

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université 8Mai 1945 – Guelma  
Faculté des sciences et de la Technologie  
Département d'Electronique et Télécommunications



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

Domaine : Sciences et Technologie  
Filière : Electronique  
Spécialité : Systèmes Electroniques

---

**Etude et réalisation des systèmes d'arrosage et de station météo  
à base d'Arduino**

---

Présenté par :

-----  
**Haddad Djamel-Eddine  
Touahri Hossam**  
-----

Sous la direction de :

Docteur : Doghmane Hakim

Jun 2017



# Remerciement

*Louange à notre Seigneur "ALLAH" qui nous a dotés de la merveilleuse*

*Faculté de raisonnement. Louange à notre Créateur qui*

*Nous a incités à acquérir le savoir.*

*C'est à lui que nous adressons toute notre gratitude en premier lieu.*

*En second lieu, nous voudrions adresser nos vifs remerciements à tous nos*

*Professeurs qui ont contribué à notre formation.*

*Enfin, nous tenons à remercier notre encadreur*

*Docteur « DOGHIMANE Hakim » qui a toujours été disponible malgré  
ses Nombreuses occupations, et dont les encouragements*

*Et les conseils judicieux nous furent*

*D'une très grande utilité.*

*Sans omettre bien sur de remercier profondément*

*à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin*

*à la réalisation de ce travail.*





# Dédicace

Au nom du dieu le clément et le miséricordieux louange à ALLAH le tout puissant.

Je dédie ce modeste travail :

*A mes chers parents,*

Pour leurs sacrifices, leur amour, leurs prières, leur patience, leur soutien et leurs encouragements.

*A mes frères et sœurs,*

Je vous souhaite tout le bonheur et la joie.

*A toute la famille Haddad & Touahri,*

Petit ou grand, proche ou lointain.

*A tous mes amis, mes collègues,*

Je vous souhaite le courage et le succès dans votre vie.

*Djamal et Houssam*



# Sommaire

## Introduction Générale

### Chapitre 1 : Le système d'arrosage et la météorologie

I	Introduction	3
II	Définition	3
III	Changement climatique	4
III.1	Le climat	4
III.2	Les facteurs climatiques:	4
III.2.1	Température	4
III.2.2	Humidité	4
III.2.3	La pression	5
III.2.4	Le vent	5
III.3	Effet de serre	6
III.3.1	Historie	6
III.3.2	Définition	6
IV	Station de mesure	8
V	Les systèmes d'arrosage	9
V.1	Arrosage de surface	10
V.2	Arrosage enterré	10
VI	Conclusion	11

### Chapitre 2 : Les modules des systèmes d'arrosage et de station météo

I	Introduction	12
II	Pourquoi Arduino	12
III	Définition du module Arduino	13
IV	Arduino Méga 2560	14
IV.1	Caractéristiques de la carte Arduino 2560 Mega	15
IV.1.1	Alimentation	15
IV.1.2	Mémoire	16
IV.1.3	Entrées et sorties numériques	16
IV.1.4	Broches analogiques	17
IV.1.5	Communication	17
V	Les différents capteurs utilisés	18
V.1	Le module Bluetooth HC-06	18
V.2	Le module de température et humidité DHT11	18
V.2.1	Brochage du capteur DHT11	19
V.2.2	Caractéristique du capteur DHT11	19
V.3	Le module pression et altitude BMP180	19

V.3.1	Branchement du BMP180	19
V.3.2	Caractéristiques techniques du capteur BMP180	20
V.4	Module GSM SIM800L	22
VI	Les afficheurs à cristaux liquides	23
VI.1	Principe des cristaux liquides	24
VI.2	Brochage	24
VI.3	La mémoire	25
VI.4	Les modes de fonctionnement de l’afficheur	27
VI.4	Mode de 8 bits	27
VI.4	Mode de 4 bits	27
VII	Le contrôleur graphique complet	28
VIII	La pompe eau	29
IX	Les Smartphones	29
X	Plateforme de programmation Arduino	30
X.1	L’interface de l’IDE Arduino	30
X.2	Structure d’un programme Arduino	32
XI	Plateforme de programmation Androïde	32
XI.1	Androïde studio	32
XI.2	Organisation d’un projet Androïde	33
XII	Le logiciel PROTEUS	34
XIII	Conclusion	35

### **Chapitrer 3 : Conception des Systèmes d'arrosage et de station météo**

I	Introduction	36
II	Partie 1: Cotés matérielles (Hardware)	36
II.1	Structure générale du système	37
II.1.1	Station Météo:	37
II.1.1.1	Principe de fonctionnement	40
a	Module Bluetooth	40
a.1	Principe de fonctionnement	40
a.2	Principe de communication	40
a.3	L’interface Bluetooth	41
b	Capteur	41
b.1	Capteur DHT11	41
b.2	Capteur de pression BMP180	42
II.1.2	Arrosage automatique	42
II.1.2.1	Principe de fonctionnement	43
a	Module GSM SIM800L	44
a.1	Définition	44
a.2	Principe de fonctionnement	45
a.3	Commandes dédiée au service SMS	45
b	Pompe à eau	46
c	Capteur d’humidité	46
d	Relais	47
d.1	Définition	47

	d.2 Principe de fonctionnement	47
III	Partie 2: Cotés logicielles (software)	48
III.1	Organigrammes des fonctions développées sous Arduino	48
III.1.1	Organigramme de la station météo	48
III.1.1	Organigramme de l'arrosage automatique	51
III.2	L'application androïde	52
III.2.1	Qu'est ce qu'un système Androïde?	52
III.2.2	L'interface graphique de l'application	53
III.2.3	La programmation de l'application	53
IV	Conclusion	59

## **Conclusion générale**

## **Bibliographie**

## Liste des figures

Figure	Titre	page
Figure 1.1	Le bilan radiatif et sa perturbation anthropique	7
Figure 1.2	Exemple de station de mesure	8
Figure 1.3	Station météorologique agricole	9
Figure 1.4	L'arrosage de surface	11
Figure 1.5	L'arrosage de surface	11
Figure 2.1	Carte Arduino Méga 2560	14
Figure 2.2	Le module Bluetooth " HC-06"	18
Figure 2.3	Capteur de température et d'humidité DHT11	19
Figure 2.4	Le module BMP180	21
Figure 2.5	Module GSM SIM8001	22
Figure 2.6	Afficheur LCD	23
Figure 2.7	Brochage d'un afficheur LCD	24
Figure 2.8	Le contrôleur graphique complet	28
Figure 2.9	Pompe à eau	29
Figure 2.10	Interface de la plateforme Arduino	31
Figure 2.11	Barre de boulons Arduino	31
Figure 2.12	HyperTerminal de l'Arduino (Moniteur Série)	32
Figure 2.13	Structure d'un programme en Arduino	32
Figure 2.14	interface du langage "Androïde Studio"	33
Figure 2.15	Organisation d'un projet Androïde	33
Figure 2.16	interface d'utilisateur PROTEUS	34
Figure 3.1	Schéma synoptique d'un système station météo	37
Figure 3.2	Schéma électronique de la station météo	38
Figure 3.3	Schéma électronique de l'arrosage automatique	39
Figure 3.4	Schéma de l'interface Bluetooth	41
Figure 3.5	Format d'une trame de communication	42
Figure 3.6	Schéma synoptique d'un système d'arrosage	44
Figure 3.7	Schéma de fonctionnement du module GSM Sim800L	45
Figure 3.8	Piste de la manette joystick	47
Figure 3.9	Schéma synoptique d'un relais	48
Figure 3.10	Structure d'un programme Arduino	39
Figure 3.11	Organigramme du système de station météo	50
Figure 3.12	Organigramme du système d'arrosage automatique et semi-automatique	51
Figure 3.13	L'interface graphique de notre application androïde	53
Figure 3.14	Organigramme Cycle de vie d'une activité	54
Figure 3.15	Organigramme de l'application androïde	56
Figure 3.16	Plaque PCB prototype	57
Figure 3.17	Les photos de différents éléments du système de station météo	57
Figure 3.18	Les photos de différents modules de la carte d'arrosage automatique	58

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Tableau 2.1	Les caractéristiques de la carte Arduino Méga 2560	15
Tableau 2.2	Présentation des broches d'alimentation de la carte Arduino Mega 2560	16
Tableau 2.3	Différentes broches entrées/sorties numériques	17
Tableau 2.4	Récapitulation du câblage de BMP180 en fonction de quelques cartes Arduino	20
Tableau 2.5	Les principales commandes de test	23
Tableau 2.6	description de différentes broches de l'afficheur LCD	25
Tableau 2.7	Le module Bluetooth " HC-06"	18
Tableau 2.8	Les principales commandes de test	23
Tableau 2.9	description de différentes broches de l'afficheur LCD	25
Tableau 2.10	Le module Bluetooth " HC 06"	18
Tableau 2.11	Les principales commandes de test	23
Tableau 2.12	description de différentes broches de l'afficheur LCD	25
Tableau 2.13	Le module Bluetooth " HC-06"	18



The page features a decorative design with a light blue background. A thin, light blue diagonal line runs from the top-left towards the bottom-right. Three stylized blue circles are arranged along this line: a small one in the upper-left, a large one in the upper-right, and a medium one in the lower-right. Each circle consists of a dark blue center, a light blue ring, and a darker blue outer ring.

# Introduction Générale

## Introduction Générale

La communication à distance apparaît de nos jours comme étant une composante principale de la politique de modernisation et de transfert de technologie, donc le développement de l'activité industrielle d'une entreprise doit passer impérativement par l'intégration de cette composante.

Les moyens traditionnels de transfert d'information ne répondent plus aux critères d'efficacité et aux contraintes de temps qui deviennent de plus en plus sévère. Le recours aux moyens de communication sophistiqués devient incontournable pour assurer une maîtrise des aléas qui peuvent être rencontrés.

C'est dans ce contexte que notre projet s'inscrit, ou il permet le contrôle et la commande des systèmes à distant, en ayant recours au réseau GSM pour le cas d'arrosage semi-automatique (arrosage à distance) ou d'une liaison Bluetooth à travers une application androïde générée par nous mêmes, pour le cas de la station météo, ou il n'est pas nécessaire de se rendre sur le site pour acquérir les mesures. L'utilisation de cette carte (station météo) est facile dont l'utilisateur pourra à l'aide d'un téléphone portable de lire les valeurs des facteurs climatiques (température, humidité, pression et altitude) à partir d'une liaison Bluetooth avec le module correspondant (unité de Bluetooth, carte Arduino Mega 2560 et les différents capteurs utilisés dans cette carte électronique).

En ce qui concerne, la carte électronique d'arrosage, elle est constituée de deux parties:

- Arrosage semi-automatique (à distance) est basé sur l'intervention d'un utilisateur à l'aide d'un téléphone portable par l'envoi d'un code d'activation à travers une liaison GSM pour démarrer l'opération d'irrigation (arrosage des plantes), dont sa durée est de 160 s.
- Arrosage automatique qui s'articule principalement sur l'utilisation d'un capteur d'humidité injecté dans le sol. Ce capteur informe le microcontrôleur de la carte Arduino sur la situation du sol (sec ou mouille) et suivant cette situation, l'arrosage sera activée ou non.

Notre manuscrit est reparti en trois chapitres:

- Dans le premier chapitre, nous avons présentés des différentes notions et généralités sur la science de météorologie, puis on a passé à la description d'un système d'arrosage.
- Pour le deuxième chapitre, nous avons abordés le dispositif programmable Arduino Mega 2560 et les différents modules électroniques (capteurs, pompe à eau, ...etc.) utilisés dans notre conception du projet.
- Le troisième chapitre est consacré à la présentation matérielle et logicielle de notre réalisation qui est basée sur l'étude et la conception de deux cartes électroniques (la carte station météo et la carte d'arrosage).

The page features a decorative design with three blue circles of varying sizes, each composed of concentric rings of different shades of blue. These circles are arranged in a triangular pattern, with one in the top right, one in the middle left, and one in the bottom right. A thin, light blue diagonal line runs from the top left towards the bottom right, passing behind the circles and the text.

# Chapitre I

Le système d'arrosage et la météorologie

## Le système d'arrosage et la météorologie

### I. Introduction:

Tout système d'arrosage d'un endroit spécifique est fortement lié à la situation climatique de cet endroit. Pour cette raison, on va commencer par décrire la science de météorologie avant d'aborder le concept d'arrosage des plantes.

La météorologie est une science relativement récente. Les premières observations scientifiques débutent, en effet, au milieu du XVII<sup>ème</sup> siècle, au moment où sont inventés les instruments de mesure nécessaires : le pluviomètre de Castelli (1639), le thermomètre de Galilée (1641), le baromètre de Torricelli (1643), l'anémomètre (vitesse du vent) et le premier hygromètre (humidité de l'air) de Hooke (1667).

A partir des années 1950, le perfectionnement des instruments de base et l'invention de nouveaux moyens d'investigation (radars, avions, fusées, satellites artificiels, ...etc) ont permis d'acquérir une connaissance de plus en plus précise des phénomènes atmosphériques. Dans la mesure où la météorologie exige l'observation simultanée en un très grand nombre de points de la planète, ainsi que la collecte et le regroupement des données pour leur traitement et leur analyse, le développement de cette science a également été de pair avec l'essor des moyens de transmission (du télégraphe aux télécommunications par satellites en passant par la radio et le téléphone). Tout au long du XX<sup>ème</sup> siècle, la coopération internationale s'organise et en 1950, l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) est créée à Genève.

### II. Définition:

La météorologie est la science qui étudie l'atmosphère terrestre et les phénomènes qui s'y produisent. Le météorologue observe et analyse les 30 premiers kilomètres de l'atmosphère en contact avec la surface de la Terre : la troposphère et la stratosphère inférieure. La météorologie permet d'établir des prévisions météorologiques en s'appuyant sur des modèles mathématiques à court comme à long terme. Elle est également appliquée pour la prévision de la qualité de l'air, pour l'étude des changements climatiques et pour l'analyse dans plusieurs domaines de l'activité humaine.

### **III. Changement climatique:**

#### **III.1. Le climat:**

Le climat se définit comme une description des moyennes et des extrêmes météorologiques en un endroit limité. Le climat est naturellement variable comme en témoigne l'irrégularité des saisons d'une année à l'autre.

Cette variabilité est normale, et tient aux fluctuations des courants océaniques, aux éruptions volcaniques, aux variations du rayonnement solaire et à d'autres composantes du système climatique encore partiellement incomprises. De plus, notre climat aussi a ses extrêmes (inondations, sécheresses, grêle, tornades et ouragans), qui peuvent devenir dévastateurs. Cependant, depuis quelques décennies, un certain nombre d'indicateurs fiables et d'études montrent que le climat se réchauffe à l'échelle du globe terrestre. Un phénomène inquiétant qui nous interpelle sur nos activités massivement émettrices en "gaz à effet de serre".

#### **III.2. Les facteurs climatiques:**

##### **III.2.1. Température:**

La température est considérée comme une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froid. La température est la manifestation, à l'échelle macroscopique, du mouvement des atomes et molécules. Ainsi une température élevée signifie une grande « agitation » atomique.

L'unité internationale de température est le kelvin (K). Le degré Celsius (°C) est une autre unité très répandue en Europe. Certains pays anglo-saxons et les Etats-Unis utilisent une autre unité le degré Fahrenheit (°F). La plus basse température du système Celsius est -273,15 °C correspondant à 0 K. Les formules de transformations d'unités sont les suivantes :

$$^{\circ}\text{C}=0,55\times(^{\circ}\text{F}-32)$$

$$\text{K}=\text{^{\circ}C}+273,15$$

$$^{\circ}\text{F}=32+(1,8\times^{\circ}\text{C})$$

##### **III.2.2. Humidité:**

L'humidité représente la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, sans compter l'eau liquide et la glace. On doit distinguer l'humidité relative et l'humidité absolue. L'humidité relative joue un rôle sur la formation du brouillard, de la rosée et des

nuages. En général, quand on parle de mesure d'humidité, on fait allusion à l'humidité relative exprimée en %. L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température et pression. Ce rapport changera si, on change la température ou la pression, ce qui rend sa mesure complexe. L'humidité relative est donc une mesure du rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans ces conditions. L'humidité relative est souvent appelée degré hygrométrique. Elle suit une échelle allant de 0 à 100 %. Un air saturé en vapeur d'eau a une humidité relative de 100 % ; un air très sec, une humidité de 10 à 20 %. La pression de vapeur saturante et l'humidité relative dépendent de la température, plus la température de l'air est élevée, plus il peut contenir de vapeur d'eau.

On définit l'humidité absolue comme le rapport de la masse de vapeur d'eau, généralement en gramme sur le volume d'air humide en  $m^3$  à la pression et la température considérées. On peut aussi la définir comme le produit de l'humidité relative par l'humidité absolue de saturation.

### **III.2.3. La pression:**

La pression est une notion physique fondamentale. La pression atmosphérique correspond au poids exercé par une colonne d'air sur une surface donnée. La pression atmosphérique se mesure à l'aide généralement d'un baromètre. Elle a été longtemps mesurée en millimètre de mercure (mm Hg) en raison, de l'utilisation courante de baromètre à colonne de mercure. Depuis l'adoption du pascal comme unité de pression, les météorologues utilisent un multiple de cette unité, l'hectopascal (1 hPa = 100 Pa).

En météorologie, on parle souvent de champ de pression (espace dans lequel les forces sont orientées indépendamment des masses qui s'y trouvent). En pratique, il est matérialisé sur une carte par les lignes d'isobares représentant les lignes d'égale pression. La distance entre deux isobares donne une représentation statique du gradient de pression. Plus les isobares sont serrés plus le gradient de pression sera élevé et plus les vents souffleront fort dans cette région.

### **III.2.4. Le vent**

Le vent est le paramètre physique représentatif des mouvements de l'air. Il naît de la différence de pression. Le vent se déplace des hautes pressions (anticyclones) vers les

basses pressions (dépressions). La direction et la vitesse du vent sont des grandeurs mesurables dont la connaissance est nécessaire à l'étude de la dynamique des masses d'air. La direction indique d'où souffle le vent. Ses unités sont soit les points cardinaux (N, S, E, O) ou les degrés centigrades. Un "vent de sud-ouest" signifie que l'air est en mouvement du sud-ouest vers le nord-est. La vitesse s'exprime soit en mètre par seconde (m/s), soit en kilomètre par heure (km/h) soit en nœud (1 nœud correspond à une distance de 1 mille nautique parcouru en 1 heure, soit 1,852 km/h). L'échelle Beaufort, utilisée en météorologie marine, classe les vents en 13 classes en fonction de leur vitesse et des effets qu'ils génèrent sur l'état de la mer, d'où le terme de force.

### **III.3. Effet de serre:**

#### **III.3.1. Historie:**

En 1824, Joseph FOURIER, physicien français, surnomme "effet de serre" le phénomène démontré par l'héliomètre d'Horace Bénédict De Saussure à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle. La température sur Terre est accrue par l'atmosphère qui piège une partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre.

Svante ARRHENIUS annonçait dès 1896, qu'en brûlant le charbon, les hommes allaient réchauffer la planète via un effet de serre renforcé et fût donc le premier à mettre en évidence le risque de réchauffement climatique. Il indiquait déjà avec beaucoup de clairvoyance que le doublement de la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère devrait entraîner l'augmentation de la température de 4°C à 6°C, ce qui correspond à peu près aux estimations actuelles.

