



**HAL**  
open science

## Conception d'un système d'irrigation résidentielle

Gilbert Bou Elias

► **To cite this version:**

Gilbert Bou Elias. Conception d'un système d'irrigation résidentielle. Electronique. 2014. dumas-01304230

**HAL Id: dumas-01304230**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01304230>**

Submitted on 19 Apr 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

-  
**Conservatoire Nationale des Arts et Métiers**  
**Institut des Sciences Appliquées et Economiques**  
**Centre Associé au CNAM-Paris**

**MEMOIRE**  
**Présenté en vue d'obtenir**  
**Le DIPLOME d'INGENIEUR CNAM**

**SPECIALITE : ELECTRONIQUE**

**Par**

**BOU ELIAS Gilbert**

---

**Conception d'un système d'irrigation résidentielle**

**Soutenu le 22/11/2014**

---

**Jury: Michel TERRE**  
**Khaled ITANI**  
**Haissam HAJJAR**  
**Mohamad ALWAN**  
**Dany MERHEJ**

## Remerciements

Au terme de ce travail, je souhaite adresser mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation et ont permis par leur soutien et leurs conseils, de le mener à bien.

Je tiens à remercier Docteur Haissam Hajjar, Professeur à l'Université Libanaise, qui m'a encadré tout au long de ce projet.

Je remercie Monsieur Khaled Itani, chef du département électronique. C'est à ses côtés que j'ai compris ce que rigueur et précision voulaient dire.

J'adresse tous mes remerciements à Elias Nassour. C'est grâce à lui que j'ai pu concilier avec bonheur la recherche théorique et appliquée pendant ce projet.

Une pensée émue pour Kabalan Chaccour qui m'a aidé à amener presque tous les composants électroniques de la Chine.

Pour son encouragement et son assistance aussi bien matérielle que morale qui m'a permis de faire ce projet dans de bonnes conditions, une dédicace spéciale à Mariane Hage qui m'a soutenue tout au long de mon travail. Si j'en suis là aujourd'hui, c'est grâce à toi.

## **Présentation de la société:**

G&F for General Trading est une société créée en 2011, spécialisée en matière de sécurité (système de surveillances, système d'alarmes, système domotiques...) et dans le domaine de la commerce, de l'installation et de la maintenance.

Nous nous soucions de nos clients et de leurs entreprises. Nous avons fait d'importants investissements dans la technologie pour assurer que nos processus internes et externes offrent un service de qualité à la clientèle.

Parmi nos projets :

- Municipalité de Byekout
- Ste.Georges Matta (Ajaltoun,Dekwaneh,Hazmyeh,Jal El Dib,Khalde...)
- Maliks Bookshop (Le Mall Dbayeh,Citymall,Spinneys Jnah,Spinneys Dbayeh,Hamra etc...)
- Nat Gaz, Adlieh
- Al-Hayali Hotel , Kaslik
- Cordon Bleu Hotel, Tabarja
- Retail inc Group

Et autres...

En 2013, notre client, Mr. Ramy Nassour, nous a demandé de lui automatiser le système d'irrigation de sa villa au Kaa, Bekaa.

Voici le site de notre société: [www.gf-lb.com](http://www.gf-lb.com)

# SOMMAIRE

<b>I. Description du projet</b>	1
1. Les Besoins Fonctionnels	1
1.1. Pluviosité	1
1.2. Ensoleillement	2
2. Propriétés Techniques Générales	3
2.1. Propriétés traditionnelles	3
2.2. Propriétés améliorées	3
2.3. Propriétés nouvelles	3
3. Principe d'installation	4
4. Architecture du système	5
<b>II. Plan d'implantation</b>	7
1. Plan du projet	7
2. Type des plantes	8
2.1. Pin	8
2.2. Olivier	8
2.3. Cyprès de Leyland	9
2.4. Gazon	9
3. Méthodes d'irrigation	10
3.1. Vanne Pro-séries 7001	10
3.2. RPS-2 SPRAY	11
3.3. Xeri-Spray 360 True Spray	11
3.4. Pompe d'eau	12
<b>III. Matériels</b>	13
1. Microcontrôleur	14
2. LCD 4x16	17
3. Horloge temps réel DS1307	18
4. Capteur de température numérique TC 74	21
5. Clavier	24
6. Détection du niveau d'eau	25
7. Mesure de la température extérieure en utilisant le CTN	27
8. Capteur d'humidité	34
9. Communication série de Bluetooth – Mode esclave	36
10. Adaptation de la tension	38
11. Contrôle du Triac	40
12. Alimentation du système	43
13. Disposition des composants	45

<b>IV. Programmation</b>	48
1. Principe du fonctionnement du programme	48
2. La machine d'état et les organigrammes	49
3. Le comportement du système suite à la rupture de l'Alimentation	63
4. Affichage du menu	68
<b>V. Application Android</b>	74
<b>VI. Annexe</b>	75
1. I2C bus	75
2. UART	81
3. Nécessité de l'EEPROM	83
4. les difficultés rencontrées	83
5. Développements ultérieurs	83
<b>VII. Bibliographie</b>	84

## **Abréviations**

LCD: Liquid Crystal Display

EEPROM: Electronically Erasable Programmable Read Only Memory

RTC: Real Time Clock

I2C: Inter-IC-Communication

PIC : Peripheral Interface Controller » (« contrôleur d'interface périphérique »)

UART: Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

BCD: Binary Coded Decimal

SCK: Serial clock (I2C)

SDA: Serial data (I2C)

RWL: Resistance water level

J-WLD: jumper water level detector

CTN: coefficient de température négative

LED: Light Emitting Diode

MSB: Most significant bit

LSB: Lost significant bit

GPM: gallon per minute

ICSP: In circuit serial programmer

## I. Description du Projet:

Nous souhaitons faire la conception et la réalisation d'un contrôleur d'irrigation dédié à l'utilisation résidentielle. Ce contrôleur, en plus des propriétés classiques, s'est amélioré avec les nouvelles technologies telles que les applications mobiles.

### 1. Les Besoins fonctionnels

Récemment, nous constatons, au Liban, le développement du jardin (gazon, plantes...) dans les résidences. Pour des causes externes, comme le travail et le voyage, les résidents ne s'occupent plus du vert, d'où le besoin du système automatisé pour maintenir les jardins en bon état.

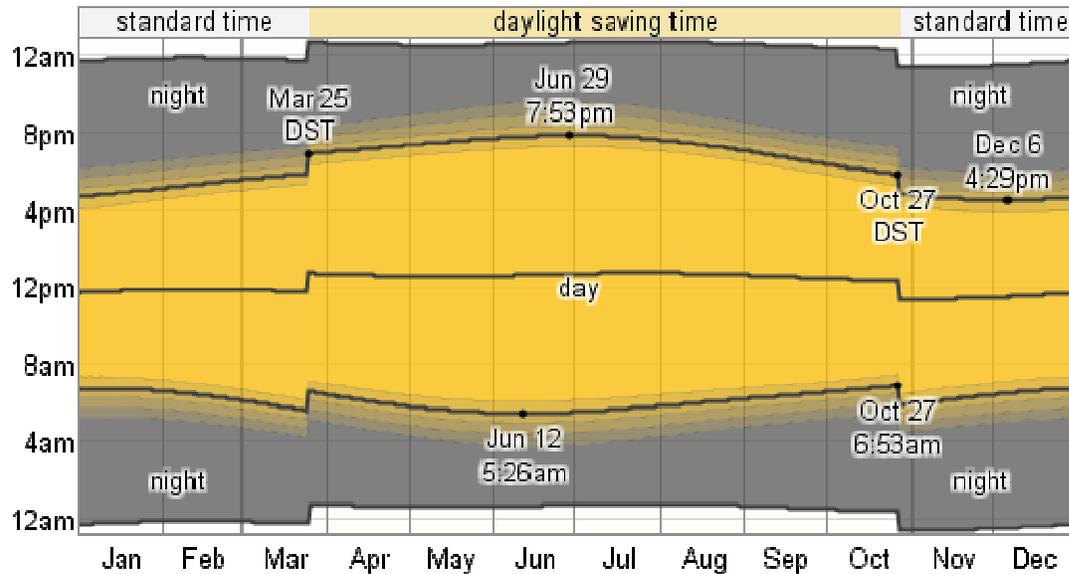
#### 1.1. Pluviosité



**Fig. I.1. Variation de la quantité de la pluie (précipitation) par rapport aux mois de l'année**

Dans ce schéma, nous constatons que durant l'année, le temps le plus convenable pour l'arrosage est le mois d'Avril jusqu'en Octobre, étant donné la quantité de la pluie n'est pas suffisante pour les plantes.

## 1.2. Ensoleillement



**Fig. I.2. L'apparition et l'accouchement du soleil durant chaque mois de l'année**

Selon le schéma, l'arrosage idéal reste tôt le matin (avant 10h) puisque la fraîcheur matinale permet d'hydrater vos plantes en douceur. L'arrosage en plein soleil risque de brûler les plantes. En outre, l'arrosage est également recommandé la nuit. La fraîcheur de la température permet de nourrir vos plantes. L'heure de l'arrosage diffère d'un mois à un autre puisque l'apparition et l'accouchement du soleil ne sont pas les mêmes durant chaque saison.

## **2. Propriétés Techniques Générales :**

### **2.1. Propriétés Traditionnelles**

- Horaire d'irrigation : Nous pouvons régler le temps d'arrosage.
- Control de la pompe : Le control de la pompe se fait d'une façon automatique et selon l'horaire d'irrigation.
- Control de vannes : Le control des vannes se fait d'une façon automatique et selon l'horaire d'irrigation
- Flotteur : Nous permet de savoir si le niveau d'eau contenu dans le réservoir est suffisant pour l'arrosage.

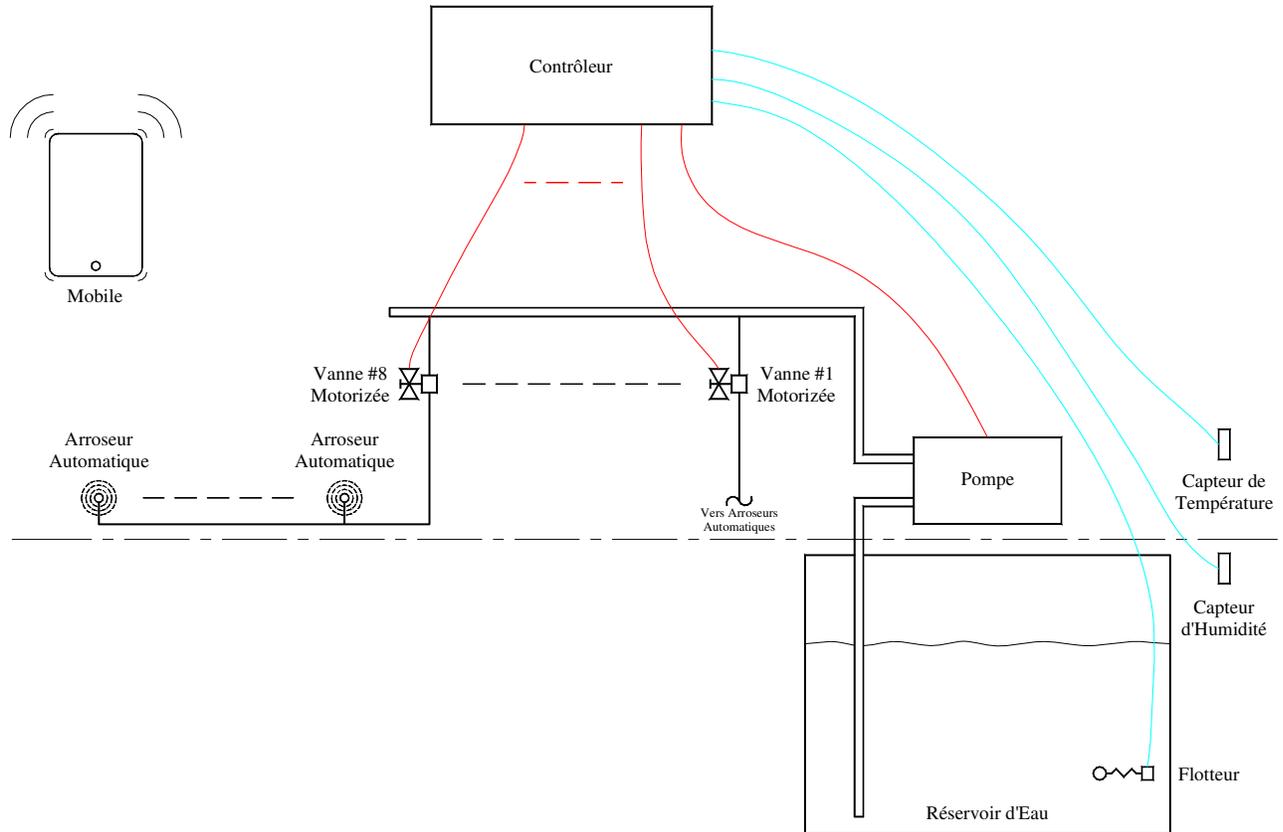
### **2.2. Propriétés Améliorées**

- Passage automatique à l'heure d'été.
- Consommation réduite d'eau (Utilisation du capteur d'humidité du sol).
- Protection contre le gel en utilisant le capteur de température.
- Capteur de température sur-carte pour la redondance.
- Interfaçage facile en rendant le système paramétrable par l'utilisateur (utilisant un LCD 4X16 muni d'un clavier).
- Capacité de faire des opérations manuelles.

### **2.3. Propriétés Nouvelles**

- Mémorisation étape par étape à l'EEPROM durant l'irrigation.
- Plans de récupérations en cas de coupure d'électricité.
- Communication Bluetooth.
- Application Mobile (configuration, supervision, et control).

### 3. Principe d'installation :



**Fig. I.3. Schématisation du projet**

Le contrôleur d'irrigation contrôle 8 vannes et une pompe selon le programme créé par l'utilisateur.

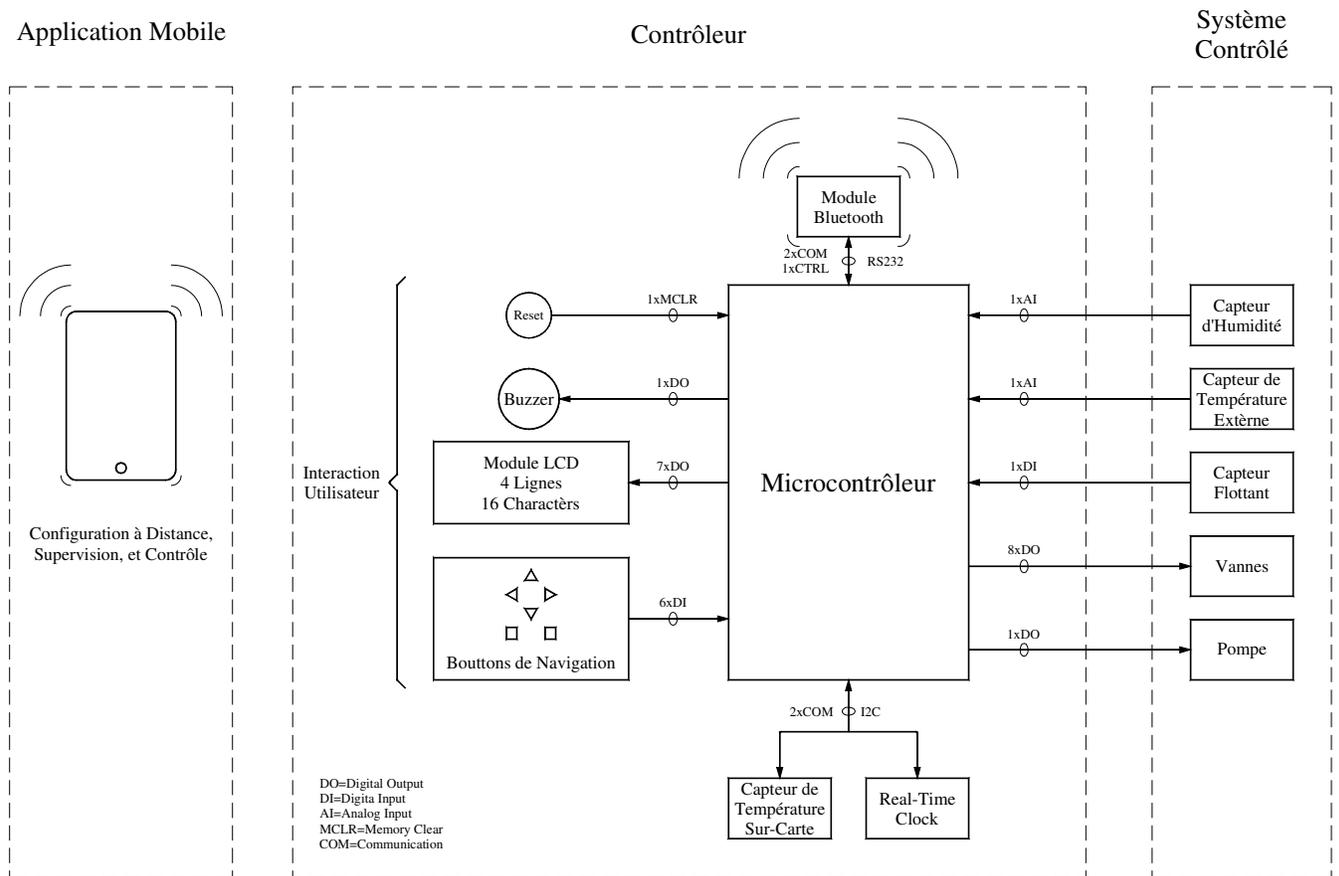
#### **Ce contrôleur possède 3 entrées extérieures :**

- Le flotteur qui va détecter la présence de l'eau dans le réservoir.
- Le capteur de température qui va servir à protéger la pompe en cas de congélation des tuyaux d'eau.
- Le capteur d'humidité du sol qui va nous aider à faire la décision d'effectuer l'arrosage.

