dans cette phase, deux aspects sont abordés :

- La présentation détaillée des étapes de montage physique et de mise en œuvre du système.
- L'assemblage des différents composants selon le schéma de câblage défini lors de la conception.

I.3.3. Développement d'une application Android :

Cette dernière étape concerne l'interface utilisateur mobile :

- Conception de l'interface graphique de l'application Android permettant le suivi et le contrôle à distance de la station.
- Programmation orientée objet de l'application, assurant la communication avec les capteurs et les actionneurs du système.

Ce projet s'inscrit pleinement dans la logique de transition écologique et de gestion intelligente des ressources hydriques, en intégrant des technologies embarquées et une supervision mobile.

I.4. Description du système :

Le système se compose de 3 pic ATmega328P programme par arduino uno et carte esp32 :

I.4.1. Le première pic (carte une) :

La première carte Arduino, l'Arduino Uno, est utilisée dans les stations de traitement d'eau pour renforcer la sécurité. Elle pilote des servomoteurs qui ouvrent ou ferment les portes de la station, selon les signaux reçus de capteurs comme le capteur d'empreinte digitale, le capteur RFID ou un bouton-poussoir, assurant ainsi un contrôle d'accès fiable et automatisé

I.4.1.1.1. Schéma synoptique branchement de capteur d'empreinte :

Le capteur d'empreinte est relié à l'alimentation (Vcc et GND) et envoie son signal de sortie vers le circuit de commande.

Selon le résultat de la reconnaissance, la sortie active une LED verte ou rouge et éventuellement un buzzer.

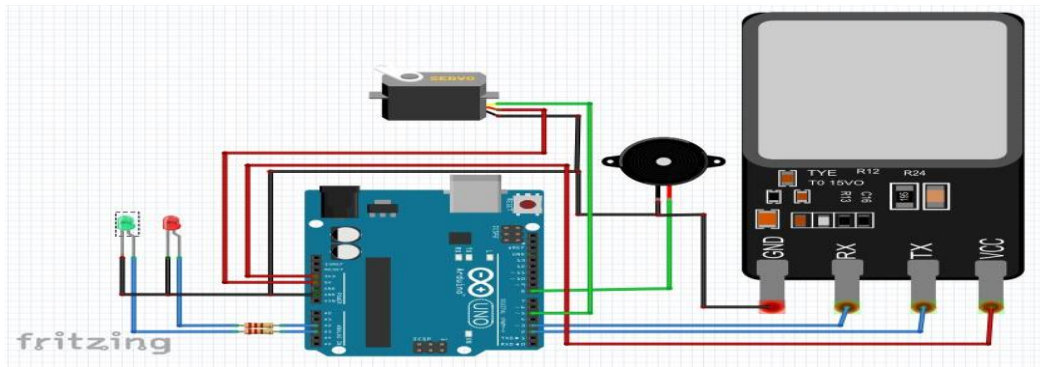
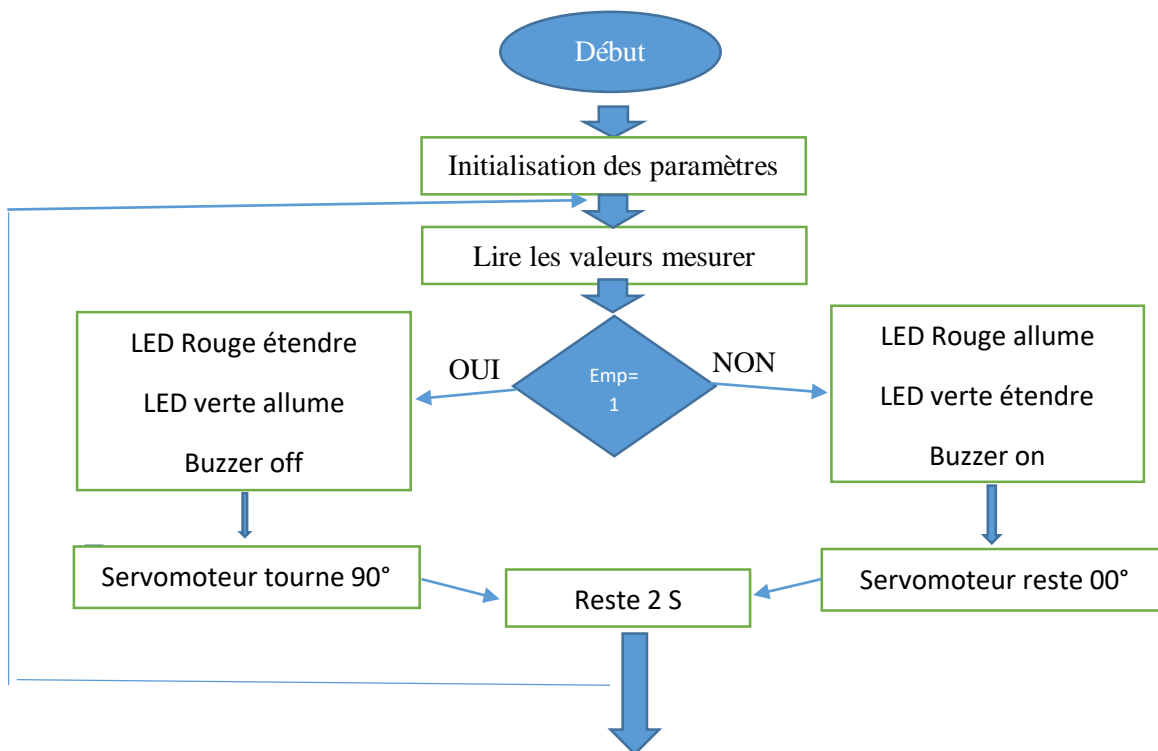


Figure 33 : Branchement de capteur d’empreinte.

I.4.1.1.2 Organigramme de capteur d’empreinte :

Le capteur d’empreinte lit le doigt et compare avec les données enregistrées : si l’empreinte est reconnue, la LED verte s’allume et le buzzer peut confirmer. Si l’empreinte est refusée, la LED rouge s’allume et le buzzer émet un signal d’alerte.



I.4.1.2.1. Schéma synoptique De branchement de capteur RFD : Le capteur RFD est alimenté en +Vcc et GND, sa sortie commande l'allumage des deux LEDs (verte pour autorisation, rouge pour refus) et l'activation du buzzer.

Toutes les masses (GND) sont communes, et chaque LED passe par une résistance de protection.

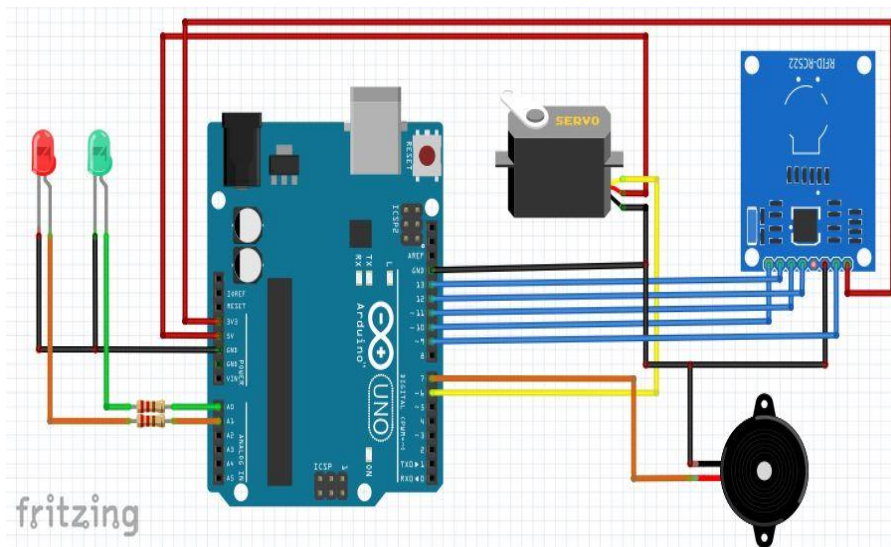
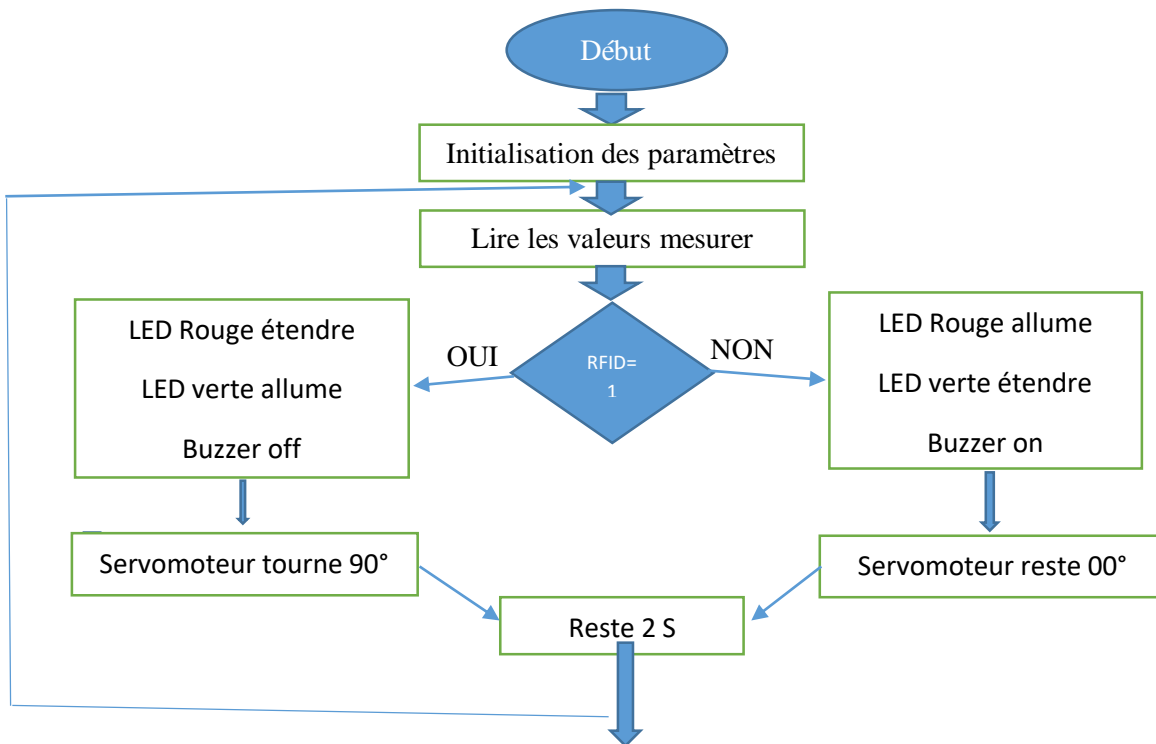


Figure 34 : Branchement de capteur RFD.

I.4.1.2.2 Organigramme de capteur RFID :

Le capteur RFID lit la carte et la compare avec celles autorisées : si la carte est valide, la LED verte s'allume et le buzzer peut confirmer.

Si la carte est invalide, la LED rouge s'allume et le buzzer émet un signal d'alerte.



I.4.1.3.1. Schéma synoptique de branchement de bouton poussoir avec

servomoteur : Le bouton poussoir envoie un signal de commande lorsqu'il est pressé.

Ce signal est transmis au servomoteur qui change de position en conséquence.

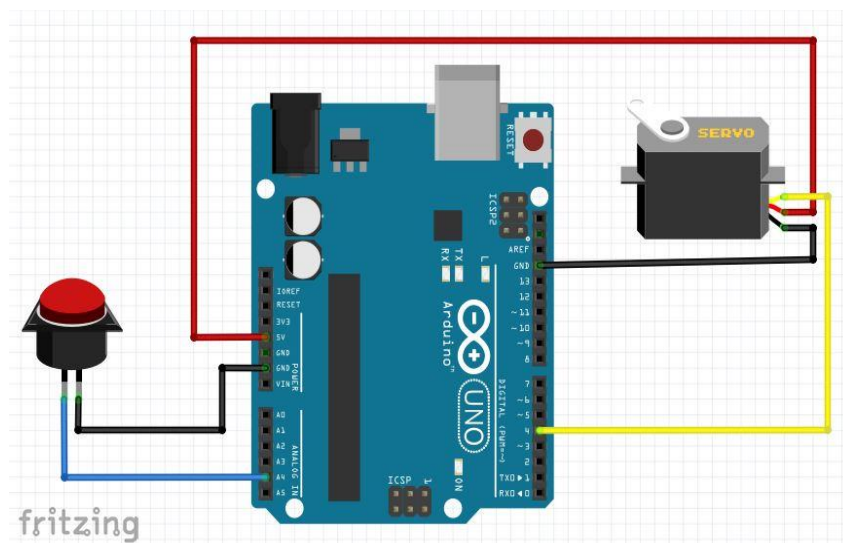
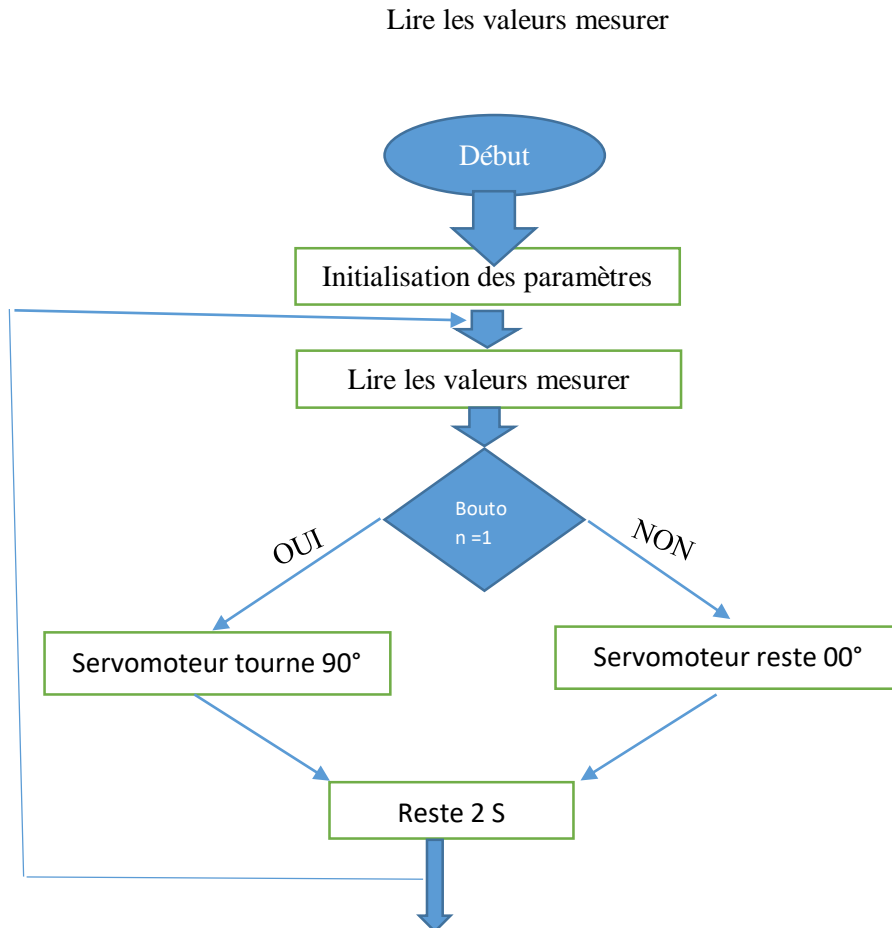


Figure 35 : Branchement de bouton poussoir avec servomoteur.

I.4.1.3.2 Organigramme de bouton poussoir avec servomoteur :

Au premier appui sur le bouton poussoir, le servomoteur s'active pour ouvrir.
 Au deuxième appui, le servomoteur s'active dans l'autre sens pour fermer.



I.4.1.2. Branchement globale de la première carte :

Schéma global de branchement du contrôle d'accès à la station de traitement des eaux

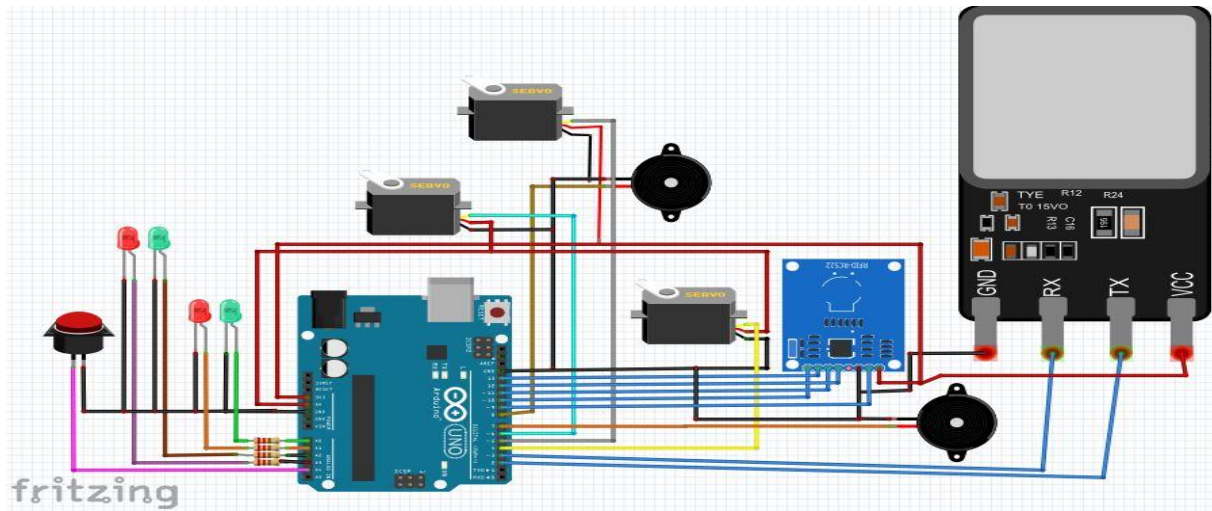


Figure 36 : Branchement de branchement globale de la première carte

I.4.2. Le deuxième pic (carte deux) :

La deuxième carte de traitement d'eau commence par activer une pompe de remplissage, contrôlée par un capteur à ultrasons qui surveille le niveau du réservoir. Lorsque celui-ci est plein, la pompe est désactivée. Ensuite, un capteur de pH analyse la qualité de l'eau. Si le pH est inférieur à 7, la pompe de base et le mélangeur s'activent pendant 2 secondes chacun, jusqu'à atteindre un pH neutre. Si le pH est supérieur à 7, c'est la pompe d'acide qui prend le relais selon le même cycle. Une fois que le pH atteint 7, la pompe d'évacuation est enclenchée pour vider le réservoir. Pour assurer la sécurité, un capteur de flamme est utilisé : en cas de détection de feu, une LED rouge s'allume, un buzzer se déclenche et un ventilateur, contrôlé automatiquement, se met en marche pour limiter les risques. Le capteur DHT11 mesure également la température et l'humidité, permettant une surveillance continue de l'environnement du système.

I.4.2.1.1. Schéma synoptique de branchement de capteur de flamme :

Le capteur de flamme est branché à l'alimentation et sa sortie commande les dispositifs d'alerte. Lorsque du feu est détecté, la LED rouge s'allume et le buzzer émet un signal sonore.

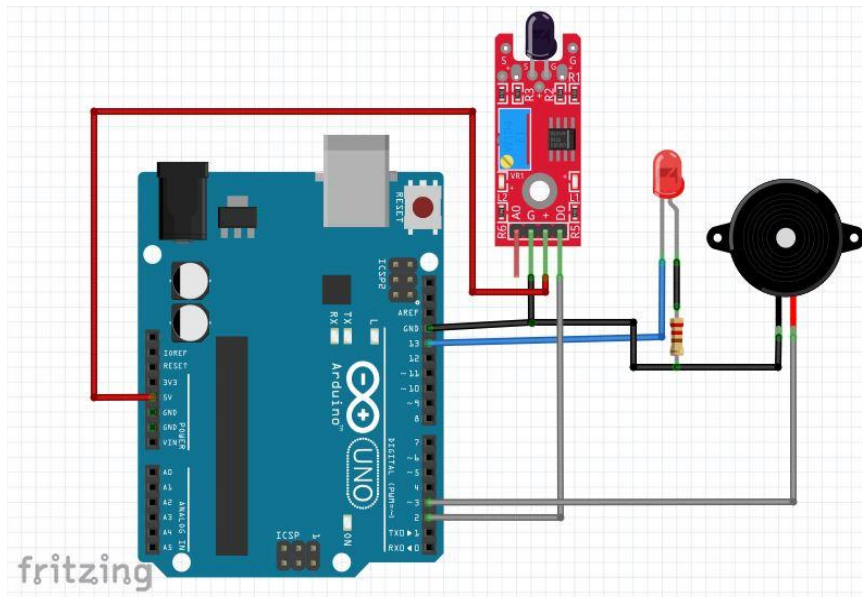
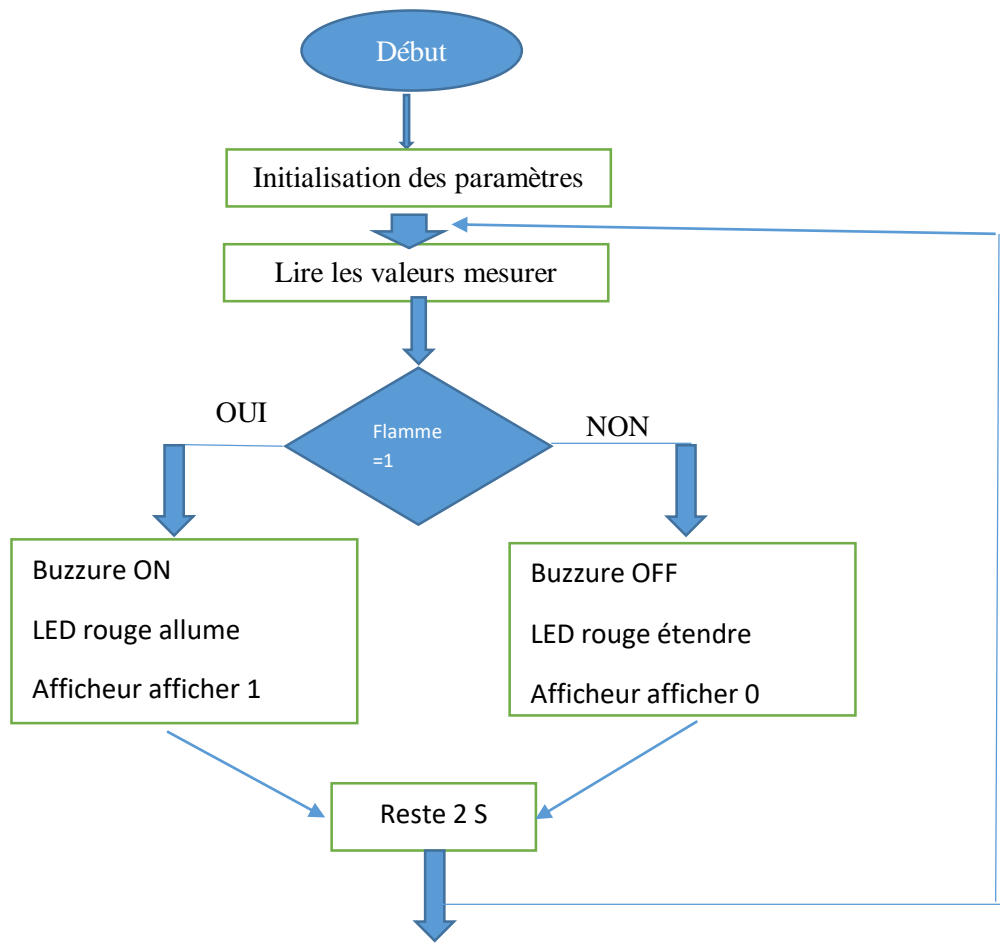


Figure 37 : Branchement De Capteur de flamme et buzzer et led rouge.