Depuis 1988, plusieurs milliers de chercheurs internationaux se sont réunis sous l'égide des Nations Unies pour constituer le Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) ou IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) afin de travailler sur ce bouleversement climatique global (planétaire) et rapide.

#### **III.3.2. Définition:**

L'effet de serre est un phénomène naturel, indispensable à la vie sur Terre et qui assure une température moyenne de +15°C environ au lieu de -19 °C. En fait, une température de -19°C ferait geler les océans, ce qui augmenterait considérablement leur albédo (pouvoir réflecteur) faisant chuter les températures autour de -100°C.



La Terre reçoit la majeure partie de son énergie du soleil (principalement sous forme de lumière visible), un quart est directement réfléchi, environ 20% est absorbée par l'atmosphère et 45% touche le sol puis est rayonnée sous forme d'infrarouges (rayonnement thermique) par la Terre. Or, le rayonnement infrarouge émis par la Terre est en partie intercepté par les gaz à effet de serre de l'atmosphère terrestre tandis que le reste est diffusé vers l'espace comme indiqué dans la figure 1.1 .

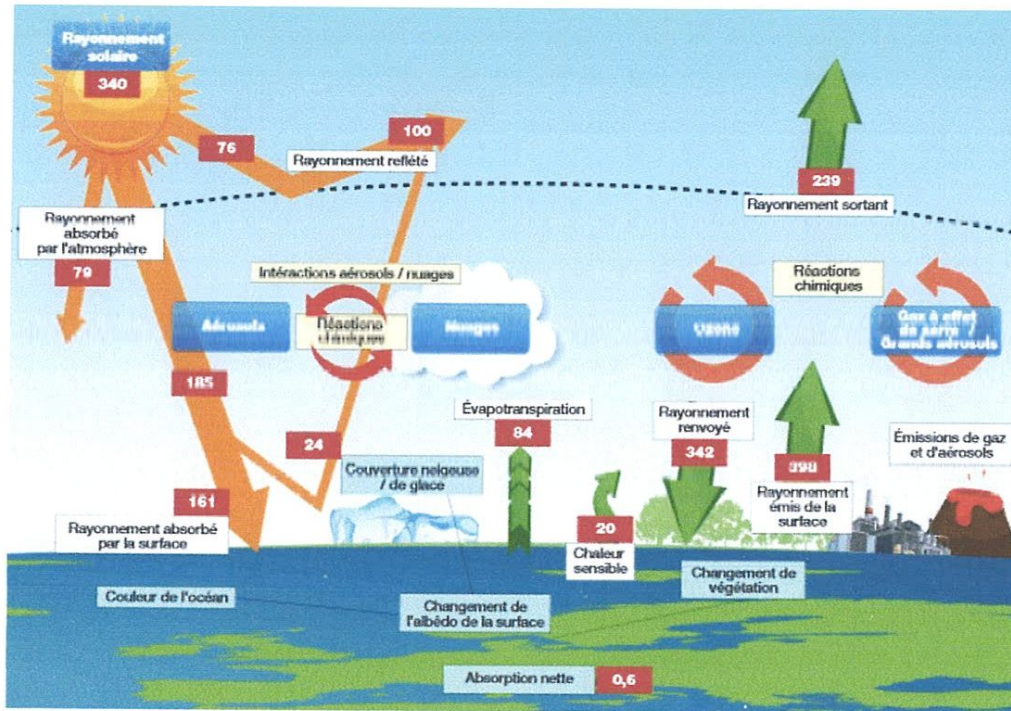


Figure 1.1: Le bilan radiatif et sa perturbation anthropique

Un gaz à effet de serre est donc relativement transparent à la lumière du soleil mais capable d'absorber une partie du rayonnement thermique de la Terre. La Terre équilibre le rayonnement solaire entrant par l'émission de rayonnement thermique. La présence de substances à effet de serre limite le rafraîchissement par rayonnement thermique et amène donc à un certain réchauffement (Richard Lindzen).

Le terme "effet de serre" est quelque peu abusif car c'est le blocage de la convection qui maintient la température élevée à l'intérieur de la serre.

La vapeur d'eau, le méthane, le dioxyde de carbone et le protoxyde d'azote, qui sont les principaux gaz à effet de serre (GES) contribuent à piéger l'énergie renvoyée, augmentant la température moyenne de la Terre. En effet, ce sont les gaz à structure poly-atomique (au moins 3 atomes) qui retiennent le rayonnement infrarouge au

contraire des molécules diatomiques (99% de l'atmosphère) qui ont une structure trop simple.

Notons le double rôle des nuages dans l'effet de serre : vis-à-vis du rayonnement solaire, les nuages agissent principalement comme un parasol qui renvoie vers l'espace une grande partie des rayons du Soleil. Le pouvoir réfléchissant, ou albédo, des nuages épais à basse altitude, est ainsi très élevé, de l'ordre de 80%. Par contre, les cirrus qui sont des nuages d'altitude constitués de cristaux de glace, ont un effet parasol très faible puisqu'ils sont transparents mais participent fortement à l'effet de serre.

#### IV. Stations de mesure:

Les stations de mesure météorologique se composent généralement d'un mat sur lequel des capteurs sont installés. Ces derniers sont reliés à un boîtier qui enregistre, stocke et généralement envoie les mesures via le réseau mobile à une base de données.

Les photos de la figure 1.2 montrent deux exemples de stations de mesure.



Figure 1.2: Exemple de station de mesure

Les stations mesurent généralement les paramètres environnementaux suivants : la température de l'air, l'humidité relative, la pression atmosphérique, les précipitations, la vitesse, la direction du vent et les radiations solaires. Ces données sont très utiles. Elles permettent par exemple de quantifier le cycle de l'eau, de prévoir le temps, de simuler des processus environnementaux complexes et de prédire les dangers naturels.

L'agro météorologie, ou météorologie agricole, est la branche de la météorologie qui étudie l'action des facteurs météorologiques et hydrologiques en vue d'améliorer la gestion des exploitations agricoles et les conditions de développement du milieu rural. L'information météorologique est au cœur de l'étude de la production agricole et de l'incidence des parasites et des maladies sur les végétaux et sur les animaux.

L'eau est en particulier au cœur de l'activité agricole. Elle a de nombreuses conséquences sur le milieu agricole, dont l'érosion des sols, les inondations et la propagation des maladies, mais permet également l'irrigation des parcelles agricole et la sécurisation des rendements.



Figure 1.3 : Station météorologique agricole

#### **V. Le système d'arrosage:**

Arroser une plante ne se limite pas à apporter à un végétal sa ration d'eau, il faut optimiser cet apport en le fournissant de la bonne manière (sans mouiller le feuillage) et en bonne quantité (noyer la plante ne sert à rien). Bien arroser, c'est à la fois bien nourrir la plante et économiser l'eau.

On distingue fondamentalement deux configurations d'un système d'arrosage:

- Arrosage automatique
- Arrosage manuel

On s'intéresse ici qu'à la description de la première configuration (arrosage automatique), ou l'arrosage est déclenché automatiquement pour une durée donnée, sans intervention humaine. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, un système

d'arrosage automatique n'est pas seulement intéressant lorsque l'on part en vacances, il se justifie toute l'année, car il permet une plus grande maîtrise de sa consommation d'eau. Cela entraîne de grandes économies financières de la facture.

Il est possible de commander plusieurs réseaux indépendants et de réaliser un arrosage personnalisé des différentes parcelles, en les arrosant simultanément ou non, pour des durées fixées à l'avance. Une sonde d'humidité injectée dans le sol peut même déclencher automatiquement l'arrosage lorsque le sol devient sec.

Le système d'arrosage automatique se décompose en deux grandes principales catégories:

- Les systèmes de surface
- Les systèmes enterrés :

### **V.1. Arrosage de surface:**

Les systèmes d'arrosage de type surface (figure 1.4) sont simples, faciles à installer, mais conviennent mal aux grandes surfaces. Il s'agit des systèmes utilisant un réseau de tuyaux directement posés sur le sol. Ils permettent un arrosage classique par aspersion aussi bien qu'un arrosage à faible pression (micro-irrigation ou micro-aspersion). Peu chers, ils peuvent de plus se mettre en place de façon temporaire et être ensuite installés dans d'autres endroits du jardin. Cependant, ces dispositifs sont souvent peu esthétiques à cause de la multiplication des tuyaux, goutteurs et arroseurs en surface. En outre, les raccords étant nombreux, les risques de fuite sont accrus. Pour ces raisons, ils sont peu adaptés aux grandes surfaces.

### **V.2. Arrosage enterré:**

En parallèle, les systèmes enterrés (figure 1.5), parfois appelés systèmes intégrés sont complexes à installer, mais sont les seuls réellement adaptés à l'arrosage automatique de grandes surfaces. Il s'agit d'un réseau de tuyaux souterrains qui alimente des tuyères et des turbines escamotables, qui peuvent disparaître dans le sol après l'arrosage. Les dispositifs enterrés offrent ainsi une véritable efficacité professionnelle pour un système adapté aux vastes terrains. De plus, l'esthétique est parfaite, car aucun tuyau n'est apparent.



Figure 1.4: L'arrosage de surface

En revanche, leur installation nécessite une étude technique préalable, précise et complète. Il faut également creuser des tranchées dans le jardin; c'est donc une installation complexe et onéreuse, difficile à faire soi-même.



Figure 1.5: L'arrosage enterré

## **VI. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons fait un aperçu sur la science de météorologie, en montrant son aptitude de prévision sur les changements climatiques surtout pour les dernières décennies, et son fortement influence sur l'arrosage agricole (ou bien arrosage des plantes), tout en connaissant certaines valeurs des facteurs climatiques à travers ses capteurs correspondants.

---

## Les modules des systèmes d'arrosage et de station météo

### Introduction:

Aujourd'hui, l'électronique est de plus en plus remplacée par de l'électronique programmée. On parle aussi de système embarqué ou d'informatique embarquée, son but est de simplifier les schémas électroniques et par conséquent réduire l'utilisation de composants électroniques, réduisant ainsi le coût de fabrication d'un produit. Il en résulte des systèmes plus complexes et performants pour un espace réduit.

Depuis que l'électronique existe, sa croissance est fulgurante et continue encore aujourd'hui. L'électronique embarquée est un sous-domaine de l'électronique et qui a l'habileté d'unir la puissance de la programmation à la puissance de l'électronique.

### II. Pourquoi Arduino?

Il y a de nombreux microcontrôleurs et de nombreuses plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée et beaucoup d'autres qui offrent des fonctionnalités comparables. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation des microcontrôleurs et les intègrent dans une présentation facile à utiliser.

On trouve que les systèmes conçues à partir d'une carte Arduino simplifient la façon de travailler avec les microcontrôleurs, tout en offrant plusieurs avantages:

- ✚ Pas cher: les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plateformes.
- ✚ Multiplateforme: Le logiciel Arduino, écrit en Java, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.
- ✚ Un environnement de programmation clair et simple: L'environnement de programmation Arduino est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.
- ✚ Logiciel Open Source et extensible: Le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmeurs expérimentés.

The top of the page features two decorative blue circles of different sizes, each composed of concentric rings of varying shades of blue. A thin, light blue diagonal line runs from the top left towards the bottom right, passing behind the circles.

# Chapitre II

Le dispositif programmable Arduino

The bottom of the page features a single decorative blue circle, similar in style to the ones at the top, composed of concentric rings of varying shades of blue. A thin, light blue diagonal line runs from the top left towards the bottom right, passing behind the circle.A thin, light blue horizontal line runs across the bottom of the page.

- ✚ Le langage peut être aussi étendu à l'aide de bibliothèques C++, et les personnes qui veulent comprendre les détails techniques peuvent reconstruire le passage du langage Arduino au langage C pour microcontrôleur AVR sur lequel il est basé.
- ✚ Matériel Open source et extensible: Les cartes Arduino sont basées sur les microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA 328, ...etc.

Les schémas des modules sont publiés sous une licence "Créative Commons", et les concepteurs des circuits expérimentés peuvent réaliser leur propre version des cartes Arduino, en les complétant et en les améliorant. Même les utilisateurs relativement inexpérimentés peuvent lubrifier la version sur une plaque d'essai de la carte Arduino, dont le but est de comprendre comment, elle fonctionne et pour économiser de l'argent. Pour ces raisons on a met notre choix sur l'Arduino et plus précisément sur l'Arduino Méga 2560.

### **III. Définition du module Arduino:**

Arduino est un circuit imprimé en matériel libre sur lequel se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé, analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme des applications sur la domotique (le contrôle des appareils domestiques, éclairage, chauffage, ... etc.), le pilotage d'un robot, ...etc.

L'Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation. Cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe avec l'aide de nombreuses ressources disponibles en ligne. La carte Arduino repose sur un circuit intégré (un mini-ordinateur appelé également microcontrôleur) associée à des entrées et sorties qui permettent à l'utilisateur de brancher différents types d'éléments externes :

- ✓ *Côté entrée:* des capteurs qui collectent des informations sur leur environnement comme la variation de température via une sonde thermique, le mouvement via un détecteur de présence ou un accéléromètre, le contact via un bouton-poussoir, ...etc.



- ✓ *Côté sortie*: des actionneurs qui agissent sur le monde physique telle qu'une petite lampe qui produit de la lumière, un moteur qui actionne un bras articulé, ...etc.

La plateforme Arduino se présente sur plusieurs séries à savoir : Arduino UNO, Arduino Nano, Arduino Lilypad, Arduino DUE et Arduino Méga 2560 qui sera le choisi pour notre projet.

#### IV. Arduino Méga 2560:

L'Arduino Méga 2560 est une carte électronique basée sur le microcontrôleur ATmega2560. Elle dispose de 54 broches numériques d'entrée/sortie (dont 15 broches disposent d'une sortie PWM (Pulse Width Modulation), 16 entrées/sorties analogiques,....etc.

Elle contient un résonateur céramique (Quartz) de 16 MHz afin de générer des signaux à différentes fréquences, une connexion USB (Universal Serie Bus), une prise d'alimentation, un connecteur ICSP (In Circuit Serial Programming), et un bouton de réinitialisation (Reset).

La carte Arduino contient tout le nécessaire pour soutenir le microcontrôleur. Il faut, tout simplement la connecter à un ordinateur via un câble USB ou allumez-la avec un adaptateur ou batterie de 9V pour commencer.

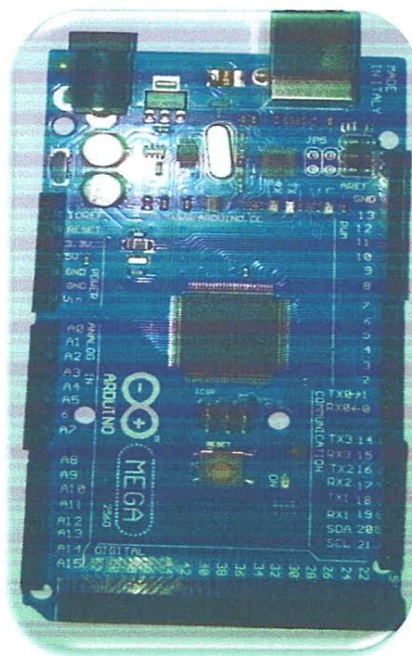


Figure 2.1: Carte Arduino Méga 2560

#### IV.1. Caractéristiques de la carte Arduino 2560 Mega :

Parmi les caractéristiques de la carte Arduino Méga 2560, on trouve :

Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandé)	7-12V
Tension d'entrée (limite)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (dont 15 fournissent sortie PWM)
Broches d'entrée/sorties analogiques	16
DC Courant par I/O Pin	40 mA
Courant DC pour 3,3v Pin	50 mA
Mémoire Flash	256 Ko (ATmega2560) dont 8 Kb utilisé par Boot Loader
SRAM	8 Kb(ATmega2560)
EEPROM	4 Kb (ATmega2560)
Fréquence d'horloge	16 MHz

Tableau 2.1 : Les caractéristiques de la carte Arduino Méga 2560

##### IV.1.1. Alimentation:

La carte Arduino Méga 2560 peut être alimentée via la connexion USB ou avec une alimentation externe. Le premier cas, est considéré comme l'alimentation par défaut. Tandis que pour le deuxième cas l'alimentation peut provenir d'un adaptateur AC-DC ou une batterie. L'adaptateur peut être connecté en branchant une prise de centre positif de diamètre de 2,1 mm dans le connecteur jack de la carte. Les fils en provenance d'un bloc de piles peuvent être insérés dans les connecteurs des broches de la carte appelées GND (masse ou 0V) et  $V_{in}$  (Tension positive en entrée) du connecteur d'alimentation. Si, on utilise une tension plus de 12V, le régulateur de tension peut surchauffer et endommager la carte, il est donc fortement recommandé de bien respecter la plage idéale de tension de 7 à 12 volts.

Les broches d'alimentation sont les suivantes :

$V_{in}$	La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
5V	La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino).

	Le <b>5V</b> régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation $V_{in}$ via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion <b>USB</b> (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.
3.3V	Une alimentation de <b>3.3V</b> fournie par le circuit intégré <b>FTDI</b> (Future Technologie Devices International) (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitent cette tension au lieu du 5V). Le courant maximum disponible sur cette broche est de <b>50mA</b> .
GND	Broche de masse (ou 0V)

Tableau 2.2: Présentation des broches d'alimentation de la carte Arduino Mega 2560

#### IV.1.2. Mémoire:

La carte Arduino Méga 2560 possède 256 Ko de mémoire FLASH pour stocker le programme (dont 8Ko également utilisés par le bootloader). Elle a également 8 ko de mémoire SRAM (volatile) et 4 Ko d'EEPROM (mémoire qui peut être lue à l'aide de la librairie EEPROM.h).

#### IV.1.3. Entrées et sorties numériques:

Chacune des 54 broches numériques de la carte Arduino Méga 2560 peut être utilisée soit comme une entrée ou une sortie numérique, par programmation de cette broche, en utilisant les instructions *pinMode()*, *digitalWrite()* et *digitalRead()* de la plateforme Arduino. Chaque broche peut fournir ou recevoir un courant maximum de 40mA et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) de 20-50 K $\Omega$  déconnectée par défaut. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction `digitalWrite(nom_broche, 'HIGH')`. De plus, certaines broches possèdent des fonctions spéciales comme `serial.begin()`, `attachInterrupt()`, ...etc :

Communication Série	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Port Série Serial 0: broche 0 ←RX, broche 1 ←TX</li> <li>✚ Port Série Serial 1: broche 19 ←RX, broche 18 ←TX</li> <li>✚ Port Série Serial 2: broche 17 ←RX, broche 16 ←TX</li> <li>✚ Port Série Serial 3: broche 15 ←RX, broche 14 ←TX</li> </ul>
Interruptions Externes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Interruption N°0 correspond au Broche 2</li> <li>✚ Interruption N°1 correspond au Broche 3</li> <li>✚ Interruption N°2 correspond au Broche 21</li> <li>✚ Interruption N°3 correspond au Broche 20</li> <li>✚ Interruption N°4 correspond au Broche 19</li> <li>✚ Interruption N°5 correspond au Broche 18</li> </ul>

Impulsion PWM (Largeur d'impulsion modulée)	Broches 0 à 13 fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction AnalogWrite( )
SPI (Interface Série Périphérique)	<ul style="list-style-type: none"> <li>⚡ Broche 50 (MISO) (Master In, Slave Out)</li> <li>⚡ Broche 51 (MOSI) (Master Out, Slave In)</li> <li>⚡ Broche 52 (SCK) (Serial CLock)</li> <li>⚡ Broche 53 (SS) (Slave Select)</li> </ul>
I <sup>2</sup> C (Inter –Intergrated)	<ul style="list-style-type: none"> <li>⚡ Broche 20 (SDA) (Serial Data)</li> <li>⚡ Broche 21 (SCL) (Serial CLock)</li> </ul>
LED	LED ← Broche 13.