Notre contrôleur contrôle la pompe à travers un contacteur.

Les vannes sont alimentées directement sous une tension de 24VAC.

## 4. Architecture du système :



**Fig. I.4. Architecture du système**

Le contrôleur est constitué principalement d'un microcontrôleur 18F4620 contrôlant le système en entier.

Ce microcontrôleur est connecté à un LCD 4X16 et à un clavier. Le clavier et le LCD vont être l'interface dont l'utilisateur peut utiliser pour paramétrer le système.

Le microcontrôleur est aussi connecté à des opto-triac afin de contrôler les vannes d'arrosages opérés à 24VAC. Le microcontrôleur contrôle aussi la pompe par l'intermédiaire de l'opto-triac et par un relais.

Le microcontrôleur est connecté à un module horloge temps réel (RTC) pour en savoir le temps à tout instant. Il communique avec ce module en utilisant le bus I2C. Le microcontrôleur communique aussi avec le module Bluetooth qui sert comme un

intermédiaire entre l'utilisateur, utilisant son mobile, (application Android) et le système.

Le capteur de température externe est connecté à un port analogique du microcontrôleur, de même pour le capteur d'humidité. Un sonneur (buzzer) va donner à l'utilisateur, qui est connecté au microcontrôleur, des notifications sonores.

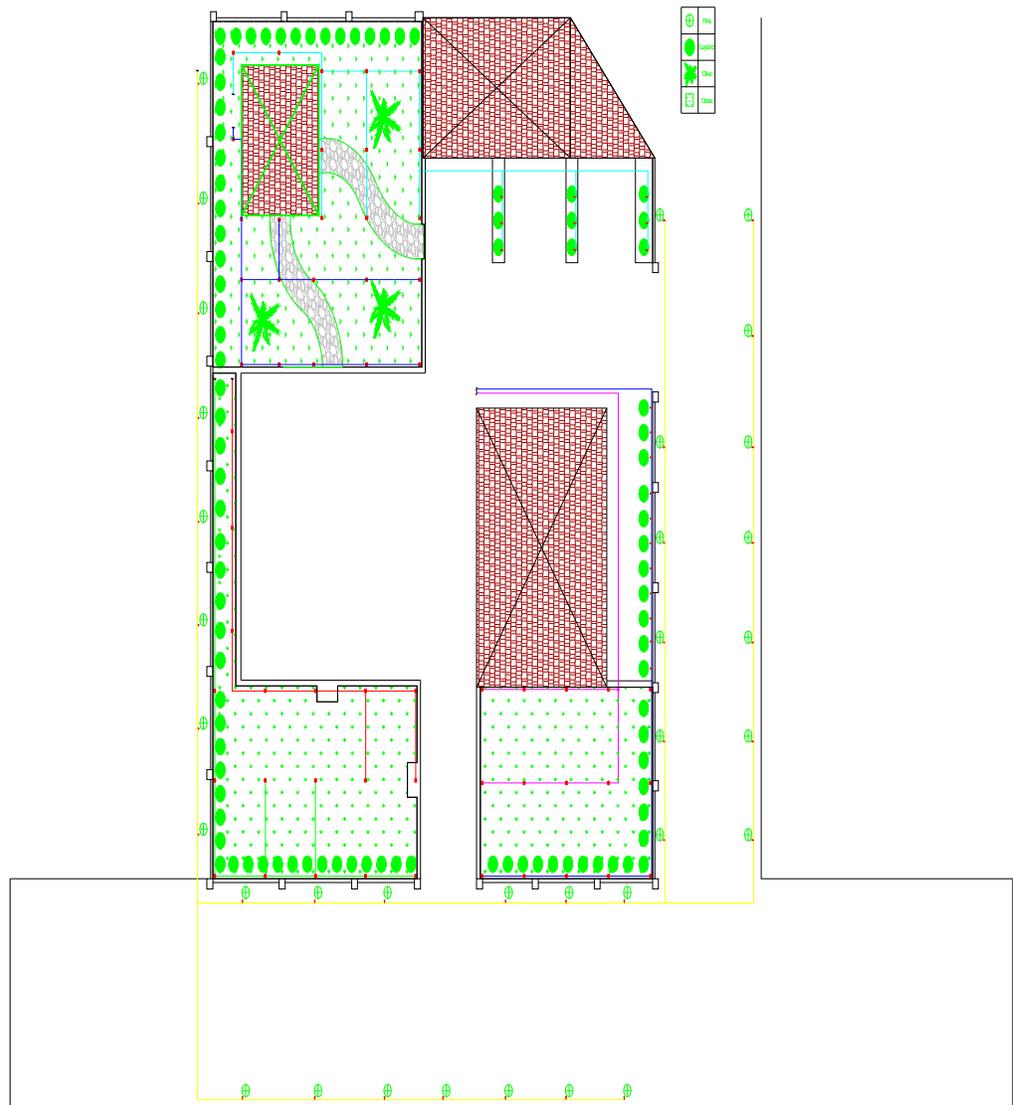
Enfin, sur la carte, il existe un capteur de température numérique servant comme redondance et communiquant avec le microcontrôleur en utilisant le bus I2C.

## II. Plan d'implantation :

### 1. Plan du projet :

Notre projet s'effectue dans la région, Kaa, à Bekaa, Nord-Liban. El Kaa se situe à 143 km de Beyrouth.

Voici ci-dessous le plan du jardin à arroser.



**Fig. II.1. Plan du jardin**

## 2. Type des plantes :

Parmi les plantes qui se trouvent dans la résidence où s'effectue ce projet, on cite:

### 2.1. Pin

Le pin est la désignation générique des arbres appartenant au genre *Pinus*. En général, les pins sont des arbres de grande taille à croissance monopodiale. De manière générale, l'allure générale des pins est hautement variable. Un grand nombre



d'espèces de Pins peuvent vivre très longtemps. Une douzaine d'espèces peuvent atteindre 1000 ans. Par comparaison avec d'autres conifères, les Pins gèrent assez mal ce manque de lumière. Il leur faut également plus de lumière pour arriver à leur vitesse maximale de photosynthèse. Cela explique le fait que les Pins sont globalement des espèces intolérantes à l'ombrage.

**Fig. II.2. Le pin**

### 2.2. Olivier

L'olivier est un arbre fruitier qui produit les olives, un fruit consommé sous diverses



formes et dont on extrait une des principales huiles alimentaires, l'huile d'olive. Il peut atteindre quinze à vingt mètres de hauteur, et vivre plusieurs siècles. Dans la plupart des modes de culture, les oliviers sont maintenus à une hauteur de trois à sept mètres afin de faciliter leur entretien et la récolte des fruits. L'olivier exige un climat doux, lumineux, et supporte tout à fait bien la sécheresse. Il craint plutôt le trop d'eau et donc les excès d'arrosage.

**Fig. II.3. L'Olivier**

### 2.3. Cyprès de Leyland

Les cyprès de Leyland sont communément plantés dans les jardins pour former rapidement des haies de clôture ou de protection. Cependant leur croissance est rapide (jusqu'à un mètre par an). Ils ont une grande taille potentielle (souvent plus de



20 mètres de haut dans les conditions des jardins, et ils peuvent atteindre au moins 35 mètres). Il est médiocrement adapté aux régions à étés chauds. Dans les régions nordiques soumises à de fortes chutes de neige, cet arbre est sujet au phénomène des branches cassées, et même au déracinement dans la neige humide et lourde.

**Fig. II.4. Le cyprès de Leyland**

### 2.4. Gazon

Le gazon est appelé aussi pelouse artificielle. Il est généralement entretenu et tondu régulièrement pour le maintenir à une faible hauteur et le rendre plus dense. Une des périodes pour semer du gazon est le printemps, ou la fin de l'été. Dans les régions où



la pluie ne suffit pas, le gazon nécessite quelques arrosages si l'on veut le maintenir bien vert, et impérativement la première année après le semis pour un bon enracinement. Une fois le gazon levé, il faut arroser abondamment. Le gazon est dans certaines zones à l'origine d'une consommation importante d'eau d'arrosage.

**Fig. II.5. Le gazon**

### **3. Méthode d'irrigation utilisée:**

La méthode d'irrigation utilisée est la suivante :

Le contrôleur démarre la pompe. Puis, la pompe qui est reliée à un réseau de tuyauterie d'eau fait circuler l'eau d'un réservoir enterré vers les branches. Le control des branches se manifeste par l'ouverture et la fermeture de l'électrovanne contrôlée par le microcontrôleur.

Chaque branche de tuyauterie d'eau contient des Xeri-Spray (pour les plantes) ou des RPS2-spray (pour le gazon).

#### **3.1. Vanne Pro-séries 7001 1'' Femelle (Marque Krain d'Australie)**



**Fig. II.6. Vanne Pro-séries 7001 1'' F**

#### **Caractéristiques de fonctionnement:**

- Pression nominale : 20 -150 PSI
- Perte de pression : 5 PSI à 30 GPM (gallon per minute)
- Plage de débit : 0,75 à 35 GPM

#### **Caractéristiques électriques:**

- Solénoïde : 24 VAC
- Courant d'appel : 0,43 ampères
- Courant de maintien : 0,25 ampères

#### **Dimensions:**

- Hauteur: 4" Largeur: 3" Longueur: 5.25".

### 3.2. RPS-2 SPRAY 2'' (Marque Krain d'Australie)



**Fig. II.7. RPS-2 Spray 2''**

#### **Caractéristiques de fonctionnement:**

- Pression nominale : 20 à 50 PSI
- Plage de débit : 0,5 à 4,6 GPM

### 3.3. Xeri-Spray 360 True Spray (marque Rain Bird USA)



**Fig.II.8. Xeri-Spray**

#### **Caractéristiques de fonctionnement:**

- Débit: 0 à 24.5 GPH (gallon per hour)
- Pression: 15 à 30 PSI (1.03 à 2.06 bar)
- Rayon : 0 à 6.7 Feet (0 à 2.0 m)

### 3.4. Pompe d'eau : Euro 50/50 M DAB (Italie)



*Fig. II.9. Pompe d'eau*

<b>Puissance P1 Max en KW</b>	<b>Puissance P2 Nominale en KW</b>	<b>Ampère</b>	<b>Voltage</b>	<b>Capacité en <math>\mu</math>F</b>
1,48	1	6.3	1*220- 240V	25

### III. Matériels :

#### La plaque électronique

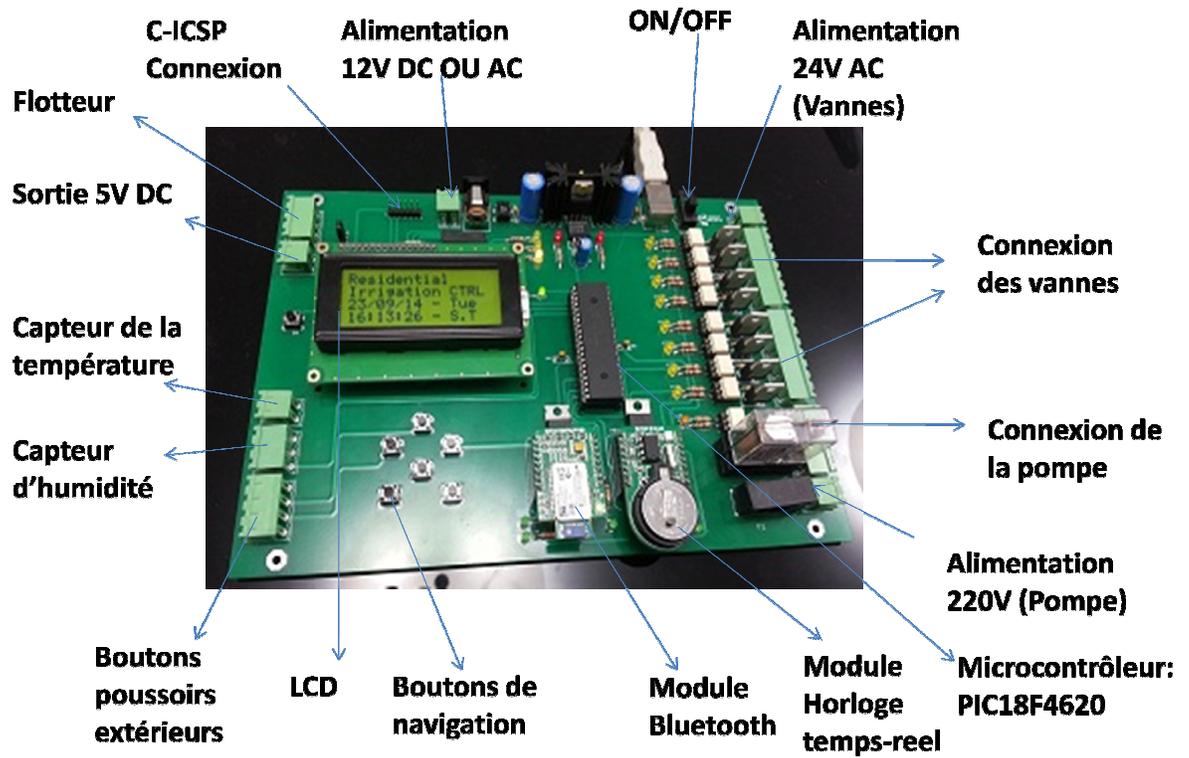


Fig.III.1. Plaque Electronique

## 1. Microcontrôleur

Les microcontrôleurs forment une famille de la société Microchip. Ces microcontrôleurs sont dérivés du PIC1650 développé, à l'origine, par la division microélectronique de l'entreprise General Instrument.

A l'époque du développement du PIC1650 par General Instrument, ce dernier était un acronyme de « *Programmable Intelligent Computer* » ou « *Programmable Integrated Circuit* ».

Un microcontrôleur PIC est une unité de traitement et d'exécution de l'information, à laquelle nous avons ajouté des périphériques internes, permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants annexes. Un microcontrôleur PIC peut donc fonctionner de façon autonome après programmation.