I.4.2.1.2. Organigramme de capteur de flamme :

L'Arduino lit en continu le capteur de flamme pour vérifier la présence d'un feu. Si une flamme est détectée, il active la LED et le buzzer, sinon il ne fait rien.



I.4.2.2.1. Schéma synoptique de branchement De DHT11 et ventilateur :

Le capteur DHT11 mesure la température et envoie les données au circuit de commande. Lorsque la température dépasse le seuil défini, le ventilateur est automatiquement alimenté et mis en marche.

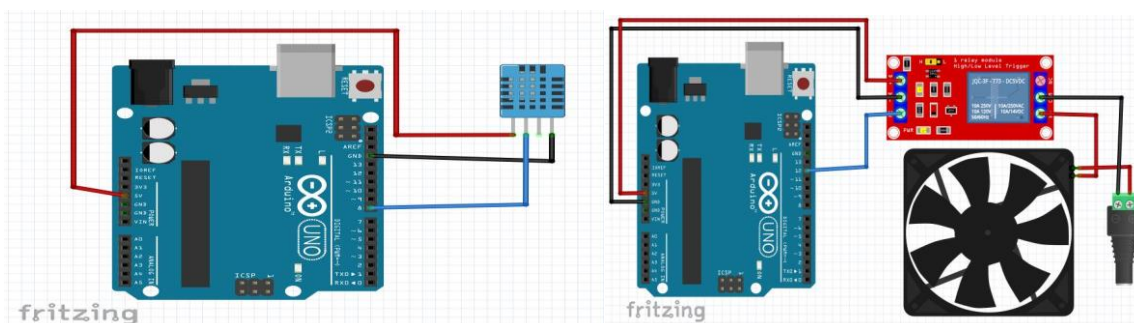
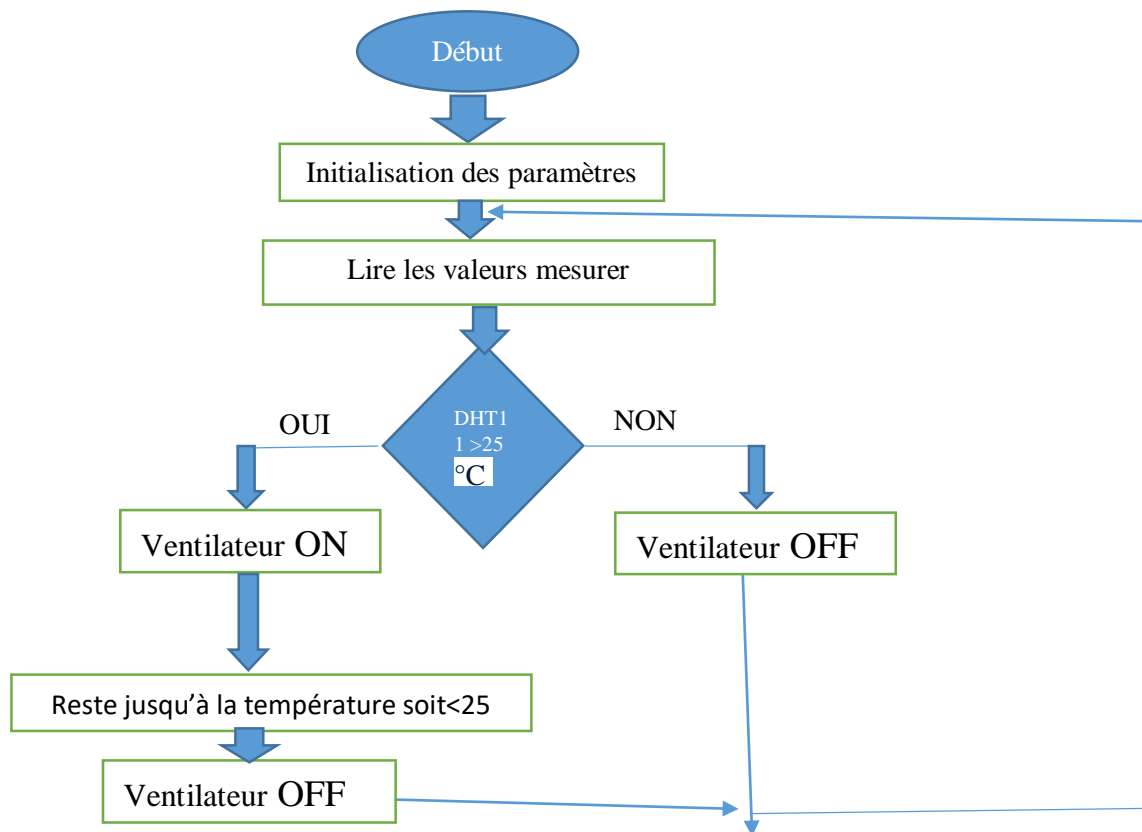


Figure 38 : Branchement de DH11 et ventilateur

I.4.2.2.2. Organigramme de DHT11 et ventilateur :

L'Arduino lit en continu la température donnée par le capteur DHT11.

Si la température dépasse la valeur seuil 25 °C , il active le ventilateur, sinon celui-ci reste éteint.



I.4.2.3.1. Schéma synoptiques de branchement de systèmes de luminosité :

Le schéma synoptique de système de luminosité montre un capteur de lumière relié à l'Arduino pour mesurer l'éclairement. Selon l'intensité détectée, l'Arduino commande automatiquement l'allumage ou l'extinction des lampes.

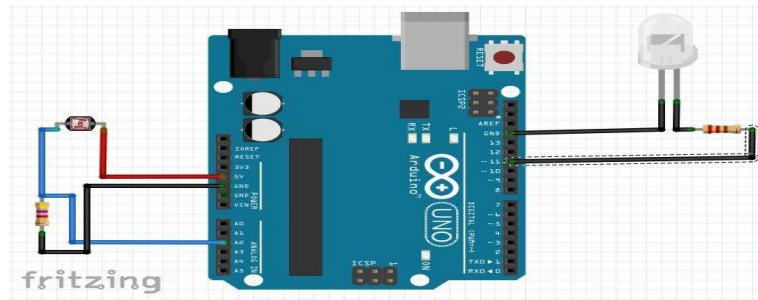
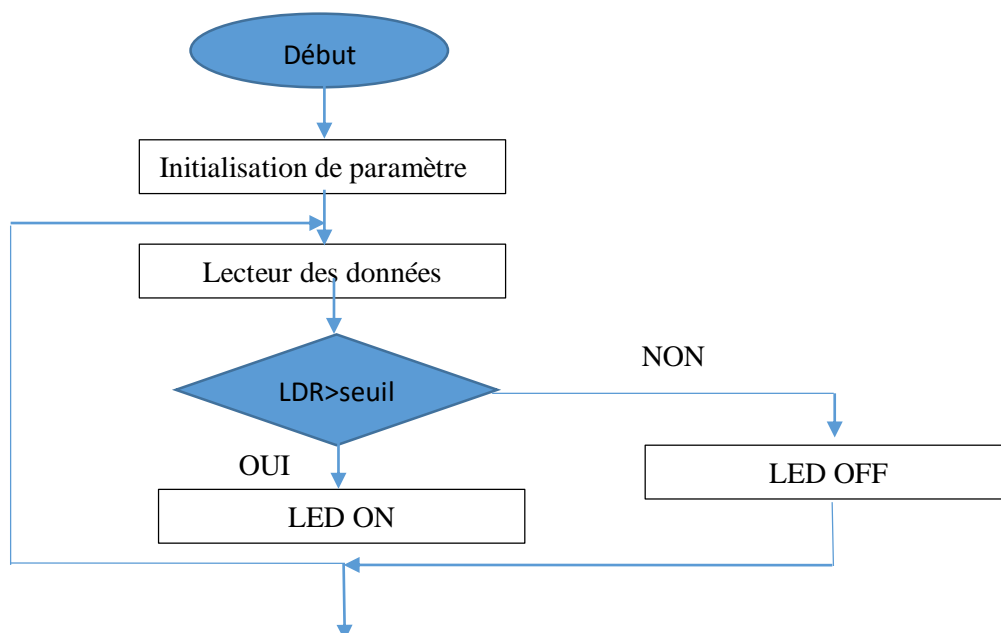


Figure 39 : Branchement De L.D.R

I.4.2.3.2. Organigramme De système de systèmes de luminosité :

Le capteur de luminosité envoie sa mesure à l'Arduino pour vérifier si la lumière est suffisante. Si la luminosité est faible, l'Arduino allume la lampe, sinon il la garde éteinte.



I.4.2.4.1. Schéma synoptiques de Branchement De système de traitement d'eaux (réglage de ph) : Le schéma synoptique de réglage du pH dans un système de traitement d'eaux relie une sonde de pH à un contrôleur (ex. Arduino ou automate). Selon la valeur mesurée, le contrôleur active une pompe pour injecter une solution acide ou basique afin de corriger le pH.

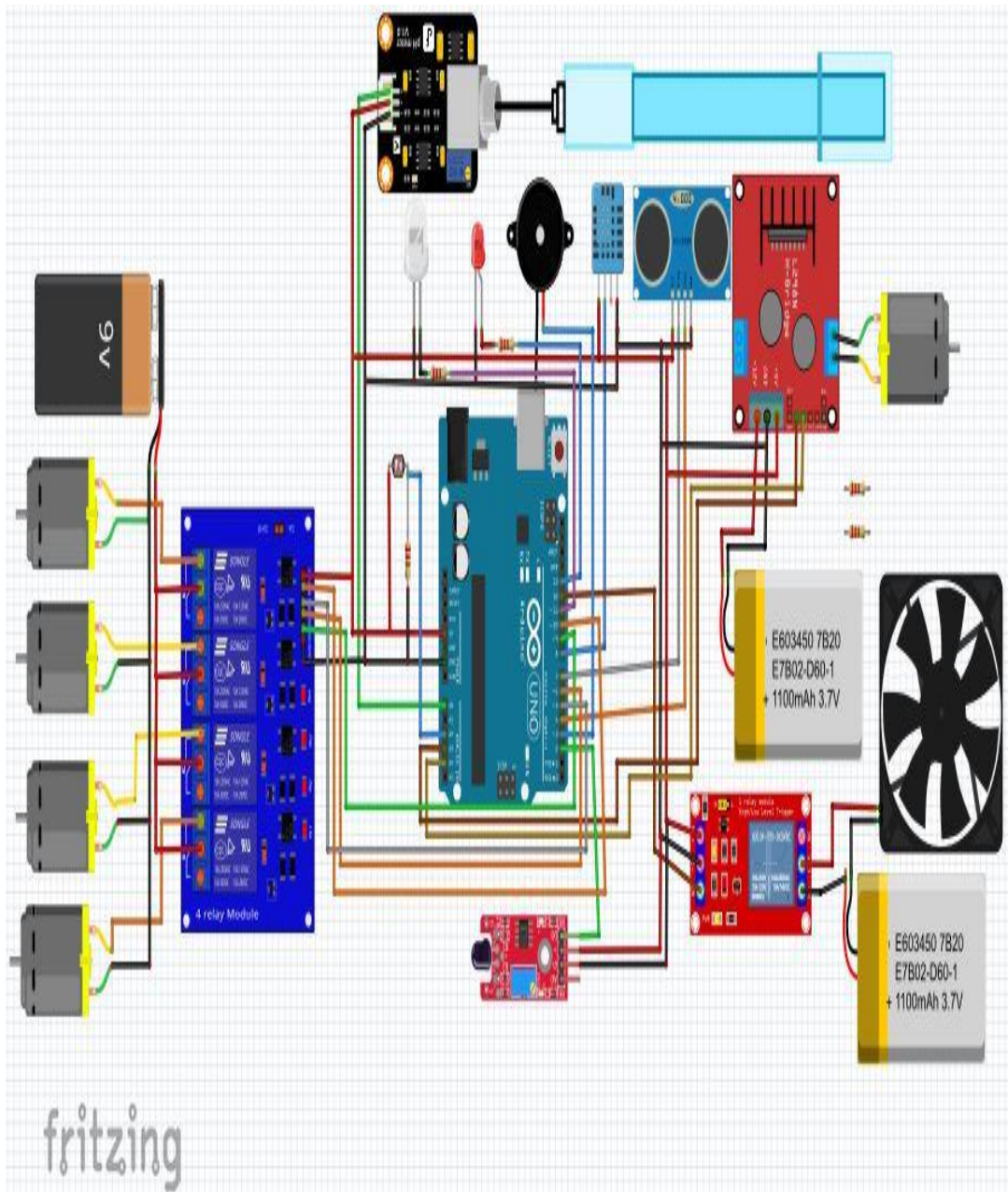
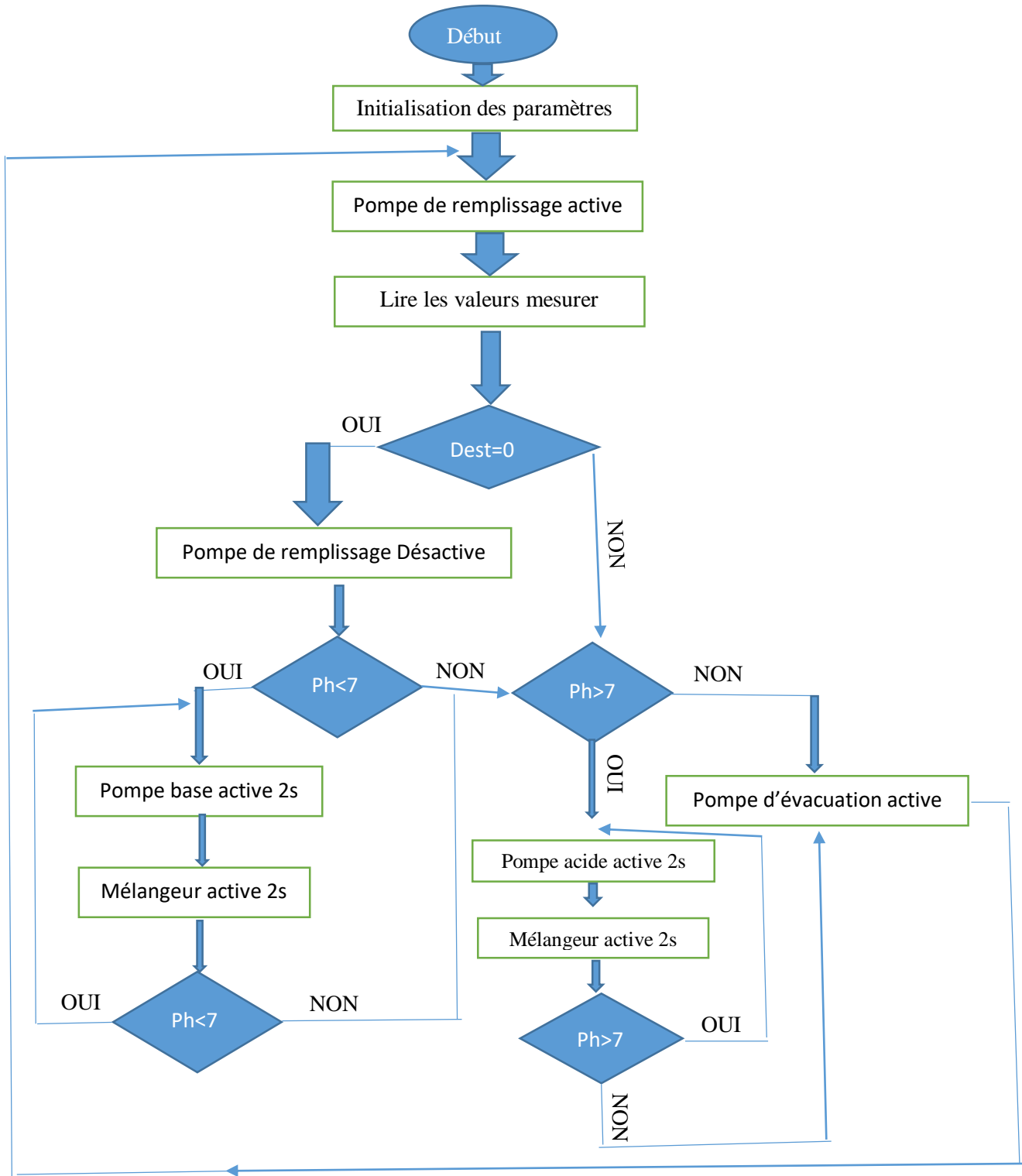


Figure 40 : Branchement De système traitement d'eaux

I.4.2.4.2. Organigramme De système de traitement d’eaux (réglage de ph) :

L’organigramme montre que la sonde mesure en continu la valeur du pH de l’eau et envoie l’information au contrôleur. Si le pH est trop bas, le système injecte une base ; s’il est trop élevé, il injecte un acide, sinon aucune action n’est effectuée.



I.4.2.5.1. Schéma synoptiques de branchement de ultrason : Le capteur à ultrason est branché à l'alimentation et relié au module de commande par ses broches Trigger et Echo. Il envoie des ondes ultrasonores et mesure le temps de retour pour calculer la distance d'un obstacle.

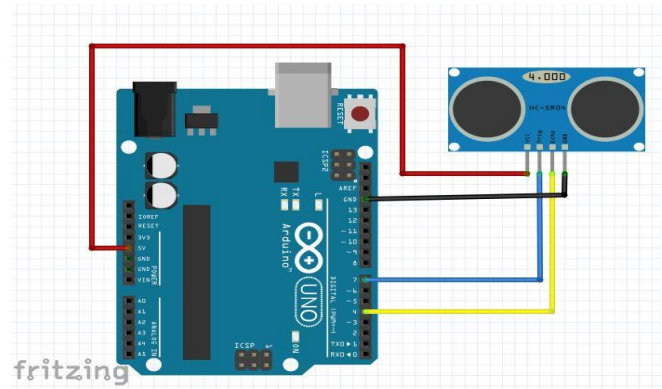


Figure 41 : Branchement de ultrason

I.4.2.5.2. Schéma synoptiques de capteur ph : Le capteur de pH est branché à l'alimentation et sa sortie analogique est reliée au module de commande. Il mesure l'acidité ou la basicité de la solution et transmet la valeur pour affichage ou régulation.

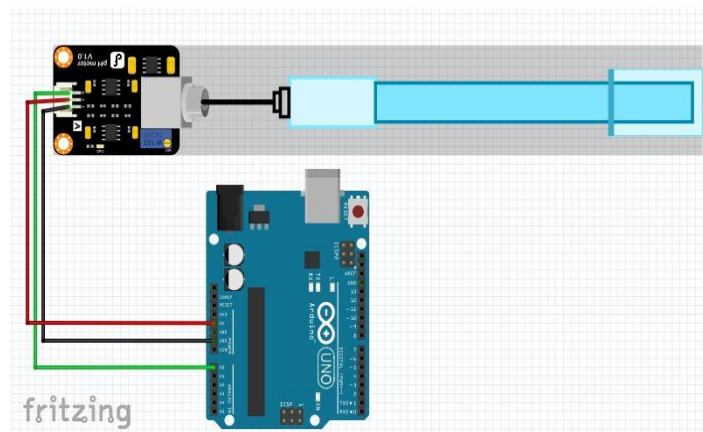


Figure 42 : Branchement de capteur ph

I.4.2.5.3. Schéma synoptiques de pompe de remplissage :

La pompe de remplissage est branchée à l'alimentation et commandée par un module ou un relais. Lorsque le signal d'activation est donné, la pompe se met en marche pour assurer le remplissage.

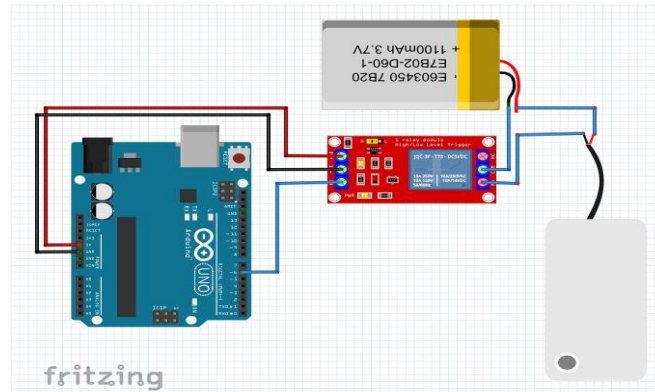


Figure 43 : Branchement de pompe de remplissage

I.4.2.5.4. Schéma synoptiques de mélangeur (moteur DC) :

Le moteur DC du mélangeur est alimenté via une source de puissance et commandé par un interrupteur ou un relais. Lorsqu'il reçoit le signal d'activation, il entraîne le mouvement de mélange.