Tableau 2.3: Différentes broches entrées/sorties numériques

#### IV.1.4. Broches analogiques:

La carte Arduino Méga 2560 dispose de 16 entrées/sorties analogiques, chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (c-à-d sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la fonction analogRead() du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure, en utilisant la broche  $A_{REF}$  et l'instruction analogReference() du langage Arduino.

Il y a deux autres broches disponibles sur la carte :

$A_{REF}$ : Tension de référence pour les entrées analogiques

Reset: Mettre cette broche au niveau BAS entraîne la réinitialisation du microcontrôleur.

#### IV.1.5. Communications:

La carte Arduino Méga 2560 peut facilement communiquer via une communication série avec un ordinateur, une autre carte Arduino, ou avec d'autres microcontrôleurs. Elle dispose de 4 UARTs (Universal Asynchronous Receiver Transmitter ou émetteur-récepteur asynchrone universel en français) pour communication série de niveau TTL (5V). Le circuit intégré ATmega8U2 sur la carte Arduino assure la connexion entre cette communication série de l'un des ports série de l'ATmega 2560 vers le port USB de l'ordinateur qui apparaît comme un port COM virtuel pour les logiciels de l'ordinateur.

Le logiciel Arduino inclut une fenêtre terminal série (ou moniteur série) sur l'ordinateur et qui permet d'envoyer des textes simples depuis et vers la carte Arduino.

Les deux LEDs de RX et de TX sur la carte clignote lorsque les données sont transmises via le circuit intégré ATmega8U2.

L'ATMega 2560 supporte également la communication par protocole I<sup>2</sup>C (ou interface TWI (Two Wire Interface - Interface "2 fils") et SPI.

## V. Les différents capteurs utilisés:

Généralement, la carte Arduino est associée aux accessoires (Shields en anglais) qui simplifient les réalisations.

### V.1. Le module Bluetooth HC-06:

La connexion série de l'Arduino est très pratique pour communiquer avec un téléphone, mais comment faire une communication à distance sans devoir s'encombrer d'un câble pour relier le module Arduino et le téléphone?. On peut, tout simplement utiliser un module Bluetooth afin de remplacer la liaison USB. Pour notre réalisation, nous avons utilisé le module Bluetooth de type HC-06



Figure 2.2: Le module Bluetooth " HC-06"

Le HC- 06 dispose de 4 broches: VCC, GND, TXD, RXD et une LED 'STATE' qui indique l'état du module Bluetooth. La figure ci- dessous indique le branchement entre le module Bluetooth HC-06 avec la carte Arduino Mega 2560:

- ⚡ GND (Bluetooth) ⇒ GND (Arduino)
- ⚡ VCC (Bluetooth) ⇒ 3.3V (Arduino)
- ⚡ TX-O (Bluetooth) ⇒ RX (0) (Arduino)
- ⚡ RX-I (Bluetooth) ⇒ TX (1) (Arduino)

### V.2. Le module de température et humidité DHT11:

Le DHT11 est un capteur d'humidité et de température, Ce capteur est très répandu dans le contrôle de climatisation, il est constitué d'un capteur de température de type CTN (Coefficient de Température Négatif) et d'un capteur d'humidité résistif. La carte Arduino s'occupe de faire les mesures de données fournies par le capteur, les convertir et de les transmettre vers un périphérique de sortie. Il s'interface grâce à un protocole

semblable sur un seul fil de données, une librairie pour Arduino est disponible, il est possible de déporter le capteur jusqu'à 20 m. Cette version est constitué uniquement du capteur, il possède 4 broches espacées de 2,45mm ce qui permet de le brancher facilement sur une breadboard.

### V.2.1. Brochage du capteur DHT11:

Seul trois (03) broches sont utiles :

- + VCC: 3.5 à 5.5V
- + GND: Masse 0V
- + Data: données

### V.2.2. Caractéristiques du capteur DHT11:

- + Alimentation: +5V (3.5 - 5.5V)
- + Température: de 0 à 50°C, précision : +/- 2°C
- + Humidité: de 20 à 96% RH (Relative Humidité), précision +/- 5% RH

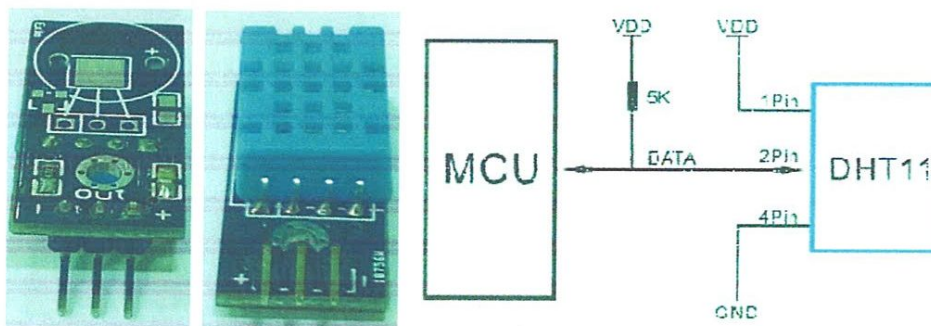


Figure 2.3: Capteur de température et d'humidité DHT11

### V.3. Le module pression et altitude BMP180:

Le BMP180 est un capteur qui permet de mesurer la pression atmosphérique et la température à partir de la carte Arduino. Le BMP180 est la nouvelle génération du capteur Bosch BMP085. Aucune modification n'a été apportée au niveau de firmware ce qui permet de continuer à utiliser les librairies et les exemples déjà existants. Le BMP180 renvoie la pression atmosphérique absolue en Pascal (Pa).

#### V.3.1. Branchement du BMP180:

Le plus facile est de se procurer le BMP180 déjà soudé sur un PCB avec une interface I2C. Le tableau suivant récapitule le câblage en fonction de quelques cartes Arduino :

Pin du BMP180	Fonction du Pin	Connection Arduino	
DA (ou SDA)	Donnée I2C	N'importe quel Pin identifié SDA ou	
		Uno, Redboard, Pro / Pro mini	A4
		Mega, Due	20
		Leonardo, Pro Micro	2
		ESP8266	D2, GPIO-4
CL (ou SCL)	Horloge I2C	N'importe quel Pin identifié SCL ou	
		Uno, Redboard, Pro / Pro mini	A5
		Mega, Due	21
		Leonardo, Pro Micro	3
		ESP8266	D1, GPIO-5
- ou GND	Masse	GND	
+ ou VCC	3,3 Volts	3.3V	

Tableau 2.4: Récapitulation du câblage de BMP180 en fonction de quelques cartes Arduino.

### V.3.2. Caractéristiques techniques du BMP180:

- + Dimension du PCB : 10x12x2 mm (11mm de hauteur avec le connecteur droit soudé)
- + Alimentation : de 3 à 5 Volts
- + Faible consommation : 5  $\mu$ A pour 1 mesure par seconde
- + Plage de mesure de la pression atmosphérique : de 300-1100 hPa (jusqu'à 9000m au-dessus de niveau de la mer)
- + Précision de mesure : 0,03hPa – 0,25m d'altitude
- + Fonctionnement : de -40°C à +85°C

Le BMP180 doit être au contact avec l'air ambiant pour réaliser les mesures. Si nous devons intégrer le capteur dans un boîtier, il faut prévoir des trous pour réaliser une circulation d'air. Voici quelques recommandations importantes pour réaliser des mesures correctes et protéger le BMP180.

- + N'exposez pas excessivement le BMP180 dans le flux d'air d'un ventilateur sous peine d'avoir des mesures erronées ou très fluctuantes.

- ✦ La mesure de la pression atmosphérique dépend de la température, éviter de placer le BMP180 devant une source de chaleur, encore moins devant une source produisant des changements rapides (chauffage, fenêtre en plein soleil...).
- ✦ Le BMP180 est sensible à l'humidité et n'est pas prévu pour un contact direct avec de l'eau.
- ✦ De même il est sensible à la lumière. Il faudra le protéger au maximum de la lumière ambiante. Ne placez pas le capteur devant le trou de ventilation de votre boîtier par exemple.
- ✦ Le BMP180 accepte une tension d'alimentation comprise entre 1,8 et 3,6 Volts. Le mieux est d'utiliser la sortie 3,3V de la carte Arduino sans jamais dépasser 3,6V (d'après Sparkfun).

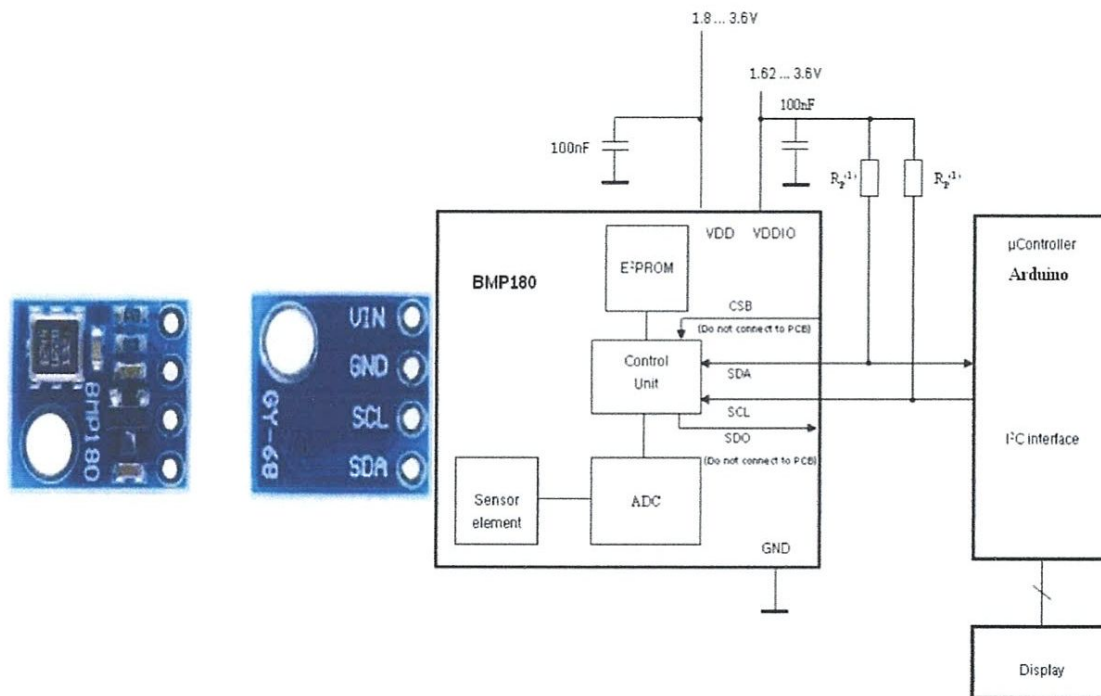


Figure 2.4: Le module BMP180



#### V.4. Module GSM SIM800L:

Le module GSM SIM800L est l'un des plus petits modules GSM (Global System for Mobile communications) du monde avec une superficie de  $2.2 \times 1.8 \text{ cm}^2$ . C'est un module puissant qui démarre automatiquement et recherche automatiquement le réseau. Il inclut notamment le Bluetooth 3.0+EDR (Enhanced Data Rate) et la radio FM (récepteur uniquement). Il vous permettra d'échanger des SMS (Short Message Service), de passer des appels et de récupérer de la donnée en GPRS (General Packet Radio Service).

Ce module nécessite une alimentation entre 3,4V et 4,4V. L'alimentation 5V de l'Arduino ne lui convient donc pas. Pour contrer ce problème d'alimentation, on ajoute une diode 1N4007 entre le 5V de l'Arduino et le pin  $V_{CC}$  du SIM800L. Le SIM800L nécessite un pic de courant d'environ 2A. Le reste du branchement est détaillé dans la figure ci-dessous. La broche reset doit être reliée au 3,3v de l'Arduino.

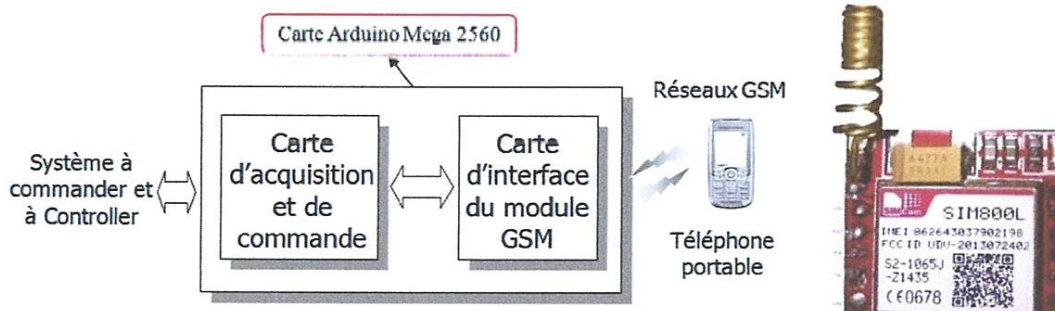


Figure 2.5: Module GSM SIM800L

Il faut également insérer un Micro-Sim dans le case prévu à cet effet sur le module, comme montré dans la photo de la figure ci-dessus.

Les commandes AT(ATtention) (Commandes Hayes) :

- ✚ Les commandes AT sont définies dans la norme GSM 07.07. AT est l'abréviation de AT tension. Ces 2 caractères sont toujours présents pour commencer une ligne de commande sous forme de texte (codes ASCII). Les commandes permettent la gestion complète du module.
- ✚ On peut utiliser ces commandes directement dans le moniteur série.
- ✚ On peut envoyer ou recevoir des SMS, des appels ou récupérer des données HTTP en entrant directement dans le moniteur série.

Les principales commandes de test :

ATI	SIM800 R13.08	Statut du modem
AT+CREG	+CREG : 0,5	Statut du réseau : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1<sup>er</sup> indice : 0 → GSM</li> <li>• 2<sup>ème</sup> indice : 0 → pas de réseau</li> <li>• 5 → réseaux ok</li> </ul>
AT+CPIN ?	+CPIN READY	Pas de code PIN nécessaire
AT+CSQ	+CSQ : <rssi>, <ber>	Intensité du signal : <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;rssi&gt;: received signal strength indication.</li> <li>• &lt;ber&gt;: bit error rate (%)</li> <li>• 0 → less than 0,2%</li> </ul>
AT+COPS?	+COPS: <mode>, <format>, <opérateur>	Affiche l'opérateur sélectionné

Tableau 2.5: Les principales commandes de test

## VI. Les afficheurs à cristaux liquides:

Les afficheurs à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs LCD (Liquid Crystal Display), sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA), sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité.

Plusieurs afficheurs sont disponibles sur le marché et diffèrent les uns des autres, non seulement par leurs dimensions, (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), mais aussi par leurs caractéristiques techniques et leur tension de service. Certains sont dotés d'un rétro éclairage de l'affichage. Cette fonction fait appel à des LED montées derrière l'écran du module, cependant, cet éclairage est gourmand en intensité (de 80 à 250 mA).

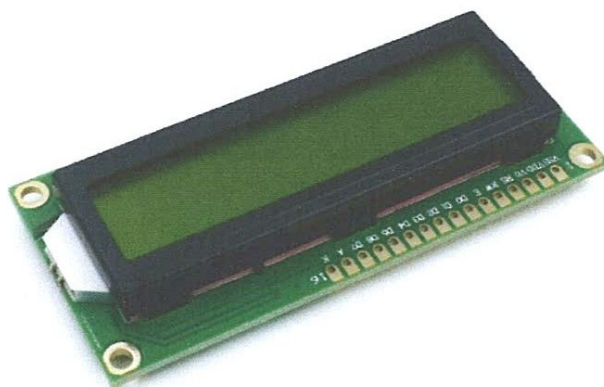


Figure 2.6: Afficheur LCD

Ils sont très utilisés dans les montages à microcontrôleur, et permettent une grande convivialité. Ils peuvent aussi être utilisés lors de la phase de développement d'un programme, car on peut facilement y afficher les valeurs de différentes variables.

### VI.1. Principe des cristaux liquides:

L'afficheur est constitué de deux lames de verre, distantes de 20  $\mu\text{m}$  environ, sur lesquelles sont dessinées les mantisses formant les caractères. L'espace entre elles est rempli de cristal liquide normalement réfléchissant (pour les modèles réfléchifs). L'application entre les deux faces d'une tension alternative basse fréquence de quelques volts (3 à 5 V) le rend absorbant. Les caractères apparaissent sombres sur fond clair. N'émettant pas de lumière, un afficheur à cristaux liquides réfléchif ne peut être utilisé qu'avec un bon éclairage ambiant. Sa lisibilité augmente avec l'éclairage. Les modèles transmissifs fonctionnent différemment. Ils sont normalement opaque au repos, le cristal liquide devient transparent lorsqu'il est excité; pour rendre un tel afficheur lisible, il est nécessaire de l'éclairer par l'arrière, comme c'est le cas pour les modèles rétro éclairés.

### VI.2. Brochage

Un circuit intégré spécialisé est chargé de la gestion du module. Il remplit une double fonction: d'une part, il commande l'affichage et de l'autre se charge de la communication avec l'extérieur.

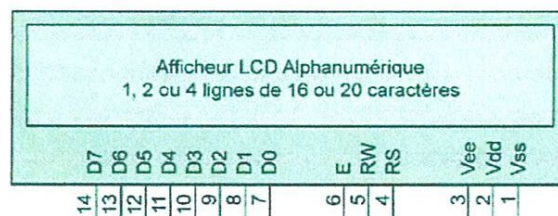


Figure 2.7: Brochage d'un afficheur LCD

Les broches 15 et 16 ne sont présentes que sur les afficheurs LCD avec rétro éclairage. Les connexions à réaliser sont simples puisque l'afficheur LCD dispose de peu de broches.

Il faut évidemment, l'alimenter, le connecter à un bus de donnée (4 ou 8 bits), et connecter les broches E, R/W et RS.