Les PIC intègrent une mémoire programme non volatile (FLASH), une mémoire de données volatile (SRAM), une mémoire de donnée non volatile (EEPROM), des ports d'entrée-sortie (numériques, analogiques, UART, bus I2C, Timers, etc.), et même une horloge.



**Fig.III.2. Image des Pics**

### Familles de PIC

Quatre microcontrôleurs PIC de familles différentes : 18F, 16F, 12F et 10F.

Les modèles de PIC courants sont repérés par une référence de la forme :

- 2 chiffres : famille du PIC (10, 12, 16, 18, 24, 32) ou du PIC (30, 33)  
2 familles très rares ont été également introduites PIC14 / PIC17.
- 1 lettre : type de mémoire de programme (C ou F). Le F indique en général qu'il s'agit d'une mémoire flash et donc effaçable électriquement. La lettre C indique en général que la mémoire ne peut être effacée que par exposition aux ultraviolets (exception pour le PIC16C84 qui utilise une mémoire EEPROM donc effaçable électriquement). Un L peut être ajouté devant pour indiquer qu'il s'agit d'une modèle basse tension (exemple : 2 V à 5,5 V si LF — 4,2 V à 5,5 V si F).

- un nombre de 2 à 4 chiffres : modèle du PIC au sein de la famille.
- un groupe de lettres pour indiquer le boîtier et la gamme de température.

Par exemple, le PIC18LF4620-I/P est un microcontrôleur de la famille PIC18, basse tension (L), à mémoire flash (F), modèle 4620, gamme de température industrielle (I) et boîtier DIL40.

Les PIC se conforment à l'architecture Harvard : ils possèdent une mémoire de programme et une mémoire de données séparées.

Les PIC sont des processeurs dits RISC, c'est-à-dire processeur à jeu d'instruction réduit. Plus nous avons réduit le nombre d'instructions, plus le décodage est facile et rapide, et le composant fonctionne plus vite. Cependant, il faut plus d'instructions pour réaliser une opération complexe.

Comme la plupart des instructions sont exécutées en 1 seul cycle, cela donne une puissance de l'ordre de 1 MIPS par MHz (1 million d'instructions par seconde).

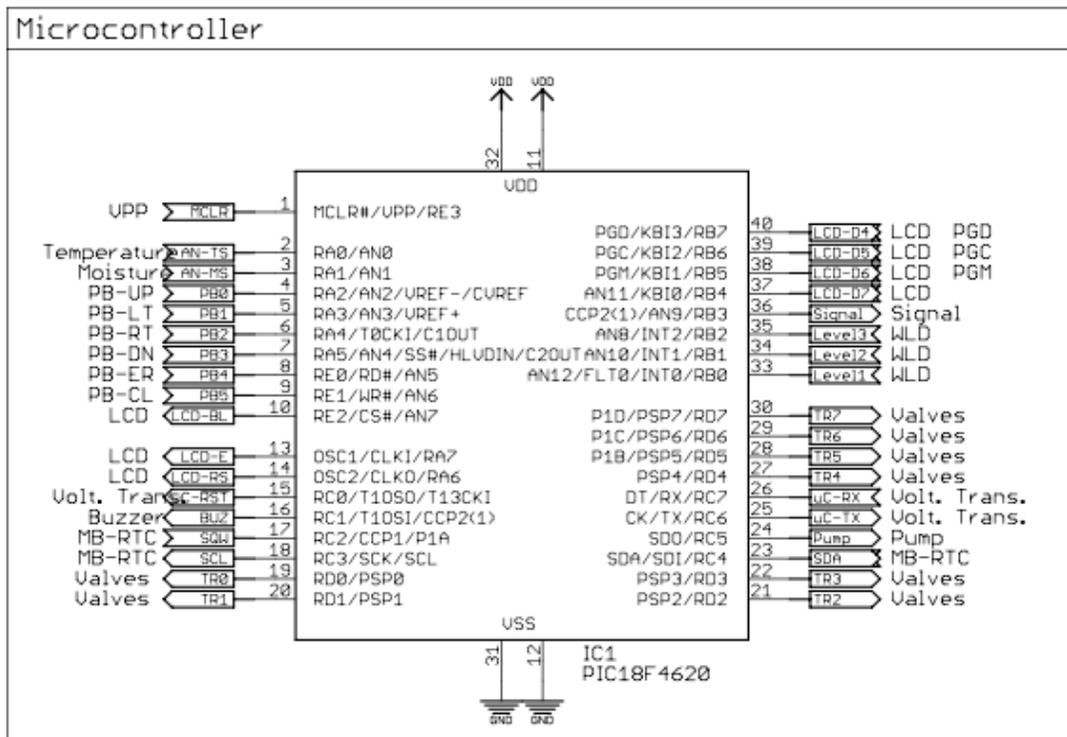


Fig. III.3 Connexions du Microcontrôleur

Dans ce projet et d'après la figure III.2, on a utilisé le PIC18F4620 du type flash. Ce pic comporte 40 broches. Parmi ces 40 broches, on a utilisé:

8 broches en sortie numérique pour contrôler les vannes.

Une broche en sortie numérique pour contrôler la pompe.

Une broche en entrée analogique pour le capteur de température externe.

Une broche en entrée analogique pour le capteur d'humidité.

3 broches en entrées numériques pour la détection du niveau d'eau.

6 broches numériques pour contrôler le LCD.

Une broche pour le Rétro-éclairage (Back light).LCD.

6 broches numériques pour contrôler le clavier.

2 broches pour le Protocol I2C pour déterminer la température interne sur carte, l'horloge temps réel pour savoir la date et l'heure.

3 broches pour la communication Bluetooth.

Une broche pour le sondeur(Buzzer) pour donner à l'utilisateur des notifications sonores.

Une broche pour le signal pour indiquer le statut du microcontrôleur.

Une broche pour le bouton Reset.

Une broche SQW venant du RTC.

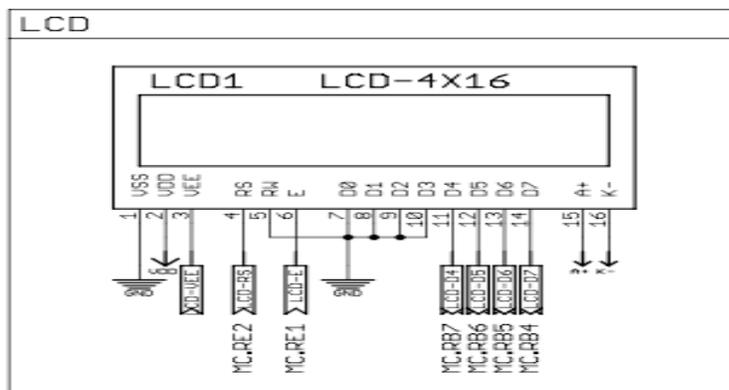
2 broches connectées au VSS.

2 broches connectées au VDD.

## 2. LCD 4x16

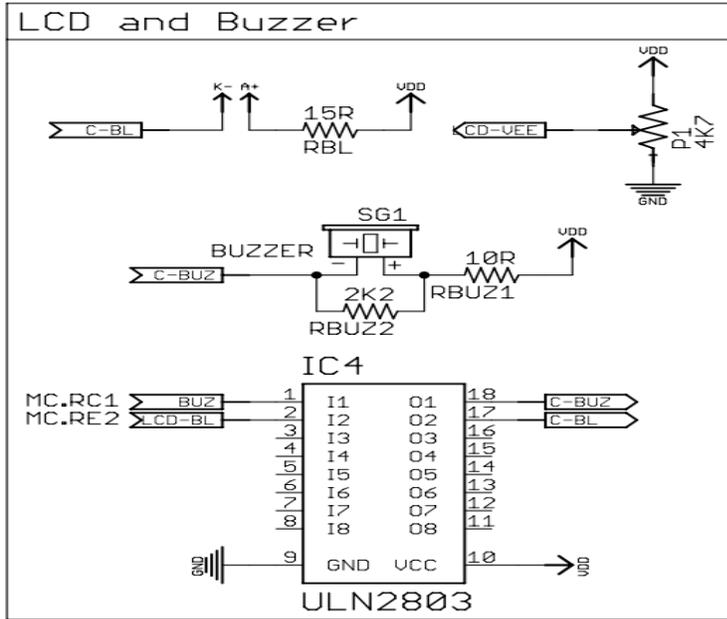


**Fig.III.4. Image du LCD**



**Fig.III.5 Connexions LCD**

Le LCD fonctionne en mode 4-bit .Dans ce cas, le RW (lecture-écriture) est connecté à la masse car nous avons seulement utilisé le mode lecture. En plus, le LCD a utilisé 6 broches du microcontrôleur. (Fig.III.4)



**Fig.III.6 connexions du ULN2803**

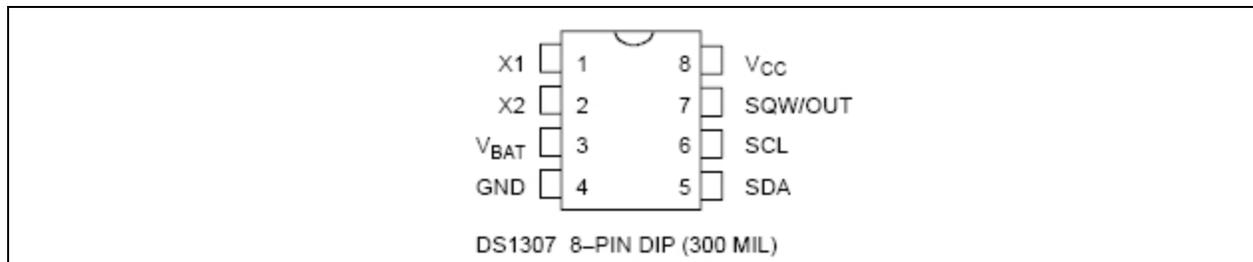
On a utilisé le Darlington transistor ULN2803A pour amplifier l'ampérage de 25 mA (du microcontrôleur) jusqu'à 220 mA pour le retro-éclairage du LCD et pour le sondeur(Buzzer) (Fig. III.5)

### 3. Horloge temps réel DS1307 :

La puce DS1307 de Dallas est une RTC (*Real Time Clock*) permettant d'avoir, une horloge autonome ; à la disposition de notre programme ; ce qui peut être utile pour synchroniser des étapes du programme.

Le cristal quartz utilisé pour une horloge de ce type est incomparable à ceux que nous utilisons pour les microcontrôleurs : nous utilisons une valeur particulière, par exemple 32,768 kHz, qui est plus adaptée pour compter des millisecondes. C'est un composant cylindrique très fin qu'on trouve dans les montres.

Il s'agit en fait d'une mémoire (d'une taille 64 octets de 8 bits) avec un programme capable de tenir à jour un calendrier grâce à une pile de 3V et d'un oscillateur.



**Fig.III.7 – Boitier DIL de DS1307.**

Pin	Nom	Rôle
1	X1	Cristal
2	X2	Cristal
3	Vbat	tension batterie
4	GND	Masse
5	SDA	ligne des données (data) I <sup>2</sup> C
6	SCL	ligne d'horloge (clock) I <sup>2</sup> C
7	SQW/out	sortie signal carré
8	Vcc	tension logique 5V

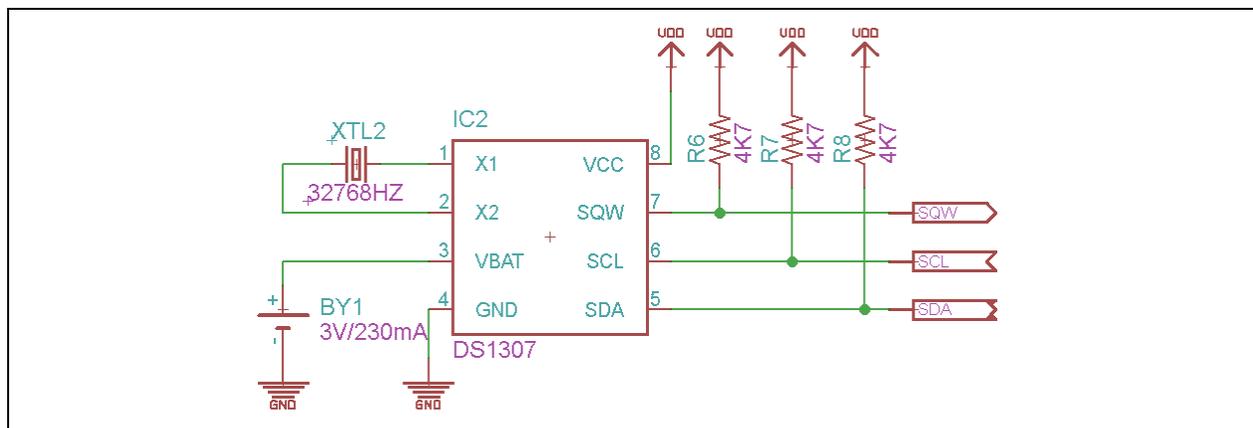
**Tab.1 – Description des Pattes.**

### Datasheet DS1307

Nous communiquons avec ce composant grâce à une liaison série à deux fils (I2C) et le DS1307 est considéré comme esclave d'adresse 1101000 (0x68). C'est bien sûr le microcontrôleur qui sera le maître et notre programme interrogera la puce qui lui répondra l'heure qu'il est.

### Il faut connecter à ce composant :

- Un cristal (semblable à ceux qu'on trouve dans les montres à quartz)
- Une batterie 3V (on utilise une pile lithium CR2032)
- Une tension d'alimentation 5V (celle du Microcontrôleur)
- La connexion au bus I2C
- Deux résistances de pull-up sur le bus I2C



**Fig.III.8– Schéma de Connexions de DS1307.**

Comme cité en haut, il s'agit d'une mémoire à registres. La lecture se fait donc en deux temps :

- Ecrire le registre auquel on souhaite accéder
- Demander la lecture de ce registre

Il y a 8 registres consacrés à l'horloge temps réel (Real Time Clock) dans ce composant (dans cet ordre) :

- Les secondes (de 0 à 59)
- Les minutes (de 0 à 59)
- Les heures (de 0 à 23)
- Le jour de la semaine (de 1 à 7)
- La date du jour (dans le mois, de 1 à 31)
- Le mois (de 1 à 12)
- L'année (à partir de 0, il suffit de lui ajouter 2000)
- La configuration

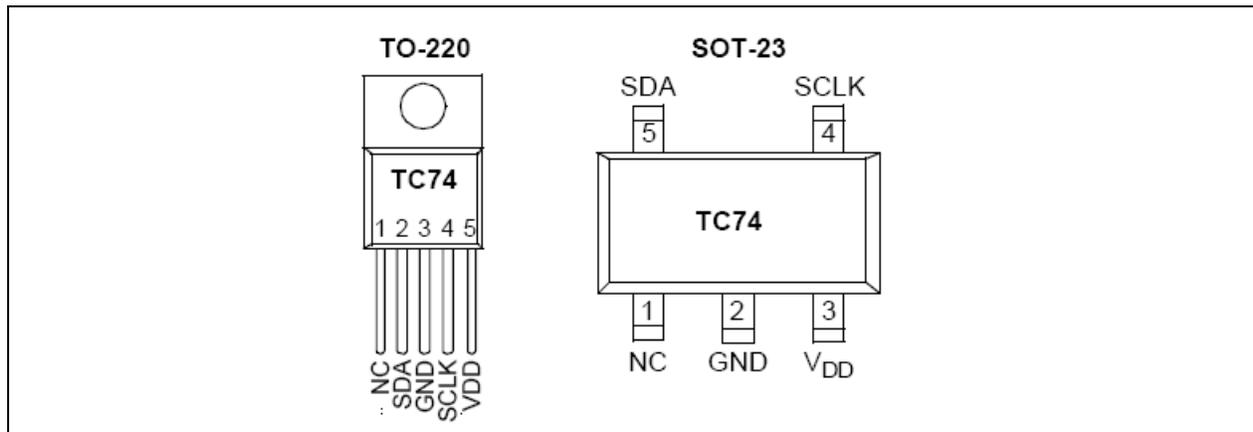
Certains des octets comportent des bits de configuration : par exemple pour l'heure, les bits qui ne servent pas à coder l'heure sont utilisés pour changer le mode 12 heures ou 24 heures et le cas échéant pour stocker si c'est le matin (AM) ou l'après-midi (PM).