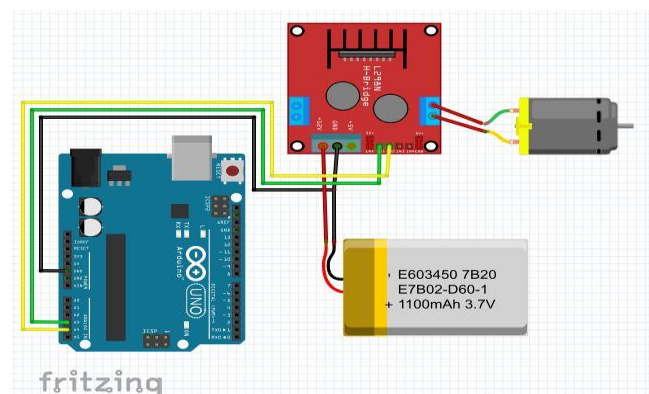


Figure 44 : Branchement de mélangeur (moteur DC)

I.4.3. Le troisième pic (carte trois) :

Dans ce projet, une carte ESP32 à 38 broches est utilisée en raison de son module Bluetooth intégré, facilitant la communication sans fil avec d'autres dispositifs. Cette carte contrôle un système de traitement de l'eau, capable d'éliminer les micro-organismes grâce à un chauffage via une plaque chauffante. Une fois l'eau traitée, un module Peltier est utilisé pour la refroidir rapidement, optimisant ainsi le processus sans perte de temps. Le système intègre également une pompe pour évacuer l'eau vers un réservoir de stockage.

Le niveau d'eau dans ce réservoir est surveillé en continu : si ce niveau descend en dessous de 50 %, une alerte est générée et la pompe de distribution est automatiquement arrêtée pour éviter le fonctionnement à vide. En parallèle, le système contrôle aussi le débit de l'eau traitée en litres par minute, et affiche cette information en temps réel sur un écran LCD. De plus, le niveau des réservoirs d'acide et de base est contrôlé par des capteurs à ultrasons, permettant un suivi précis en pourcentage et garantissant un dosage chimique adéquat.

I.4.3.1. Schéma synoptiques de système de chauffage et de refroidissement :

L'ESP32 reçoit les données d'un capteur de température et commande le chauffage ou le refroidissement selon le seuil défini.

Il active le module de chauffage quand la température est trop basse et le ventilateur/refroidisseur quand elle est trop élevée.

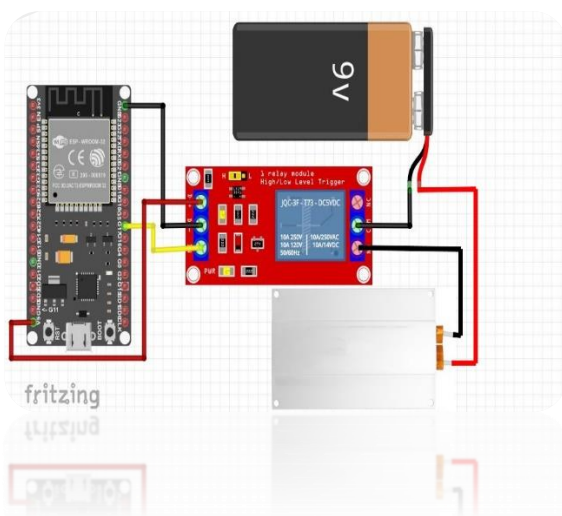


Figure 45 : système de chauffage

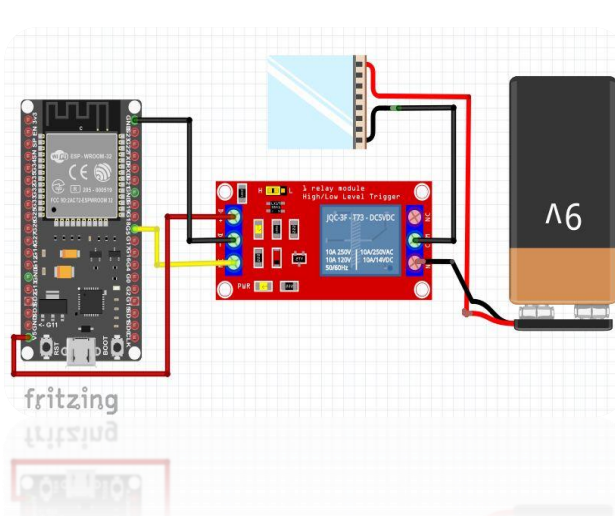


Figure 46 : système de refroidissement

I.4.3.2. Schéma synoptiques de débitmètre et de pompe :

Avec une ESP32, le schéma synoptique relie le **débitmètre** aux entrées de l'ESP32 qui lit en temps réel la valeur du débit. L'ESP32 compare cette valeur avec le débit de consigne défini.

Selon le résultat, elle commande la pompe (via un relais ou un driver) pour ajuster le débit d'eau.

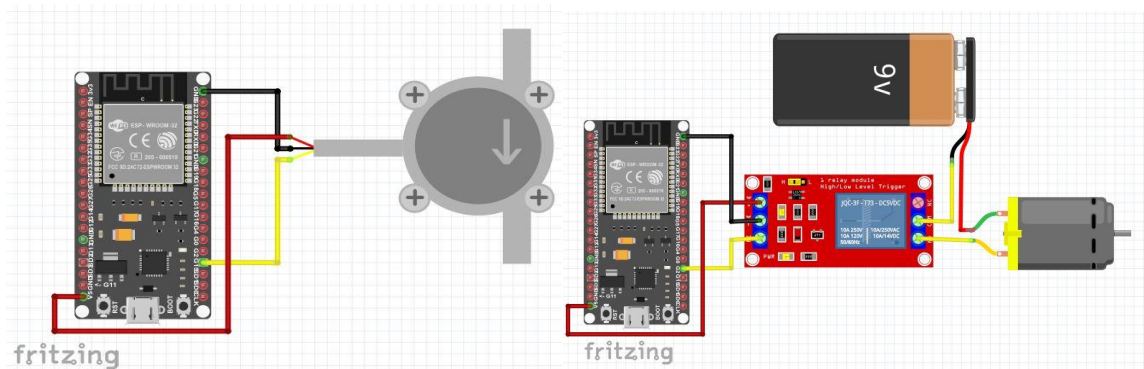


Figure 47 : branchement de débitmètre

Figure 48 : branchement de pompe

I.4.3.3. Schéma synoptiques de ds18b20 et buz et l.e.d :

Le capteur DS18B20 est branché à l'ESP32 ou à l'Arduino (VCC → 3.3V/5V, GND → GND, DATA → une entrée digitale avec une résistance pull-up).

Les deux LED (rouge et verte) et le buzzer sont reliés chacun à une sortie digitale du microcontrôleur via des résistances, ce qui permet d'allumer la LED correspondante ou d'activer le buzzer selon la température mesurée.

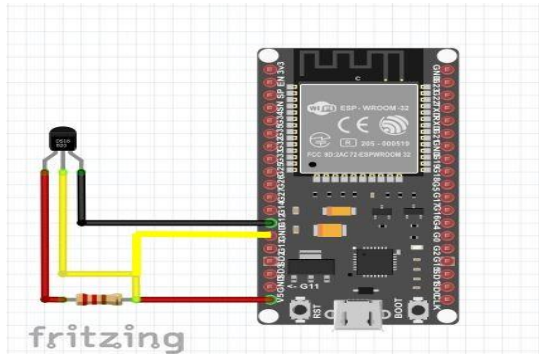


Figure 49 : branchement de ds18b20

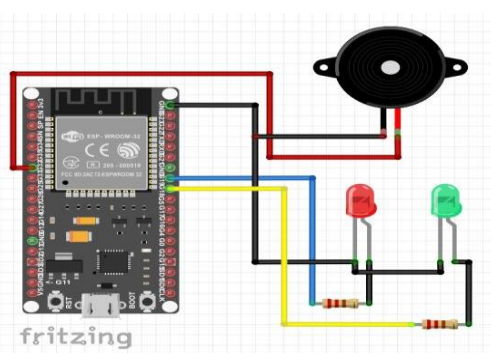


Figure 50 : branchement de led et buz

I.4.3.4. Schéma synoptiques d'ultrason et afficheur l.c.d avec i2c :

Le capteur ultrason (HC-SR04) est relié à l'Arduino ou à l'ESP32 via ses broches Trig et Echo pour mesurer la distance.

L'écran LCD avec module I2C est branché sur les broches SDA et SCL, ce qui permet d'afficher directement la distance mesurée par le capteur.

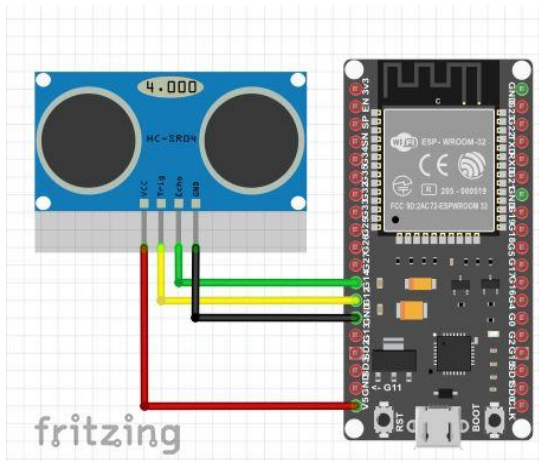


Figure 51 : branchement de ultrason

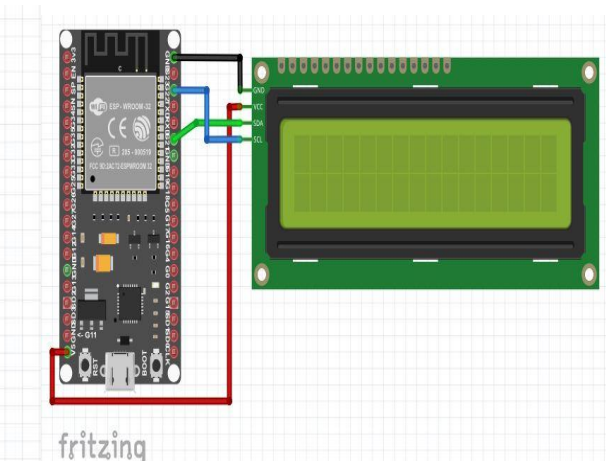


Figure 52 : branchement de afficheur lcd avec i2c

I.4.3.5.1. Schéma synoptiques globale de 3 ème carte :

Les capteurs (débitmètre, ultrasons et sonde de température) sont branchés sur les **entrées** de l'Arduino/ESP32.

Les actionneurs (pompes, plaque Peltier et pompe de distribution) sont reliés aux **sorties** via relais ou transistors.

Les LED rouge/verte et le buzzer sont aussi branchés aux sorties pour signaler l'état du système.

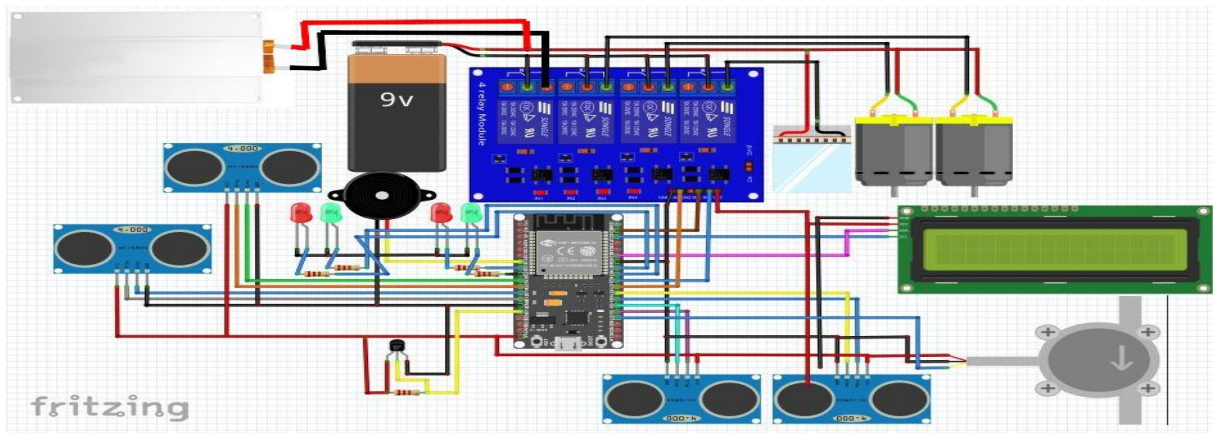
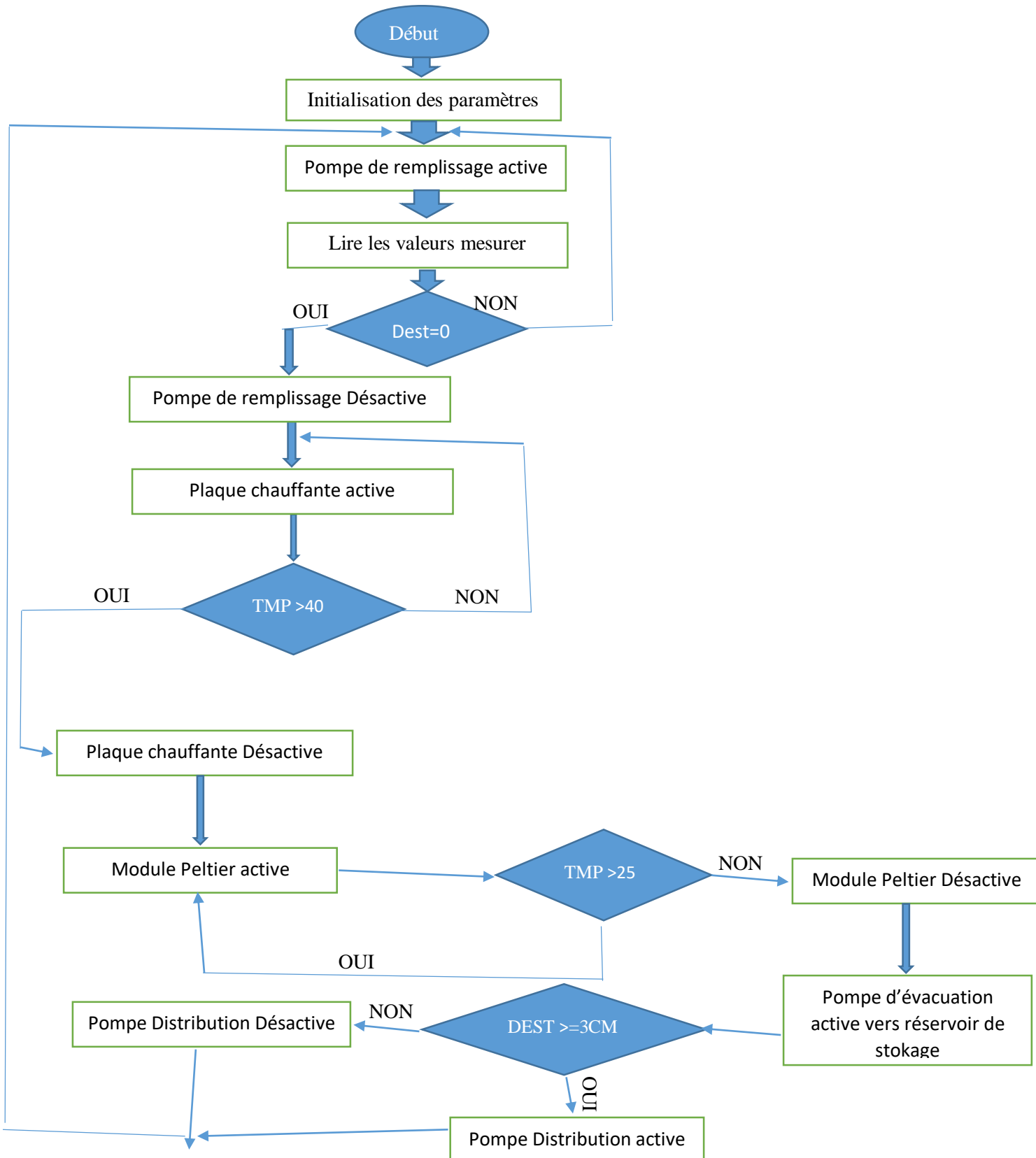


Figure 53 : branchement globale de 3 ème carte

I.4.3.5.2. Organigramme De 3^{ème} carte :

Cet organigramme décrit un système automatique de traitement d'eau qui surveille plusieurs paramètres. Les capteurs (débitmètre, ultrasons et température Peltier) envoient leurs données au contrôleur : si tout est normal, les pompes et la distribution fonctionnent avec LED verte, sinon une alarme (LED rouge et buzzer) s'active pour signaler une anomalie



I.4.3.6.1. Schéma synoptiques de système de photovoltaïque : système de basculement entre panneaux et battre

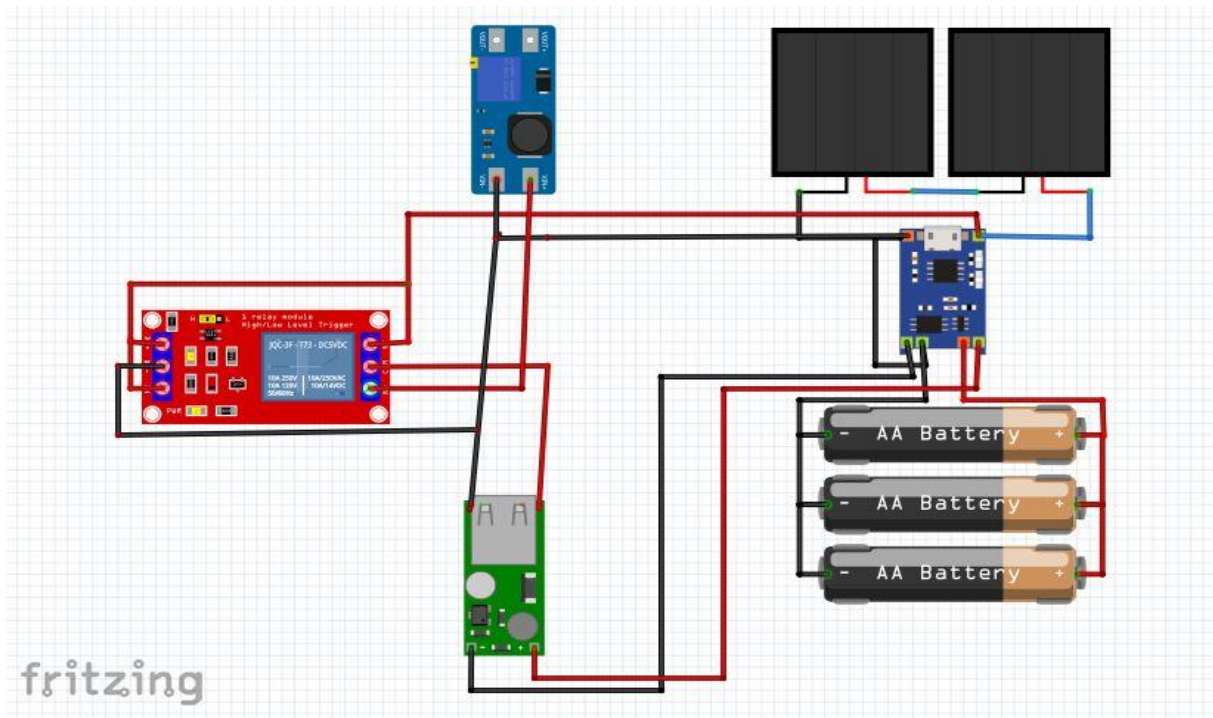
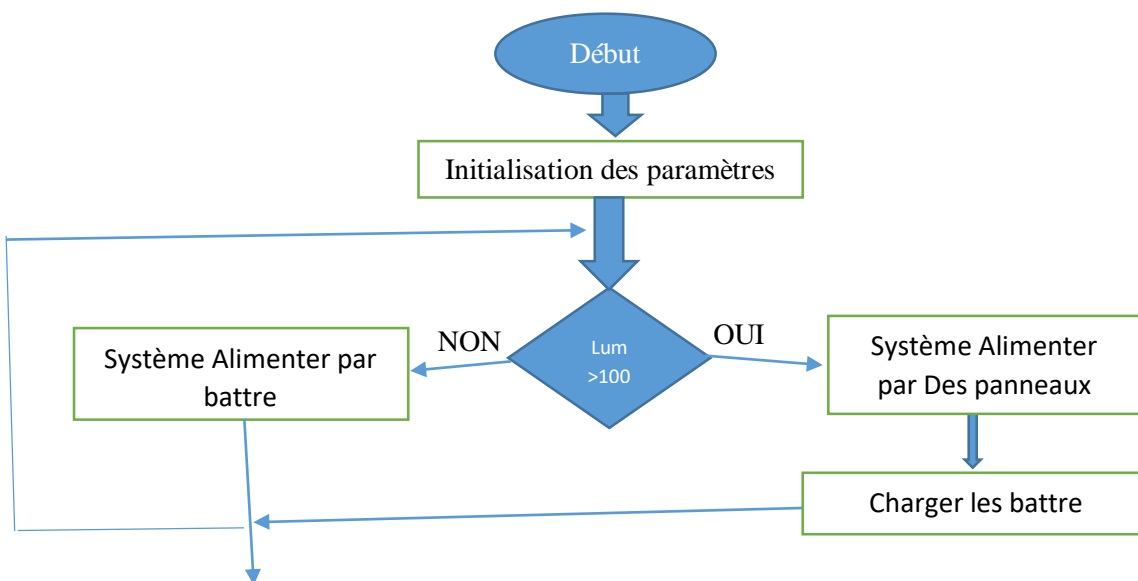


Figure 54 : branchement de ultrason

I.4.3.6.2. Organigramme de système de photovoltaïque :

Pour alimenter le système de basculement, on utilise généralement la tension de la batterie (12V ou 24V) pour exciter la bobine du relais. Ainsi, le relais peut commuter automatiquement entre batterie et panneaux solaires.



I.5. Le Demontionement sur P.V système :

I.5.1. Définition :

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque (PV) implique de déterminer la taille appropriée des panneaux solaires, de l'onduleur, des batteries (si nécessaire), et des câbles, en fonction de la consommation électrique du site et des conditions d'ensoleillement locales. Il est crucial de bien connaître ses besoins énergétiques et les spécificités du site pour optimiser l'installation. [11]

I.5.2. Étapes clés du dimensionnement : [12]

I.5.2.1. Calcul de la consommation énergétique :

Déterminer la quantité d'électricité nécessaire quotidiennement, en kWh, en tenant compte des appareils électriques utilisés et de leur durée d'utilisation.

I.5.2.2. Estimation de l'ensoleillement :

Évaluer le nombre d'heures d'ensoleillement optimal dans la région, en tenant compte de la saison la moins favorable, pour dimensionner la puissance des panneaux.

I.5.2.3. Choix des panneaux solaires :

Sélectionner des panneaux avec une puissance nominale (W_c) adaptée à la consommation et à l'ensoleillement, en tenant compte du rendement des panneaux.