Broche	Nom	Niveau	Fonction
1	Vss	-	Masse
2	Vdd	-	Alimentation positive +5V
3	Vo	0-5V	Cette tension permet, en la faisant varier entre 0 et +5V, le réglage du contraste de l'afficheur.
4	RS	TTL	Sélection du registre (Register Select) Grâce à cette broche, l'afficheur est capable de faire la différence entre une commande et une donnée. Un niveau bas indique une commande et un niveau haut indique une donnée.
5	R/W	TTL	Lecture ou écriture (Read/Write) L : Écriture H : Lecture
6	E	TTL	Entrée de validation (Enable) active sur front descendant. Le niveau haut doit être maintenue pendant au moins 450 ns à l'état haut.
7	D0	TTL	Bus de données bidirectionnel 3 états (haute impédance lorsque E=0)
8	D1	TTL	
9	D2	TTL	
10	D3	TTL	
11	D4	TTL	
12	D5	TTL	
13	D6	TTL	
14	D7	TTL	
15	A	-	Anode rétro éclairage (+5V)
16	K	-	Cathode rétro éclairage (masse)

Tableau 2.6: description de différentes broches de l'afficheur LCD

### VI.3. La mémoire:

L'afficheur possède deux type de mémoire, la DDRAM et la CGRAM. La DDRAM est la mémoire d'affichage et la CGRAM est la mémoire du générateur de caractères.

a. *La mémoire d'affichage (DDRAM):*

La DDRAM est la mémoire qui stocke les caractères actuellement affiché à l'écran. Pour un afficheur de 2 lignes et de 16 caractères, les adresses sont définies de la façon suivante :

Ligne	Visible	Invisible
Haut	00H.....0FH	10H.....27H
Bas	40H.....4FH	50H.....67H

Tableau 2.7: Description des adresses de la mémoire DDRAM

L'adresse 00H correspond à la ligne du haut à gauche, l'adresse 0FH correspond à la ligne haut située à droite. L'adresse 40H correspond à la ligne bas à gauche et l'adresse 4FH correspond à la ligne bas située à droite. La zone invisible correspond à la mémoire de l'afficheur (48 caractères). Lorsqu'un caractère est inscrit à l'adresse 27H, le caractère suivant apparaît à la ligne suivante.

b. *La mémoire du générateur de caractères (CGRAM):*

Le générateur de caractère est quelque chose de très utile. Il permet la création d'un maximum de 8 caractères ou symboles 5x7. Une fois les nouveaux caractères chargés en mémoire, il est possible d'y accéder comme s'il s'agissait de caractères classiques stockés en ROM.

La CGRAM utilise des mots de 8 bits de large, mais seul les 5 bits de poids faible apparaissent sur le LCD. Ainsi D<sub>4</sub> représente le point le plus à gauche et D<sub>0</sub> le point le plus à droite. Par exemple, charger un octet de la CGRAM à l'adresse 1Fh fait apparaître tous les points de cette rangée ; charger un octet à 00h éteint tous ces points. Les huit lignes d'un caractère doivent être chargées dans la CGRAM.

La CGRAM peut être utilisée pour créer des caractères en vidéo inversée, des caractères avec des accents, ...etc. La limitation d'un total de huit caractères peut être contournée en utilisant une bibliothèque de huit symboles résidant dans le système hôte. Un maximum de 8 caractères peut être affiché à la fois.

La CGRAM peut être rechargée périodiquement en fonction des besoins. Si un caractère de la CGRAM qui est actuellement sur l'afficheur est changé, alors le changement est immédiatement apparu sur l'afficheur.

#### **VI.4. Les modes de fonctionnement de l'afficheur :**

Il existe Deux modes de fonctionnement de l'afficheur sont disponibles, le mode 4 bits et le mode 8 bits.

##### **VI.4.1. Mode de 8 bits :**

Dans ce mode, les données sont envoyées à l'afficheur sur les broches D0 à D7. On place la ligne RS à 0 ou à 1 selon que l'on désire transmettre une commande ou une donnée. Il faut aussi placer la ligne R/W à 0 pour indiquer à l'afficheur que l'on désire effectuer une écriture. Il reste à envoyer une impulsion d'au moins 450 ns sur l'entrée E, pour indiquer que des données valides sont présentes sur les broches D0 à D7. Si on désire au contraire effectuer une lecture, la procédure est identique, mais on place cette fois la ligne R/W à 1 pour demander une lecture. Les données seront valide sur les lignes D0 à D7 lors de l'état haut de la ligne E.

##### **VI.4.2. Mode de 4 bits :**

Il peut être nécessaire dans certains cas de diminuer le nombre de fils utilisés pour commander l'afficheur comme, par exemple lorsqu'on dispose de très peu de broches d'entrées sorties disponibles sur un microcontrôleur. Dans ce cas, on peut utiliser le mode quatre bits de l'afficheur LCD. Dans ce mode, seuls les 4 bits de poids fort (D<sub>4</sub> à D<sub>7</sub>) de l'afficheur sont utilisées pour transmettre les données et les lire. Les 4 bits de poids faible (D<sub>0</sub> à D<sub>3</sub>) sont alors connectés à la masse. On a donc besoin, hors alimentation de sept fils pour commander l'afficheur. Les données sont alors écrites ou lues en envoyant séquentiellement les quatre bits de poids fort suivi des quatre bits de poids faible. Une impulsion positive de moins 450 ns doit être envoyée sur la ligne E pour valider chaque demi-octet.

Dans les deux modes, on peut, après chaque action sur l'afficheur, vérifier que celui-ci est en mesure de traiter l'information suivante. Pour cela, il faut demander une lecture en mode commande, et tester le flag Busy "BF" de contrôleur de l'afficheur LCD. Lorsque BF=0, l'afficheur est prêt à recevoir une nouvelle commande ou donnée.

Il se peut qu'on dispose encore de moins de broches disponibles dans l'application envisagée. Dans ce cas, on peut alors relier la ligne R/W à la masse de façon à forcer l'afficheur en écriture. On a alors besoin, de mettre seulement six fils hors alimentation en mode 4 bits, et dix fils en mode 8 bits, pour commander l'afficheur, mais on ne peut alors plus relire l'afficheur. Ceci n'est pas gênant dans la mesure où on sait ce qu'on a écrit sur l'afficheur, mais on ne peut alors plus relire le flag Busy. Il faut alors utiliser des temporisations après chaque écriture sur l'afficheur. On perd alors un peu en temps d'affichage, mais on gagne une broche d'entrée sortie.

### VII. Le contrôleur graphique complet :

Le contrôleur graphique complet contient un lecteur de cartes SD, un encodeur rotatif et un écran LCD à matrice de points 128x64. Il est facilement connecter à la carte Arduino, en utilisant un «adaptateur intelligent» inclus. De plus, toutes les actions comme le déplacement des pages peuvent être effectuées en utilisant simplement le codeur rotatif sur le Smart Controller.

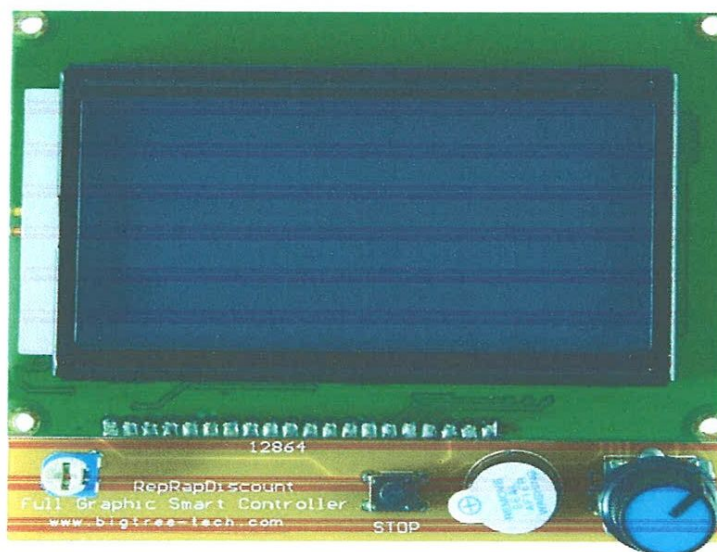


Figure 2.8: Le contrôleur graphique complet

Arduino Mega	P18-rrd BOB	Pin-EXT	JHD12864F LCD	SD Card	Function
D35	9	1-EXP1	BEEP	X	BEEPER
D37	10	2-EXP1	ENC0	X	BTN-ENC
17-RX2	17	3-EXP1	5-R/W	X	LCDE
16-TX2	18	4-EXP1	4-RS-D/I	X	LCDRS
D23	16	5-EXP1	6-E	X	LCD4
D25	15	6-EXP1	X	X	LCD5
D27	14	7-EXP1	X	X	LCD6

D29	13	8-EXP1	X	X	LCD7
GND	7-AUX3	9-EXP1	1.15.20	1	GND
5V	1-AUX3	10-EXP1	2.3.17	X	VCC
D50	3-AUX3	1-EXP2	X	3	MISO
D52	5-AUX3	2-EXP2	X	X	SCK
D31	12	3-EXP2	ENC1	X	BTN-EN2
D53	6-AUX3	4-EXP2	X	X	SS
D33	11	5-EXP2	ENC3	X	BTN-EN1
D51	4-AUX3	6-EXP2	X	X	MOSI
D49	2-AUX3	7-EXP2	X	2	SDC DETECT
D41	7	8-EXP2	Reset BTN	X	REDET
GND	2	9-EXP2	1-GND	GND	GND
+5V	1	X-10-EXP2	X	X	+5V VCC

Tableau 2.8: Description du contrôleur graphique complet avec la carte Arduino

### VIII. La pompe a eau :

Les pompes sont des machines qui réalisent l'écoulement d'un fluide (liquide ou gaz) dans un réseau en utilisant une certaine quantité d'énergie fournie par un moteur.

Les caractéristiques de débit et de pression de la pompe déterminent une courbe de fonctionnement de la pompe à comparer avec les pertes de charges et le dénivelé du réseau. La comparaison de la courbe de la pompe et du réseau permet de trouver un point de fonctionnement du système pompe réseau. Si le fluide est un liquide, il faudra éviter la cavitation du conduit d'aspiration ou de la pompe.

Dans notre projet, nous avons utilisé une pompe a eau de lave-glace d'un véhicule de type Maruti 800.



Figure 2.9: Pompe a eau

### IX. Les Smartphones:

Les Smartphones ou bien les téléphones intelligents sont généralement tactiles, bien que certains modèles proposent encore un clavier (certains modèles BlackBerry par



exemple). En plus de téléphoner et envoyer des messages, les smartphones permettent de faire bien d'autres choses grâce à des applications comme accéder à Internet, lire et envoyer des emails, écouter de la musique, regarder des films, jouer, prendre des photos et vidéos, ...etc. Il existe de nombreux modèles différents de smartphones sur le marché. Dans notre projet nous avons utilisé le Smartphone : Samsung galaxy J1.

Caractéristiques :

Système d'exploitation (OS)	Android 4.4 KitKat
Processeur	Spreadtrum - 1.2 GHz
Résolution	800 x 480 pixels
Tactile	oui, multipoints (multitouch) capacitif
Fréquences	850-900/1800-1900 Mhz (quadri-bande)
GPRS	Classe 10 : GPRS (4+2)
Mémoire interne	4 Go, 512 Mo RAM
Bluetooth	oui, Bluetooth 4.0

Tableau 2.9 : Caractéristiques du Smartphone galaxy J1

## X. Plateforme de programmation Arduino:

### X.1. L'interface de l'IDE Arduino

L'interface de l'IDE Arduino est simple, il fournit une interface minimale et épurée qui ne comporte que des éléments essentiels pour développer un programme sur les cartes Arduino. Il est doté d'un éditeur de code avec coloration syntaxique et d'une barre d'outils rapide. On retrouve aussi une barre de menus, plus classique qui est utilisé pour accéder aux fonctions avancées de l'IDE. Enfin, une console affichant les résultats de la compilation du code source, des opérations sur la carte, ...etc.

Le langage Arduino est inspiré de plusieurs langages. On retrouve notamment des similarités avec le C, le C++, le Java et le Processing. Le langage impose une structure particulière typique de l'informatique embarquée.

- ✚ La fonction « setup » contiendra toutes les opérations nécessaires à la configuration de la carte (directions des entrées sorties, débits de communications série, ...etc.).
- ✚ La fonction « loop », elle est exécutée en boucle après l'exécution de la fonction setup. Elle continuera de boucler tant que la carte n'est pas mise hors tension, ou redémarrer par le bouton reset de la carte Arduino.

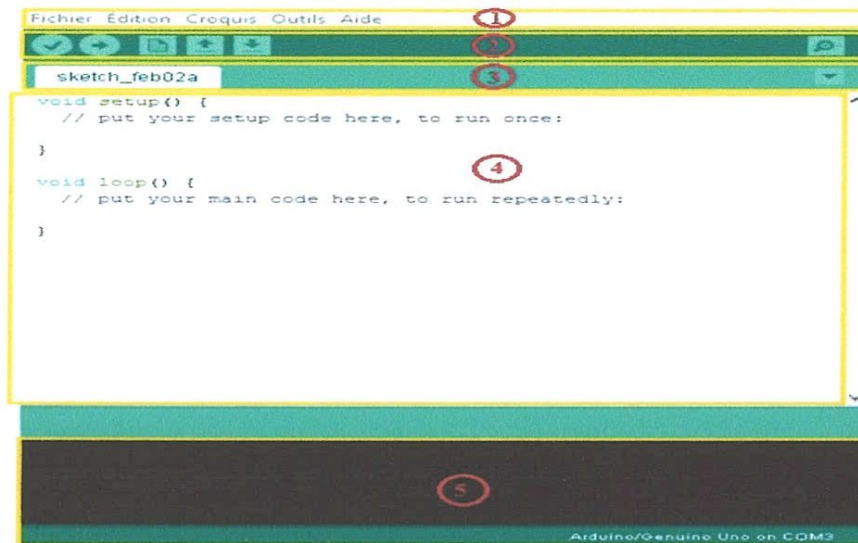


Figure 2.10: Interface de la plateforme Arduino

- 1: onglet du menu.
- 2: onglet de la barre d'actions.
- 3: un ou plusieurs onglets correspondant aux sketches.
- 4: zone de texte pour l'écriture du programme.
- 5: une console qui affiche les informations et erreurs de compilation et de télé-versement du programme.

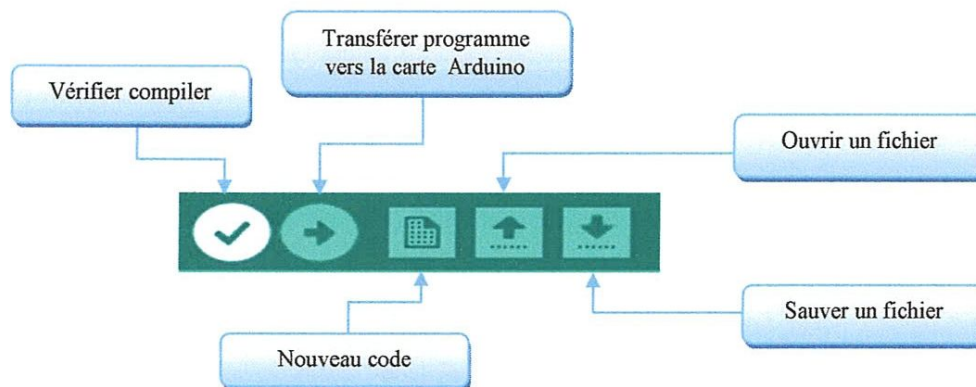


Figure 2.11: Barre de boutons Arduino

Le logiciel comprend aussi un moniteur série (équivalent à HyperTerminal) qui permet d'afficher des messages textes émis par la carte Arduino et d'envoyer des caractères vers la carte Arduino (en phase de fonctionnement) :

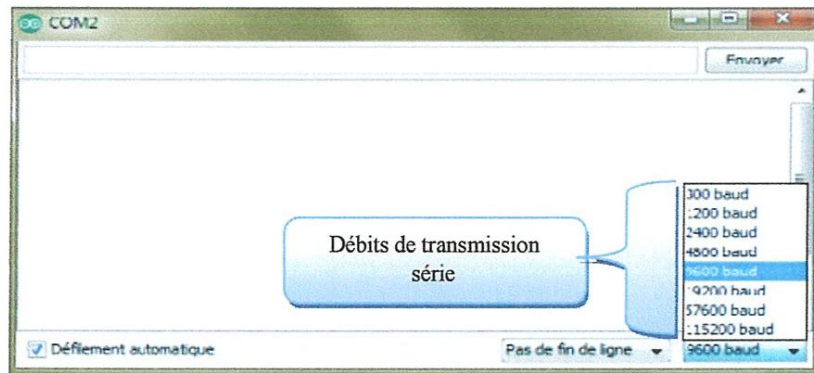


Figure 2.12: HyperTerminal de l'Arduino (Moniteur Série)

## X.2. Structure d'un programme en Arduino:

Un programme Arduino est une suite d'instructions élémentaires sous forme textuelle. La carte lit puis exécute les instructions ligne par ligne. La structure d'écriture d'un programme sous Arduino est de la forme indiquée dans la figure suivante:

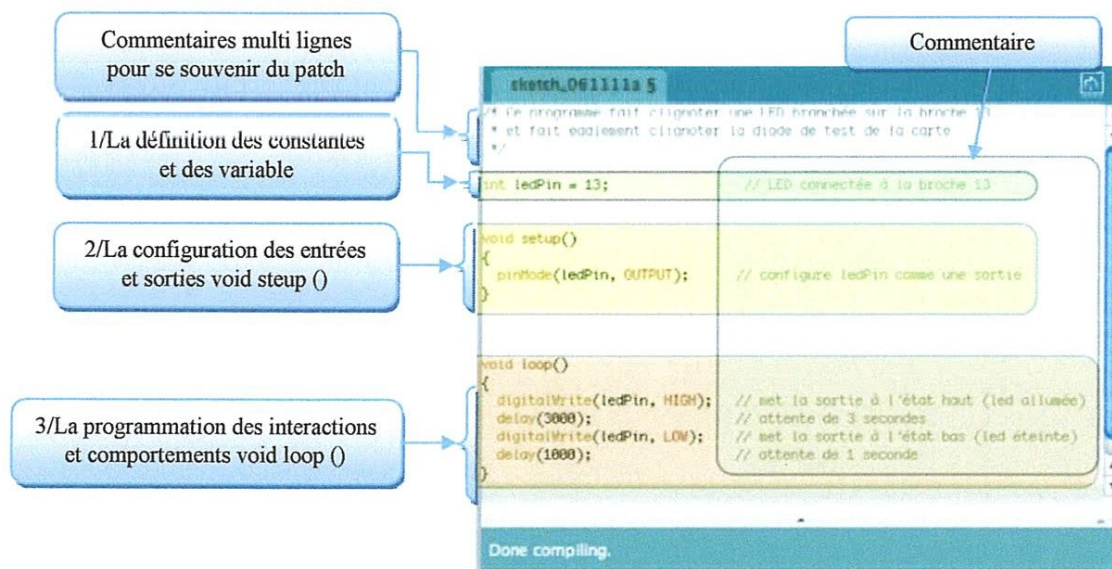


Figure 2.13: Structure d'un programme en Arduino

## XI. Plateforme de programmation Androïde :

### XI.1. Androïde Studio:

Android Studio est un environnement de développement pour développer des applications de type Android. Il est basé sur IntelliJ ou IDEA (est un IDE Java commercial développé par JetBrains). Androïde Studio nécessite l'installation et l'utilisation d'un SDK (Software Development Kit) Android. Une fois le logiciel prêt à être utilisé il est possible de créer un nouveau projet. L'information

importante à prendre en compte est la version Androïde minimum nécessaire pour faire tourner l'application. Une version trop ancienne risque de ne pas supporter certains comportements, mais à l'inverse une version trop récente ne sera pas accessible par tous les utilisateurs (ou le plus grand nombre tout du moins). Il est donc primordial de bien se renseigner sur le nombre d'utilisateurs sur le marché ayant la version choisie.