#### 4. Capteur de Température numérique TC74 :

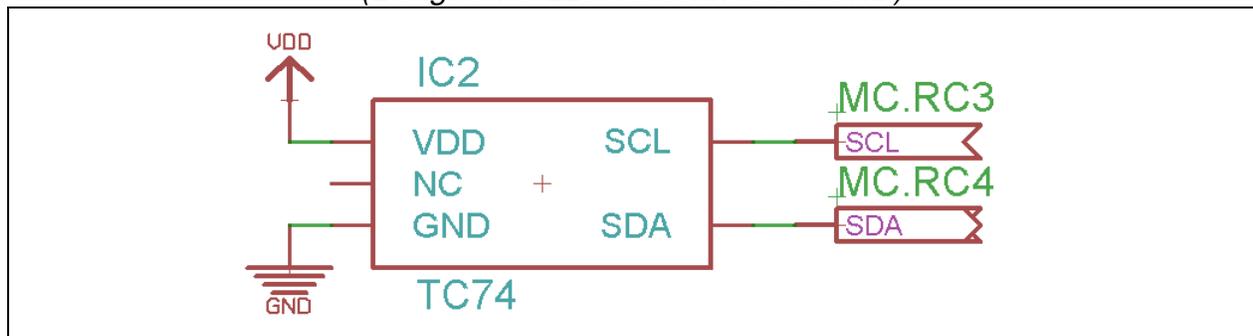
La puce TC74 est un capteur accessible en série, température numérique de Microchip Technologie qui acquiert et convertit les informations de température, de son capteur à l'état solide avec une résolution de 1 °C. La température est disponible comme un mot numérique à 8 bits stocké dans son registre interne, qui est accessible par l'intermédiaire d'un bus série compatible I2C à 2 fils.

##### Description de l'appareil

Le capteur de température numérique TC74 est disponible en paquets de SOT-23 et TO-220(dans notre cas). La communication avec le dispositif s'effectue par l'intermédiaire d'un bus série compatible I2C à 2 fils. La résolution de la température est de 1 °C et le taux de conversion est une valeur nominale de 8 échantillons. Le brochage du TC74 est indiqué ci-dessous comme une référence.



**Fig.III.9 - Schéma Pin de TC74.**  
(L'onglet TO-220 est connecté à GND)



**Fig.III.10 - Connexions matérielle de TC74.**

Le TC74 enregistre la température mesurée dans son registre interne de 8 bits à un format binaire. Le bit le plus significatif est le bit de signe, qui est fixé à 1 pour les températures négatives. Par conséquent, la température maximale est positif, mesurant + 127 °C (0111 1111).

**TABLE 4-1: COMMAND BYTE DESCRIPTION**

Command	Code	Function
RTR	00h	Read Temperature (TEMP)
RWCR	01h	Read/Write Configuration (CONFIG)

**TABLE 4-2: CONFIGURATION REGISTER**

Bit	POR	Function	Type	Operation
D[7]	0	STANDBY Switch	Read/Write	1 = standby, 0 = normal
D[6]	0	Data Ready *	Read Only	1 = ready, 0 = not ready
D[5]-D[0]	0	Reserved - Always returns zero when read	N/A	N/A

**TABLE 4-5: TC74 REGISTER SET SUMMARY**

Name	Description	POR State	Read	Write
TEMP	Internal Sensor Temperature (2's Complement)	0000 0000b (1)	√	N/A
CONFIG	CONFIG Register	0000 0000b	√	√

**TABLE 4-4: TEMPERATURE-TO-DIGITAL VALUE CONVERSION (TEMP)**

Actual Temperature	Registered Temperature	Binary Hex
+130.00°C	+127°C	0111 1111
+127.00°C	+127°C	0111 1111
+126.50°C	+126°C	0111 1110
+26.25°C	+25°C	0001 1001
+0.50°C	0°C	0000 0000
+0.25°C	0°C	0000 0000
0.00°C	0°C	0000 0000
-0.25°C	-1°C	1111 1111
-0.50°C	-1°C	1111 1111
-0.75°C	-1°C	1111 1111
-1.00°C	-1°C	1111 1111
-25.00°C	-25°C	1110 0111
-25.25°C	-26°C	1110 0110
-54.75°C	-55°C	1100 1001
-55.00°C	-55°C	1100 1001
-85.00°C	-85°C	1011 1111

**Fig.III.11 - table de conversion de la température et des registres internes**

### Fonctionnement de l'horloge temps réel

L'entrée série de l'horloge (SCLK) et les ports de données bidirectionnelles (SDA) forment un port série bidirectionnel à 2 fils pour communiquer avec le TC74. Tous les transferts ont lieu sous le contrôle d'un Maître, généralement un microcontrôleur. Le microcontrôleur Maître fournit le signal d'horloge pour tous les transferts de données et la TC74 fonctionne toujours comme un esclave. Par défaut, l'adresse I2C 7 bits de TC74 est 1001 101b. Cependant, 7 autres options d'adresse sont également disponibles qui peuvent être identifiés à partir de la référence de l'appareil. Par exemple, j'ai un TC74A0 en boîtier TO-220. A0 correspond à la 000b adresse de l'appareil 1001. De même, TC74A3 à son adresse I2C 1001 011b.

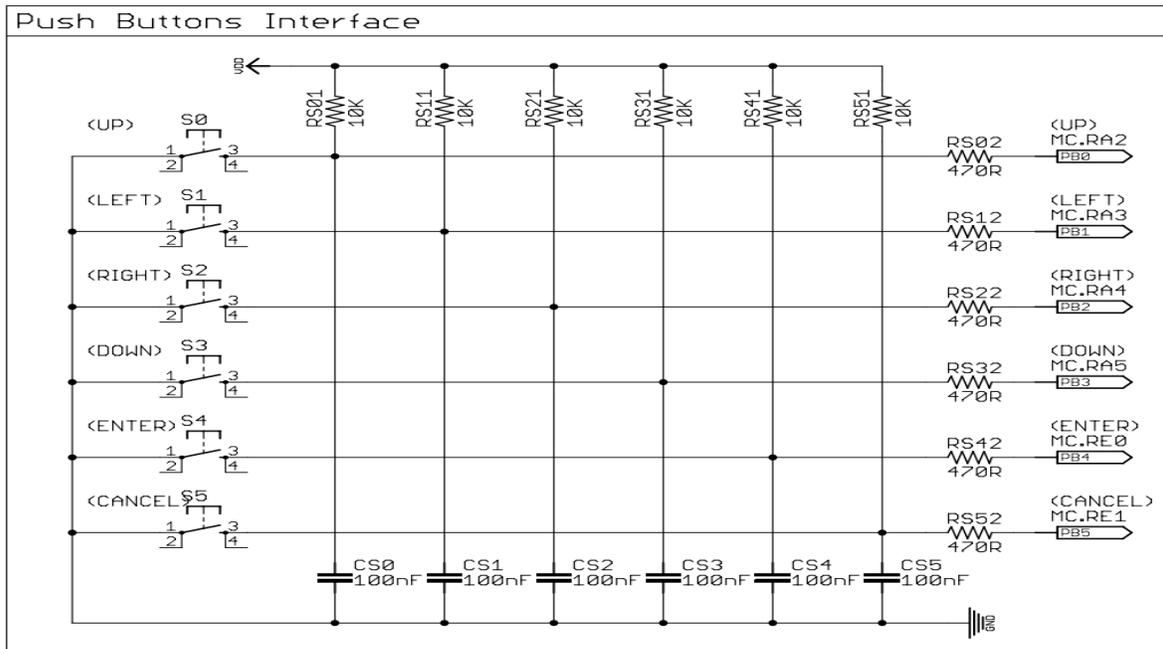
La lecture de la température d'un dispositif de TC74 à travers le port I2C comprend les étapes suivantes:

- Le microcontrôleur Maître délivre un état de démarrage suivi de l'octet d'adresse. L'octet de l'adresse est constitué de l'adresse de l'esclave 7-bit et 1-

bit de lecture / écriture (R / W). Le bit R / W est toujours "0" (écriture) dans la première phase.

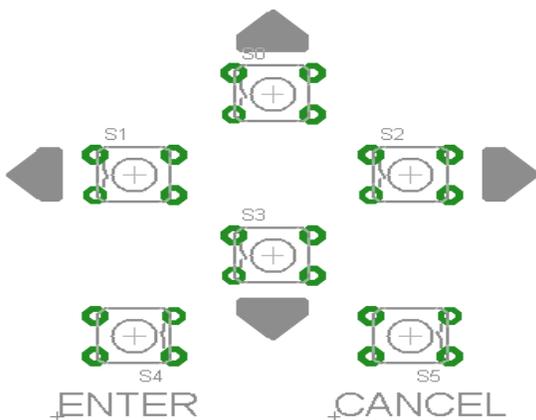
- Si l'adresse 7-bit reçue, correspond avec sa propre adresse de l'esclave, le TC74 répond avec une impulsion ACK(Acknowledge).
- Le microcontrôleur maitre envoie ensuite l'octet de commande TC74 pour indiquer quel registre il veut accéder. Pour la lecture de la température, l'octet de commande doit être 00h (hexadécimal). Le TC74 répond avec une impulsion ACK.
- Le microcontrôleur maitre émet une nouvelle condition de départ (restart) parce que la direction de transfert de données va maintenant être changée. Le nouvel octet de l'adresse de 1 bit R / W est envoyé par le maitre, dont l'esclave envoie un ACK.
- La TC74 transmet les données de température de 8 bits du registre de température. A la réception de l'octet, le maitre émet un not ACK(NACK) et génère une condition d'arrêt.

## 5. Clavier



**Fig.III.12. Connexions du clavier**

Une résistance 470 ohms est utilisée pour la protection. En plus, une autre résistance de 10 KOhm (weak pull-up resistor) est utilisée pour donner un voltage déterminé des boutons poussoirs en cas libre. Nous trouvons aussi un condensateur de 100nF : antiparasite (decoupling capacitor)



**Fig. III.13. Boutons poussoirs**

On a 6 boutons-poussoirs utilisés comme suite :

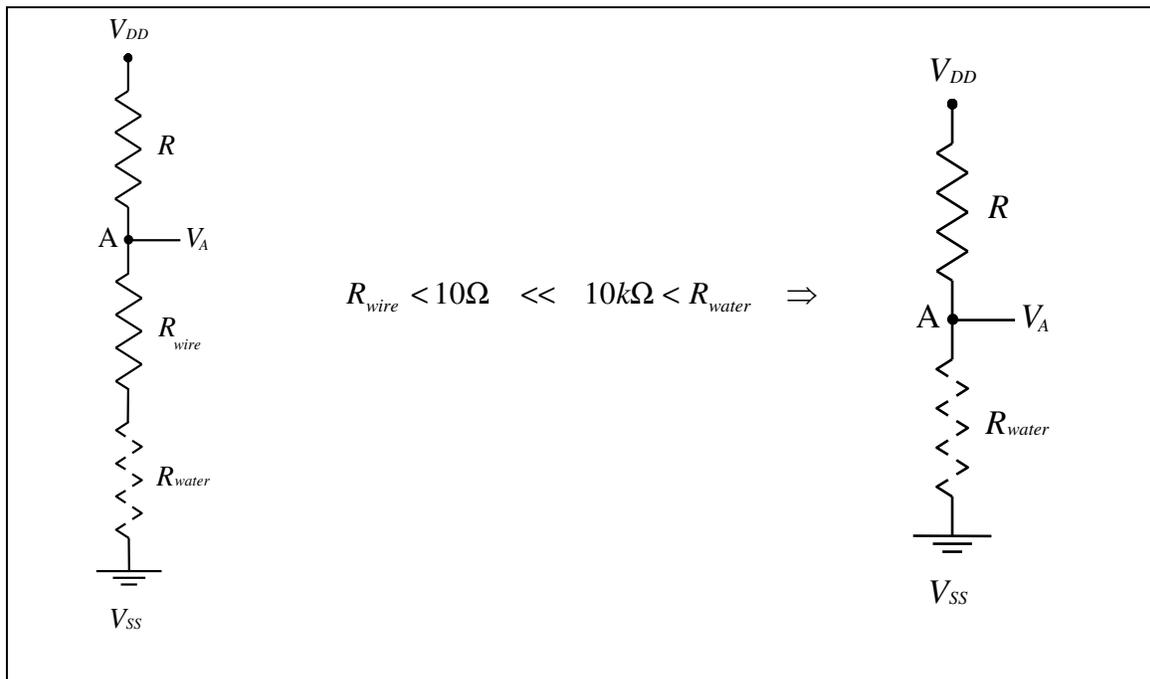
- 1- UP
- 2- LEFT
- 3- RIGHT
- 4- DOWN
- 5- ENTER
- 6- CANCEL

## 6. Détecteur du niveau d'eau

### Description:

Un détecteur du niveau d'eau peut être facilement réalisé en immergant à travers un fil, une entrée du microcontrôleur, dans le réservoir d'eau connectée au GND et en le tirant vers le haut avec une faible résistance de rappel R (Pull Up resistor).

### Schéma:



**Fig.III.14. Le schéma du système.**

$$R_{water} \exists \Rightarrow V_A = 0 \quad R_{water} \bar{\exists} \Rightarrow V_A = V_{DD}$$

### Valeur de résistance:

Nous devons choisir R afin d'avoir (diviseur de tension):

$$V_A = \frac{R_{water}}{R + R_{water}} \times V_{DD} < V_{Input\ Low(TTL)} = 0.8\text{ Volt} = 0.16 \times V_{DD} \quad (V_{DD} = 5\text{ Volt})$$

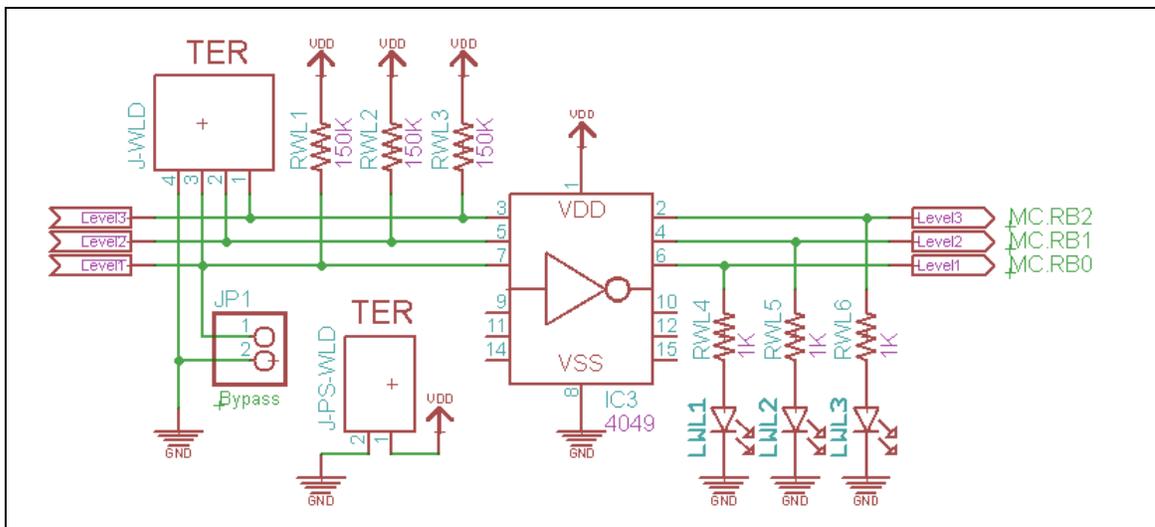
$$\frac{R_{water}}{R + R_{water}} < 0.16 \Rightarrow R_{water} < 0.16 \times (R + R_{water}) \Rightarrow 0.84 R_{water} < 0.16 R$$

$$R > \frac{21}{4} R_{water} = 5.25 R_{water}$$

En général  $R_{water} \approx 25\text{K}\Omega \Rightarrow R > 131.25\text{K}\Omega$

On choisit:  $R = 150\text{K}\Omega$

### Mise en œuvre matérielle



**Fig.III.15. Mise en œuvre matérielle**

Nous avons trois niveaux d'eau. Niveau 1, 2 & 3, RWL1, 2 et 3 Pull Up Resistor. J-WLD est une borne de la sonde qui va être immergée dans l'eau. JP1 sert de by-pass pour le débogage.