I.5.2.4. Dimensionnement de l'onduleur :

Choisir un onduleur dont la puissance est adaptée à la puissance totale des panneaux, généralement entre 80% et 100% de la puissance des panneaux.

I.5.2.5. Dimensionnement des batteries (si nécessaire) :

Pour les systèmes autonomes, calculer la capacité de stockage nécessaire en fonction de l'autonomie souhaitée et de la profondeur de décharge des batteries.

I.5.2.6. Choix des câbles :

Sélectionner des câbles de section appropriée pour éviter les pertes de tension et assurer une bonne performance du système.

I.5.3. Facteurs à considérer :

I.5.3.1. Climat :

L'ensoleillement varie selon les régions, ce qui influence le dimensionnement des panneaux.

I.5.3.2. Inclinaison et orientation des panneaux :

Optimiser l'inclinaison et l'orientation des panneaux pour maximiser la production d'énergie solaire.

I.5.3.3. Rendement du système :

Tenir compte des pertes de rendement liées aux différents composants (panneaux, onduleur, batteries, câbles).

I.5.3.4. Coûts :

Évaluer le coût initial et les coûts de maintenance du système.

I.6. Réalisation de la station :

I.6.1. Construction de la structure :

La structure de notre serre a été réalisée en plusieurs étapes minutieuses. Tout d'abord, nous avons conçu et assemblé la base en bois de la surface 70*70 cm, garantissant une surface stable et solide. Ensuite, nous avons construit les cadres arqués en bois pour former la structure des toits, en les fixant fermement à la base. Après cela, nous avons ajouté des barres transversales pour renforcer la stabilité de l'ensemble.



Figure 56 : La structure de notre station prototype.

II. Partie logiciel :

II.1. Langage Arduino :

II.1.1. Définition :

Le langage Arduino est inspiré de plusieurs langages. On retrouve notamment des similarités avec le C, le C++. [12]

Le langage impose une structure particulière typique de l'informatique embarquée. La programmation se fait de manière séquentielle c'est-à-dire une suite d'instructions élémentaires. [13]



II.1.2- IDE Arduino :

Cet environnement contient tout ce dont on a besoin pour :

- Ecrire le programme
- Le compiler (vérifier les erreurs)
- Le charger vers la mémoire Flash du microcontrôleur
- Interagir avec la carte
- ✓ Le langage de programmation utilisé est le C/C++
- ✓ Le programme est dit croquis (ou sketch en Anglais) [12]
- ✓ Pour programmer les cartes Arduino, on utilise un environnement de développement spécifique dit Arduino IDE (Integrated Développement Environnement)

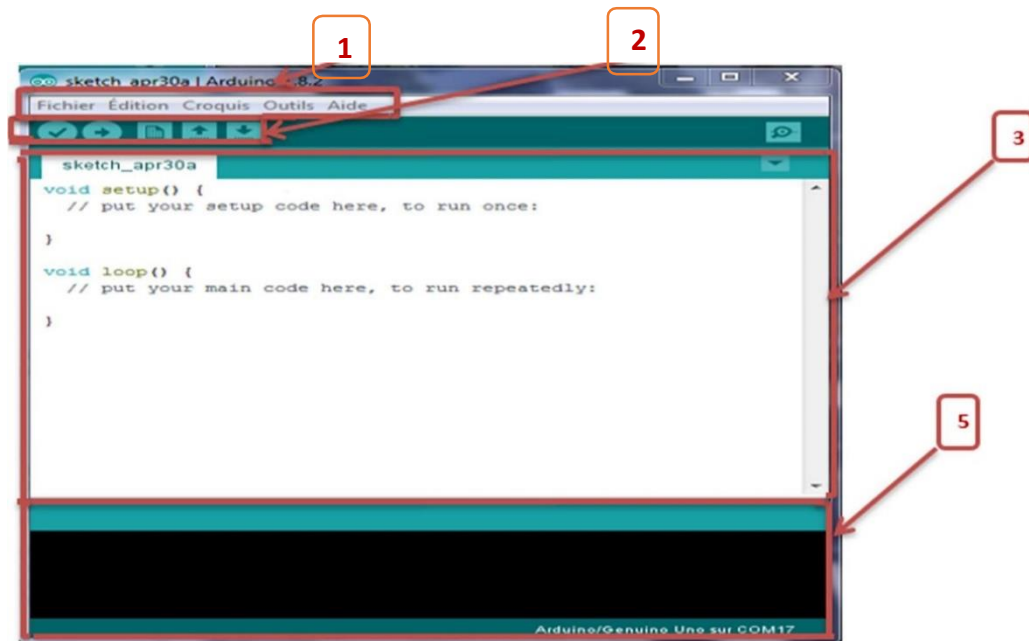


Figure 57 : Interface d'utilisateur

II.1.3- Interface d'utilisateur :

Le cadre numéro 1 : ce sont les options de configuration du logiciel

Le cadre numéro 2 : il contient les boutons qui vont nous servir lorsque l'on va programmer nos cartes

Le cadre numéro 3 : ce bloc va contenir le programme que nous allons créer

Le cadre numéro 4 : celui-ci est important, car il va nous aider à corriger les fautes dans notre programme. C'est le débogueur

II .2. Isis proteus professionnelle :

II.2.1. Définition :

Isis Proteus professionnelle est un logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) spécialisé dans l'électronique. Il permet à la fois la modélisation de schémas électriques, la simulation de circuits analogiques et numériques, et, dans ses versions avancées, la co-simulation avec du code microcontrôleur (PIC, AVR, ARM, Arduino, etc.). [22]

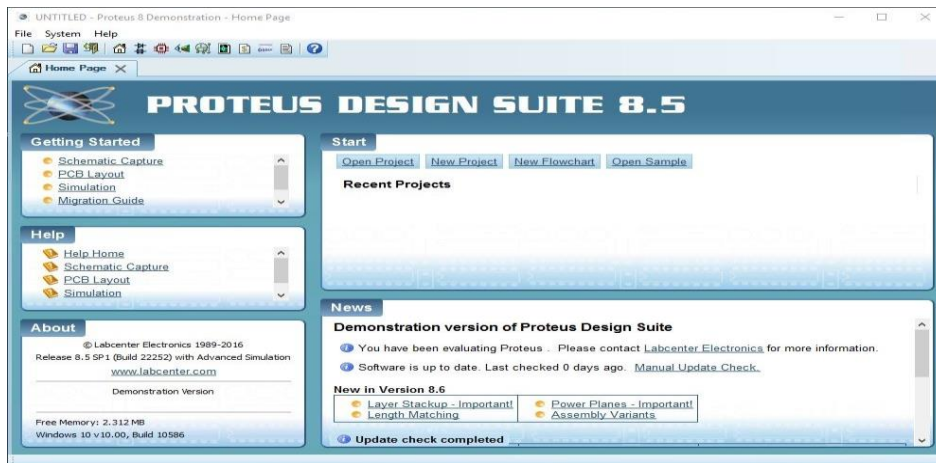


Figure 58 : conception de circuit imprimé.

II.2.2. Utilisation de Proteus isis professionnelle :

L'utilisation de Proteus ISIS professionnelle se fait principalement en plusieurs étapes complémentaires : [23]

1. Conception schématique :

L'utilisateur crée le circuit électronique en choisissant des composants (résistances, transistors, circuits intégrés, microcontrôleurs, etc.) dans la bibliothèque.

Chaque composant est placé sur la feuille de schéma et relié par des fils virtuels.

2. Simulation et test :

Le logiciel intègre un moteur de simulation SPICE, permettant de vérifier le comportement électrique du circuit (tensions, courants, signaux, fréquences, etc.).

Des instruments virtuels (oscilloscope, générateur de signaux, multimètre, analyseur logique...) sont disponibles pour analyser en temps réel la réponse du montage.

3. Programmation et co-simulation :

L'une des particularités de Proteus est de permettre l'exécution de code embarqué (assembleur, C, Arduino, etc.) directement sur un microcontrôleur virtuel (PIC, AVR, ARM, etc.) intégré dans le schéma.

Cela permet de tester à la fois le hardware et le software avant la mise en œuvre réelle.

4. Conception de PCB avec ares :

Après validation du schéma dans ISIS, le projet peut être transféré vers **ARES** (Application for Routing and Editing of Schematics) afin de concevoir le circuit imprimé (PCB).

Le logiciel gère le placement des composants, le routage automatique ou manuel, et la génération des fichiers Gerber pour la fabrication.

5. Application professionnelle et pédagogique :

En milieu industriel : il sert à développer et prototyper rapidement de nouveaux circuits électroniques en réduisant les coûts d'essai.

En pédagogie : il est largement utilisé dans les universités, écoles d'ingénieurs et centres de formation pour l'enseignement de l'électronique et de l'automatique

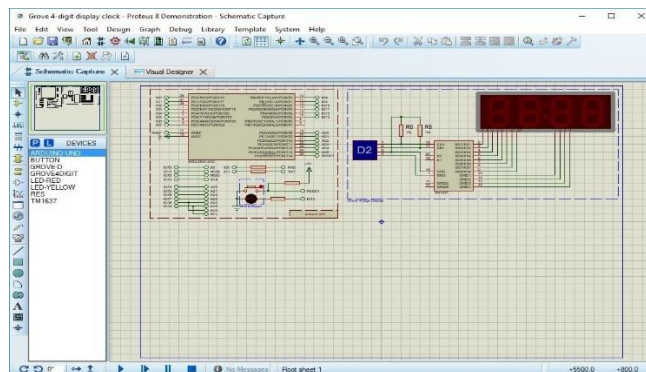


Figure 59 : utilisation du module ares.

II.2.3.1. Schéma électrique de 1 ère partie : Schéma électrique de station de traitement d'eaux sur proteus

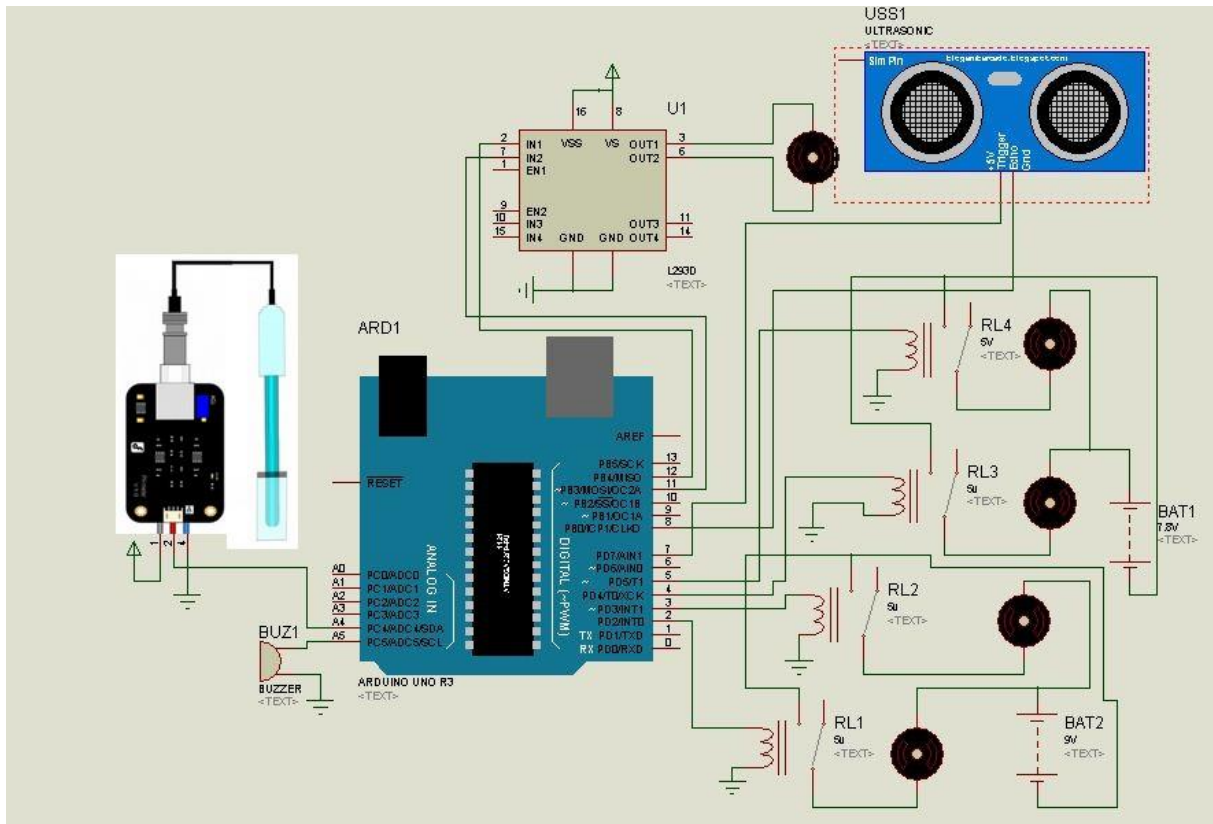


Figure 60 : Schéma électrique de 1 ère carte

IV.2.3.2. Schéma électrique de 2 ème partie :

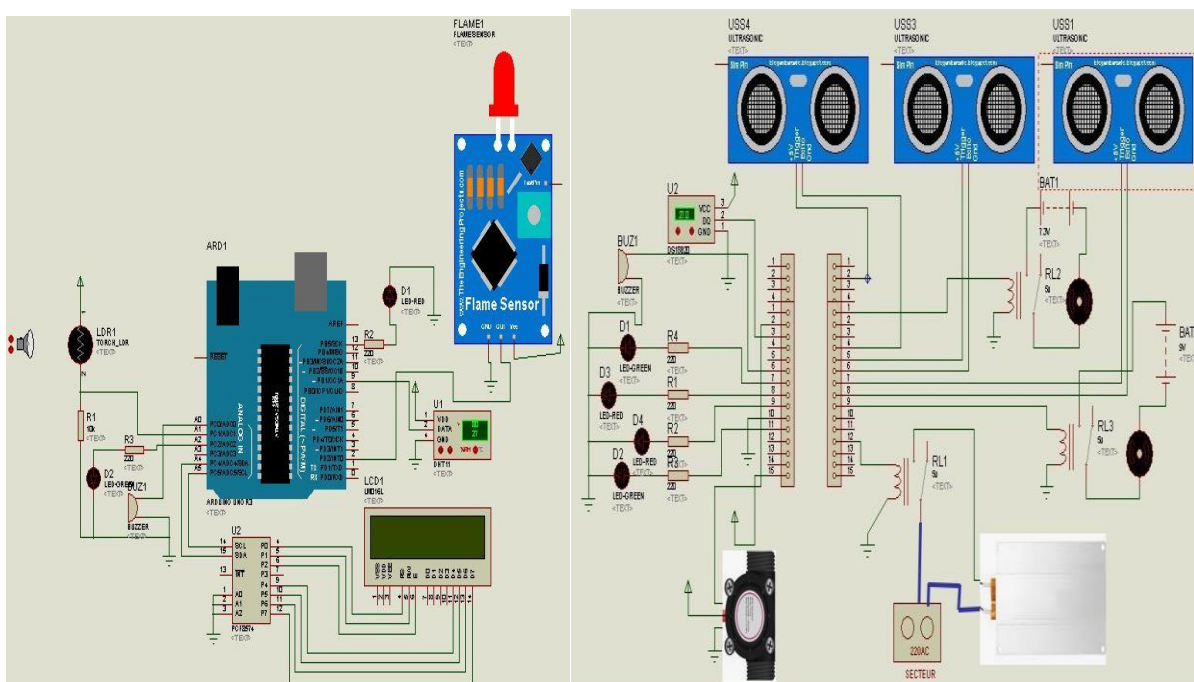


Figure 61 : Schéma électrique de 2 ème carte

II.3. Logiciel p.v système :

II.3.1. Définition :

Un logiciel PV système est un programme informatique conçu pour étudier, simuler, dimensionner et optimiser une installation photovoltaïque.

Il permet de modéliser les composants d'un système solaire (panneaux, onduleurs, batteries, câbles, etc.), d'analyser les données d'ensoleillement, d'estimer la production énergétique, et d'évaluer la rentabilité technico-économique du projet. [18]



II.3.3. Rôles exemples de logiciels PV système :

- ❖ **PVSyst** → le plus utilisé dans le monde professionnel pour la simulation avancée.
- ❖ **PV*SOL** → spécialisé dans la modélisation 3D et les analyses d'ombrages.
- ❖ **HOMER Energy** → pour les systèmes hybrides (solaire + éolien + batteries).
- ❖ **RETScreen** → outil gratuit pour l'évaluation énergétique et économique.
- ❖ **PVGIS** → outil en ligne gratuit (Commission Européenne) pour estimer la production solaire selon la géolocalisation.

II .3. Outils de conception de circuit imprimé EAGLE :

II.3.1. Présentation générale :

EAGLE (Easily Applicable Graphical Layout Editor) est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) destiné à la création de schémas électroniques et de circuits imprimés (PCB). Développé à l'origine par la société allemande CadSoft, puis acquis par Autodesk, il s'est imposé comme l'un des outils les plus utilisés par les étudiants, les amateurs et les professionnels pour la conception électronique. [13]

- Des bibliothèques de composants riches et personnalisables, permettant de disposer de symboles électriques et d'empreintes normalisées.
- Un moteur de routage automatique et manuel, facilitant l'implantation des composants et l'optimisation du câblage des pistes.

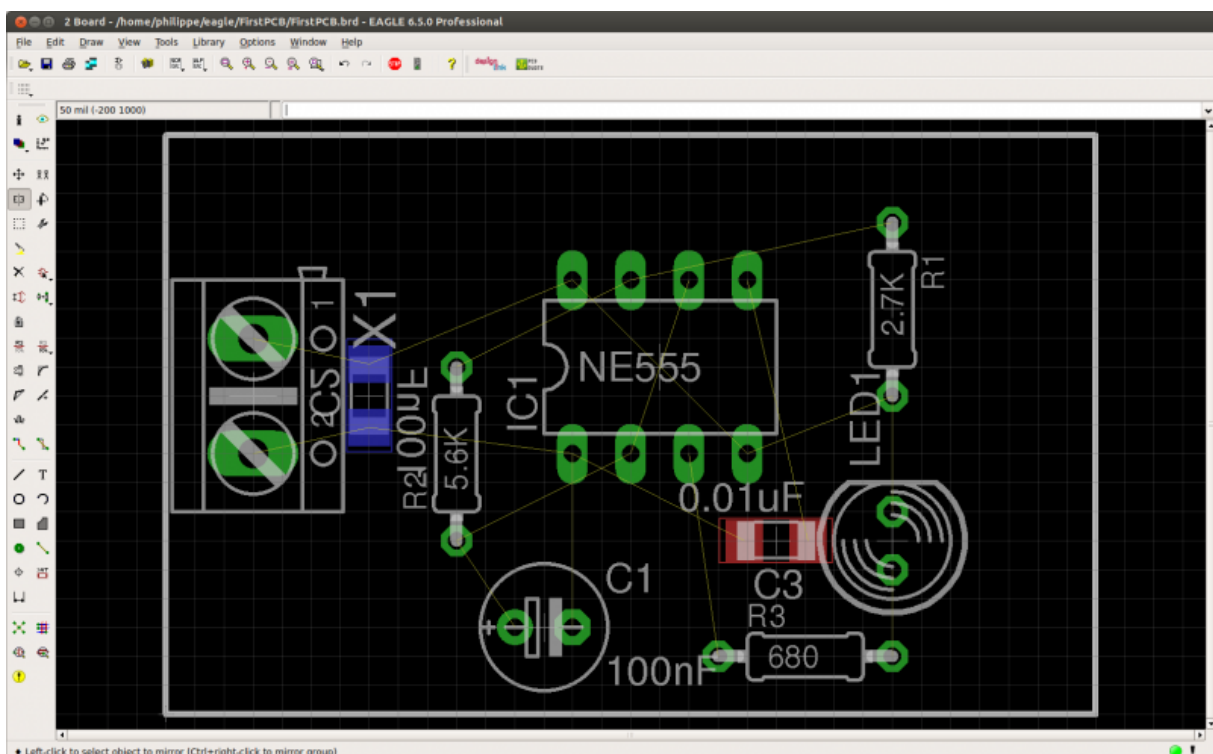


Figure 62 : conception de circuit imprimé sur EAGLE.