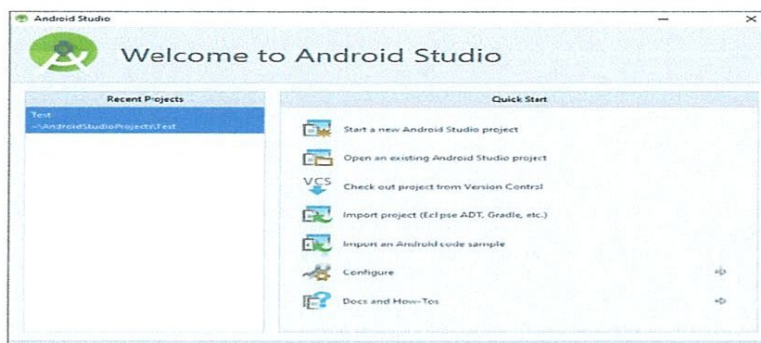
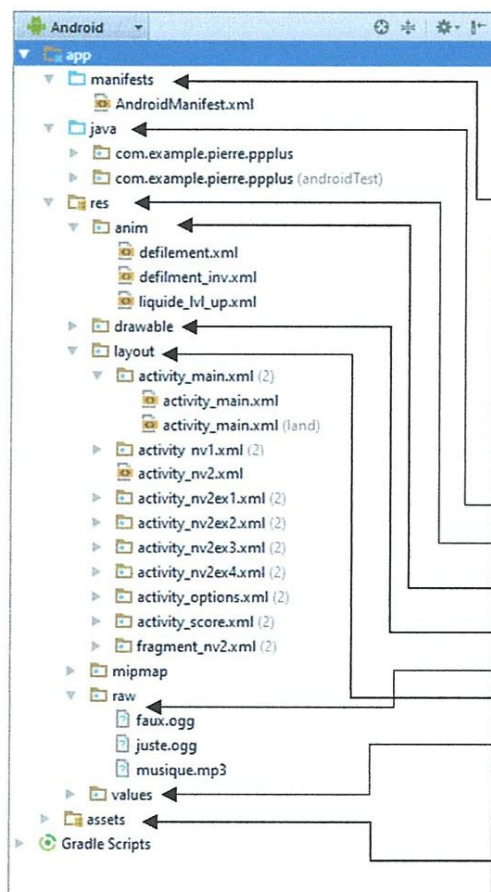


Figure 2.14: interface du langage "Androïde Studio"

## XI.2. Organisation d'un projet Androïde:



Sur le haut de gauche de l'écran se situe un onglet regroupant l'ensemble des éléments composant le projet. On retrouve dans l'exemple tous les éléments d'un projet type :

- ❖ Un manifest : Il définit le nom du package de l'application (qui sert d'identifiant unique), tous les composants de l'application (Activities, Services, BroadCast Receivers, Content providers), dans quels processus les composants de l'application seront contenus, les informations contenant les versions de l'Android API requis, les permissions nécessaires et les bibliothèques utilisées par l'application.
- ❖ Des fichiers Java (classes, interfaces, etc...).
- ❖ Les ressources :
  - Les fichiers XML, définissant les animations
  - les images
  - Les fichiers audio
- ❖ Les fichiers XML, servant à la mise en forme.
- ❖ Les fichiers XML, servant à stocker des données comme des styles ou divers valeurs en fonction des langues par exemple.
- ❖ Des polices d'écriture.

Figure 2.15 : Organisation d'un projet Androïde

## XII. Le logiciel PROTEUS:

Le logiciel PROTEUS est composé de trois modules :

- L'éditeur de schéma ISIS
- Le simulateur LISA
- L'outil de conception de circuit imprimé ARES

ISIS produit d'une part, une liste d'équipotentiels qui peut être utilisée par le simulateur LISA et l'outil de conception de circuit imprimé ARES, d'autre part, une liste de matériel et des rapports de contrôle des règles électriques.

LISA est un ensemble de modules de simulation lié à ISIS. Le noyau de simulation PROSPICE est basé sur la version 3F5 du moteur SPICE publié par l'université de Berkeley.

ARES est un module de conception de circuit imprimé compatible Windows 98, 2000 et XP. Il permet le placement des composants en mode automatique, manuel ou semi-automatique et le routage des liaisons sur plusieurs couches en mode automatique, manuel ou semi-automatique.

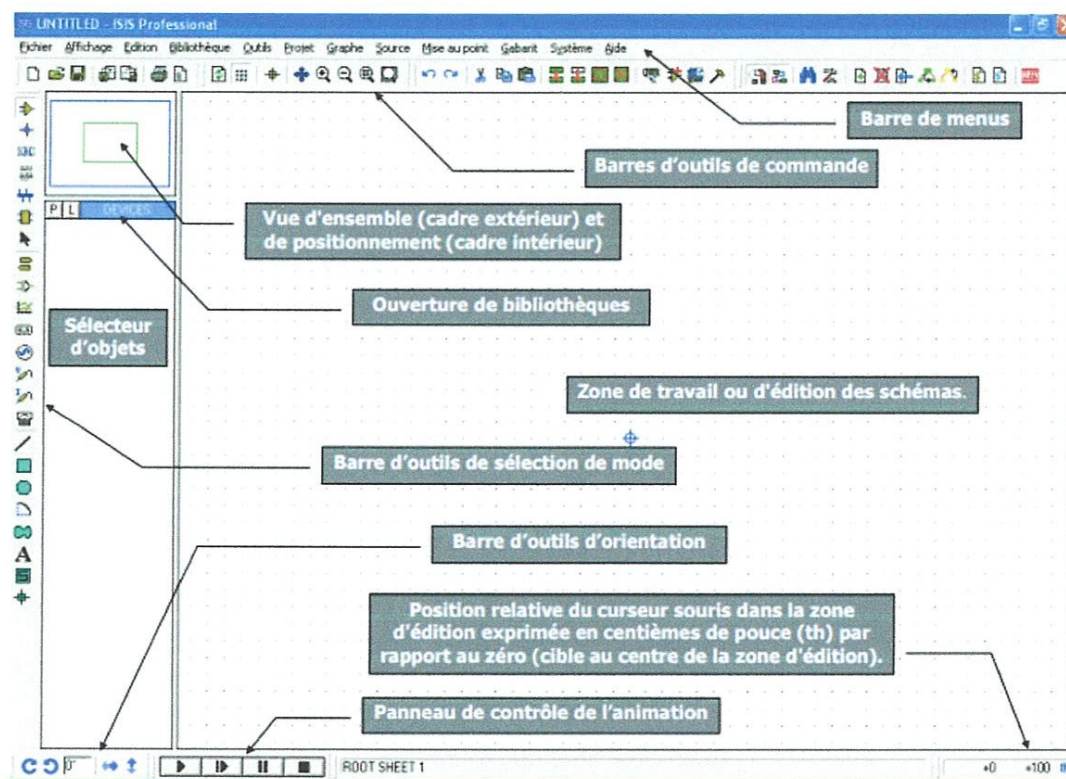


Figure 2.16 : interface d'utilisateur PROTEUS

### **XIII. Conclusion:**

Dans ce chapitre, nous avons décrit la carte électronique d'Arduino de type ATmega 2560, donnant ainsi les raisons pour lesquelles, on l'a choisie et les différents capteurs que nous avons utilisés dans les deux cartes électroniques réalisées par nous mêmes. Cette description nous a permis de conclure que la carte Arduino avec son langage évolué (de type I.D.E) offre une grande opportunité de réaliser pas mal des projets en électronique. En plus, le logiciel "Proteus" et l'environnement "Androïde Studio" donne la possibilité de simuler nos cartes électroniques conçues et la génération d'une application androïde respectivement.

---

## Conception des systèmes d'arrosage et de station météo

### I. Introduction:

Après avoir donné une description théorique sur le module Arduino et son environnement de développement dans le chapitre précédent, on va maintenant, procéder à l'application expérimentale. On présentera la simulation du projet qui représente deux cartes électroniques (une station météo et l'arrosage automatique) conçues à base de la carte Arduino Mega 2560 et contrôlé par un Smartphone à partir d'une application androïde, ainsi la conception de ces deux cartes électroniques. Donc, notre travail est basé principalement sur la réalisation de deux cartes électroniques, dont la première représente une station météo à base d'une carte Arduino de type MEGA 2560, qui sert à informer l'utilisateur sur les facteurs climatiques (température, humidité, pression, et altitude) à partir des capteurs correspondants (shields de la carte Arduino) via un Smartphone, en utilisant une application androïde conçue par nous mêmes dont la communication entre le téléphone intelligent et la carte électronique est effectuée à travers une communication sans fil de type Bluetooth. Alors que la deuxième carte électronique qui est basée aussi sur une carte Arduino permet de commander une pompe à eau afin de commencer l'arrosage suite à la demande de l'utilisateur. La demande d'irrigation est effectuée par l'envoi d'un message vers la carte électronique à travers une ligne GSM.

Avant de passer à la réalisation pratique, nous avons utilisé un CAO (conception assisté par ordinateur): il s'agit d'ISIS PORTEUS, c'est un CAO électronique conçu par "Labcenter Electroniques" qui permet de représenter des schémas électroniques, de les simuler et de réaliser le circuit imprimé correspondant. Le CAO électronique «PROTEUS » disponible et téléchargeable, se compose de nombreux outils regroupés en modules au sein d'une interface unique. Ce dernier, nous permet de schématiser notre carte électronique comme le montre les figures (3.2) et (3.3).

Notre projet qui est basé sur la réalisation de deux cartes électroniques, s'articule sur deux grandes parties essentielles:

### II. Partie 1: Cotés matérielles (Hardware)

Cette partie s'intéresse à la partie électronique proprement dit. Elle sert à décrire les

différents composants et modules électroniques utilisés pour la conception de ce projet entre autre la carte Arduino porte une place primordial dans cette partie, elle est le cœur de ce projet.

## II.1 Structure générale du système:

Les cartes Arduino sont des cartes "open source" comportant un circuit microcontrôleur permettant de réaliser des acquisitions de données issus des capteurs et peuvent gérer une communication sans fil de type Wifi, GSM ou Bluetooth ce qui est très intéressant dans le cas d'une station météo (par Bluetooth) ou le cas d'un arrosage automatique (par réseau GSM). Donc, il n'est pas nécessaire de se rendre sur le site pour acquérir les mesures. Le schéma synoptique de la station météo est illustré dans la figure (3.1).

### II.1.1. Station Météo:

La carte électronique de station météo est constituée principalement des modules suivants:

- Carte Arduino Mega 2560
- Module Bluetooth
- Capteurs de température, humidité, pression et altitude
- GLCD (JHD12864)

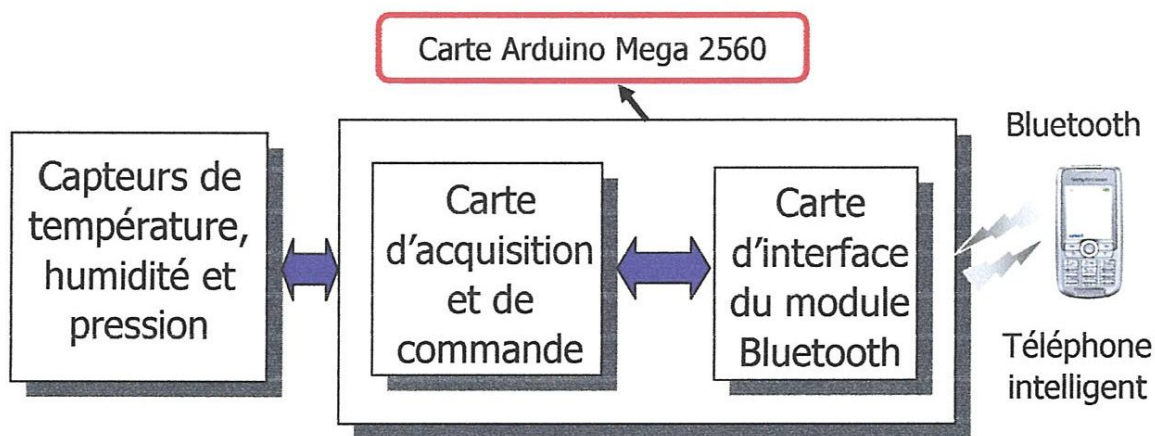


Figure 3.1: Schéma synoptique d'un système station météo



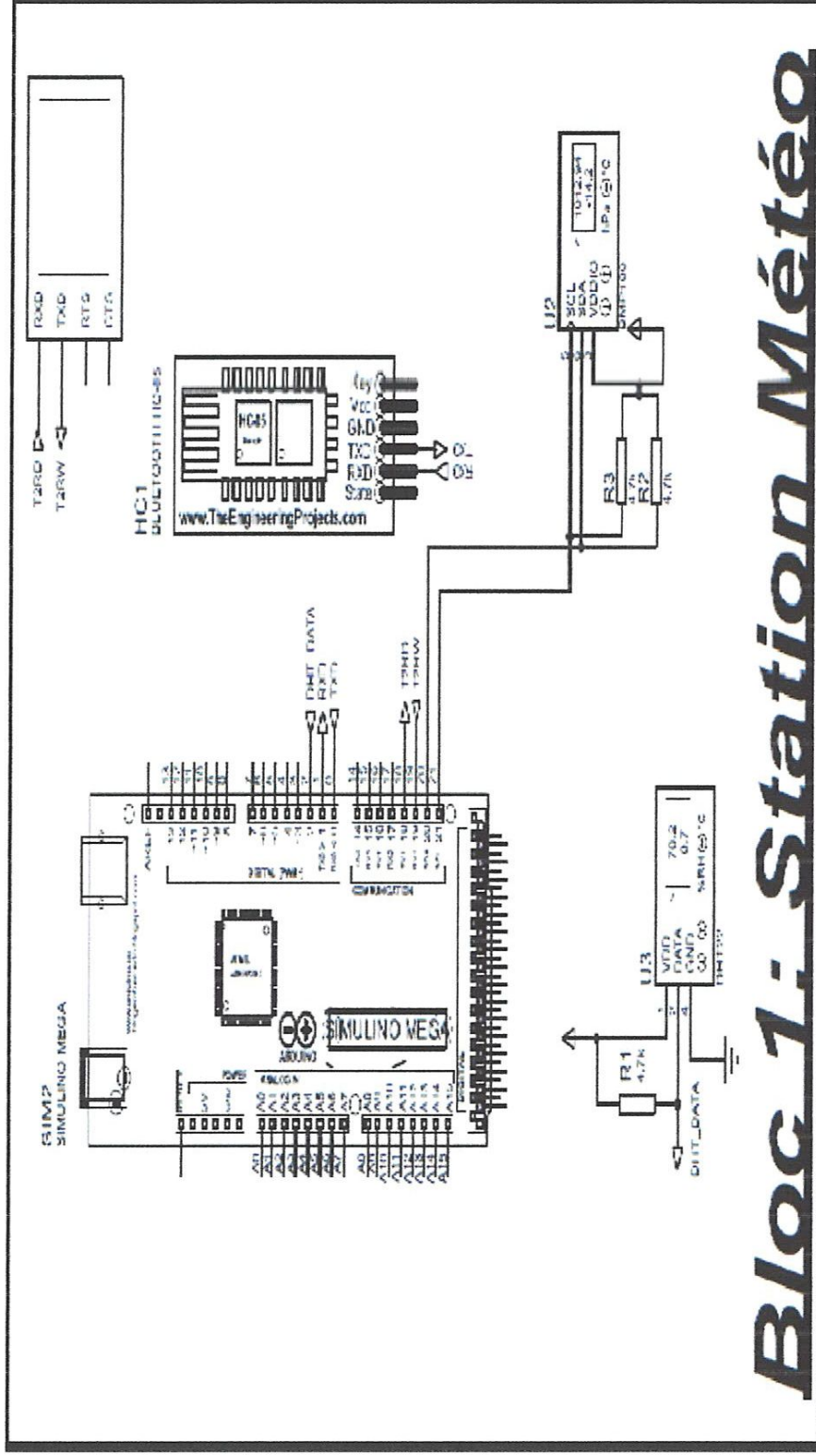


Figure 3.2: Schéma électronique de la station météo

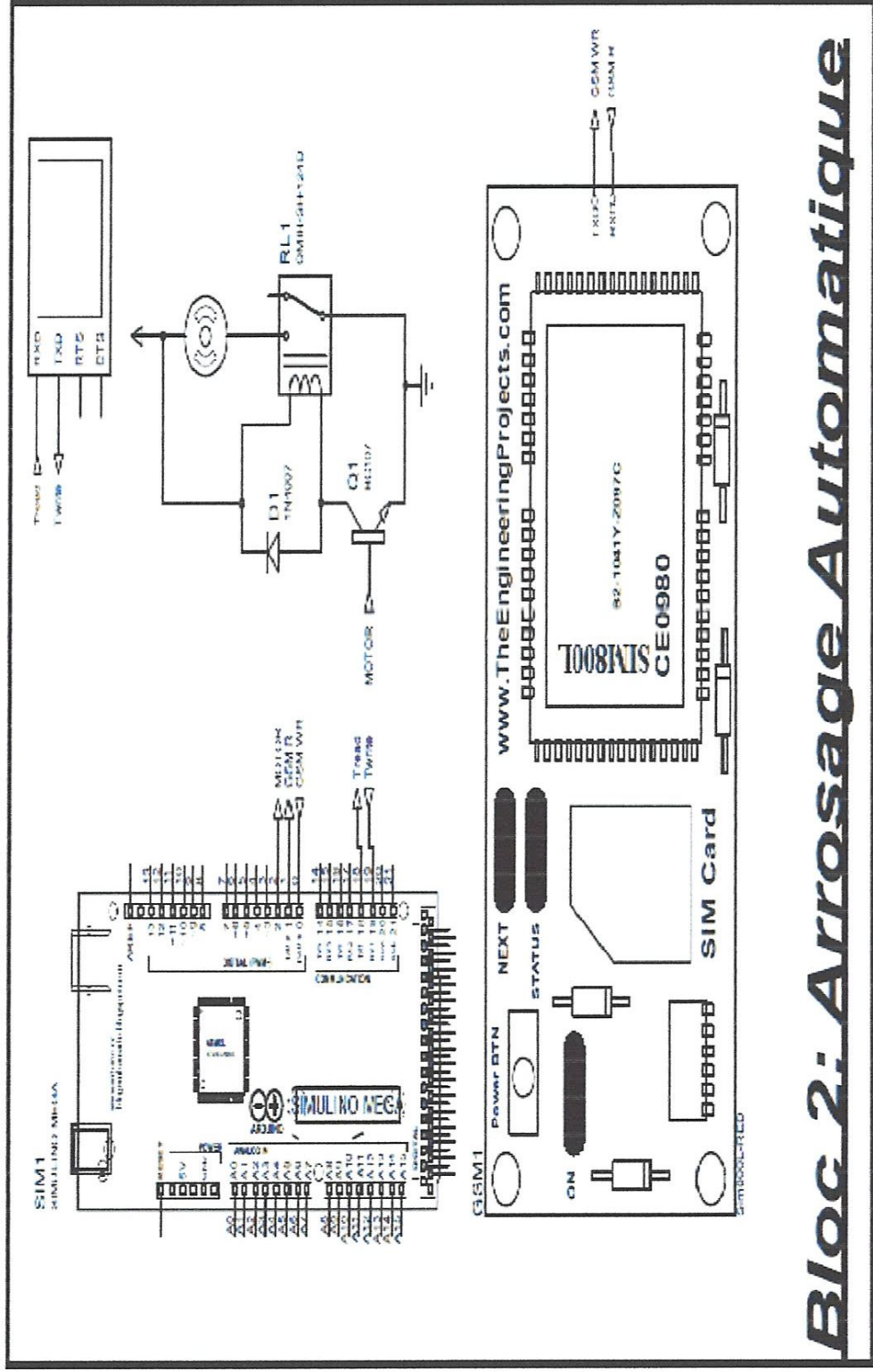


Figure 3.3: Schéma électronique de l'arrosage automatique

### **II.1.1.1. Principe de fonctionnement:**

L'objectif de la réalisation de cette carte (station météo) est de mesurer les différents facteurs climatiques (température, humidité, pression et altitude), dont le principe est le suivant :

Il y a deux façons pour lire les valeurs des facteurs climatiques soit à partir:

- De GLCD, qui nécessite la présence de l'utilisateur au site.
- D'un Smartphone, en utilisant une application androïde programmée par nous même.