CI 4049 est un inverseur logique qui inversera la logique du négatif au positif et vice versa. Par exemple, si l'eau existe au niveau 1, cela signifie que la sortie de CI 4049 sera 5V. Similairement pour tous les autres niveaux.

Aussi CI 4049 sera utilisé pour amplifier le signal faible provenant de la sonde de l'eau.

## 7. Mesure de la température extérieure en utilisant le CTN

### Thermistance CTN

Les thermistances sont des éléments de détection de température en matériau semi-conducteur, qui affichent de grandes variations de la résistance en proportion de petits changements de température. Cette résistance peut être mesurée à l'aide d'un petit courant continu et mesuré, ou à l'aide d'un courant continu, passé par la thermistance afin de mesurer la chute de tension produite. Les thermistances sont une catégorie très précise de capteurs de température.

En général, les sondes sont constituées de céramiques et d'un matériau hautement sensible. Elles sont toujours reproductibles de résistance en fonction de la température. En fait, ces solides capteurs de température agissent comme des résistances électriques qui sont sensibles à la température.

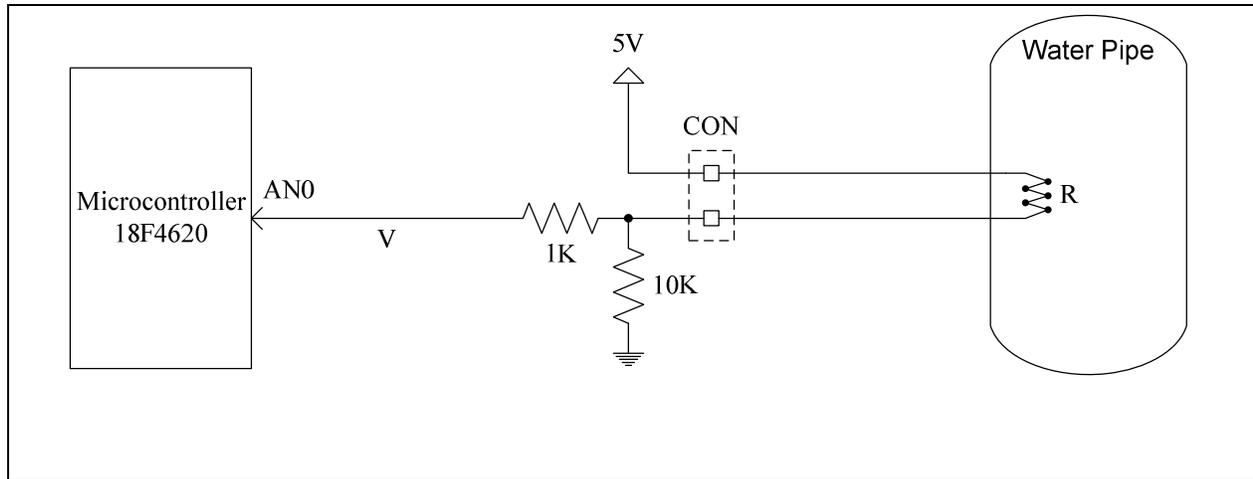
Notre thermistance CTN est assemblée dans des sondes conçues pour des performances durables. Les thermistances CTN sont des résistances non linéaires, qui modifient leurs caractéristiques de résistance avec la température. La résistance d'une thermistance CTN diminue lorsque la température augmente. La manière dont la résistance d'une thermistance diminue est liée à une constante, connue dans l'industrie de la thermistance.



**Fig.III.16. CTN Thermistance capteur de sonde**

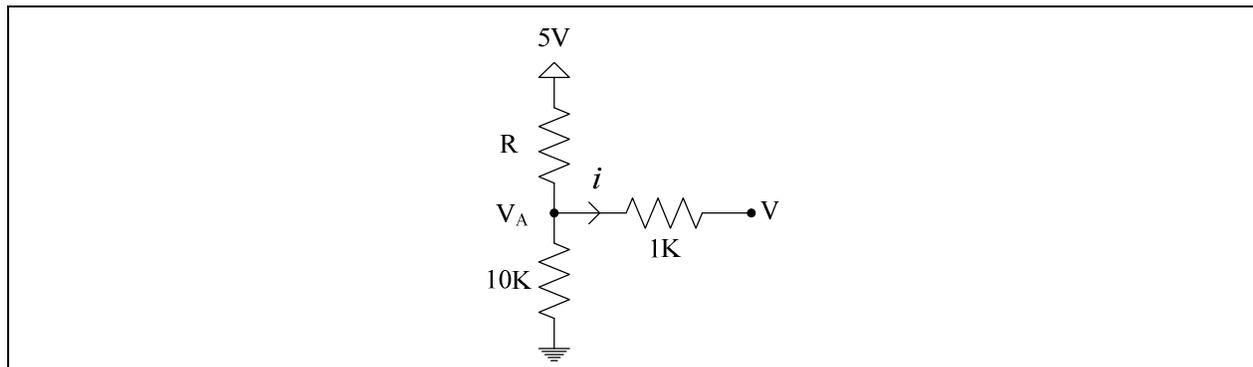
## Principe de l'acquisition

Nous devons mesurer la température dans la conduite d'eau et nous utilisons une thermistance dont nous avons effectué une table de conversion (température en fonction de la résistance) (Tab.2). Une des façons utilisées consiste à utiliser une thermistance CTN (coefficient de température négatif) et d'établir le schéma ci-dessous (figure III.17). Ainsi la mesure de la tension va nous mener à connaître la température.

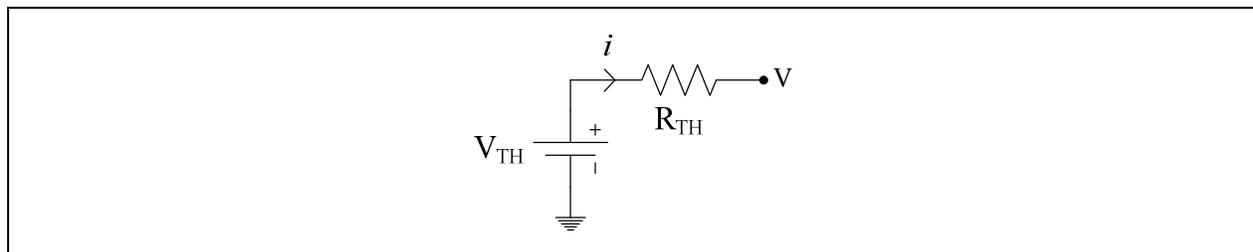


**Fig.III.17. le schéma du système.**

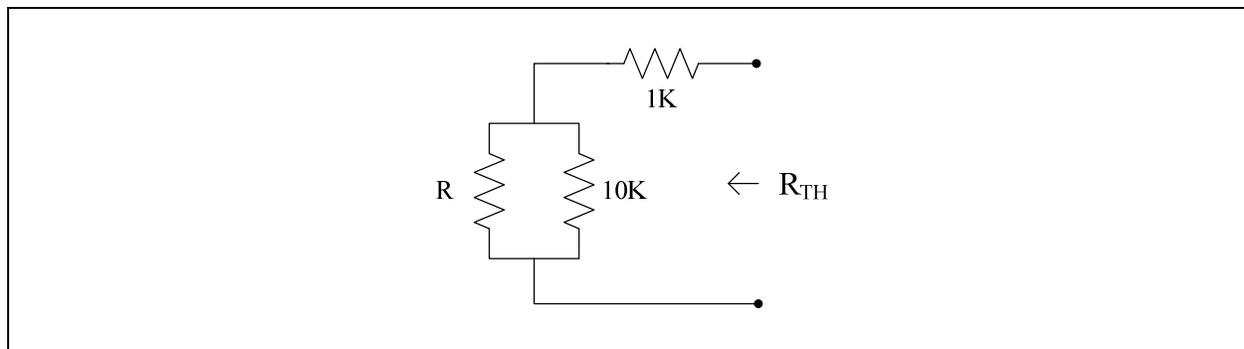
### 2. La tension en fonction de la Résistance



**Fig.III.18. Schéma électrique.**



**Fig.III.19. modèle équivalent de Thévenin**



**Fig.III.20.**  $R_{TH}$

$$R_{TH} = (R // 10k) + 1k$$

$$R_{TH} = \frac{R \times 10k}{R + 10k} + 1k$$

$$V_{TH} = V_A = 10k \times \frac{5}{R + 10k} = \frac{50k}{R + 10k}$$

Si R est donné en  $k\Omega$ , alors:

$$V_{TH} = \frac{50}{R + 10}$$

$$V = V_{TH} - R_{TH} \times i$$

Supposons :  $i = 0$  alors  $V = V_{TH}$

$$V = \frac{50}{R + 10}$$

V en Volt

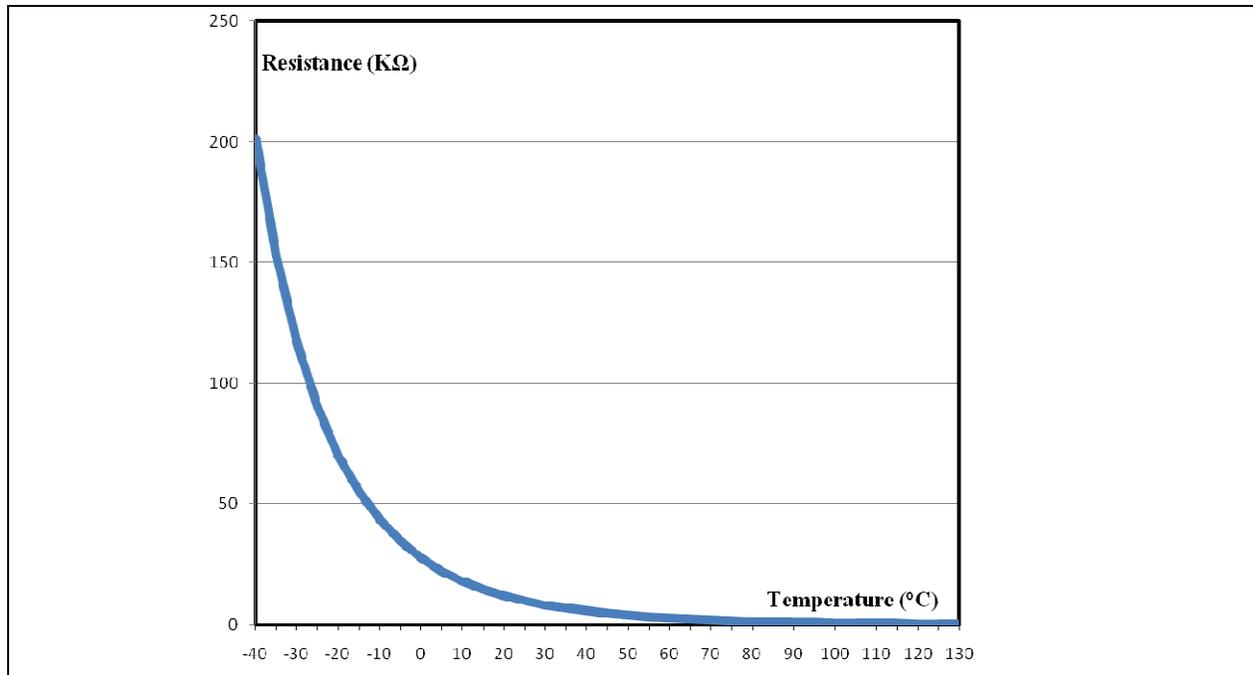
R en  $k\Omega$

L'équation ci-dessus va nous conduire à construire une table de conversion (température par rapport à la tension).

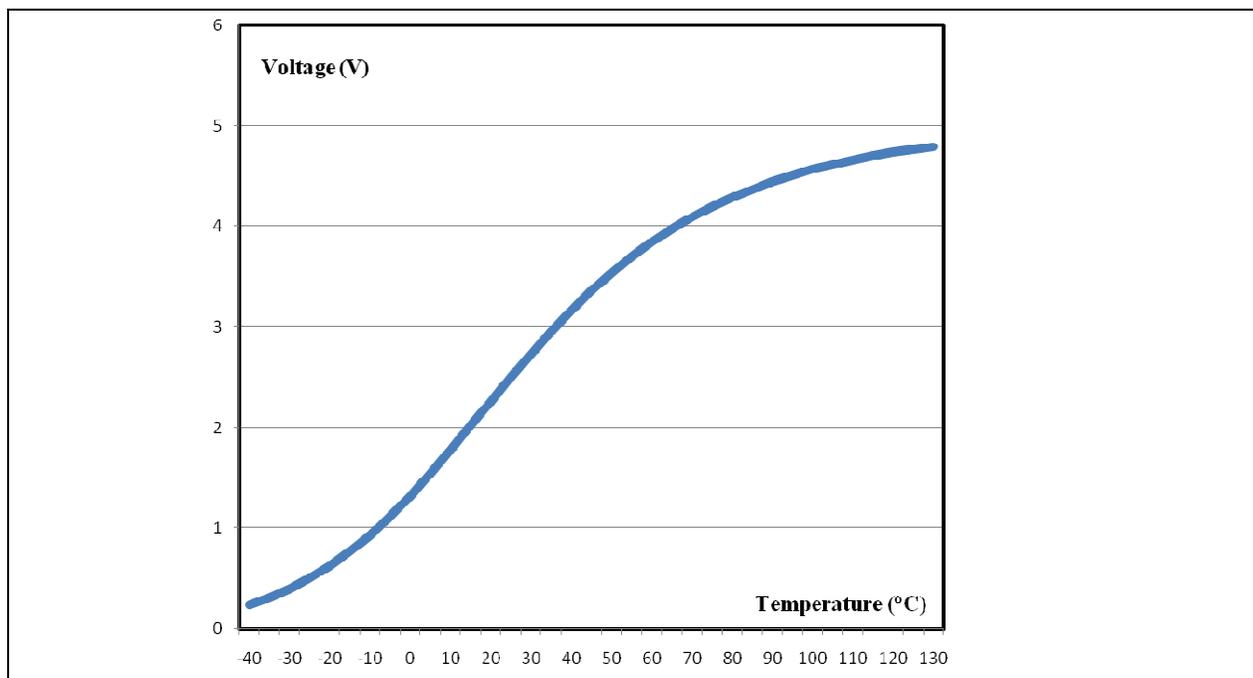
Cela signifie qu'une fois qu'on a mesuré la tension, on peut en déduire la température correspondante.