**II .3.2. Schéma de la plaque pcb de notre station de traitement d'eau
01 ère carte sur logiciel eagle :**

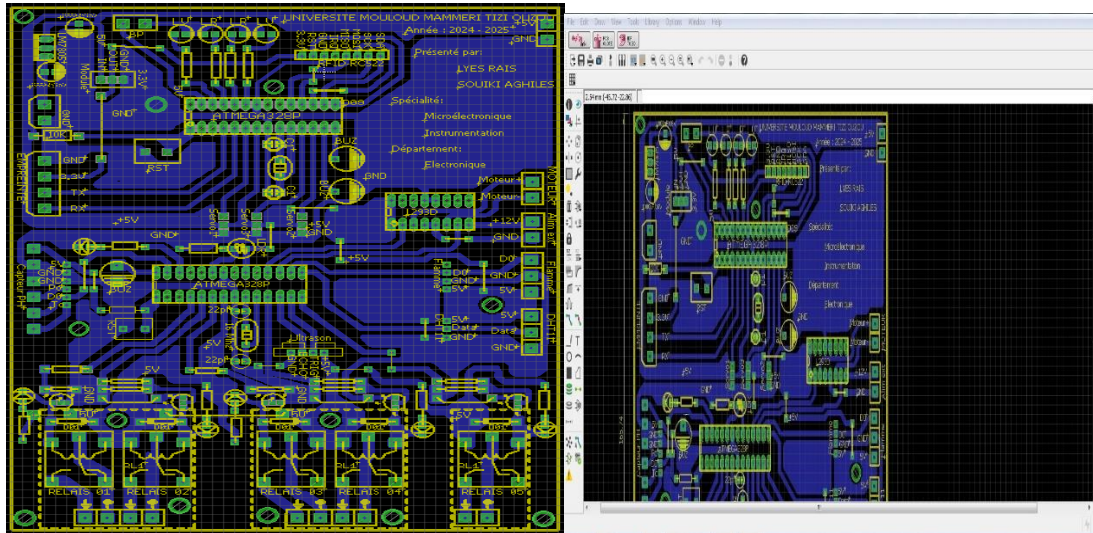


Figure 63 : Schéma de la plaque pcb 1 ère carte. Sur logiciel eagle

II .3.3. Typon de 01 ère carte de notre station de traitement d'eau :

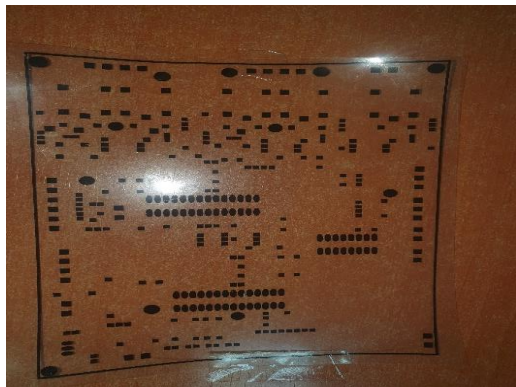


Figure 64 : Typon de trous à percer



Figure 65 : Typon de la sérigraphie

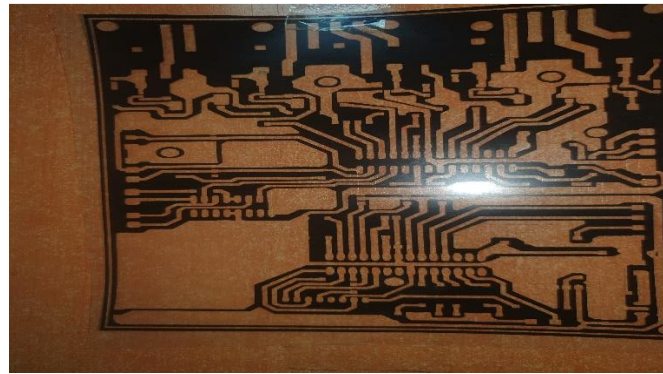


Figure 66 : Typon de circuit imprimé

II .3.4. Schéma de la plaque PCB notre station de traitement d'eau deuxième carte sur logiciel Eagle :

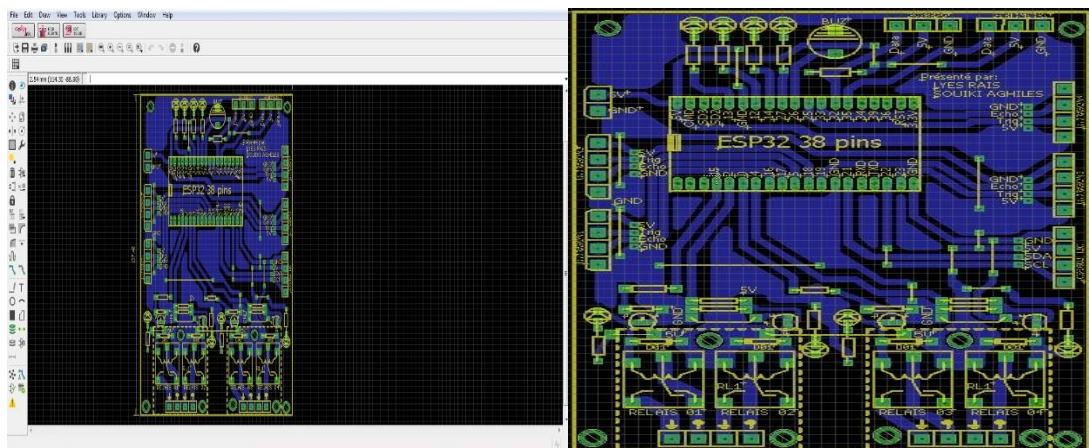


Figure 67 : Schéma de la plaque pcb deuxième carte. Sur logiciel eagle

II .3.5. Typon de 02 ère carte de notre station de traitement d'eau :

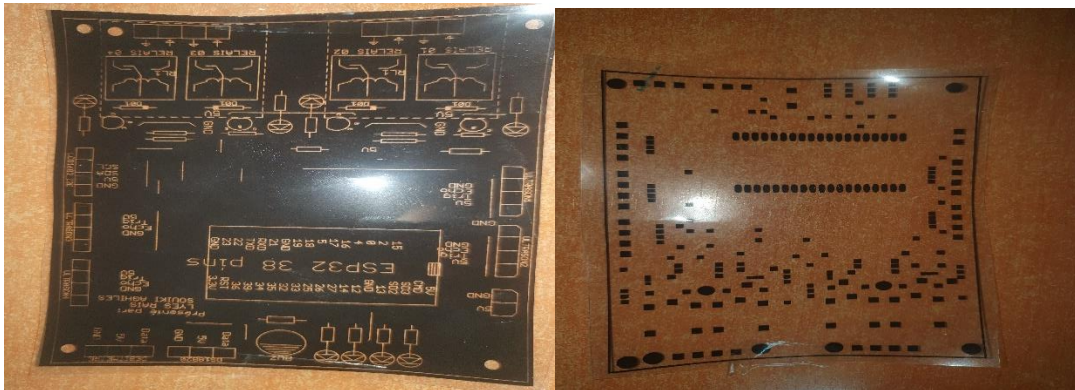


Figure 68 : Typon de la sérigraphie

Figure 69 : Typon de trous à percer

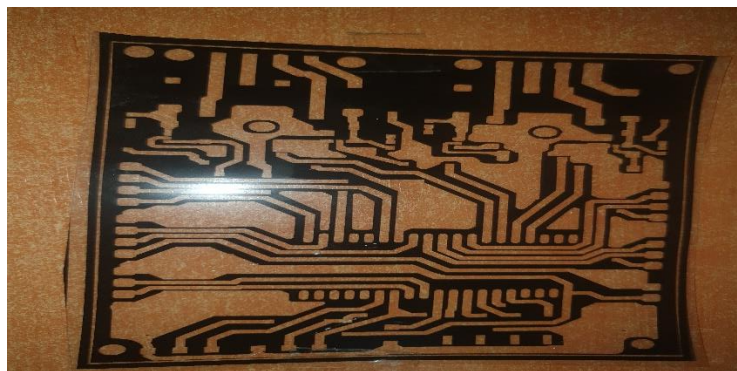


Figure 70 : Typon de circuit imprimé

II .3.6. - Impression du typon :

- Utiliser impérativement une imprimante laser, et du papier photo, car il faut utiliser un papier "couché" c'est-à-dire doté d'une surface très lisse, et il ne faut pas qu'il soit trop épais ;
- Mettre le cuivre à nu en éliminant toute trace d'oxydation en le frottant vigoureusement la plaque avec une éponge abrasive et il ne faut pas toucher le cuivre avec les doigts ;
- Scotcher le typon sur la plaque avec du scotch.



Figure 71 : Nettoyage de la plaque en cuivre

II.3.7. Transfert du circuit :

- On pose le recto du typhon sur la face cuivrée de la carte en veillant à aligner les deux pièces. Mettant en route notre fer électrique, en attendant qu'il chauffe bien
- Une fois que le fer à repasser est chaud, on le pose sur le typon et on le laisse en place de façon à transférer le toner sur le circuit.



Figure 72 : transfert du circuit à l'aide d'un fer à repasser

II.3.8. - La gravure :

Cette étape consiste à plonger la plaque obtenue dans un bain de perchlorure de fer afin d'éliminer le cuivre non protégé par la résine et en Remue la solution pondant 15 à 20 min, Ensuite, on la rince bien avec de l'eau.

- Une fois rincée on la nettoie avec un diluant nitré de façon à faire disparaître la couche



Figure 73 : la gravure

II .3.9. - Le perçage et la Vérification :

Nous utilisons une perceuse électrique et nous fixons d'abord la plaque afin d'éviter tout mouvement de cette dernière pendant le perçage, et on choisit le foret qui convient pour les diamètres des trous.



Figure 74 : le perçage.

II 3.10. L'implantation des composants :

Une fois que tout est vérifié on monte les composants dans leur place

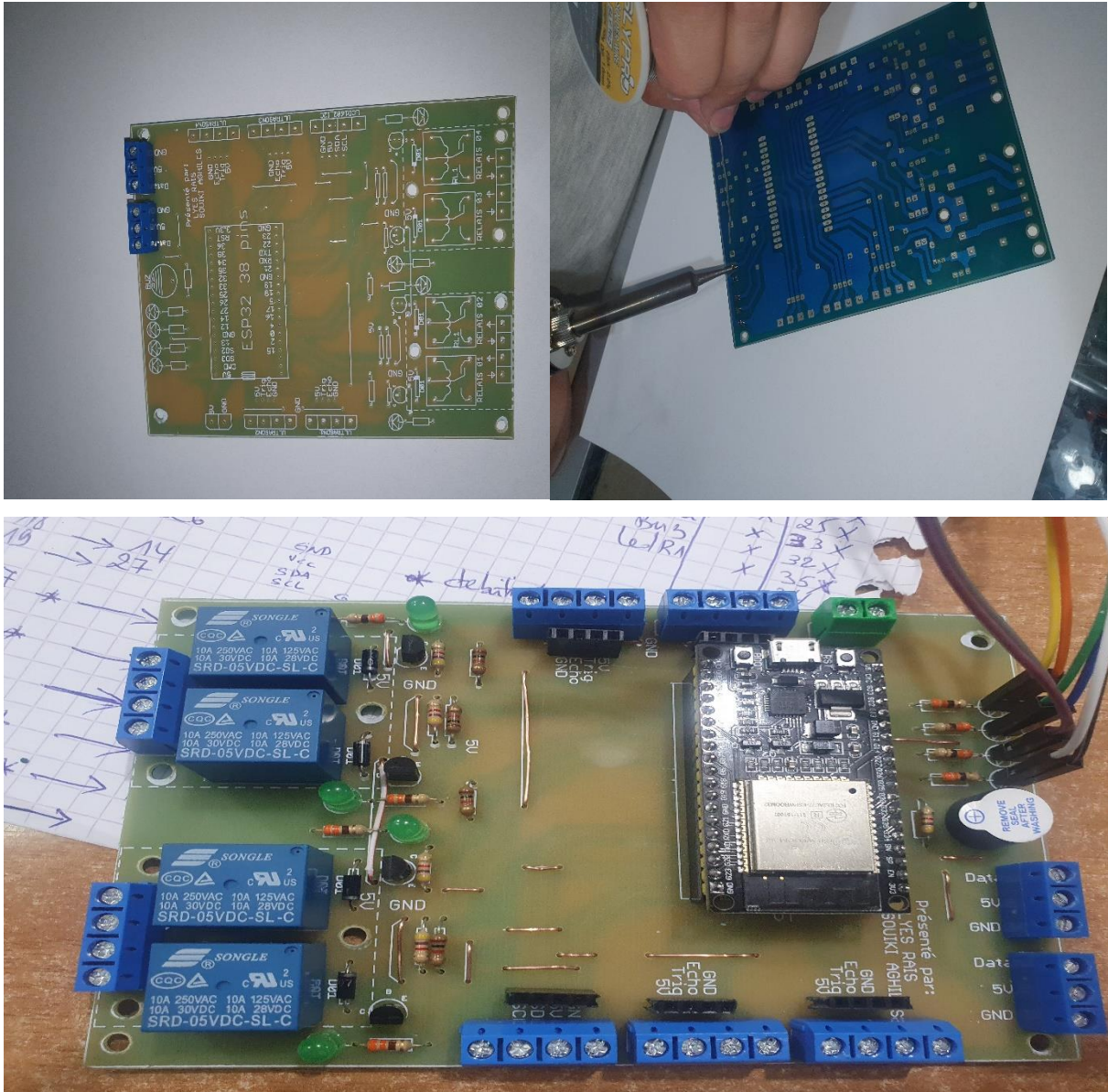


Figure 75 : implantation des composants

III. Gestion du station :

III.1. La plateforme « ThinkSpeak » :

ThingSpeak est une API (interface de programmation d'application), une application open source pour « Internet des objets », permettant de stocker et de collecter les données des objets connectés en passant par le protocole HTTP via Internet ou un réseau local. Avec ThingSpeak, l'utilisateur peut créer des applications d'enregistrement de données capteurs, des applications de suivi d'emplacements et un réseau social pour objets connectés, avec mises à jour de l'état.

ThingSpeak peut être intégré aux plates-formes arduino, ESP 32, Raspberry Pi, aux applications mobiles/Web, aux réseaux sociaux et aux analyses de données avec MATLAB (Figure.72). [20]



Figure 76 :la plateforme ThingSpeak IoT (Internet of Things)

III.1.2. Fonctions de ThingSpeak :

- ✓ API ouverte
- ✓ Collecte de données en temps réel
- ✓ Données de géolocalisation
- ✓ Traitement des données
- ✓ Visualisations de données

III .2. Les étapes pour utiliser ThingSpeak

Étape 1 : Créer compte

Pour pouvoir télécharger les données sur ThingSpeak à des fins d'analyse et de traitement, il faut créer un compte.

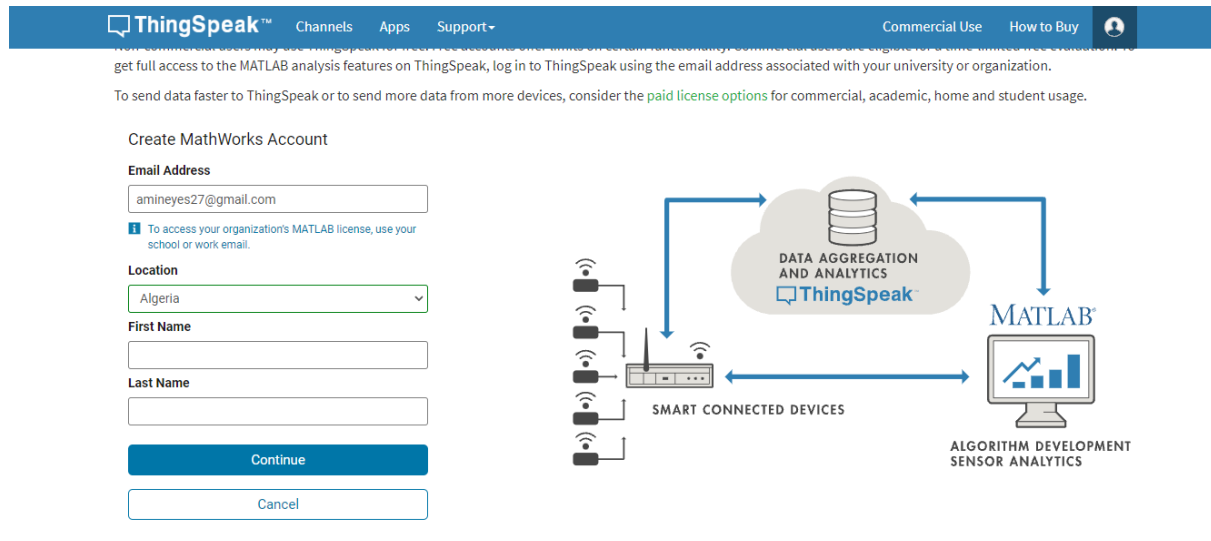


Figure.77. Création d compte ThingSpeak

Étape 2 : Créer un nouveau canal.

La création d'un nouveau canal est présenté la figure Figure.74.

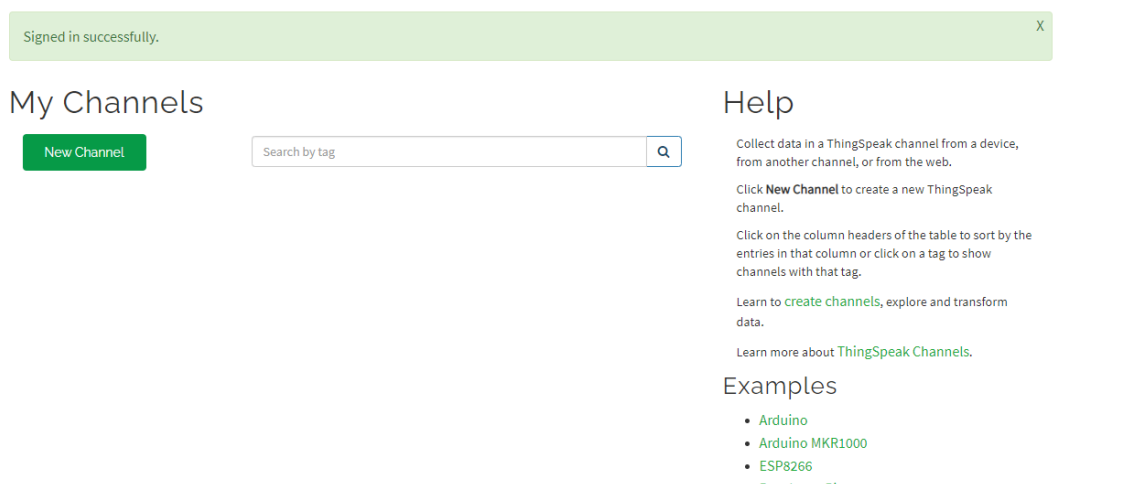


Figure.78 : Création d'un nouveau canal

Il faut saisir les détails du nouveau canal créé. Par exemple, utiliser le nom du projet sur lequel on travaille comme nom du canal. En cas de doute, laisser certaines options vides.

Les champs reflètent les données téléchargées. Par exemple, pour mesurer la température de la pièce, on peut définir le champ 1 comme Température de la pièce (Figure.67). À l'issue de cette opération, cliquer sur Enregistrer le canal.

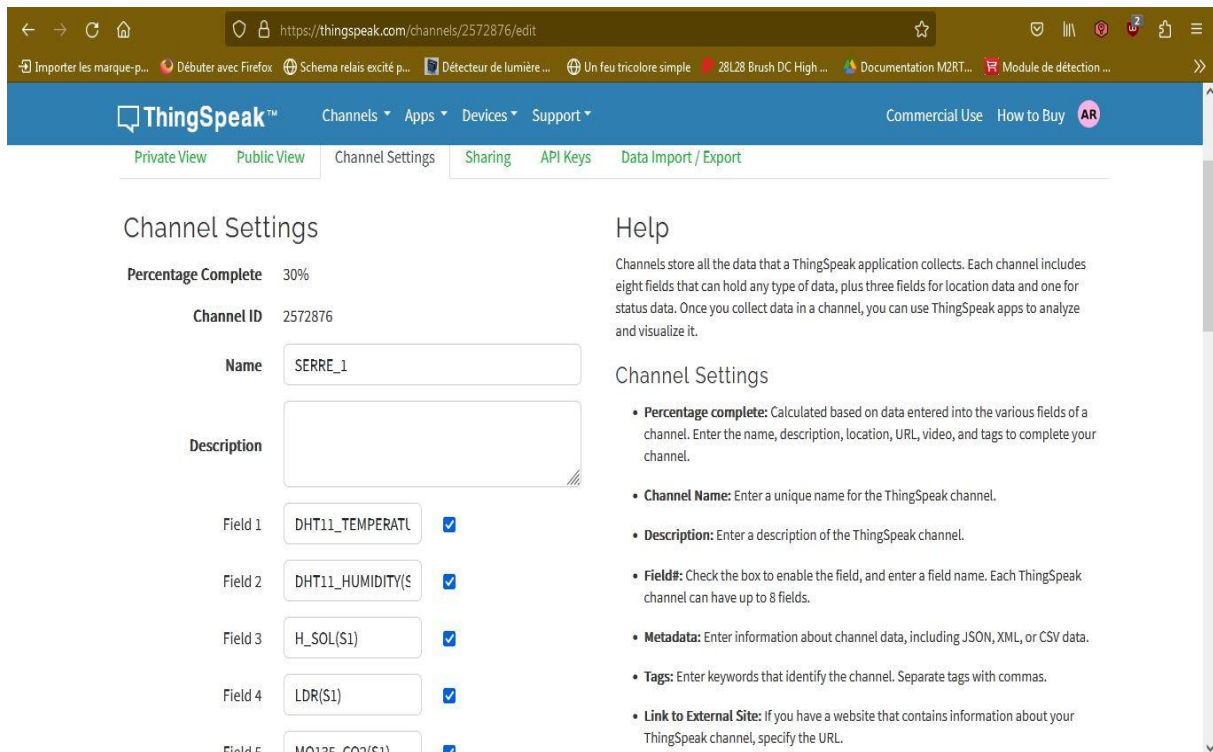


Figure 79 : Les détails du nouveau canal pour la serre agricole.

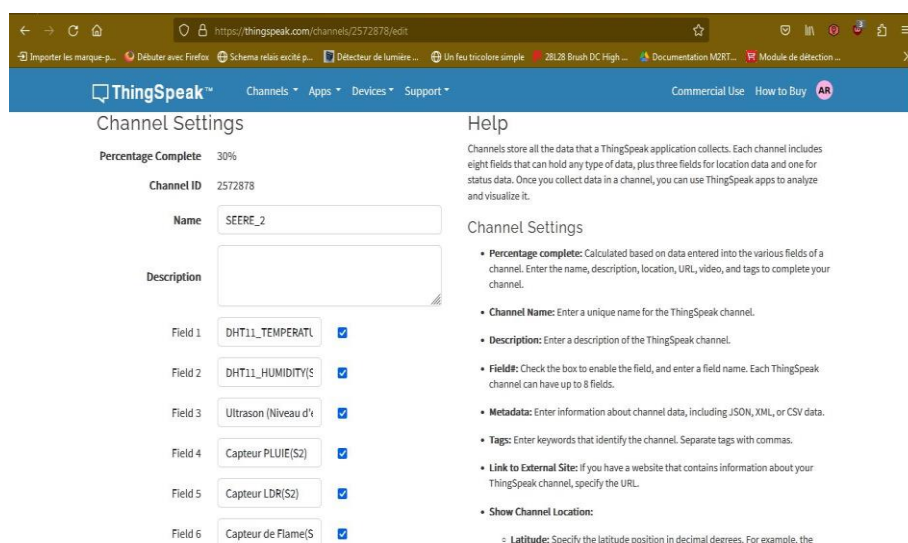


Figure 80 : Les détails du nouveau canal pour la serre animale.

Étape 3 : Rechercher la clé API :

La figure.75 présente la recherche de la clé API thingspeak.