Pour le cas d'un Smartphone, et à partir de l'application androïde, on demande à la carte Arduino via une liaison Bluetooth de lire les différentes valeurs des facteurs climatiques à partir de ses capteurs correspondants et d'envoyer ces valeurs au téléphone, toujours par une liaison Bluetooth, donc on remarque bien que cette situation n'exige pas la présence de l'utilisateur au site contrairement au premier cas.

#### **a. Module Bluetooth:**

##### ***a.1. Principe de fonctionnement:***

Le Bluetooth utilise la technique FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum, en français étalement de spectre par saut de fréquence ou étalement de spectre par évansion de fréquence), consistant à découper la bande de fréquence (2.402 - 2.480 GHz) en 79 canaux (appelés hops ou sauts) d'une largeur de 1MHz. Le standard Bluetooth permet d'éviter les interférences avec les signaux d'autres modules radio, en changeant de canal jusqu'à 1600 fois par seconde,

##### ***a.2. Principe de communication :***

Le Bluetooth est basé sur un mode de fonctionnement maître/esclave. Ainsi, on appelle « picoréseau » (en anglais piconet) le réseau formé par un périphérique et tous les périphériques présents dans son rayon de portée. Il peut coexister jusqu'à 10 picoréseaux dans une même zone de couverture. Un maître peut être connecté simultanément à un maximum de 7 périphériques esclaves actifs (255 en mode parked). En effet, les périphériques d'un picoréseau possèdent une adresse logique de 3 bits, ce qui permet un maximum de 8 appareils. Les appareils dits en mode parked sont synchronisés mais ne possèdent pas d'adresse physique dans le picoréseau.

En réalité, à un instant donné, le périphérique maître ne peut se connecter qu'à un seul



# Chapitre III

Conception des cartes d'arrosage et de station météo



esclave à la fois. Il commute donc très rapidement d'un esclave à un autre afin de donner l'illusion d'une connexion simultanée à l'ensemble des périphériques esclaves. Le Bluetooth prévoit la possibilité de relier deux piconets entre eux, afin de former un réseau élargi, appelé «réseau chaîné» (en anglais scatternet), grâce à certains périphériques faisant office de pont entre les deux piconets.

### a.3. L'interface Bluetooth :

Une interface Bluetooth est constituée d'une interface radio, d'un contrôleur Bluetooth et d'une interface avec le système hôte.

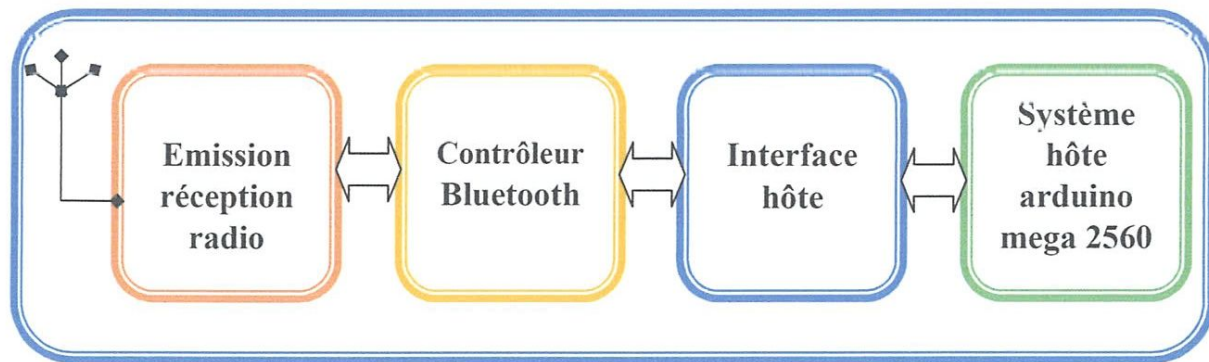


Figure 3.4: Schéma de l'interface Bluetooth

## b. Capteurs:

### b.1. Capteur de température et humidité DHT11 :

Le capteur DHT11 communique avec l'Arduino via une unique broche d'entrée/sortie, dont le protocole de communication est le suivant :

- Le microcontrôleur maître (la carte Arduino dans notre cas) réveille le capteur en plaçant la ligne de données à la position LOW (la tension à la masse (0 volt)) pendant au moins 18ms. Durant ce laps de temps, le capteur va se réveiller et préparer une mesure de température et d'humidité. Une fois le temps écoulé, le maître va libérer la ligne de données et passe en écoute.
- Une fois la ligne de données libérée, le capteur répond au maître (pour montrer qu'il est bien réveillé), en maintenant la ligne de données à la position LOW pendant 80µs puis à la position HIGH (la tension de la résistance de tirage) pendant 80µs.
- Le capteur va ensuite transmettre une série de 40 bits (5 octets). Les deux premiers octets contiennent la mesure de l'humidité. Les deux octets suivants

contiennent la mesure de la température, Le cinquième octet est utilisé comme un octet de parité pour de détecter s'il y a des erreurs de transmission des valeurs de l'humidité et de température..

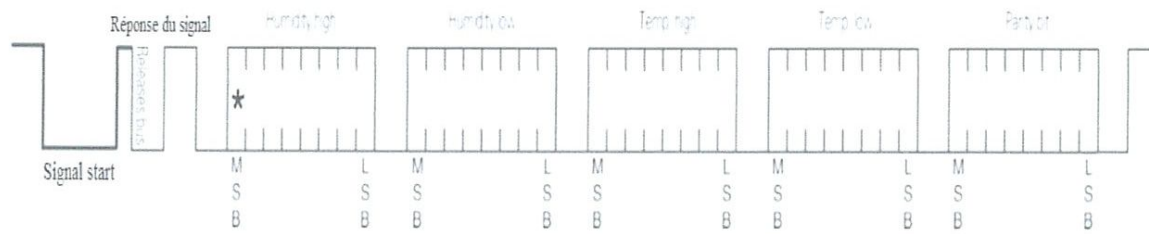


Figure 3.5:Format d'une trame de communication

### b.2. Capteur de pression (baromètre) BMP180 :

- Le capteur BMP180 se compose d'un capteur piézo-résistif, un convertisseur analogique numérique et une unité de contrôle avec EEPROM et interface I2C, il délivre les valeurs de pression et température non compensées.
- L'EEPROM sert à stocker 176 bits des données d'étalonnage individuelles, utilisé pour compenser le décalage de la température et les autres paramètres de capteur.
- L'arduino Envoie une séquence de départ pour démarrer les mesures de température ou pression. Après le temps de conversion, les résultats des valeurs (donnée de pression et température respectivement) peuvent être lus via l'interface I2C.
- Les données d'étalonnage doivent être utilisées pour calculer la température en °C et la pression en hPa. Ces constantes peuvent être lues à partir de la mémoire EEPROM du capteur BMP180 via l'interface I2C.

### II.1.2. Arrosage automatique:

La carte électronique d'arrosage est constituée principalement des modules suivants:

- Carte Arduino Mega 2560
- Module GSM
- Pompe à eau
- LCD 16x2
- Capteur d'humidité
- Relais

### II.1.2.1. Principe de fonctionnement:

L'objectif de cette carte électronique est de gérer l'irrigation dans le domaine agricole, dont son principe est le suivant:

Premièrement, il y a deux manières pour diriger l'irrigation, soit:

- A distance, en utilisant la liaison GSM.
- Automatique.

Pour le premier cas, et afin d'activer l'arrosage, le microcontrôleur de la carte Arduino envoie une commande vers le module GSM pour vérifier, si elle a reçue un message (SMS), puis le microcontrôleur extrait ce message et le compare avec le code d'activation "\*01#" que nous avons créé dans le programme Arduino. Dans le cas où le message envoyé correspond bien au code, l'arrosage sera activé après vérification de niveau d'eau, mais l'irrigation ne démarre que si le niveau d'eau de réservoir est supérieur à 20% de sa capacité, puis le message "Arrosage à distance activée" et le niveau d'eau du réservoir en pourcent seront affichés sur l'afficheur LCD de la carte électronique. L'arrosage est activé pendant une durée de 160s (2mn et 40s) et puis s'arrête automatiquement, ou bien l'arrosage sera désactivé à partir de l'utilisateur par l'envoi d'un autre message (SMS) via la connexion GSM, ensuite le microcontrôleur extrait ce message et le compare avec le code de désactivation "\*00#" que nous avons créé dans le programme Arduino.

Dans le cas, où le niveau d'eau est inférieur à 20%, l'arrosage est arrêté et le message "niveau d'eau faible" sera affiché sur l'afficheur LCD et en même temps envoyé à l'utilisateur à travers le module GSM.

Pour le cas d'un arrosage automatique, un capteur d'humidité injecté dans le sol permet d'informer le microcontrôleur de la carte Arduino sur l'état de sol (sec ou mouille) qui sert à commander la pompe à eau afin d'arroser ou non les plantes.

Le schéma synoptique de l'arrosage automatique pour une application à l'agriculture est illustré dans la figure (3.4).

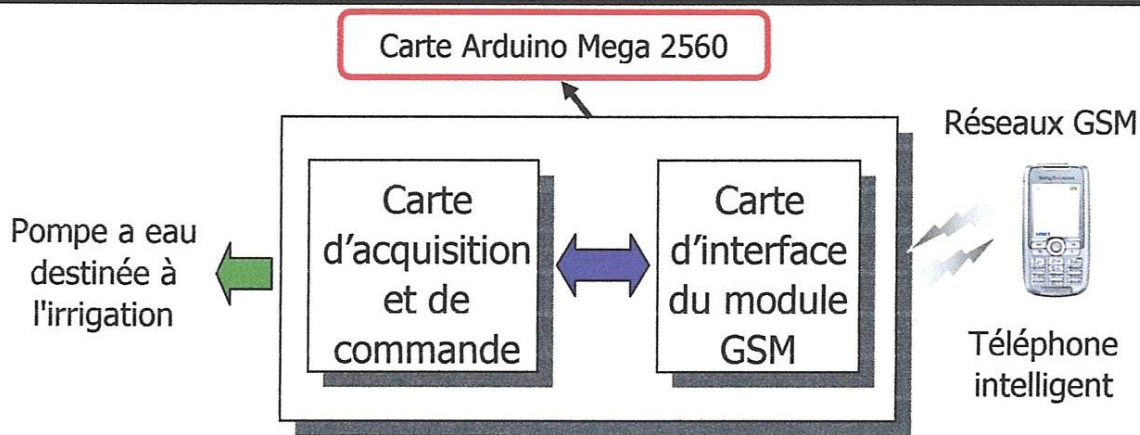


Figure 3.6: Schéma synoptique d'un système d'arrosage

### a. Module GSM Sim800L:

#### a.1. Définition:

Le Sim800L est un module GSM/GPRS fonctionne à Quadri-bande 850/ 900/ 1800/ 1900MHz. Le SIM800L permet la transmission et la réception des données numérique, en utilisant la norme du réseau GSM et GPRS.

La plupart des modems modernes disposent d'un jeu de commandes textuelles qui peuvent être appelées en mode de commande. Les modems plus anciens ne disposent que des commandes par signaux de contrôle ou de commandes sous la forme de télégrammes.

Le jeu le plus courant de commandes textuelles est appelé le jeu AT ou encore Hayes, du nom de l'entreprise ayant commercialisé les premiers modems dits intelligents. Le jeu se compose de commandes simples préfixées par AT (toujours présent pour commencer une ligne de commande). En général, ces deux codes sont utilisés pour synchroniser le modem à la bonne vitesse. Il est donc recommandé de les taper avec la même casse. Les commandes agissent sur des registres internes qui sont manipulables directement. Il est souvent possible de sauvegarder la configuration dans une mémoire interne non volatile. Il faut savoir que la plupart du temps beaucoup d'extensions incompatibles ont été implantées: il n'existe pas à proprement parler de norme. On parlera cependant des commandes les plus courantes. En général, les fabricants fournissent avec le modem de la documentation suffisante pour le paramétrage.

La commande AT est le préfixe de ligne de commande qui indique au modem qu'une



commande ou une séquence de commandes est entrée.

**a.2. Principe de fonctionnement:**

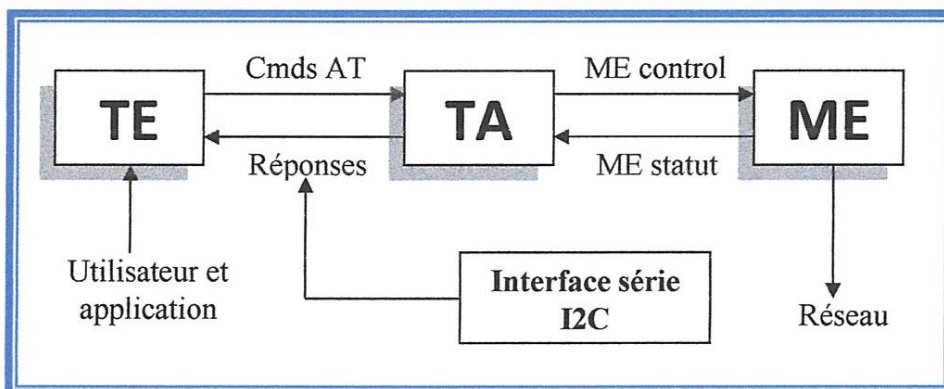


Figure 3.7 : Schéma de fonctionnement du module GSM Sim800L

ME (Mobile Equipment): téléphone portable.

TE (Terminal Equipment): microcontrôleur (Arduino Mega 2560).

TA (Terminal Adaptateur): assure la liaison entre le ME et le TE.

TA et ME forment une seule entité, par exemple un téléphone portable standard ou un terminal GSM contient dans son boîtier à la fois le TA et le ME.

Le TE forme une entité à part, par exemple, il peut s'agir d'un ordinateur qui dispose d'un port série ou un circuit électronique basé sur un microcontrôleur qui implante un port série.

**a.3. Commandes dédiées au service SMS:**

AT commandes	Description
AT+CSMS	Sélection du service de messagerie
AT+CPMS	Sélection de ta zone mémoire pour le stockage des SMS
AT+CMGF	Sélection du format du SMS (PDU ou TEXT)
AT+CSCA	Définition de l'adresse du centre de messagerie

AT+CSDH	Affiche en mode TEXT le paramétrage des SMS
AT+CSAS	Sauvegarde du paramétrage
AT+CREG	Restauration du paramétrage par défaut
AT+CNMI	Indication concernant un nouveau SMS
AT+CMGL	Liste les SMS stockés en mémoire
AT+CMGR	Lecture d'un SMS
AT+CMGS	Envoie un SMS
AT+CMSS	Envoie d'un SMS stocké en mémoire
AT+CMGW	Écriture d'un SMS.
AT+CMGD	Efface un SMS

Tableau 3.1 : Commande AT dédiées service SMS

**b. Pompe à eau:**

Une pompe à eau est un dispositif qui fonctionne selon le principe d'aspiration et de refoulement. La pompe permet de récupérer l'eau d'un niveau de profondeur bas vers un niveau plus élevé. Les éléments tournants pouvant être actionnés par un moteur électrique ou mécanique.

Son principe est apparu dès que l'homme a eu le besoin de se protéger contre les éléments de la nature. Son besoin en alimentation d'eau le poussa à trouver des moyens de faire parvenir l'eau du puits ou de la rivière jusqu'à son habitation. Les débuts étaient difficiles car l'homme utilisait l'énergie de ses muscles pour tirer l'eau du puits. Au fur et à mesure que les inventions évoluaient, des dispositifs électriques et mécaniques naissaient et permirent de s'en passer de son énergie musculaire.

**c. Capteur d'humidité:**

Dés le manque du capteur d'humidité pour le sol au marché, nous avons utilisé un capteur sensible à l'eau qui est une simple piste qu'on la trouve dans les manettes de joystick.

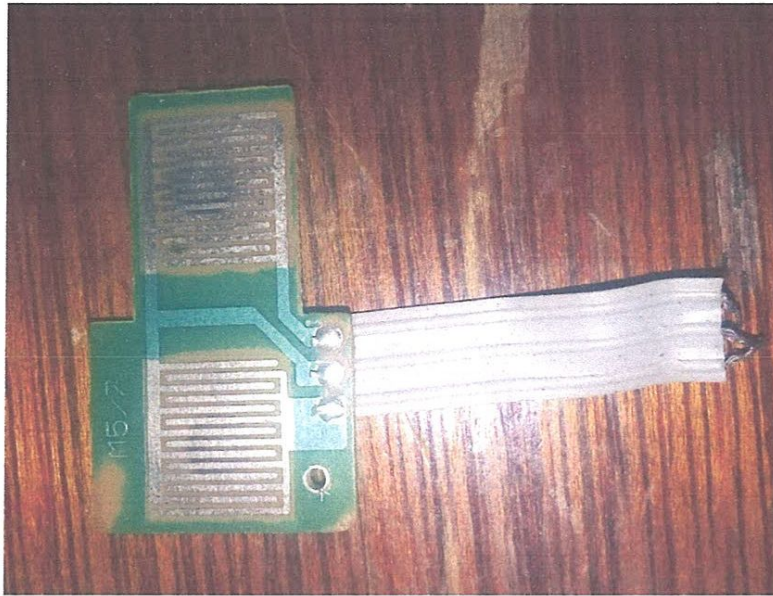


Figure 3.8. Capteur d'humidité

#### **d. Relais:**

##### ***d.1. Définition:***

Un relais est un commutateur électromécanique, il est constitué principalement d'une bobine. Lorsque un petit courant circule à travers la bobine, le champ magnétique est induit qui provoque l'interrupteur (induit) de se déplacer, à la position de "fermeture" ou "ouverture" de la connexion électrique. Typiquement, un relais est utilisé pour contrôler un système de haute puissance, en utilisant un petit circuit de tension continue sans aucune connexion électrique directe entre eux. Cela signifie, que le circuit de haute puissance et le circuit de basse tension à courant continu sont magnétiquement lié mais séparés électriquement.

##### ***d.2. Principe de fonctionnement:***

La figure ci-dessous montre la représentation schématique d'un relais. Lorsque un petit courant continu circule à travers la bobine du relais (bobine dynamise), l'armature est attirée vers la position NO (normalement ouvert). Dans le cas contraire, l'armature revient à sa position ordinaire qui signifie que la broche COM est connectée à la position NC (normalement connecté).