I	T (°C)	R (kΩ)	V (Volt)
0	-40	201.359	0.2366
1	-35	152.721	0.3073
2	-30	116.914	0.3940
3	-25	90.288	0.4986
4	-20	70.301	0.6227
5	-15	55.165	0.7673
6	-10	43.604	0.9328
7	-5	34.705	1.1184
8	0	27.794	1.3230
9	5	22.378	1.5443
10	10	18.134	1.7772
11	15	14.786	2.0173
12	20	12.126	2.2598
13	25	10	2.5000
14	30	8.295	2.7330
15	35	6.922	2.9547
16	40	5.81	3.1626
17	45	4.903	3.3550
18	50	4.16	3.5311
19	55	3.542	3.6922
20	60	3.028	3.8379
21	65	2.6	3.9683
22	70	2.241	4.0846
23	75	1.935	4.1894
24	80	1.676	4.2823
25	85	1.455	4.3649
26	90	1.264	4.4389
27	95	1.101	4.5041
28	100	0.961	4.5616
29	105	0.84	4.6125
30	110	0.737	4.6568
31	115	0.647	4.6962
32	120	0.57	4.7304
33	125	0.503	4.7605
34	130	0.444	4.7874

*Tab.2 - valeurs physiques différentes.*



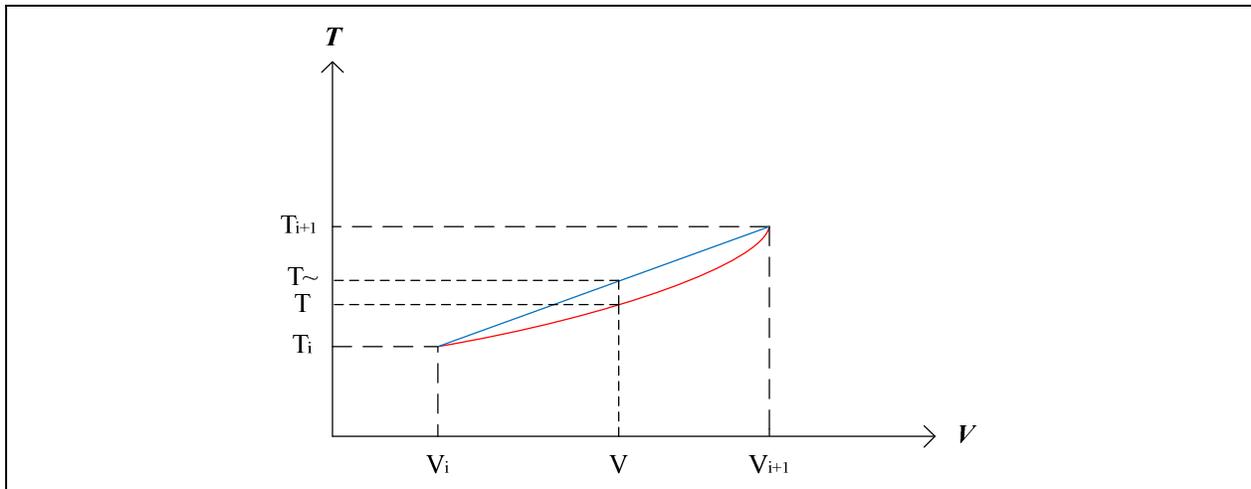
**Fig.III.21. Résistance en fonction de la température.**



**Fig.III.22. Voltage en fonction de la température.**

### Interpolation linéaire

D'après la figure III.24, nous avons des valeurs discrètes de températures et tensions. Cela signifie que l'interpolation linéaire est un bon moyen d'avoir une application continue de tensions sur les températures.



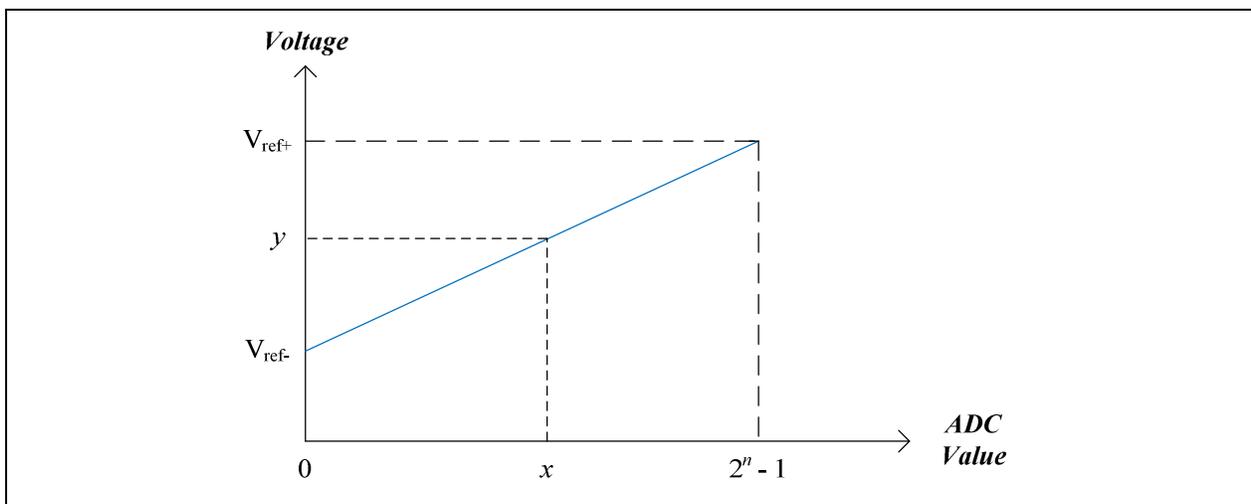
**Fig.III.23. interpolation linéaire.**

Supposons  $V_i \leq V < V_{i+1}$  alors

$$T_{\sim} \in [\min(T_i, T_{i+1}), \max(T_i, T_{i+1})]$$

$$T_{\sim} = T_i + (V - V_i) \left( \frac{T_{i+1} - T_i}{V_{i+1} - V_i} \right)$$

### Récupération de la tension dans sa forme numérique



**Fig.III.24 - Récupération des valeurs de tension à partir de la valeur numérique du CAN (ADC).**

$$0 \leq V_{ref-} \leq y \leq V_{ref+} \leq 5$$

$$0 \leq x \leq (2^n - 1)$$

Sachant X et Y.

$$y = V_{ref-} + (x - 0) \left( \frac{V_{ref+} - V_{ref-}}{(2^n - 1) - 0} \right)$$

$$y = V_{ref-} + x \left( \frac{V_{ref+} - V_{ref-}}{2^n - 1} \right)$$

Ayant

$$V_{ref-} = 0$$

$$V_{ref+} = 5$$

$$n = 8$$

Réduire l'équation ci-dessus.

$$y = 0 + x \left( \frac{5 - 0}{2^8 - 1} \right)$$

$$y = x \left( \frac{5}{255} \right)$$

$$y = \frac{x}{51}$$

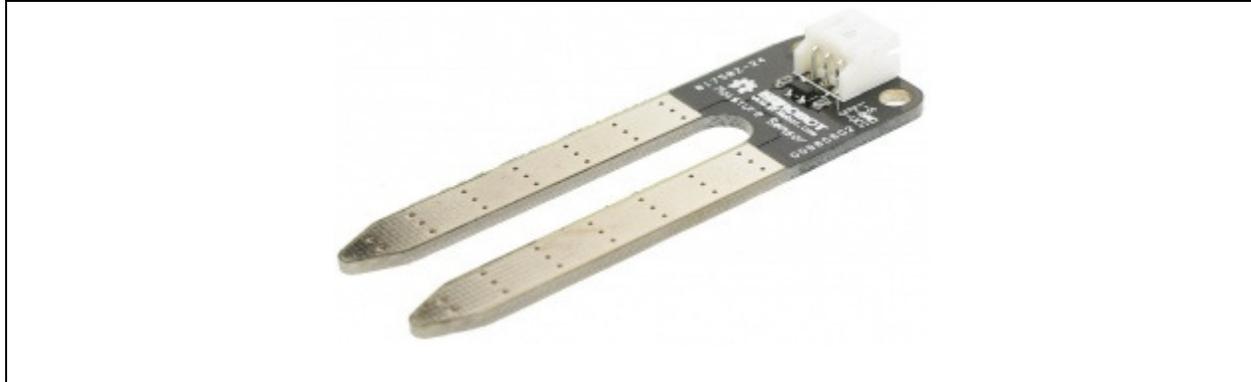
X le voltage en binaire, Y le voltage réel mesure.

## 8. Capteur d'humidité

### Introduction

Ce capteur d'humidité peut lire la quantité d'humidité présentée dans le sol qui l'entoure. Il s'agit d'un capteur de faible technologie, mais idéal pour la surveillance d'un jardin.

Ce détecteur utilise les deux électrodes pour passer le courant à travers le sol, puis il lie la résistance pour obtenir le niveau d'humidité. La conduction est proportionnelle à la quantité d'eau présente dans le sol.



**Fig.III.25 Capteur d'humidité (SKU: SEN0114)**

### **Spécifications**

- Alimentation: 3,3 V ou 5V
- Signal de tension de sortie: 0 ~ 4.2V
- Taille: 60x20x5mm

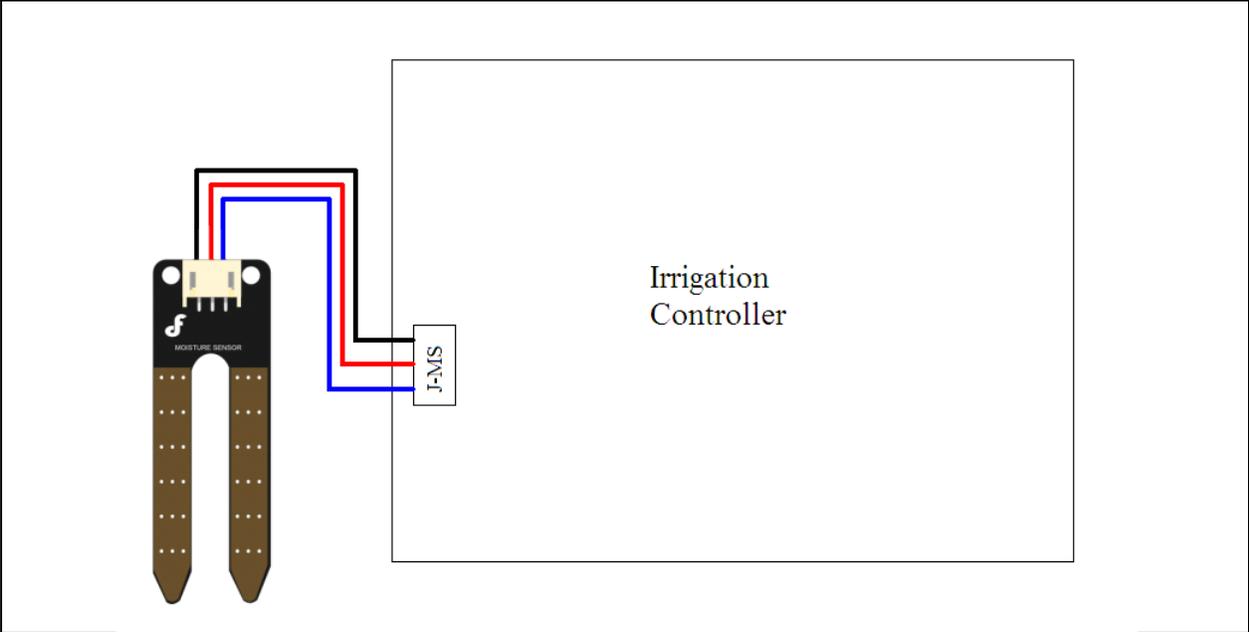
### **Définition de la broche:**

- sortie analogique (fil bleu)
- GND (fil noir)
- VDD (fil rouge)

### **Plage de valeurs:**

- 0V ~ 1.6V: sol sec
- 1.6V ~ 3.7V: sol humide
- 3.7V ~ 5V: dans l'eau

**Diagramme de connexion**



**Fig.III.26 Diagramme de connexions**

## 9. Communication série de Bluetooth – Mode esclave :

Dans ce projet, on va utiliser un module de Bluetooth pour communiquer avec un ordinateur personnel. Le programme recevra un message texte du Mobile et va ainsi le traiter. Dans ce projet, notre dispositif est un dispositif esclave et le microcontrôleur est le dispositif maître.

Avant d'entrer dans les détails du projet, c'est nécessaire de faire un compte rendu sur la manière dont le Bluetooth opère.

Le Bluetooth est une forme digitale de communication standard pour échanger des données sur des courtes distances en utilisant des courtes ondes radio de longueur d'onde de 2.402 à 2.489 GHz. Le Bluetooth a été originalement conçu en 1994 comme une alternative pour les communications série RS232. La communication Bluetooth s'effectue dans des formes de paquets ou les données transmises sont divisées en paquets et chaque paquet est transmis en utilisant l'une des canaux de Bluetooth désigné. Il y a 79 canaux, chacune avec une bande passante de 1 Mhz, commençant par 2.402 GHz. Puisque la communication est basée sur une radiofréquence, les dispositifs ne doivent pas être une ligne de vue de l'autre pour se communiquer.

La communication de Bluetooth opère dans un mode maître-esclave, ou un maître peut communiquer avec 7 esclaves maximum. Tous les dispositifs partagent l'horloge du maître. A n'importe quel moment, des informations peuvent être transférées entre un maître et un dispositif esclave. Le maître peut choisir quel esclave il veut communiquer. Dans le cas des multiples esclaves, le maître échange d'un esclave à un autre. Bluetooth est une façon assurée pour connecter et échanger des informations entre des divers dispositifs comme les portables mobiles, faxes, GPS, et des caméras digitales.

Les caractéristiques principales peuvent être résumées comme suit :

- Il y a 3 classes de Bluetooth standards. La gamme de communication est jusqu'à 100m pour classe 1, jusqu'à 10 m pour classe 2 et jusqu'à 1 m pour classe 3.
- Les dispositifs classes 1 consomment 100Mw (milliwatt) de puissance, classe 2 consomment 2.5Mw et classe 3 consomment 1Mw seulement.
- Le débit de données est jusqu'à 3 Mbps.

La portée de communication efficace dépend de plusieurs facteurs, comme la taille de l'antenne et la configuration, la condition de la batterie et l'atténuation des murs.

## RN41 module Bluetooth

Dans ce projet, le module Bluetooth RN41 va être utilisé. RN41 (Fig III.28.) est un module Bluetooth de classe 1 délivrant jusqu'à 3 Mbps débit de données pour des distances jusqu'au 100m.

### Les caractéristiques principales du RN41 sont comme suite :

- Fonctionnement à faible puissance (30mA quand connecté, 250 nA dans le mode de conservation d'énergie)
- A la bord de l'antenne de la puce en céramique
- une opération de 3.3 v
- vitesse de transmission de 1200 bps jusqu'à 921 kbps
- un cryptage de 128 bits pour sécuriser les communications
- correction d'erreur pour la livraison de paquets garantis

RN 41 est un Dispositif de 35 broches qui est utilisé avec une interface UART.  
Parmi ces broches on cite:

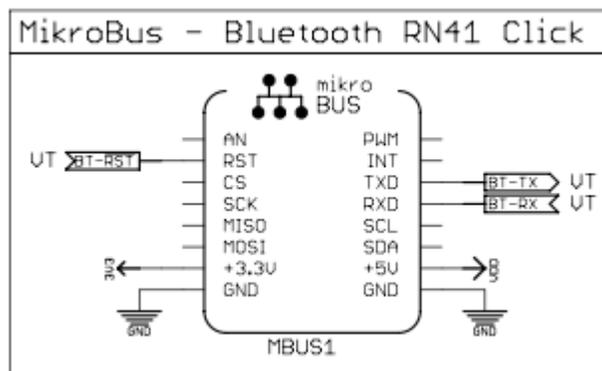
- 1: GND
- 3: GPIO6 (set Bluetooth mode. 1=auto master mode)
- 4: GPIO7 (Set Baud rate 1=9600 bps, 0=115-kbps, or firmware setting)
- 5: reset (active low)
- 11: VDD (3.3 –V supply)
- 12: GND
- 13: UART-RX (UART receive input)
- 14: UART-TX (UART transmit output)
- 15: UART-RTS (UART-RTSm goes high to disable host transmitter)
- 16: UART-CTS (UART CTS, if set high m it disables transmitter)
- 20: GPIO3 (auto discovery = 1)
- 28: GND
- 29: GND



**Fig. III.27. Module Bluetooth RN41**

Dans les interfaces à faible vitesse, les broches RTS et CTS ne sont pas utilisés. La broche 3 est mise à 1 pour le mode maître auto, la broche 4 est mise à 1 pour une vitesse de transmission 9600, la broche 5 est mise à 1 pour une opération normale, et la broche 20 est mise à 1 pour une auto découverte, GND et Vdd broches sont connectées à la VSS et des lignes d'alimentation de 3.3 V.