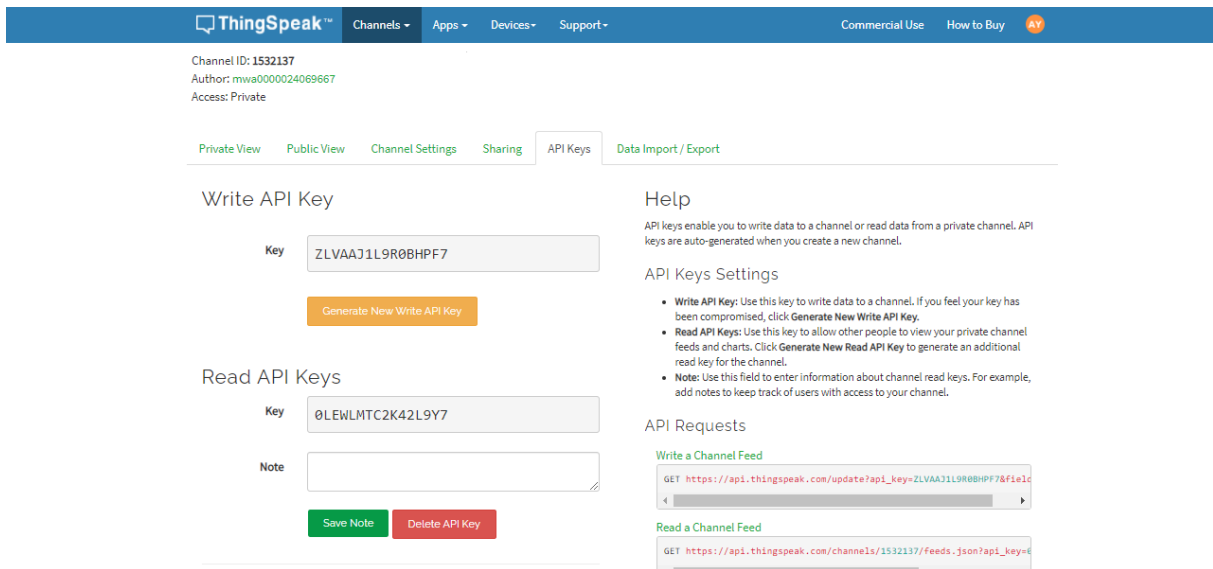


Figure.81: obtenir l’API thingspeak

III.2. Application WIFI:

III.2.1 Définition :

L’application Bluetooth contrôle le circuit électrique à distancé d’environ 30 à 45 mètre sans fils Vous pouvez utiliser le WIFI pour connecter certains appareils à votre téléphone sans aucun câble. Les appareils Bluetooth peuvent se connecter automatiquement à votre téléphone après leur première association. Lorsque votre téléphone est connecté à un appareil via le WIFI. [21]

V.3.2 Créations d’une application Androïde WIFI:

Pour créer une application Bluetooth nous avons besoin de logiciel “ app inventor”

Logiciels	Matériels
App Inventor	Ordinateur
Mode de distribution	Format numérique

➤ Dans votre navigateur internet aller sur le site du logiciel : <http://ai2.appinventor.mit.edu/>

III.2.3 Logiciel app inventor:

III 2.3.1 Définition :

App Inventor est un outil de développement en ligne pour les téléphones et les tablettes qui fonctionnent avec le système d'exploitation Android. Il faut donc une liaison internet et un navigateur internet comme Mozilla Firefox ou Chrome. App Inventor est une application web open-source à l'origine fournie par Google, et maintenant maintenue par le Massachusetts Institute of Technology (MIT). Cette plate-forme de développement est utilisable par toutes et tous à condition de posséder un compte Gmail. La programmation est réalisée sans taper une seule ligne de code, mais simplement en associant et en paramétrant des briques logicielles toutes faites (langage Scratch). Des connaissances en programmation orientée objet peuvent toutefois être nécessaires. Cependant, on pourra s'affranchir complètement de la connaissance des noms des propriétés et méthodes liées aux objets. En effet des blocs de propriétés, méthodes et événements seront directement proposés dès la création d'un objet sans que l'on s'en rende compte ce qui simplifie la programmation. La programmation orientée objet ne signifie pas que l'on travaille avec des objets graphiques mais plutôt que l'on manipule des objets informatiques appelés "objets" qui ont des propriétés, une classe et peuvent elles-mêmes avoir des héritiers, qui possèdent des méthodes ... L'utilisation de App Inventor rend assez facile la réalisation d'applications Android (en tout cas plus facile que l'utilisation du programme Google "Android Studio" qui nécessite de connaître la programmation en Java) mais les possibilités sont plus limitées. [21]

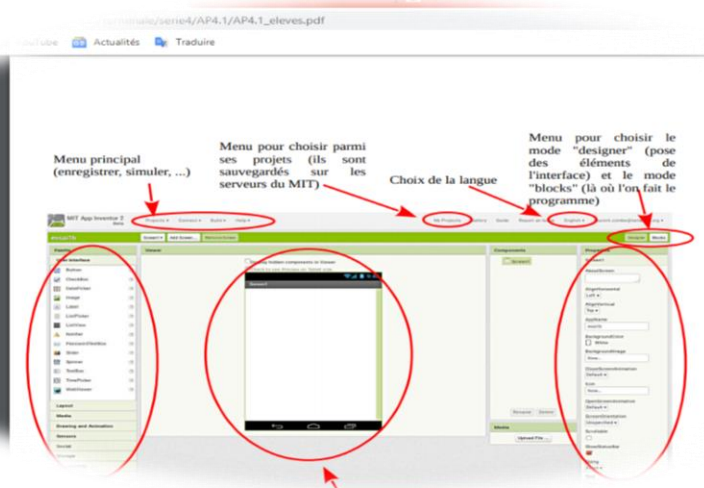
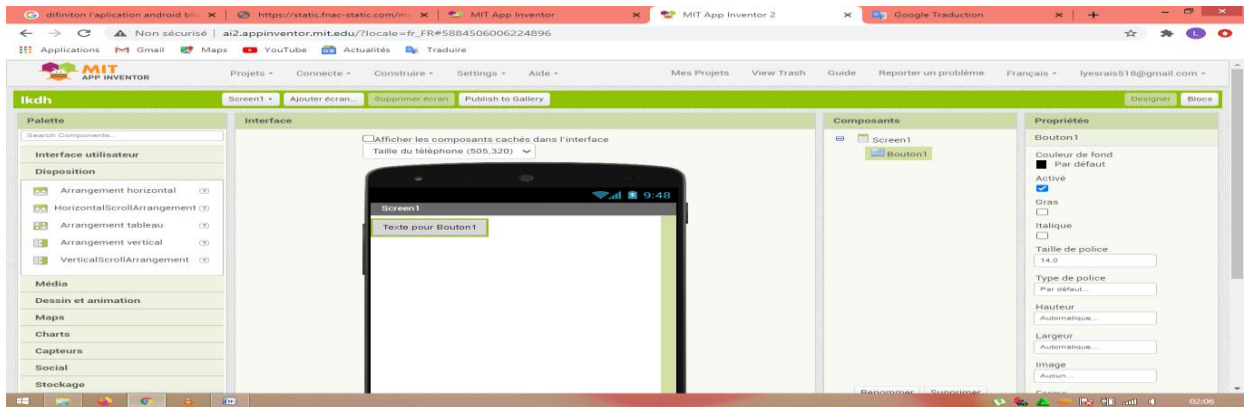


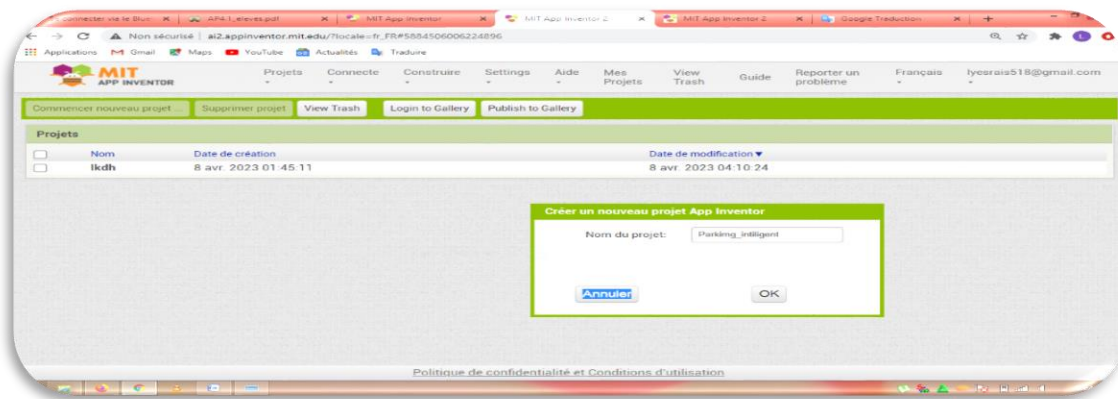
Figure 82 : Logiciel APP inventor

III.3. L'étape de création de l'application Android WIFI avec logiciel "app inventor" :



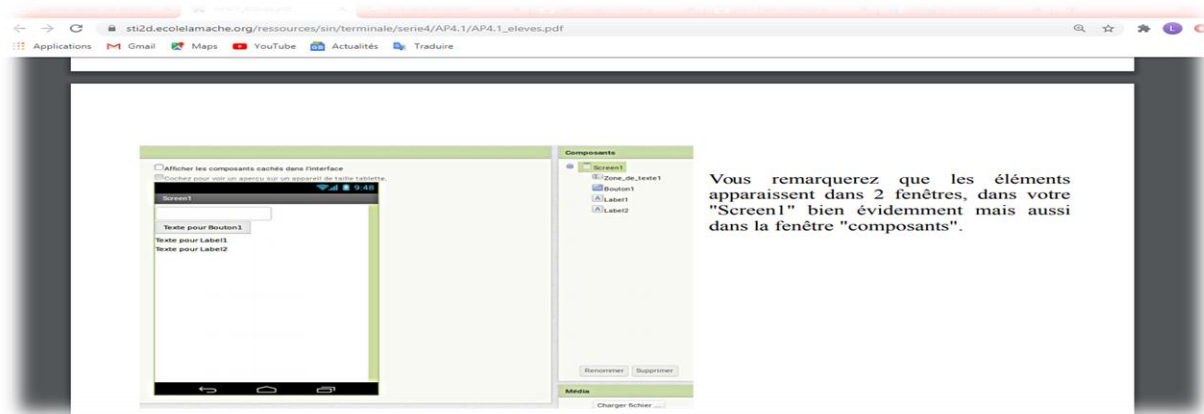
Étape 1 : création de l'application :

Allez dans le menu "Projets" puis choisir "Commencer nouveau projet ..." Choisir un nom de projet puis cliquer sur OK :



Étape 2 : placement des éléments sur l'écran :

Nous avons 4 éléments à placer sur notre écran (interface homme/machine): • une zone de texte à remplir ('zone de texte') • un bouton • 2 zones de texte où écrire ('Label') Placez les éléments pour obtenir l'écran ci-dessous. Pour placer un élément, cliquez dessus dans le menu de gauche et le déplacer, en gardant le clic enfoncé, à l'endroit où vous voulez le poser (dans le "Screen1" qui est le nom de votre fenêtre d'application)



Étape 3 :

Paramétrage des éléments Le paramétrage se passe dans la fenêtre de droite "propriétés" Pour la zone de texte, on va lui mettre un texte par défaut" : Pour le bouton, on va lui mettre un texte : Pour le 1er texte (Label1), on va écrire "conected" et le rendre invisible : Pour le 2ème texte (Label2), on ne va rien écrire et le rendre invisible aussi :

- **Il faut penser à faire régulièrement des sauvegardes (menu "Projets" puis "enregistrer le projet")**

III.4. Discussion :

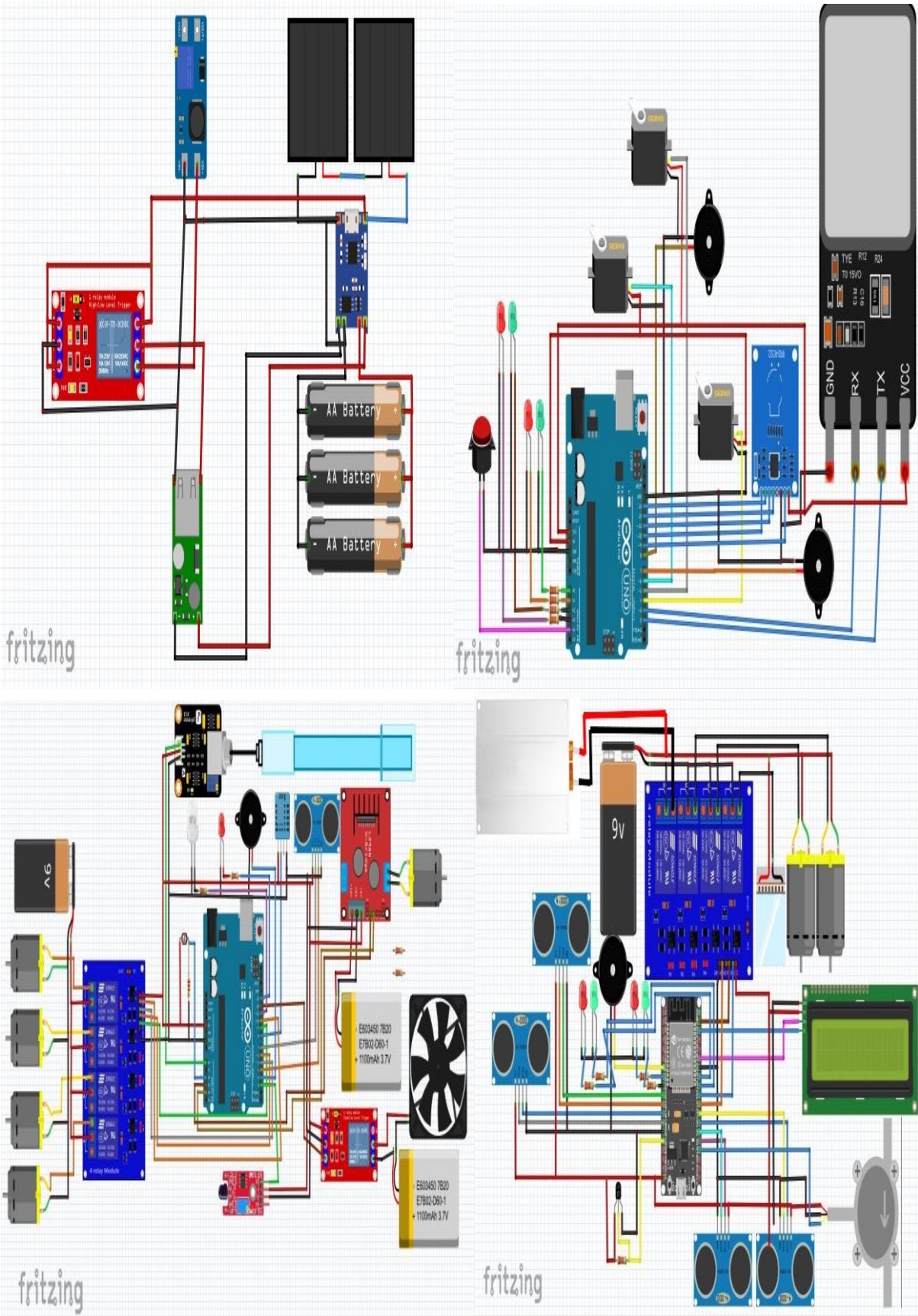
Dans ce chapitre, nous avons abordé les étapes de mise en œuvre de notre environnement de travail, nous avons testé et montrer les résultats de fonctionnement du système sur notre station prototype.

La réalisation de ce projet nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques, et d'acquérir une certaine expérience au niveau de la réalisation pratique. Nous avons eu l'occasion d'étudier, de concevoir et d'utiliser une diversité de matériels et logiciels, et d'appliquer notre savoir et savoir-faire acquis lors de notre formation.

III.5. Le schéma synoptique global du système sur fritezing :

III.6. Le rapport de demontionement sur logiciel p.v système :

Schéma synoptique global du système :



PVsyst - Simulation report

Stand alone system

Project: Iyesrais

Variant: Iyesrais memoire fin d etude

Stand alone system with batteries

System power: 240 Wp

Publier - France



Project: Iyesrais

Variant: Iyesrais memoire fin d etude

PVsyst V7.2.5

VCO, Simulation date:
30/08/25 02:20
with v7.2.5

Project summary

Geographical Site		Situation		Project settings	
Publier		Latitude	46.39 °N	Albedo	0.20
France		Longitude	6.54 °E		
		Altitude	499 m		
		Time zone	UTC+1		
Meteo data					
Publier					

System summary

Stand alone system		Stand alone system with batteries			
PV Field Orientation		User's needs			
Fixed plane		Daily household consumers			
Tilt/Azimuth	40 / 0 °	Constant over the year			
		Average		1.7 kWh/Day	
System information		Battery pack			
PV Array		4 units		Lithium-ion, LFP	
Nb. of modules		240 Wp		1 Unit	
Pnom total				51 V	
				156 Ah	

Results summary

Available Energy	298.4 kWh/year	Specific production	1243 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	79.27 %
Used Energy	288.3 kWh/year			Solar Fraction SF	47.80 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7

**PVsyst V7.2.5**

VCO, Simulation date:
30/08/25 02:20
with v7.2.5

General parameters

Stand alone system		Stand alone system with batteries	
PV Field Orientation		Sheds configuration	
Orientation		No 3D scene defined	
Fixed plane			
Tilt/Azimuth	40 / 0 °		
User's needs		Models used	
Daily household consumers		Transposition	Perez
Constant over the year		Diffuse	Perez, Meteonorm
Average	1.7 kWh/Day	Circumsolar	separate

PV Array Characteristics

PV module		Battery	
Manufacturer	Canrom PV	Manufacturer	BYD
Model	Canrom-60	Model	B-Box PRO 7.5
(Original PVsyst database)		Technology	Lithium-ion, LFP
Unit Nom. Power	60 Wp	Nb. of units	1 Unit
Number of PV modules	4 units	Discharging min. SOC	10.0 %
Nominal (STC)	240 Wp	Stored energy	7.2 kWh
Modules	2 Strings x 2 In series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	51 V
Pmpp	220 Wp	Nominal Capacity	156 Ah (C10)
U mpp	27 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	8.2 A	Battery Management control	
Controller		Threshold commands as	SOC calculation
Universal controller		Charging	SOC = 0.96 / 0.80
Technology	MPPT converter	Discharging	SOC = 0.10 / 0.35
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.		
Converter			
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %		
Total PV power			
Nominal (STC)	0 kWp		
Total	4 modules		
Module area	2.5 m ²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Serie Diode Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	55 mΩ	Voltage drop	0.7 V
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	2.3 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s				
Module Quality Loss		Module mismatch losses		Strings Mismatch loss	
Loss Fraction	3.0 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %
IAM loss factor					
ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cosi - 1)					



PVsyst V7.2.5

VCO, Simulation date:
30/08/25 02:20
with v7.2.5

Detailed User's needs

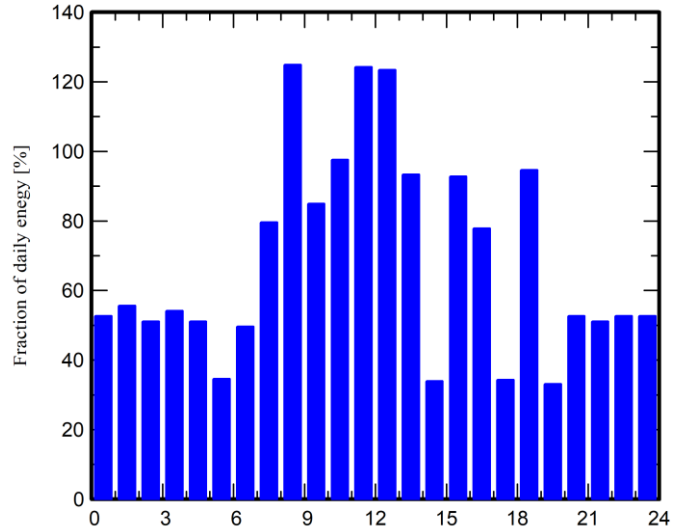
Daily household consumers, Constant over the year, average = 1.7 kWh/day

Annual values

	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
les caoteurs	6	1W/lamp	9.5	57
les poms	6	5W/app	19.0	570
meleangeur	1	3W/app	11.0	33
ultrasonor	5		24	375
ventilateure	1		6	7
capteur ph	1	1W tot	4.0	2
aurre chose	30	3W tot	6.5	585
Consomm. de veille			24.0	24
Total daily energy				

1653Wh/day

Hourly distribution





Project: Iyesrais

Variant: Iyesrais memoire fin d etude

PVsyst V7.2.5

VCO, Simulation date:
30/08/25 02:20
with v7.2.5

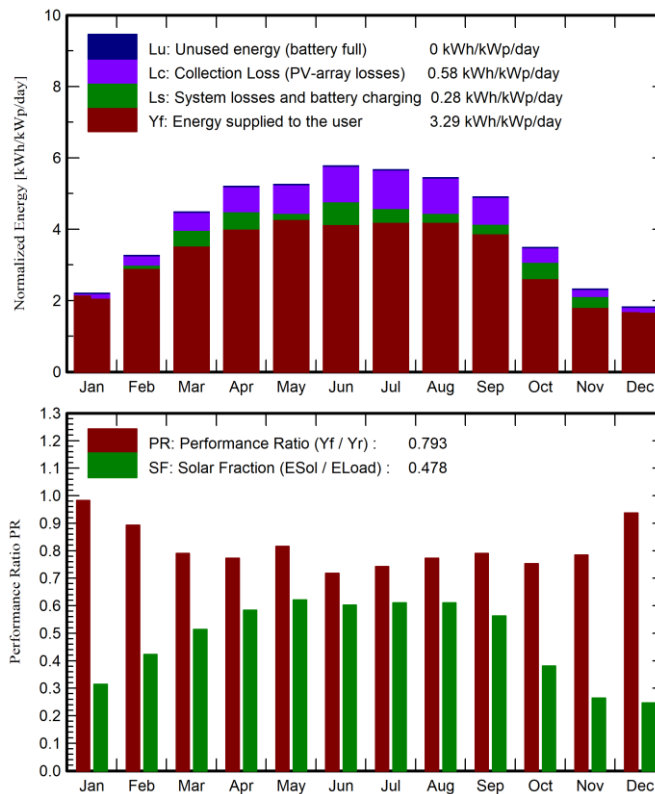
Main results

System Production

Available Energy	298.4 kWh/year	Specific production	1243 kWh/kWp/year
Used Energy	288.3 kWh/year	Performance Ratio PR	79.27 %
Excess (unused)	0.0 kWh/year	Solar Fraction SF	47.80 %
Loss of Load		Battery aging (State of Wear)	
Time Fraction	51.6 %	Cycles SOW	99.7 %
Missing Energy	314.9 kWh/year	Static SOW	90.0 %
		Battery lifetime	10.0 years

Normalized productions (per installed kWp)