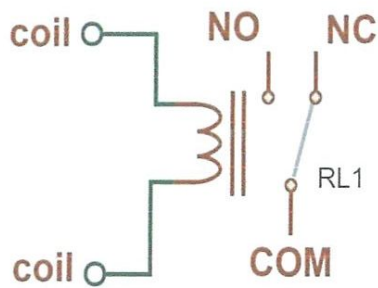


Figure 3.9 : Schéma synoptique d'un relais

### III. Partie 2: Cotés logicielles (software)

Cette section s'intéresse à la partie programmation proprement dit. Elle sert à décrire les différents programmes adaptés et développés avec nous mêmes pour réaliser ce projet. Dans cette partie, nous avons utilisés l'environnement Arduino pour synthétiser des programmes, afin de bien gérer la communication entre la carte Arduino et les différents éléments électroniques qui composent nos deux cartes électroniques conçues. En plus de l'environnement Arduino, nous avons utilisé la plateforme "Androïde Studio" pour générer une application androïde. Cette application androïde permet de lire les valeurs des facteurs climatiques dans le cas de la carte de station météo via une liaison Bluetooth avec la carte Arduino.

Dans cette partie, nous allons présentés les différents programmes que nous avons réalisés, soit sous Arduino ou sous Androïde Studio sous forme des organigrammes.

#### III.1. Organigrammes des fonctions développées sous Arduino:

Un organigramme est une représentation graphique d'un programme, ou chaque action (instruction) est met dans un bloc. Un bloc est une forme géométrique qui désigne le type de l'action qu'on souhaite réaliser. Les organigrammes suivants représentent les différents sous programmes que nous avons écrits sous l'environnement Arduino.

##### III.1.1. Organigramme de la station météo:

Comme tout programme Arduino, contient deux fonctions élémentaires de type Void qui sont respectivement *void setup()* et *void loop()*, ou la première fonction contienne les différentes déclarations de type initialisations et configurations matérielles. Alors, que la fonction void loop() contienne l'ensemble des instructions qui sert à l'exécution d'une tâche déterminée par l'application souhaitée. Avec la remarque, que la

déclaration des bibliothèques et les variables globales sont décrites à l'en-tête du fichier comme indiqué dans la figure suivante:

```
sketch_jun11a$  
%Déclaration des librairies et les variables globales  
  
void setup()  
{  
  %Initialisations  
  % Configurations matérielles  
}  
void loop()  
{  
  % Suites d'instructions  
}
```

Figure 3.10: Structure d'un programme Arduino

On présente dans cette partie que les organigrammes de la fonction void loop() pour les deux cartes électroniques (station météo et arrosage semi-automatique (à distance) et automatique).

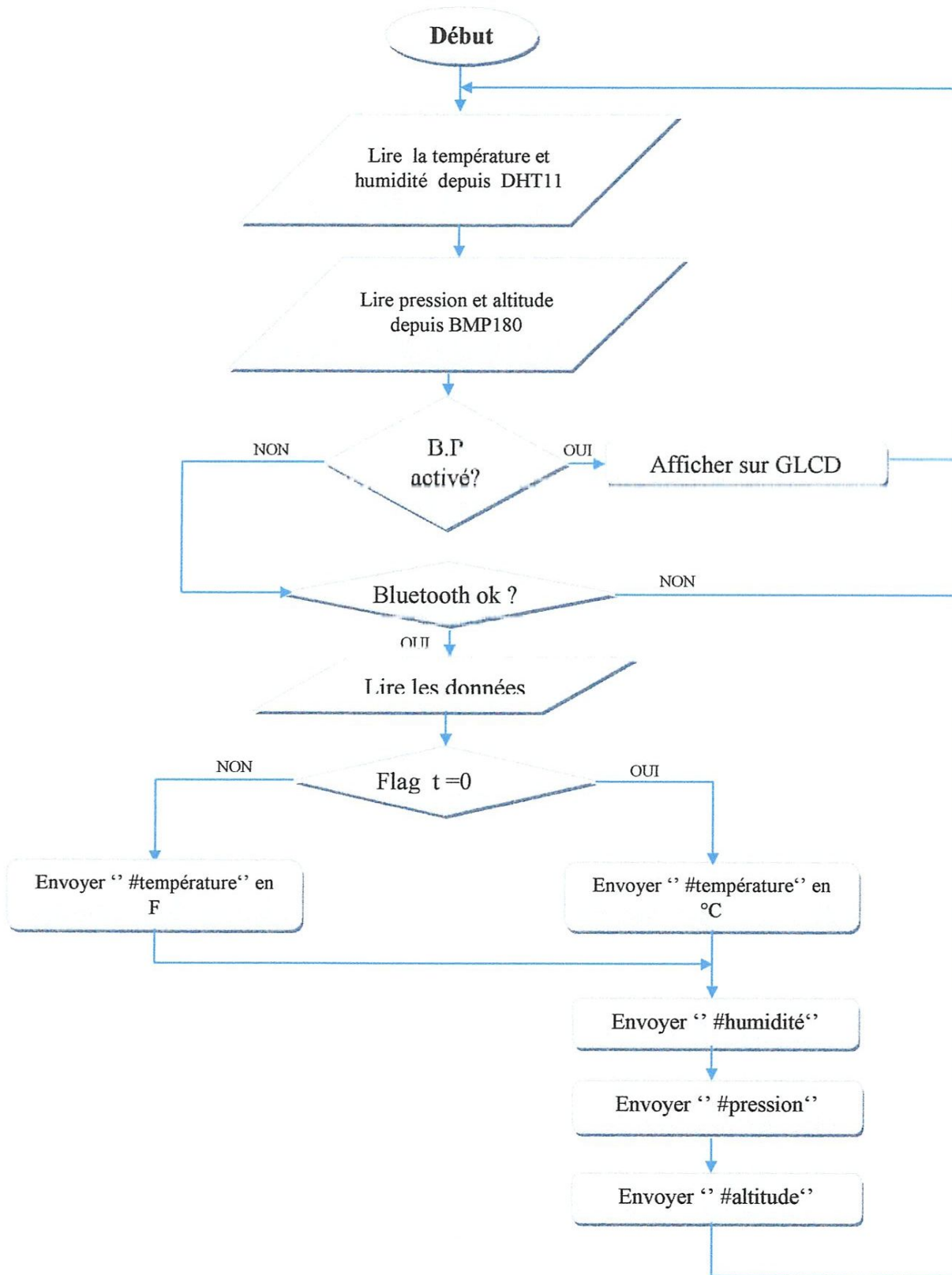


Figure 3.11 : Organigramme du système de station météo

III.1.2. Organigramme de l'arrosage automatique :

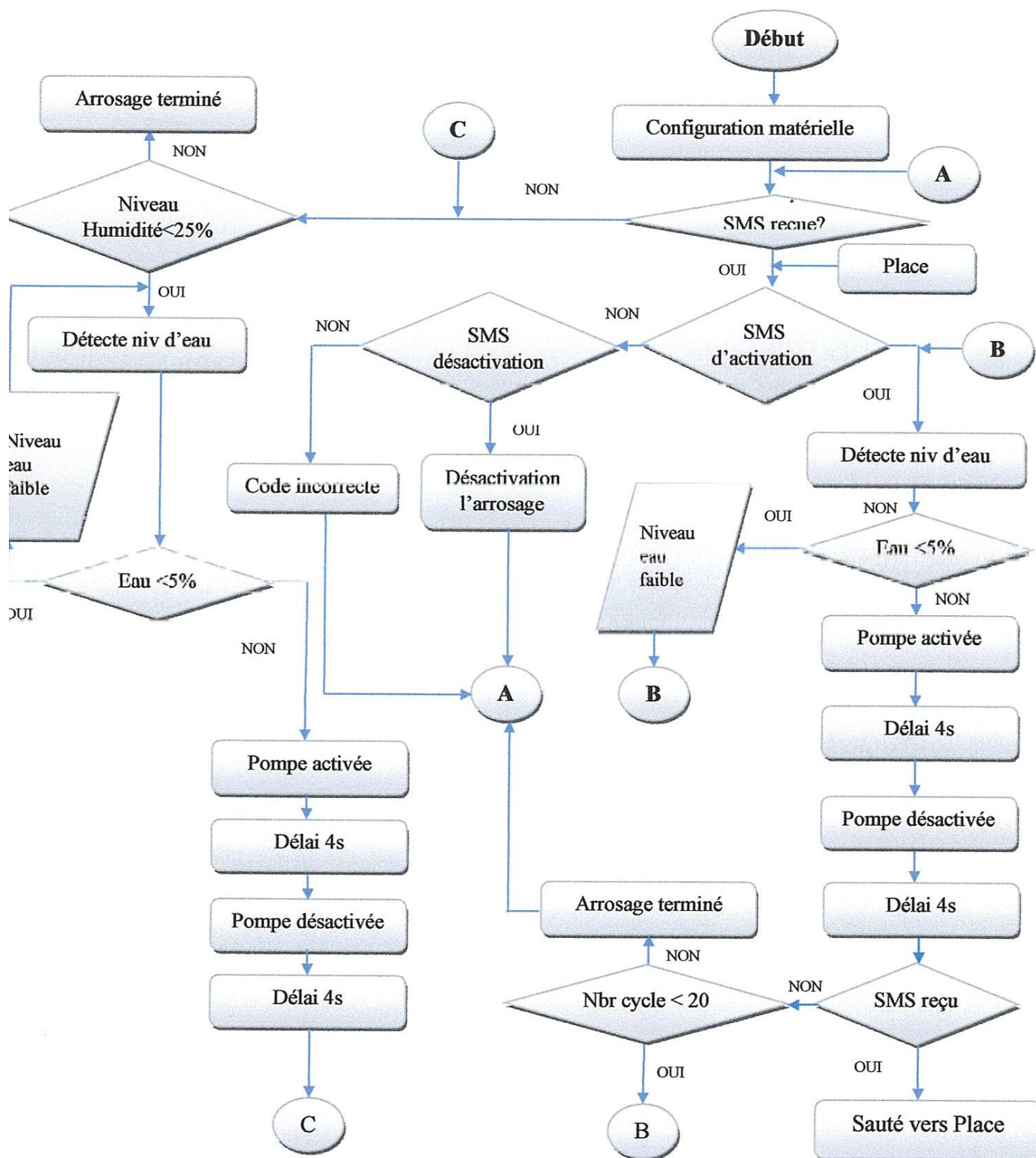


Figure 3.12: Organigramme du système d'arrosage automatique et semi-automatique

**Remarque:**

Tout cycle d'arrosage est de durée de 8s, et il contient deux étapes:

- Pompe activée pendant 4s
- Pompe désactivée durant 4s

Pour une seule action d'arrosage, nous avons 20 cycles d'irrigation c'est-à-dire, toute action d'arrosage (automatique ou semi-automatique) dure 160s.

### **III.2. L'application androïde:**

#### **III.2.1. Qu'est ce qu'un système Androïde?**

Androïde est un système d'exploitation développé initialement pour les Smart phones. Il utilise un noyau Linux qui est un système d'exploitation libre pour PC et intègre tous les utilitaires et les périphériques nécessaires à un smart phone. Il est optimisé pour les outils Gmail. Aussi, l'androïde est libre et gratuit et a été ainsi rapidement adopté par des fabricants.

L'androïde est utilisé dans de nombreux appareils mobiles (smart phones). Les applications sont exécutées par un processeur de type ARM (architecture matérielle RISC 32 bit (Reduced instruction set computer ou RISC)) à travers un interpréteur JAVA, ou JAVA est un langage de programmation orienté objet, développé par Sun Microsystems, sorti en 1995. Une application écrite en JAVA est facilement portable sur plusieurs systèmes d'exploitation. Une application exécutable sous Androïde (interprétable par une interface en JAVA) est un fichier avec l'extension « APK ».

La réalisation de notre application androïde passe par deux phases :

- La réalisation graphique : créer une interface graphique permettra de faciliter l'utilisation de l'application.
- La programmation de l'application: le programme est à base du langage java

L'application androïde est un ensemble des activités, et toute activité passe par plusieurs états durant son cycle de vie, il est important de connaître ce cycle ainsi que les méthodes qui sont appelées à chaque fois que l'application bascule d'un état vers l'autre.



### III.2.2. L'interface graphique de l'application:

L'interface graphique désigne la manière, dont on a présenté l'application à l'écran pour l'utilisateur. C'est le positionnement des différents éléments : menus, boutons, fonctionnalités dans la fenêtre.

Une interface graphique bien conçue est ergonomique et intuitive: faite pour que l'utilisateur la comprenne tout de suite.

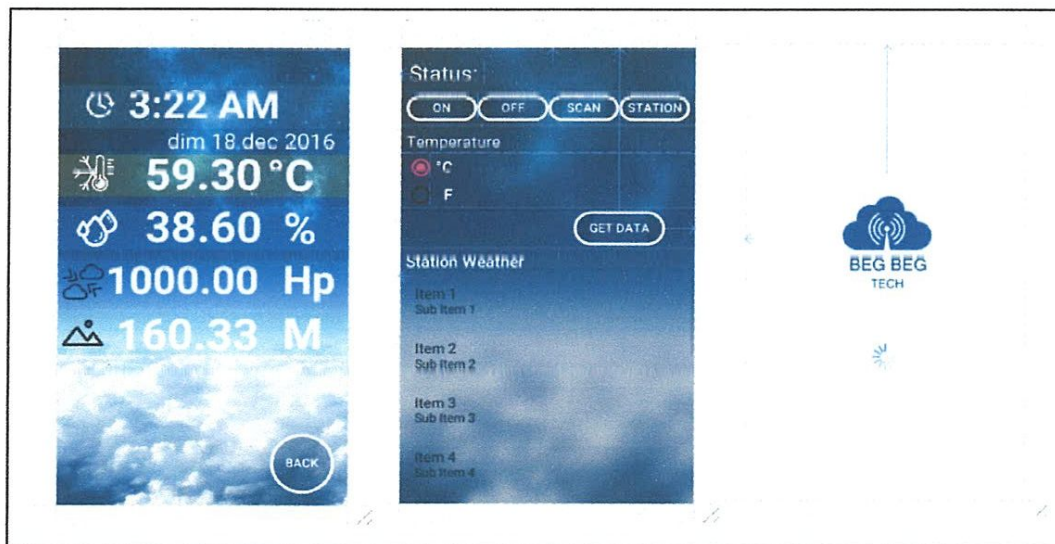


Figure3.13 : L'interface graphique de notre application android

### III.2.3. La programmation de l'application:

Dans la figure ci-dessous, on présente les différentes étapes de conception de l'application réalisée par nous mêmes, en utilisant l'environnement "Androïde Studio".

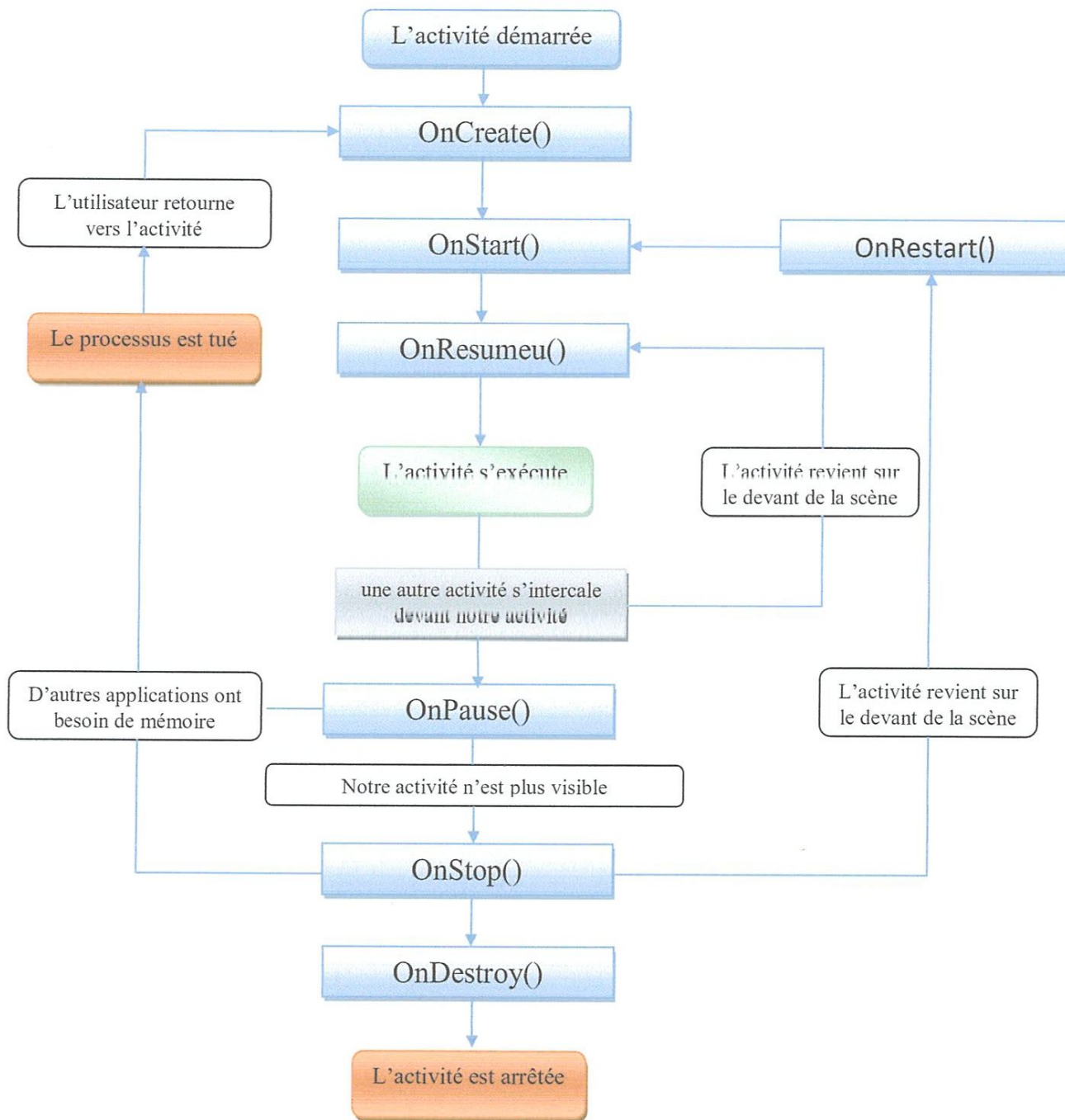
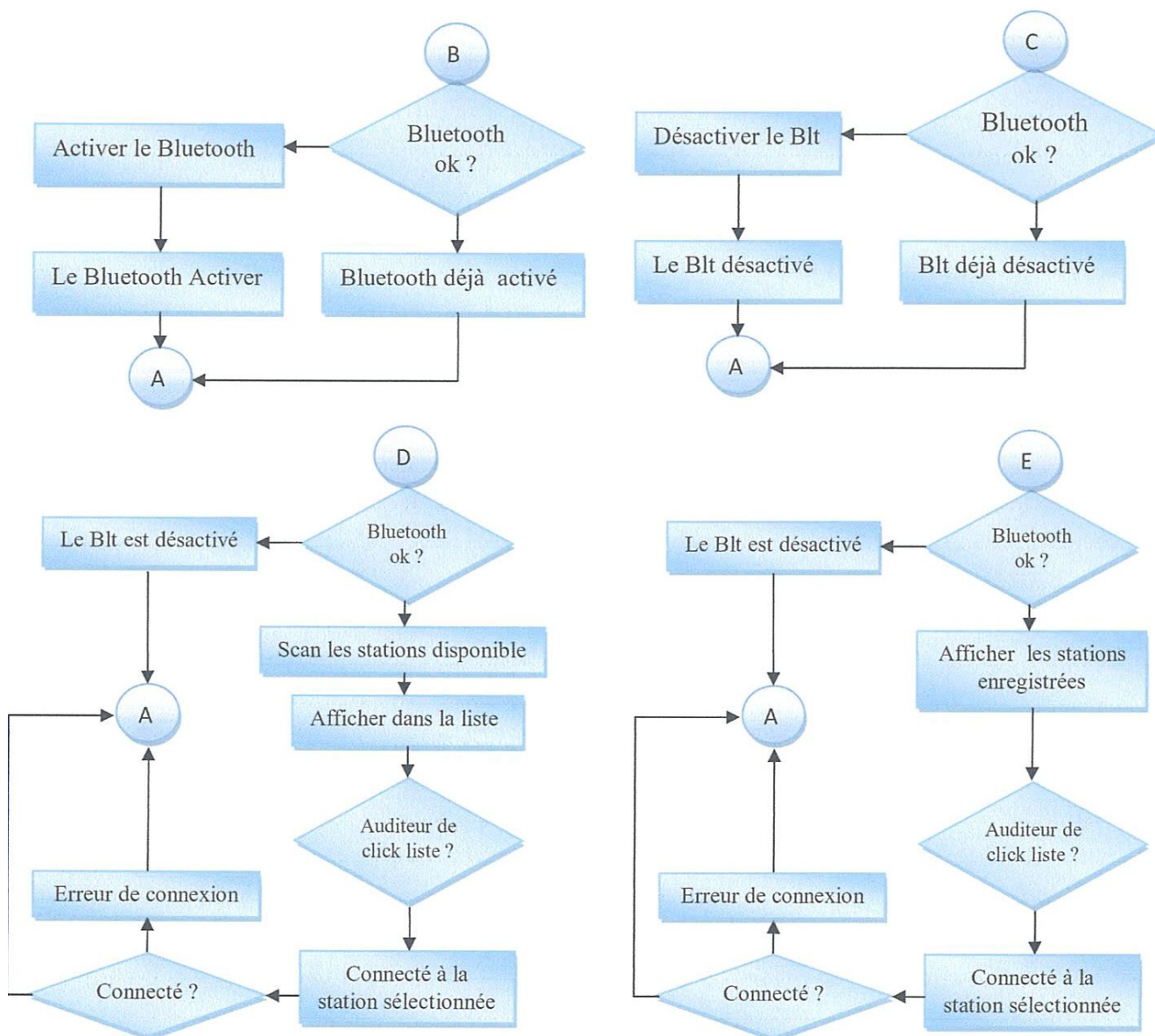
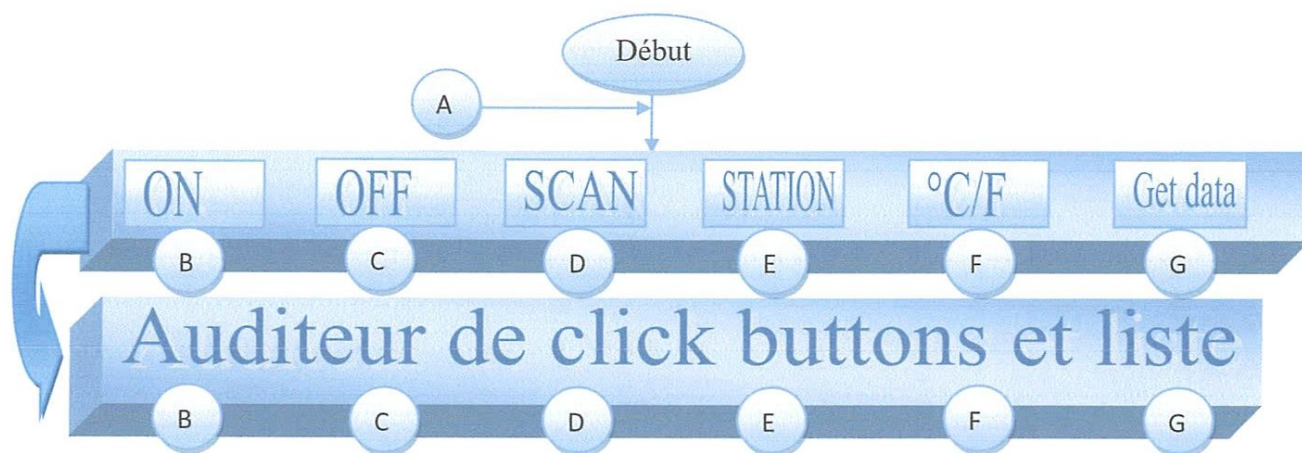