Ainsi le module nécessite seulement 2 broches (broche 13 et broche 14) pour l'interfaçage avec un microcontrôleur.

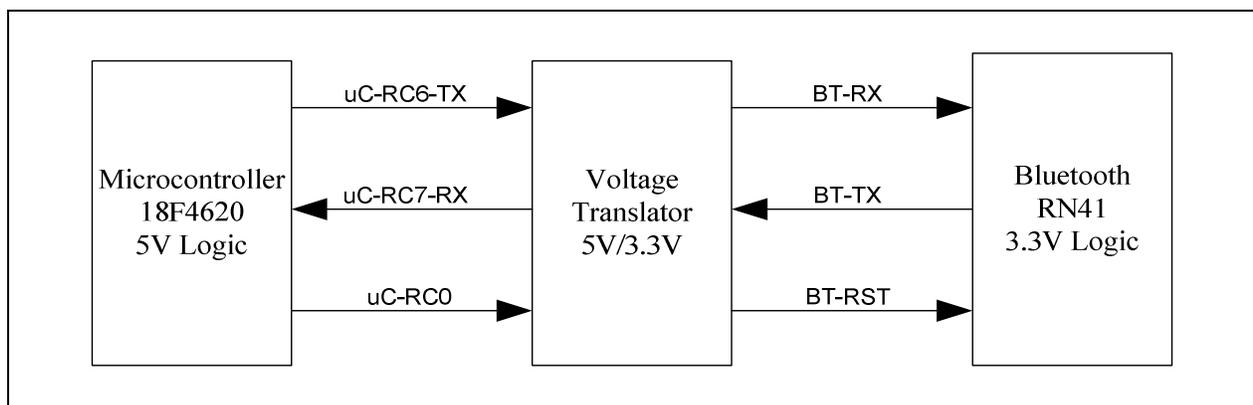


**Fig. III.28. : Connexions matériels**

## 10. Adaptation de la tension

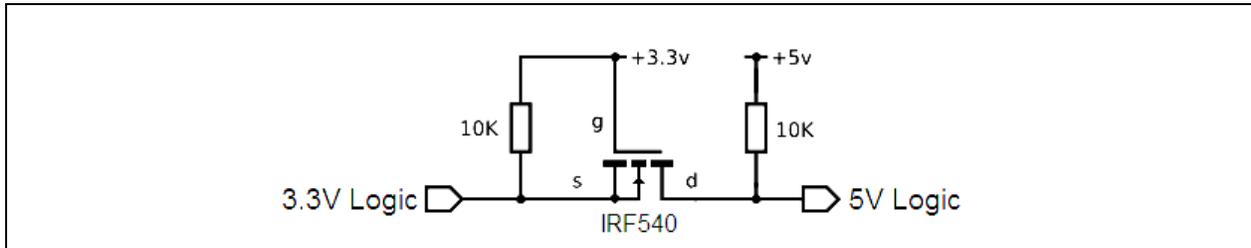
### Problématique

Le microcontrôleur fonctionne au niveau 5V alors que le module Bluetooth fonctionne à 3,3 V. Il est donc nécessaire d'adapter les niveaux de tensions.

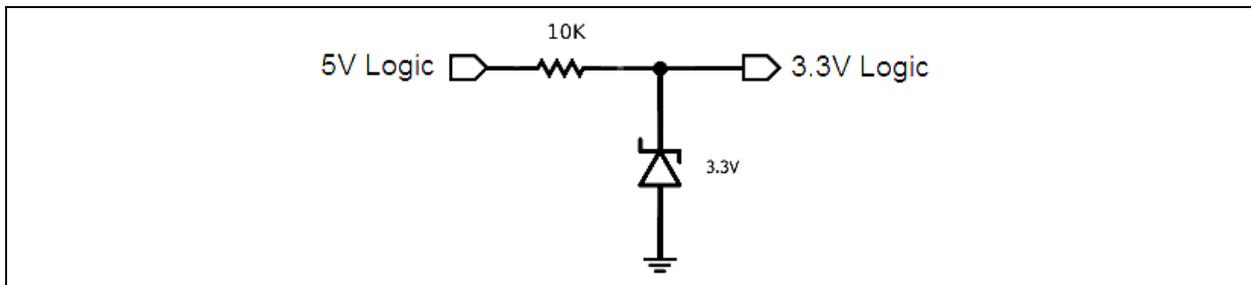


**Fig.III.29. Connectivité du signal entre le Microcontrôleur et le Bluetooth**

## Solution du problème

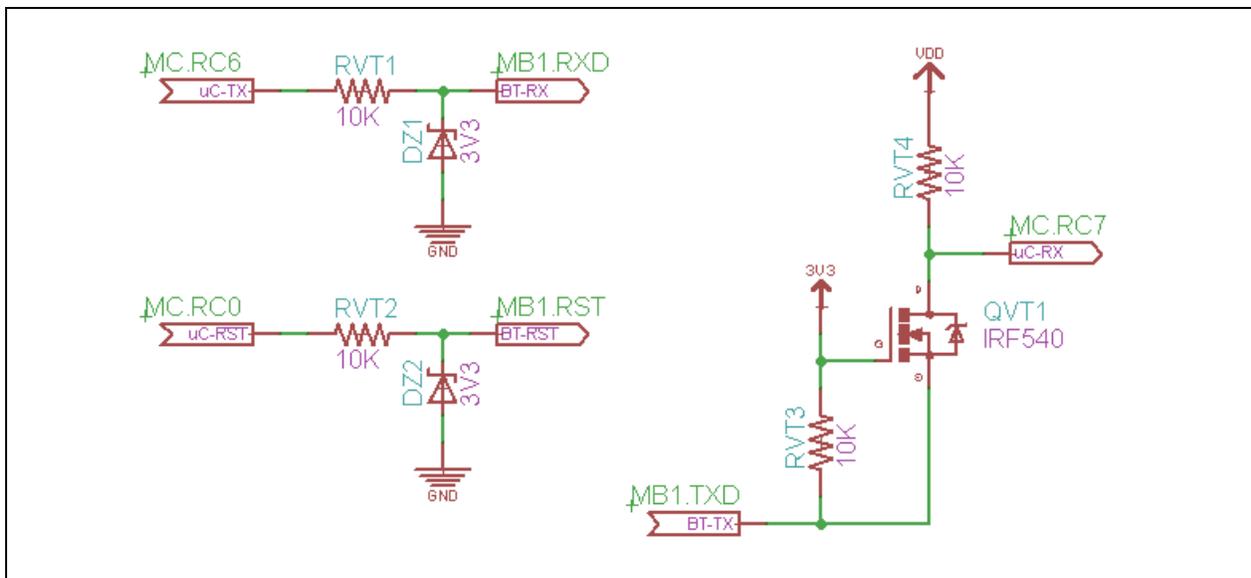


**Fig.III.30. Intensification de la tension en utilisant un MOSFET**



**Fig.III.31. Diminution de la tension à l'aide de la diode Zener**

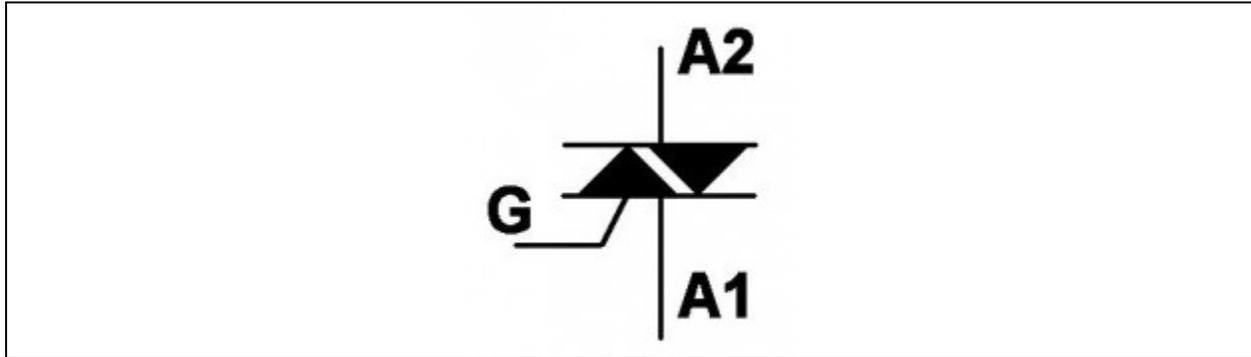
## Mise en œuvre matérielle



**Fig.III.32 Mise en œuvre matérielle**

## 11. Contrôle du Triac

Le triac (*Triode Alternating Current*,) est un dispositif semi-conducteur à trois électrodes qui autorise la mise en conduction et le blocage des deux alternances d'une tension alternative, généralement celle du secteur 230 V.



**Fig.III.33. Symbole du triac**

Les trois électrodes du triac sont dénommés gâchette (électrode de commande, appelée *gate* en anglais), et A1 et A2 (pour Anodes 1 et 2) ou en anglais, MT1 et MT2 (*Main Terminals*). Ces deux dernières électrodes assurent la conduction principale.

Contrairement au thyristor, le triac peut conduire le courant dans les deux sens de polarisation.

Le triac est avant tout destiné à piloter des charges raccordées au secteur 230V, comme une ampoule (charge non-inductive) ou un moteur électrique (charge inductive). Il permet de réaliser des gradateurs (variateurs) de lumière, des variateurs de vitesse pour les moteurs des appareils électroménagers ou de bricolage; il permet aussi, associé à un capteur (photorésistance...), de commander un dispositif de commutation ou de régulation (chauffage, électrovanne...) par ouverture ou fermeture du circuit.

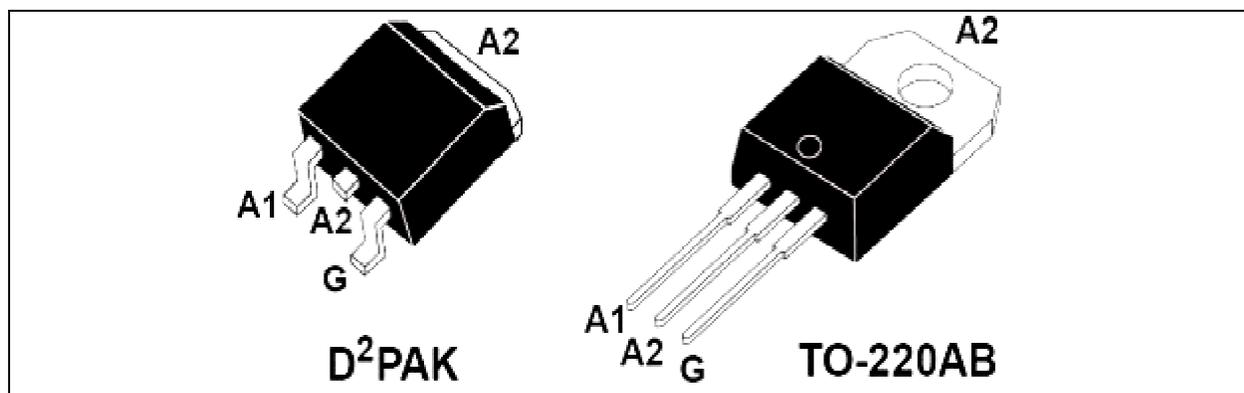
Attention! Il convient d'insister sur le fait que le triac est un composant à manipuler avec de grandes précautions, dans la mesure où il est relié au secteur, même s'il est d'un fonctionnement très sûr.

Voici un extrait de la fiche technique d'un modèle de triac très répandu: *BTA/BTB08-800B*.

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{DRM}$	Repetitive peak off-state voltage	800	V
$I_{GT}$	Gate trigger current	$T_j = 25\text{ °C}$	5 to 50 mA
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	$T_c = 100\text{ °C}$	8 A
$I_{TSM}$	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle)	$t = 20\text{ ms}$	80 A
$I_{GM}$	Peak gate current	$T_j = 125\text{ °C}$	4 A

**Tab.III.3.Fiche technique d'un modèle de Triac**

Ce modèle supporte des tensions pouvant atteindre 800 V. Il est commandé par un courant de gâchette  $I_{GT}$  allant de 5 à 50 mA et il peut délivrer 8 ampères (valeur efficace), voire des pointes (non répétitives) de 80 ampères. Sur le modèle référencé BTA, la languette métallique du boîtier TO-220 est isolée, ce qui n'est pas le cas pour le modèle BTB (la languette métallique est reliée à A2).

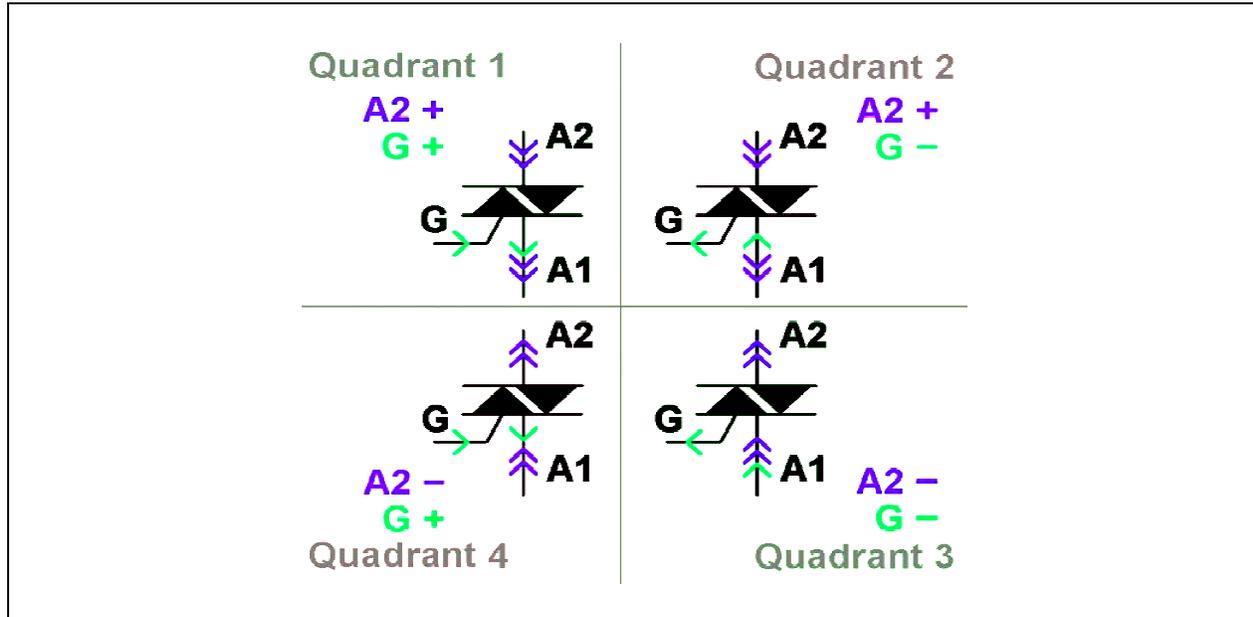


**Fig.III.34. Boîtier D<sup>2</sup>PAK et TO220 et connexions des pattes**

### Fonctionnement par "quadrants"

Il existe 4 façons d'amorcer un triac qui peuvent être représentés par 4 quadrants. Ces 4 quadrants sont caractérisés par les signes des potentiels de gâchette et d'anode 2. L'anode 1 est considérée comme référence des potentiels. Si le signe est "+", le courant "rentre", s'il est "-", il "sort".

On construit ainsi les 4 quadrants suivants :



*Fig.III.35 Quadrants de fonctionnement.*

La sensibilité du triac (courant nécessaire pour l'amorçage) varie selon les quadrants.