Performance Ratio PR



Balances and main results

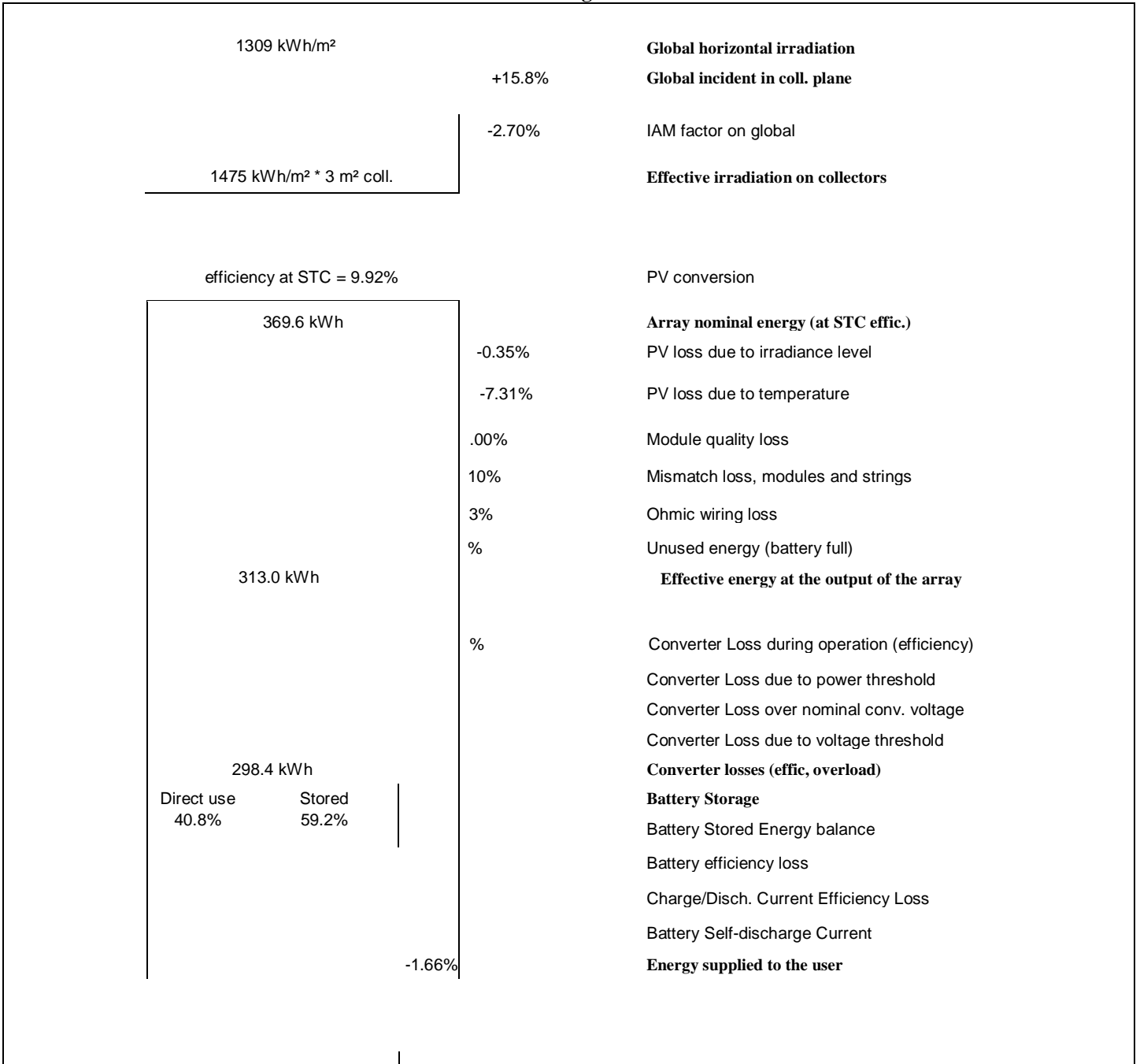
	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	37.1	66.9	14.65	0.000	35.12	16.12	51.23	0.315
February	58.1	89.4	19.25	0.000	26.69	19.58	46.27	0.423
March	105.9	135.6	28.31	0.000	24.90	26.33	51.23	0.514
April	139.5	151.7	30.92	0.000	20.66	28.92	49.58	0.583
May	168.0	157.5	31.57	0.000	19.39	31.84	51.23	0.622
June	188.5	167.5	32.74	0.000	19.74	29.84	49.58	0.602
July	186.8	170.1	32.54	0.000	19.93	31.30	51.23	0.611



PVsyst V7.2.5

VCO, Simulation date:
30/08/25 02:20
with v7.2.5

Loss diagram



Missing energy

0.00%

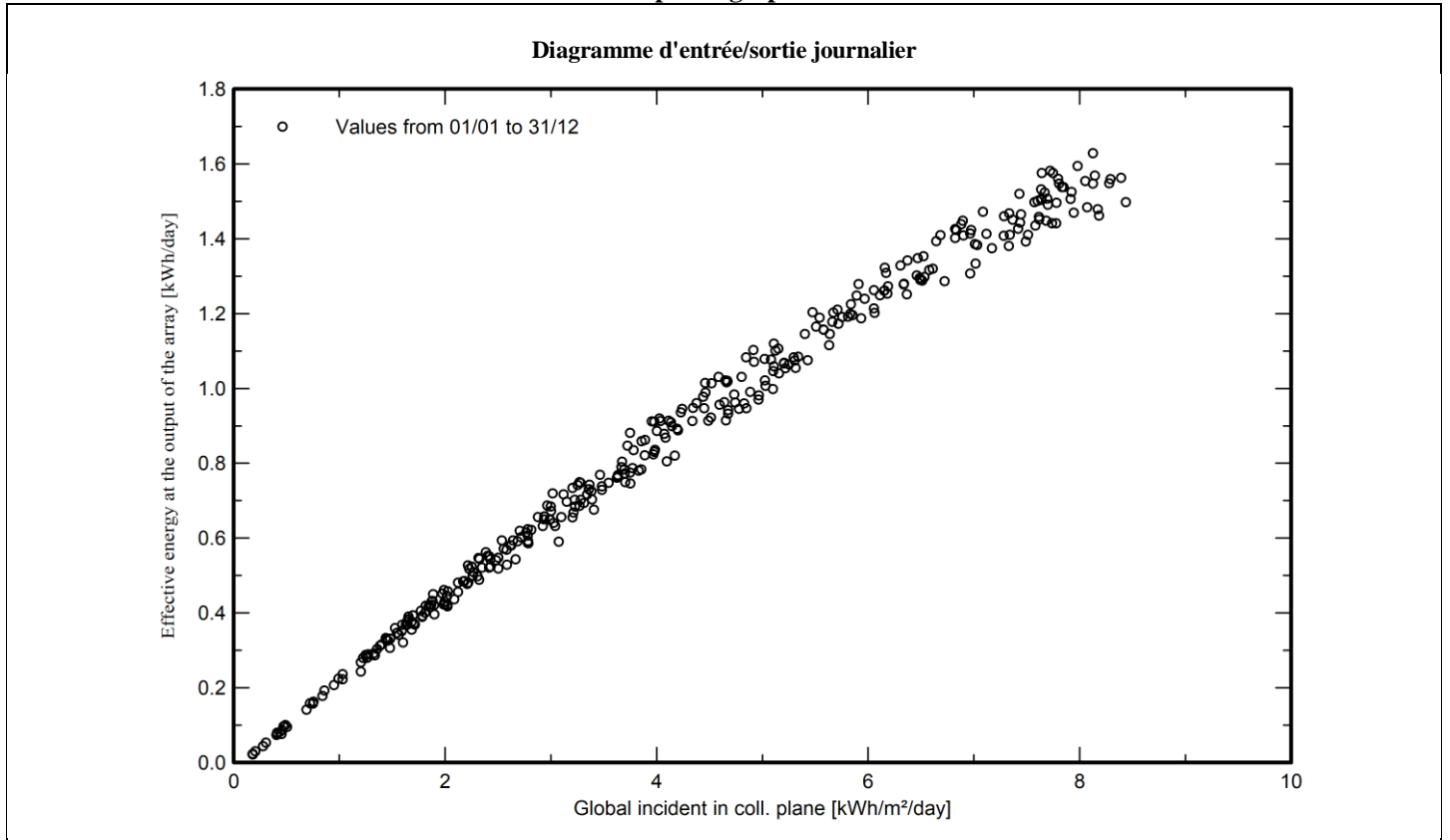
Converter Loss due to voltage threshold



PVsyst V7.2.5

VC0, Simulation date:
30/08/25 02:20
with v7.2.5

Special graphs



Chapitre IV :
Tests et résultats

I. Introduction

Ce chapitre présente les tests réalisés sur le système électronique conçu pour superviser et contrôler une station de traitement d’eaux fonctionnant de manière autonome. La carte développée, basée sur un microcontrôleur ESP32 et pic atmega , intègre différents capteurs (pH, turbidité, niveau, température) pour surveiller en temps réel la qualité de l’eau et piloter automatiquement les actionneurs tels que pompes et mélangeurs. Les données sont transmises vers la plateforme ThingSpeak pour une visualisation graphique et restent accessibles via une application mobile connectée en WiFi. L’objectif principal est d’évaluer la précision des mesures, la fiabilité de la communication et la réactivité des actionneurs. Nous présentons ici le plan de test, les résultats obtenus et leur analyse, suivis d’une discussion sur les points forts, les difficultés rencontrées et les perspectives d’amélioration.

I.1. Branchement de Système global :

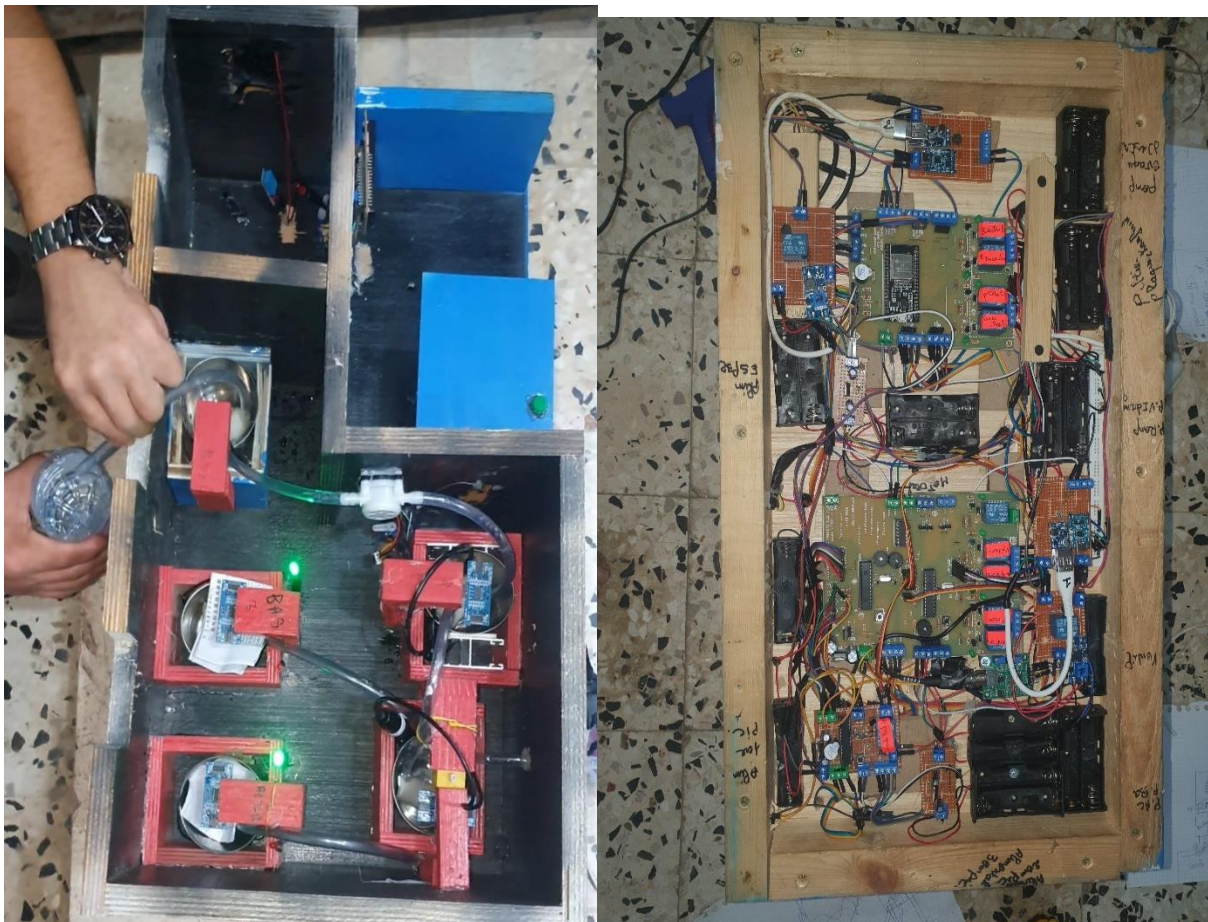


Figure 82 : Branchement de Système global

I.2. Fonctionnement général du système :

Le capteur de pH pilote les pompes et le mélangeur (acide si $pH > 7$, base si $pH < 7$, redirection vers le 2^e réservoir si $pH = 7$) ; dans le deuxième réservoir l'eau est traitée thermiquement (plaque chauffante + module Peltier) contrôlés par une sonde DS18B20 ; après traitement la pompe d'évacuation active l'écoulement qui passe par un débitmètre ; les mesures (pH, température, débit, état pompes) sont envoyées sur ThingSpeak et sur une application Android ; enfin l'eau neutralisée est stockée dans un réservoir de stockage et distribuée à l'utilisateur

Notre station intègre capteurs, pompes et traitement thermique avec systèmes de sécurité (niveau, T°, alarmes) et contrôle d'accès (RFID/app) pour garantir une eau potable fiable et protégée

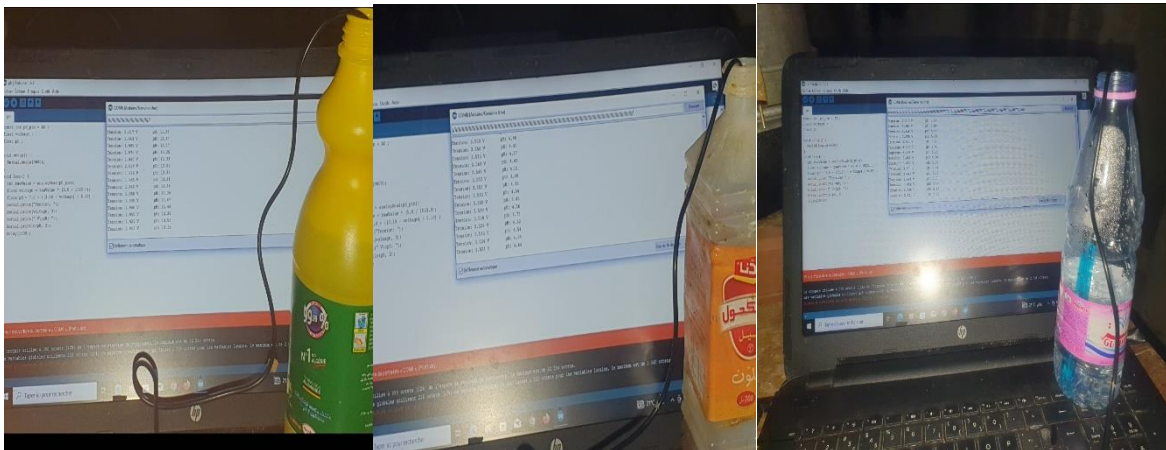


Figure 83 : résultat sur le moniteur sérié les 3 types de pH



Figure 84 : résultat sur le moniteur sérié de ultrason

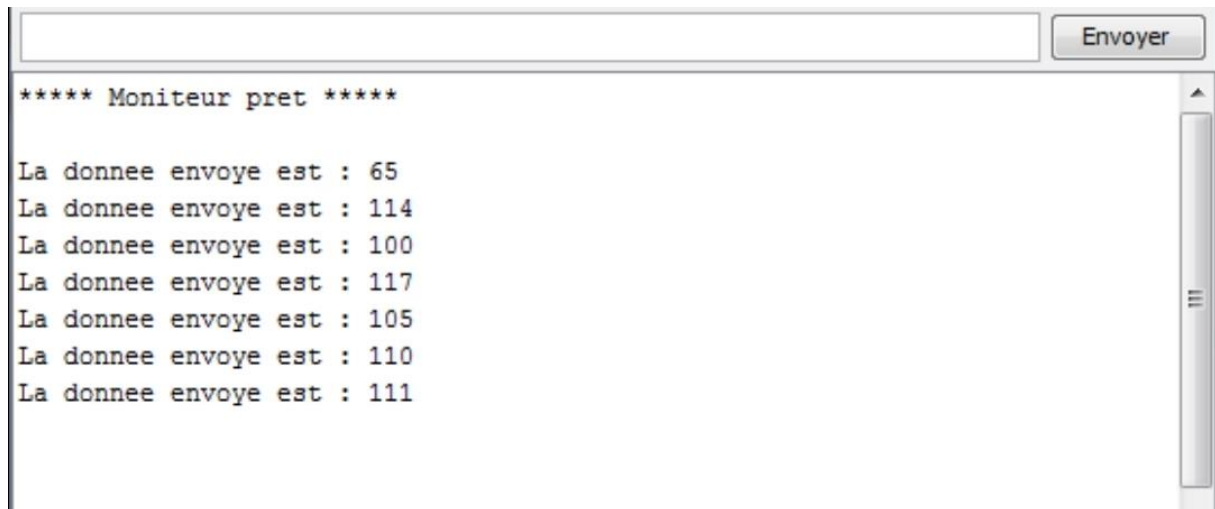


Figure 85 : résultat sur le moniteur sérié de débitmètre

I.3. Résultats des tests :

I.3.1. Résultats sur le moniteur série :

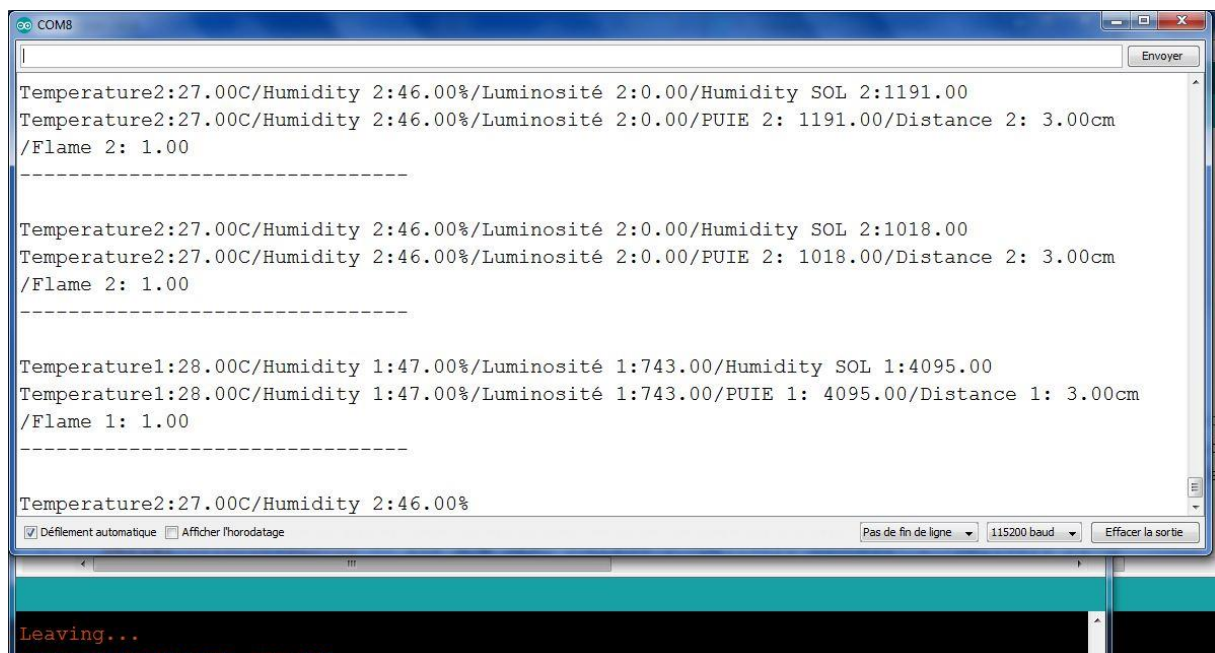


Figure 86 : résultat sur le moniteur sérié.

I.3.2. Collecte des données :

Les données ont été collectées sur une période de deux semaines avec des relevés toutes les 10 minutes pour chaque capteur. Les résultats sont présentés ci-dessous sous forme de tableaux et de graphiques.

I.3.3. Présentation des résultats :

I.3.3.1. Station de traitement d'eaux :

Dans le tableau suivant nous présentons les résultats :

Tableau N°4 : Résultats des capteurs de température et d'humidité de l'air

Temps	Température (°C)	Humidité de l'air (%)
08:00	22	60
12:00	28	55
16:00	26	57
20:00	24	6

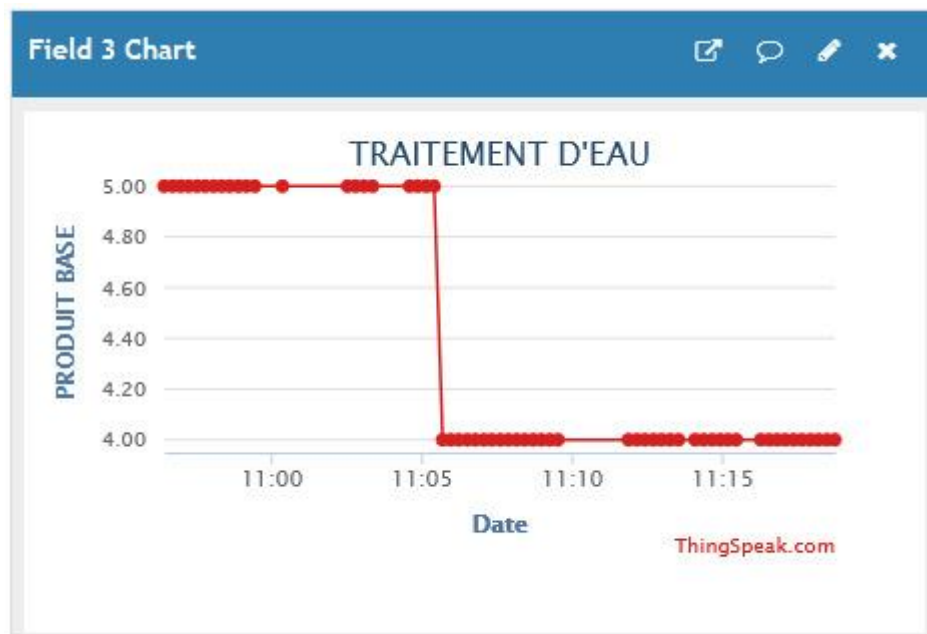
Commentaire sur les résultats de température et d'humidité de l'air : Les capteurs DHT11 ont montré une bonne précision et une réactivité adéquate aux variations environnementales. Les valeurs enregistrées suivent une tendance logique correspondant aux fluctuations diurnes attendues.