Figure3.14: Organigramme Cycle de vie d'une activité



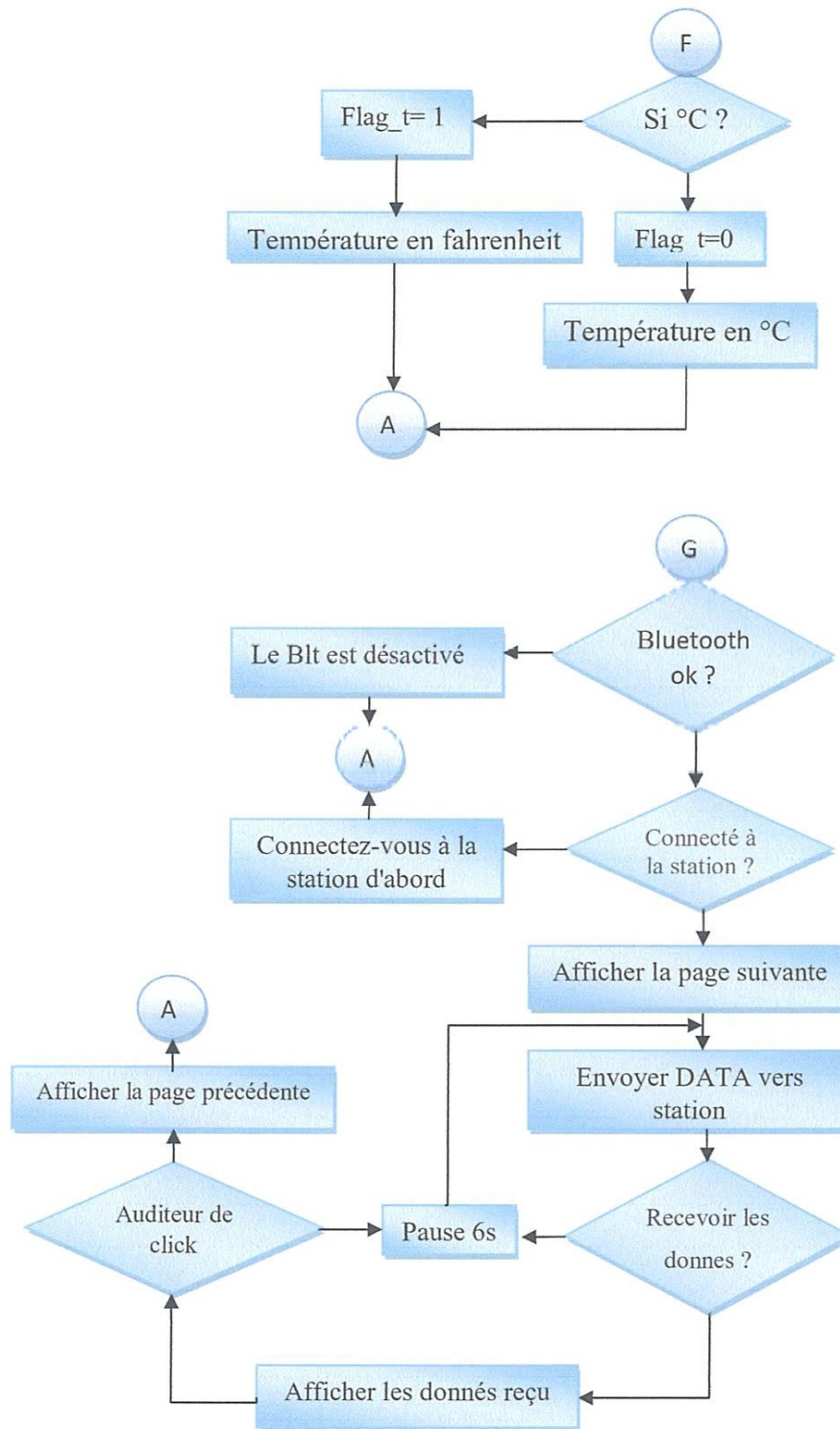


Figure 3.15 : Organigramme de l'application android

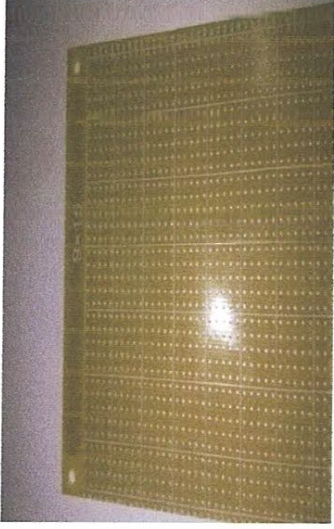


Figure 3.16: Plaque PCB prototype

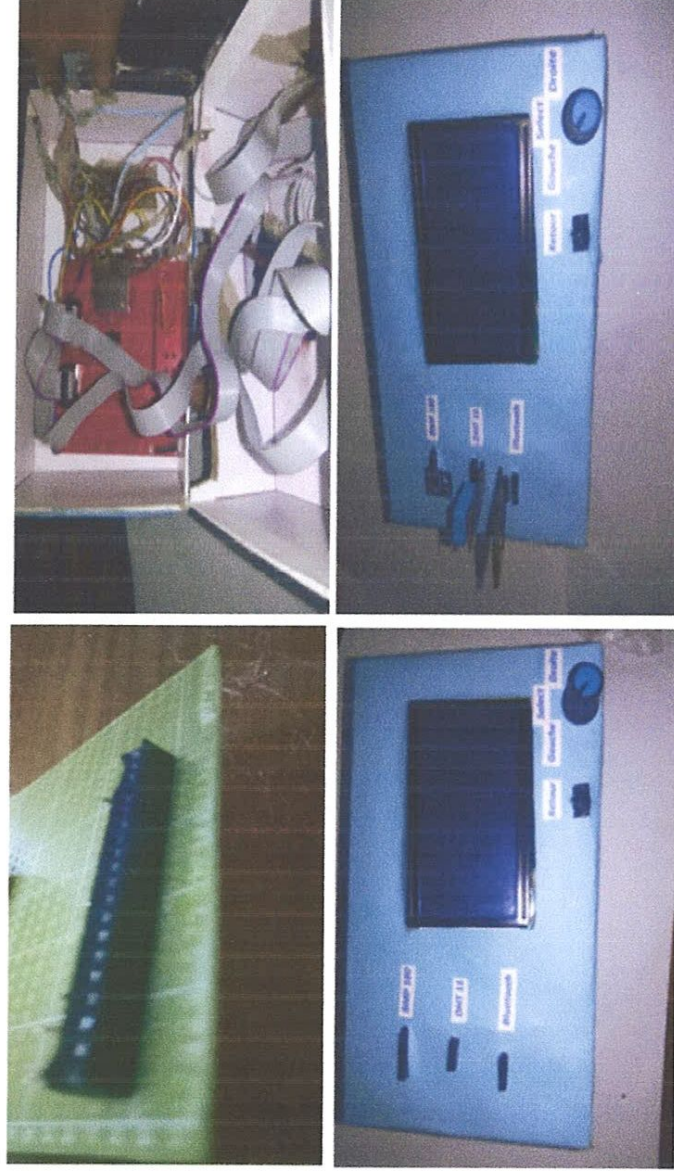


Figure 3.17 : Les photos de différents éléments du système de station météo

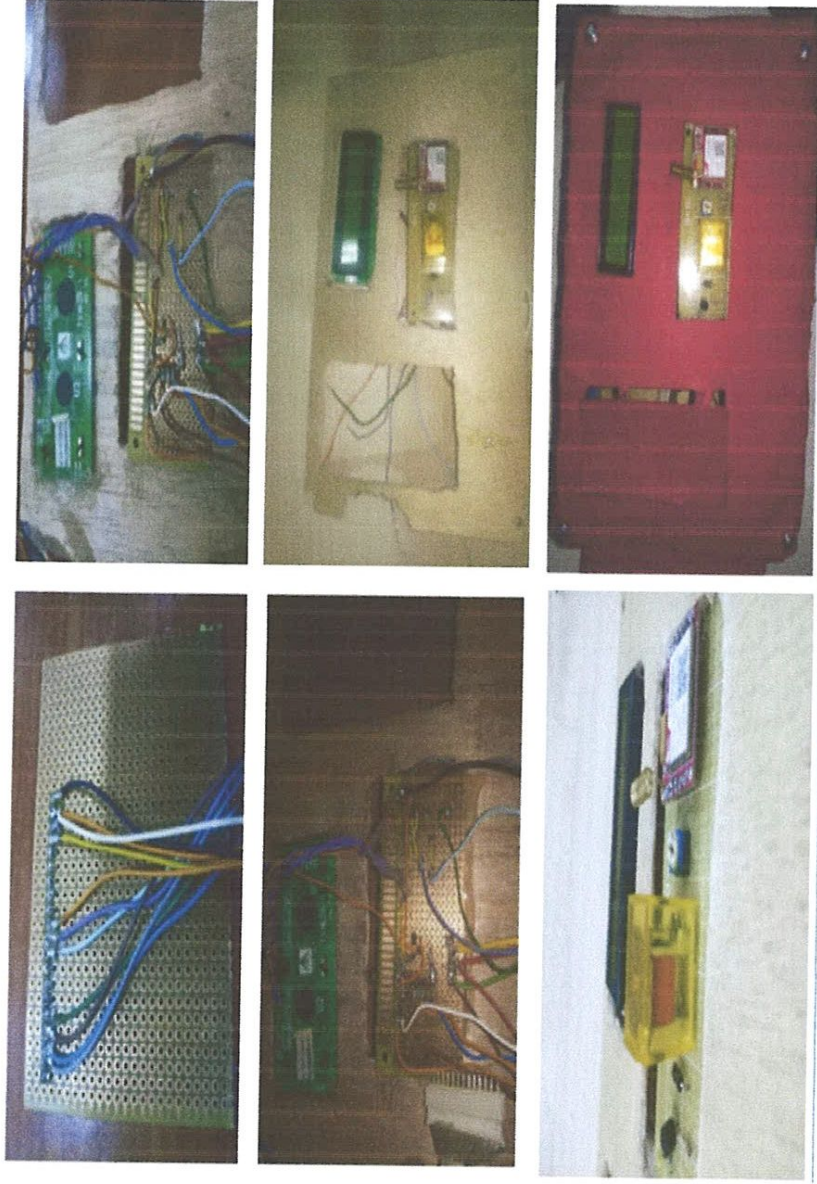


Figure 3.18: Les photos de différents éléments du système d'arrosage

## Conclusion Générale

Notre travail a consisté l'étude et la réalisation d'une station météo et d'un système d'arrosage automatique, afin de rendre la vie quotidiennes de l'habitant plus confortable. Le système que nous avons pu proposer dans ce manuscrit est basé sur la réalisation de deux cartes électroniques:

- Station météo
- Arrosage des plantes (semi-automatique et automatique)

Pour le cas de la station météo, nous avons utilisés les modules suivants:

- Une carte Arduino de type ATmega 2560
- Module Bluetooth
- Afficheur de type GLCD
- Capteurs de température, humidité, pression et altitude
- Une application androïde conçue par nous mêmes

Suivant l'état du module Bluetooth de la carte de station météo, on distingue deux modes de fonctionnement:

- Hors connexion Bluetooth
- Sous connexion Bluetooth

Dans les conditions normales, notre carte de station météo fonctionne en mode "hors connexion Bluetooth", elle mesure les différentes valeurs des facteurs climatiques en temps réels à partir des capteurs correspondants, et elle affiche ces valeurs sur l'écran de l'afficheur GLCD selon la position de son Switch. Pour le mode "Sous connexion Bluetooth", on peut recevoir les valeurs des facteurs climatiques à travers l'application androïde générée pour cette tâche.

La carte d'arrosage des plantes est conçue à partir des composants et modules électroniques suivants:

- Une carte Arduino ATmega 2560
- Module GSM
- Afficheur LCD
- Relais
- Une pompe a eau

- Un réservoir d'eau
- Un capteur d'humidité injecté dans le sol

Suivant l'état du module GSM de la carte d'arrosage, le système d'irrigation des plantes contient lui aussi deux modes de fonctionnement:

- Semi-automatique (à distance) (Sous connexion GSM)
- Automatique (Hors connexion GSM)

Dans les situations normales, notre système d'arrosage fonctionne en mode "Automatique", il contrôle l'irrigation des plantes à partir d'une pompe à eau suite à la valeur transmise par le capteur d'humidité injecté dans le sol vers le microcontrôleur de la carte Arduino. En fait, contrairement à ce que l'on pourrait penser, un système d'arrosage automatique n'est pas seulement intéressant lorsque l'on part en vacances, il se justifie toute l'année, car il permet une plus grande maîtrise de sa consommation d'eau. Cela entraîne de grandes économies pouvant correspondre à un pourcentage important de la facture.

Le mode "Semi-automatique", ne sera activé que par la transmission vers le module GSM de la carte électronique d'un code d'activation de ce mode sous forme d'un SMS par le billet d'une liaison GSM.

L'étude et la réalisation de ce projet nous a permis d'acquérir des connaissances supplémentaires en électronique embarquée et en développement, en fait, nous avons pu accéder à la maîtrise du langage d'Arduino et de la conception des applications androïdes.



## Bibliographies

### *Livre:*

- [01]: **ERIK Bartmann** " Le grand livre d'Arduino", 2eme Edition, 5 mars 2015.
- [02] : **Jean- Noël** " livret Arduino en français", centre de ressources art sensitif, novembre 2006.
- [03] : **C. Tavernier**, " Arduino applications avancées", Version Dunod, 16 octobre 2012.
- [04] : **Marco Schwartz & Stefan Buttigieg** " Arduino Android Blueprints", December 2014.
- [05] : **Jean-Francois Lalande** " Développement Android ", Version 2, November 2016.

### *Autres fichiers et data sheet :*

- [06]: **Bosch Sensortec GmbH**, data sheet: " **BMP180** Digital pressure sensor".
- [07]: **SIMCom Wireless Solutions Ltd**, data sheet: "SIM800 Hardware Design".
- [08]: **D-Robotics UK**, data sheet "DGT11 Humidity & Temperature Sensor".
- [09] : **Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd**, data sheet "HC-06".
- [10] : **A. Grimault, J. Querard** , « Articl Procédé et dispositif de commutation d'un relais électromagnétique », EP2312598 A1
- [11] : **METEOROLOGIE**, source < <http://biacalais.free.fr/cours/Meteorologie-V2.pdf>>
- [12] : **L'arrosage automatique** source <[http://www.racinesap.fr/download/1871-rb\\_arrosage\\_automatique\\_2012-pdf](http://www.racinesap.fr/download/1871-rb_arrosage_automatique_2012-pdf)>
- [13] : **La météorologie élémentaire**  
Source <<http://www.leschoucas.com/theorie/Meteorologie-aerologie/meteorologie-elementaire-et-frontologie.pdf>>

### *Page internet :*

- [14] : <http://arduino.cc/fr/Main/Librairies>
- [15] : <http://www.labcenter.com/>
- [16] : <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega>
-