Dans le tableau suivant nous présentons les résultats :

Tableau N°5 : Résultats de luminosité (station de traitement d'eaux)

Temps	Luminosité (lux)
08:00	300
12:00	800
16:00	600
20:00	400

Graphique 1 : Variations de produit bas dans station de traitement d'eaux :



Commentaire sur les résultats de produit bas dans station de traitement d'eaux : Le graphique montre l'évolution du paramètre produit base dans le cadre du traitement d'eau. On observe une valeur stable autour de 5.0 millilitre jusqu'à environ 11h05, puis une chute brusque vers 4.0 millilitre, qui reste constante par la suite. Cette variation indique soit une intervention du système de régulation (injection ou arrêt de produit), soit une modification soudaine des conditions de traitement. La stabilité après la chute traduit que le système s'est stabilisé sur un nouveau point d'équilibre.

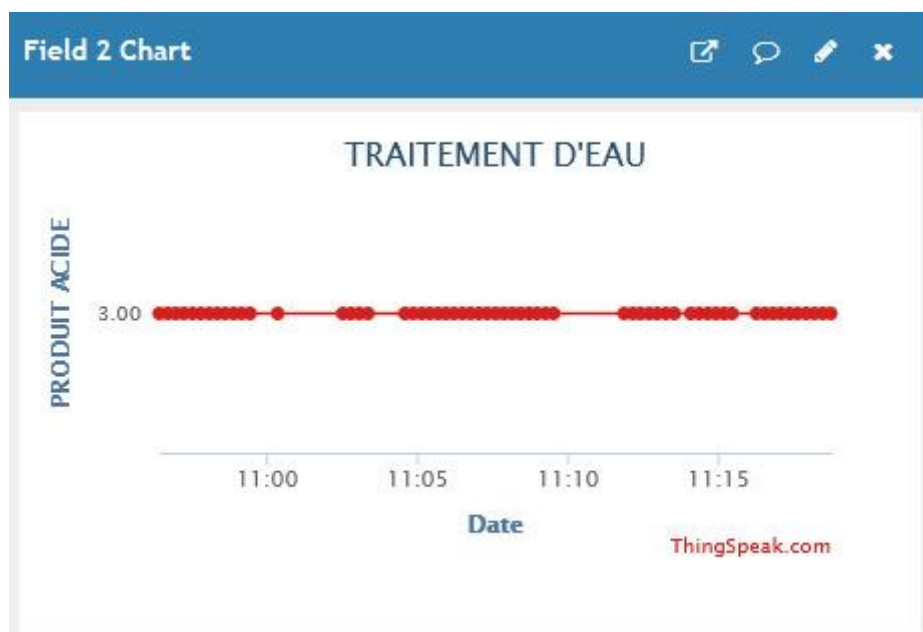
Dans le tableau suivant nous présentons les résultats :

Temps	Identifiant RFID	Accès autorisé/refusé
08:00	123456	Autorisé
12:00	654321	Refusé
16:00	123456	Autorisé
20:00	655478	Refusé

Tableau N°6 : Résultats du système RFID

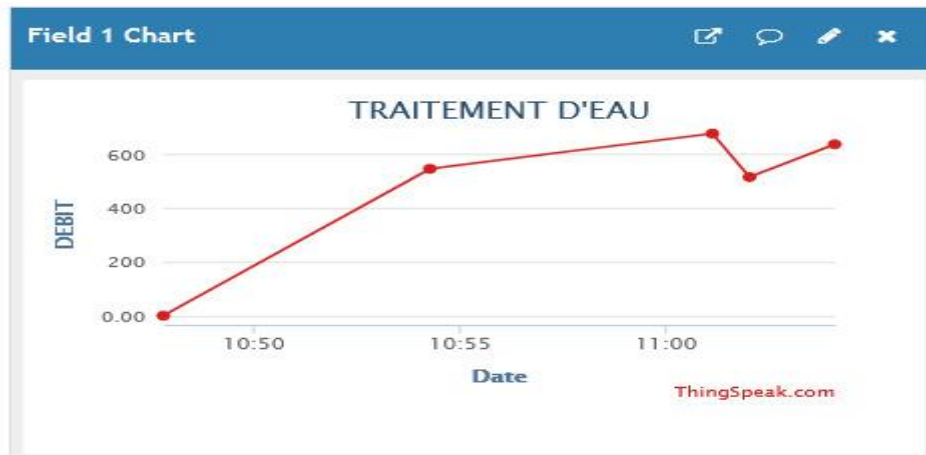
Commentaire sur les résultats du système RFID : Le système RFID a fonctionné correctement, permettant ou refusant l'accès en fonction des identifiants autorisés. Cela montre la fiabilité du système de contrôle d'accès.

Graphique 2 : Variations de produit acide dans station de traitement d'eau :



Commentaire : Le graphique montre l'évolution du produit acide durant le traitement d'eau. La courbe reste stable autour de la valeur 3.00 entre 11h00 et 11h20, ce qui indique une injection ou une concentration constante sans variation notable. Cette stabilité reflète un fonctionnement régulier du système, sans perturbation ni changement brusque.

Graphique 3 : Variations de Debit de station de traitement d'eaux :



Commentaire : Le graphique illustre l'évolution du débit dans le système de traitement d'eau. On observe une augmentation progressive du débit de 0 à environ 650 L/Minute jusqu'à 11h00, suivie d'une légère baisse puis d'une reprise. Cette tendance montre que le système fonctionne correctement avec quelques fluctuations normales de débit lors du processus.

Temps	Flamme (détection)	Luminosité (lux)
08:00	NON	250
12:00	OUI	800
16:00	NON	600
20:00	NON	300

Tableau N°7 : Résultats des Capteurs de, de Flamme et de Luminosité

Commentaire : Le capteurs de flamme ont efficacement détecté la présence de flammes, déclenchant les alertes nécessaires. Les variations de luminosité enregistrées sont cohérentes avec les attentes pour une journée typique, avec des pics autour de midi.

I.3.3.2 Les résultats sur thingSpeak:

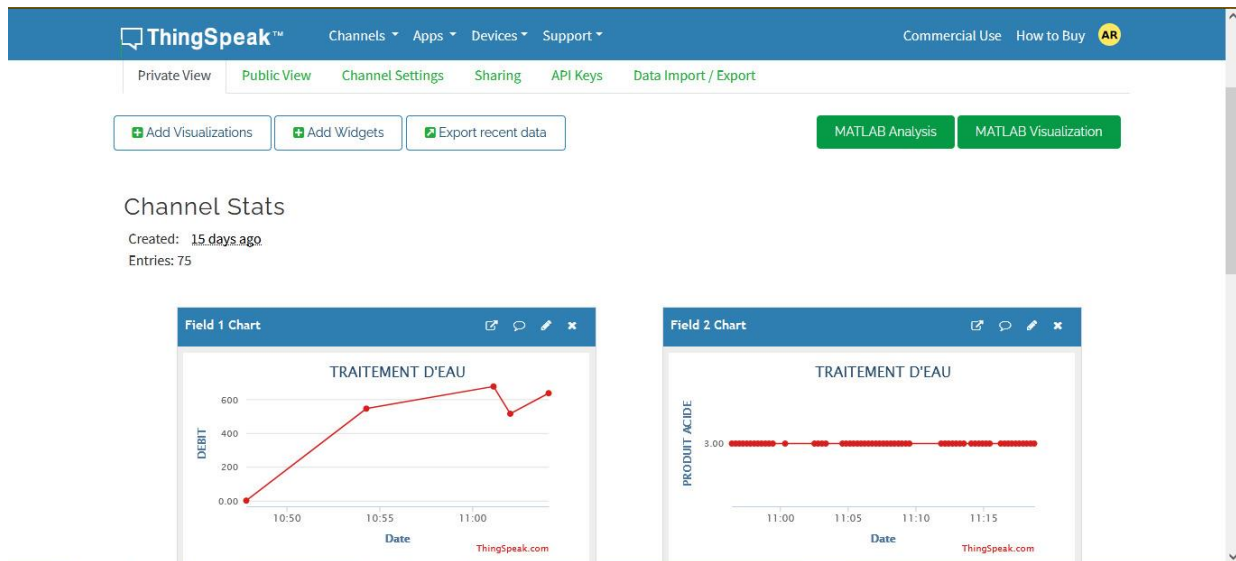


Figure 87 : résultat de thingSpeak.

I.3.3.3 Les résultats sur l'application WIFI (App inventor) :

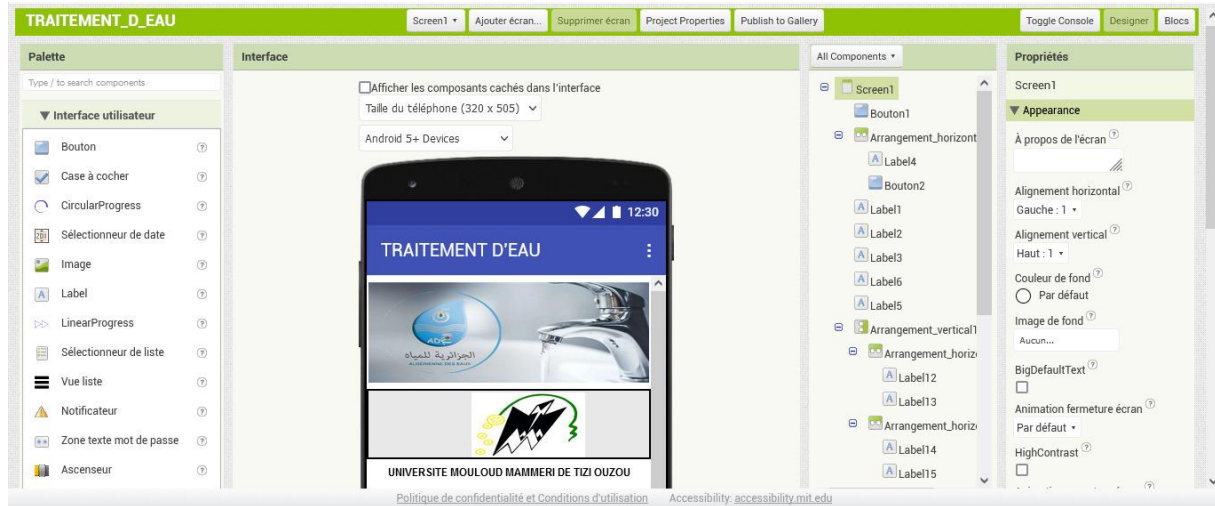


Figure 88 : application Mit inventor.

I.4 Discussion :

Les tests effectués ont montré que le système de surveillance et de contrôle développé pour la station de traitement d'eaux est performant et fiable. Les capteurs, actionneurs et systèmes de communication ont tous fonctionné comme prévu, permettant une gestion efficace des paramètres liés à la qualité de l'eau. Les données transmises en temps réel vers ThingSpeak et l'application mobile ont permis une visualisation et une analyse précises, facilitant le suivi du traitement. Les points forts et les défis rencontrés fournissent des bases solides pour de futures améliorations, visant à optimiser encore davantage ce système pour une utilisation pratique et industrie.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

En conclusion, ce projet de station de traitement d'eaux alimentée par un système photovoltaïque et soutenue par une batterie rechargeable constitue une avancée importante vers des solutions intelligentes, autonomes et respectueuses de l'environnement. L'intégration de panneaux solaires assure une alimentation continue en énergie propre, tandis que la batterie rechargeable permet de garantir le fonctionnement du système même en l'absence de rayonnement solaire, offrant ainsi une autonomie énergétique complète. Grâce au microcontrôleur ESP32 et arduino, le système intègre différents capteurs de qualité de l'eau (pH, niveau et température) ainsi que des actionneurs tels que pompes et mélangeurs, assurant une régulation automatique et précise du processus de traitement. La collecte et la transmission des données en temps réel vers la plateforme ThingSpeak, ainsi que leur accessibilité via une application mobile WiFi, offrent un suivi constant et une gestion à distance fiable.

Les résultats obtenus démontrent la fiabilité et l'efficacité de ce prototype, confirmant sa capacité à répondre aux besoins d'un traitement d'eau moderne et durable, tout en exploitant des énergies renouvelables et stockables. Toutefois, certains défis subsistent, notamment l'optimisation du stockage énergétique, la gestion intelligente des cycles de charge et de décharge de la batterie, ainsi que l'adaptation du dimensionnement du système photovoltaïque aux conditions climatiques variables. Ces difficultés constituent des pistes de recherche et d'amélioration pour les générations futures de ce type de solution. L'adoption de batteries à haute capacité, l'utilisation de régulateurs de charge plus performants et l'intégration d'algorithmes de gestion énergétique avancés permettraient d'augmenter l'efficacité et la longévité du système.

Ainsi, cette station de traitement d'eaux, combinant énergie solaire et stockage par batterie rechargeable, illustre parfaitement le potentiel des technologies hybrides pour répondre aux enjeux actuels liés à l'accès à l'eau potable, à l'autonomie énergétique et à la durabilité environnementale. Elle se positionne comme une solution concrète pour les zones rurales, isolées ou dépourvues d'infrastructures électriques, tout en constituant une base solide pour de futures recherches et applications industrielles. En conjuguant automatisation, électronique embarquée et énergies renouvelables, ce projet ouvre la voie à des systèmes de traitement d'eaux plus intelligents, résilients et durables, capables de contribuer efficacement à la préservation des ressources naturelles et à l'amélioration des conditions de vie des populations.

Conclusion Générale

Cette station vise à :

Surveiller la qualité de l'eau à travers plusieurs capteurs (pH, TDS, turbidité, température...).

Activer des traitements automatisés lorsque les seuils de qualité sont dépassés.

Fonctionner de manière autonome, grâce à une alimentation indépendante (notamment panneaux solaires et batteries).

Envoyer les données collectées à distance via des modules de communication Bluetooth.

Alerter l'utilisateur ou les autorités locales en cas de danger ou d'eau impropre à la consommation.

Ce projet s'inscrit pleinement dans une démarche de développement durable. En plus de favoriser l'accès à l'eau potable, il contribue à :

Réduire la consommation d'énergie grâce à des solutions renouvelables (solaire).

Automatiser le traitement de l'eau pour éviter les erreurs humaines ou les oublis.

Minimiser l'utilisation excessive de produits chimiques.

Alerter rapidement en cas de pollution, évitant ainsi des contaminations graves.

De plus, le coût relativement bas du matériel utilisé (composants Arduino, capteurs open-source) rend le système accessible aux collectivités à faibles ressources

Perspectives d'amélioration

Perspectives d'amélioration

À la lumière des résultats obtenus, plusieurs axes de développement peuvent être envisagés afin d'optimiser et d'élargir les fonctionnalités de la station de traitement d'eaux autonome :

- **Capteurs de nouvelle génération** : remplacer ou compléter les capteurs actuels par des capteurs numériques de haute précision pour le suivi du pH, de la turbidité, de la conductivité électrique, de l'oxygène dissous et de la température.
- **Communication avancée** : explorer d'autres protocoles sans fil (LoRa, ZigBee, XBEE) pour permettre une couverture plus large et minimiser la dépendance au WiFi.
- **Application mobile dédiée** : développer une application Android/iOS avec interface conviviale pour un pilotage et une visualisation encore plus simples et personnalisés.
- **Automatisation avancée** : intégrer des techniques d'intelligence artificielle, comme les réseaux de neurones, pour prédire les besoins énergétiques et optimiser le dosage des produits chimiques.
- **Évolutivité** : adapter la plateforme à des stations de traitement de plus grande capacité ou à des contextes industriels, tout en garantissant une modularité pour répondre à divers besoins.
- **Durabilité environnementale** : explorer l'utilisation de matériaux recyclables pour la conception et renforcer la résistance du système face aux conditions climatiques extrêmes.

Références bibliographique

Références bibliographique :

- [1] : Baker, Moses Nelson, and Michael J. Taras. "The quest for pure water: the history of water purification from the earliest records to the twentieth century." (*No Title*) (1948).
- [2] : Vachez, Dominique, Isabelle Gomez, and Éric Garnier. "Semantics of biodiversity: from thesaurus to linked open data (LOD)." *47th LIBER Annual Conference: Research Libraries as an Open Science Hub*. 2018.
- [3] : ANDREAU, N., D. LITVINE, and J. SPILEMON. "Le projet ECSpect-Pratiques et consommation d'eau chaude sanitaire: enseignements d'une expérimentation sociotechnique dans le secteur domestique, 173 pages, pour le compte de l'ADEME Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr>Ce document est diffusé par l'ADEME 20, avenue du Grésillé BP 90406| 49004 Angers Cedex 01." *Numéro de convention: 1904C0016 Appel à projets de recherche Vers des Bâtiments Responsables à l'horizon*. 2020.
- [4] : Karr, Guillaume, and Valérie Bert. "USAGE DE RENATURATION DANS LA GESTION DES SITES ET SOLS POLLUÉS: PREMIERS ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE."
- [5] : Karr, Guillaume, and Martine Ramel. "Indoor air quality and health: the consumer products presenting the greatest individual risks." *Environnement, Risques & Santé* 20.5 (2021): 446-456.
- [6] : <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- [7] : <https://www.unesco.org/fr/water>
- [8] : <https://www.cieau.com>
- [9] : <https://www.cieau.com>
- [10] : <https://scholar.google.com>
- [11] : Lilia, Azibi, and Aichoun Fateh. *Contrôle et supervision d'une installation photovoltaïque par microcontrôleur*. Diss. FGEI. UMMTO, 2023.
- [12] : Azzedine, Benmaddi, and Mohammedi Meziane. *Dimensionnement et conception d'une installation photovoltaïque pour la FGEI et optimisation de la consommation*. Diss. Université Mouloud Mammeri, 2017.
- [13] : <https://www.arduino.cc/en/software>
- [14] : http://infarab.free.fr/doc_09-12_2014/Cours-ARES.pdf
- [15] : *LED Lighting Basics* – Sal Cangeloso
- [17] : <https://www.autodesk.com/products/eagle>
- [18] : <https://www.sunbasedata.com/blog/what-is-a-pv-system-software>
- [20] : <https://fr.mathworks.com/help/thingspeak/>

- **[22]** : ABISOUROUR, Jaouad. "Contribution à l'amélioration des performances opérationnelles des systèmes de management ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001: développement et expérimentation d'une méthodologie de couplage du Cost Deployment et de la Value Stream Mapping." (2021).
- **[23]** : Arif, Arif Rakhman Suharso, et al. "Analysis of The use of Proteus Software as a Practical Learning Support." *International Journal Engineering and Applied Technology (Ijeat)* 7.1 (2024): 30-39.
- **[24]** : Määttä, Jyri. "ARDUINO-ALUSTAN SOVELTAMINEN PELI-KONSOLIN KEHITTÄMISESSÄ."
- **[25]** : http://labsticc.univ-brest.fr/~bounceur/cours_site/Cours-Android-et-IoT---ENSTA.html
- **[26]** : Aghiles, Rais. *Conception et réalisation d'un système réseau de serres à base des cartes ESP-32*. Diss. FGEI. UMMTO, 2023.
- **[27]** : Aghiles, Rais. *Conception et réalisation d'un système réseau de serres à base des cartes ESP-32*. Diss. FGEI. UMMTO, 2023.
- **[28]** : Aghiles, Rais. *Conception et réalisation d'un système réseau de serres à base des cartes ESP-32*. Diss. FGEI. UMMTO, 2023.
- **[29]** : <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/systeme-embarque-page-2.html/>
- **[31]** : <https://www.dfrobot.com/product-1099.html>
- **[32]** : <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- **[33]** : <https://librairie.ademe.fr/cadic/2642/guide-panneaux-photovoltaiques.pdf>
- **[35]** : Aghiles, Rais. *Conception et réalisation d'un système réseau de serres à base des cartes ESP-32*. Diss. FGEI. UMMTO, 2023.
- **[36]** : *Info Chauffage* — “Panneaux solaire monocristallin ou polycristallin : choisir la technologie idéale” : rendements, apparence, durée de vie, etc.
- **[37]** : Electrical-Technology.org — *Electromagnetic Relay (EMR): Construction, Working, Types and Applications* : décrit ce qu'est un relais, comment il est construit et utilisé, ainsi que les différents types.
- **[38]** : Aubert, Sébastien. *Étude d'un résonateur phononique à onde de surface pour des applications de capteurs de température et de déformation*. Diss. Université Bourgogne Franche-Comté, 2019.

- [39] : Pompeaeau.fr - Une pompe à eau est un type de produit qui déplace l'eau avec de la pression. Il existe de nombreux types de pompes pour différents usages, tels que le pompage de l'eau excédentaire ou l'approvisionnement en eau pour les jardins et les fermes.
- [41] : Boylestad, Robert L., and Louis Nashelsky. *Electronic devices and circuit theory*. Pearson, 2011.
- [42] : Koffi, Juslin, Francis Allard, and Jean-Jacques Akoua. "Experimental evaluation of ventilation systems in a single-family dwelling." *arXiv preprint arXiv:1003.4598* (2010).
- [45] : Kangombe, Thomas Kayobola. *Approvisionnement en eau potable en milieu rural en République Démocratique du Congo face à l'Objectif 6 de Développement Durable, Exemple de la province du Maniema*. Diss. Selinus University of Science and Literature, 2020.
- [46] : Baker, Moses Nelson, and Michael J. Taras. "The quest for pure water: the history of water purification from the earliest records to the twentieth century." (*No Title*) (1948).
- [47] : <https://www.oieau.fr>
- [48] : <https://librairie.ademe.fr>
- [49] : <https://www.ineris.fr>
- [50] : <https://www.suez.com>
- [51] : <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- [52] : <https://www.unesco.org/fr/water>
- [53] : <https://www.cieau.com>
- [54] : <https://www.cieau.com>
- [55] : <https://scholar.google.com>