Quadrant 1 : A2+, G+

Quadrant 2 : A2+, G-

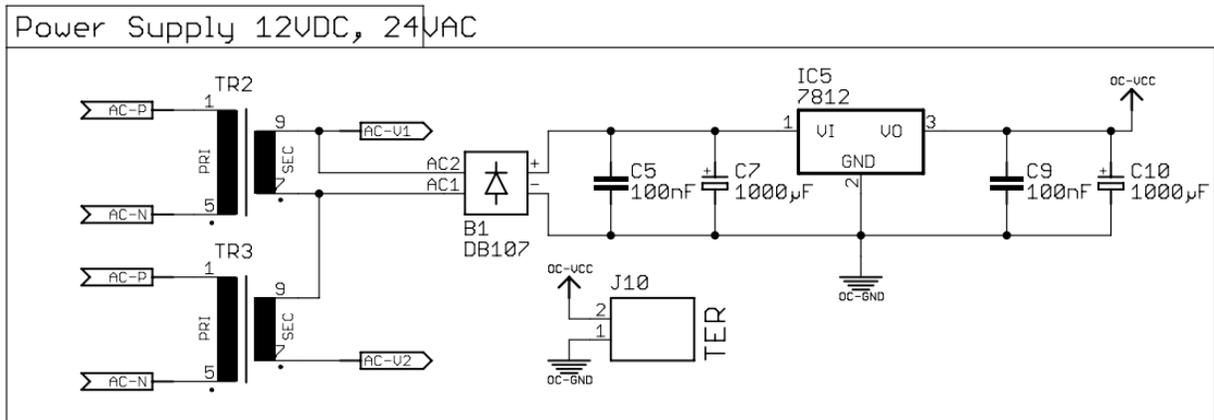
Quadrant 3 : A2-, G-

Quadrant 4 : A2-, G+

Même si tous les quadrants sont utilisables, les quadrants 1 et 3 sont les plus performants : le courant de gâchette nécessaire est le plus faible (10mA typiques). Le quadrant 4 est à éviter si possible. En effet, il faut alors un courant de gâchette élevé (100mA environ) pour amorcer le triac.

Comme un thyristor, la chute de tension aux bornes d'un triac passant est d'environ 1 à 1.2V.





**Fig.III.38. Alimentation 12Vdc, 24Vac**

L'alimentation 12VDC est utilisée pour la détection du niveau d'eau, alors que l'alimentation 24VAC est utilisée pour les vannes.

### 13 Disposition des composants :

Nous avons utilisé le programme Eagle Version 5.7 pour effectuer la plaque électronique. Outil simple et puissant pour schématiser et reproduire les circuits électriques.

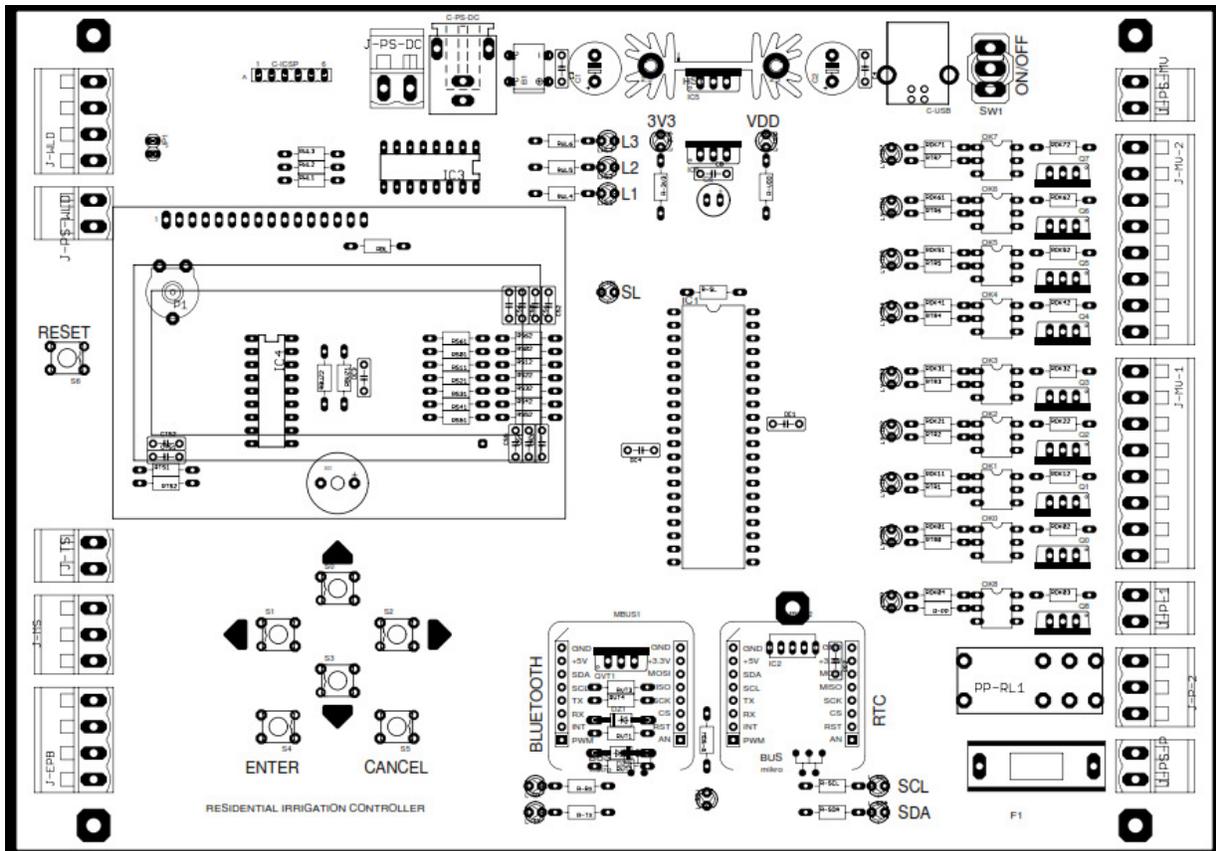
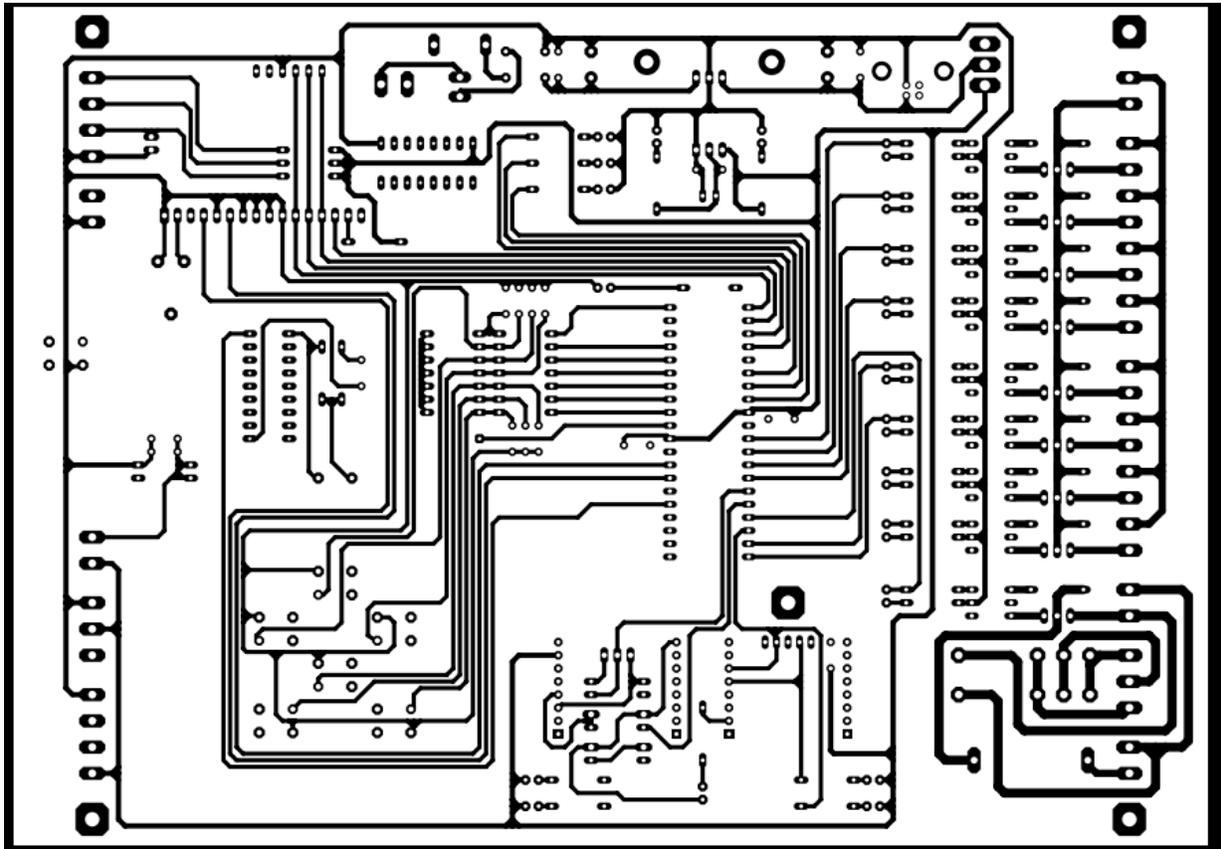


Fig.III.39. Disposition des composantes

Couche inferieure



*Fig.III.40. Couche inferieure*

Couche supérieure

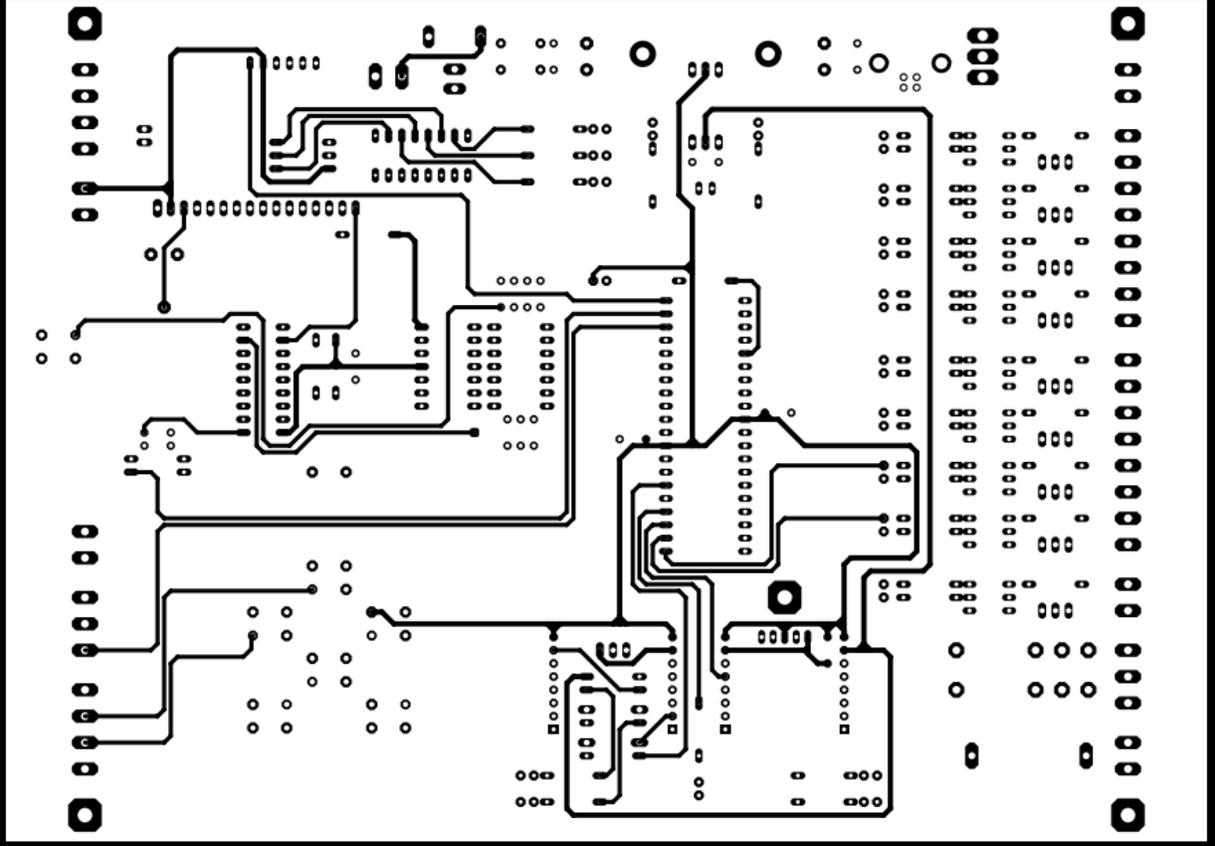
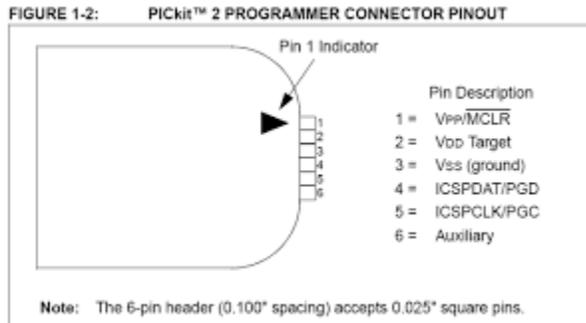


Fig.III.41 Couche supérieure

## IV. Programmation:

Le PICKit 2 est un matériel, connecté entre la plaque électronique, à travers la connexion ICSP (In circuit serial programmer), et l'ordinateur, à travers une connexion USB, pour faire la programmation du microcontrôleur à travers le programme PICKit 2+ version.2.5.

La simulation à été effectuée en temps réel.



**Fig. IV.1. Connexions du PICKIT 2**



**Fig. IV.2. Module PICKIT 2**

### 1- Principe du fonctionnement du programme

Chaque seconde, le module RTC envoie un front descendant, ce qui provoque une interruption du microcontrôleur sur le module CCP1 (capture compare PWM). L'interruption va mettre à 1 le drapeau one second flag. Dans le programme principal, nous allons tester ce drapeau. Lorsqu'il est haut, on met à jour les variables du système :

-Variable physique : température intérieure (TC74), température extérieure, humidité, existence de l'eau.

-Variable temporelle : Date et temps (Année, Mois, Jour, Heure, minute, seconde)

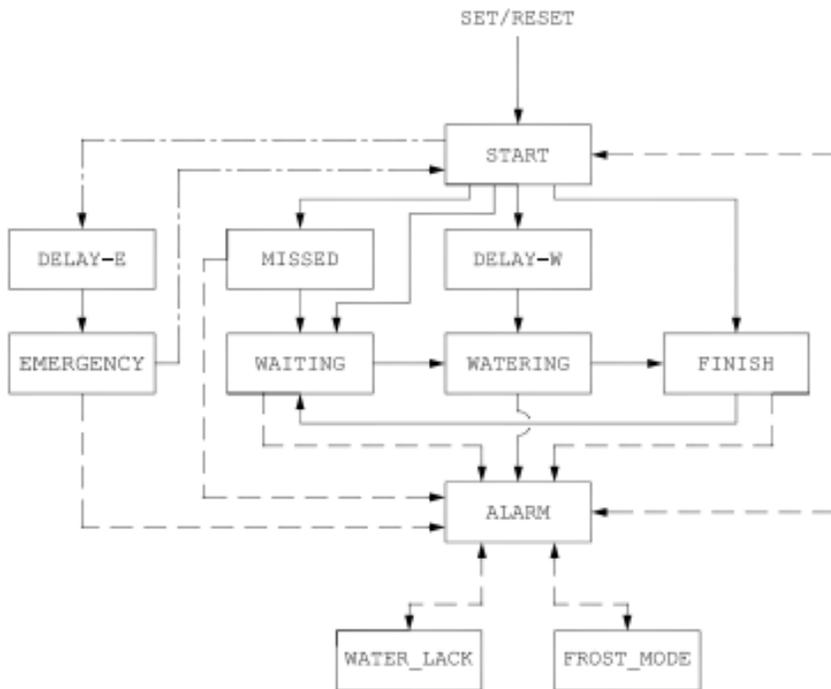
Puis, le processus de la machine d'état de l'irrigation va commencer. (Voir le paragraphe 2 suivant).

Ainsi, la machine d'état va vérifier si la condition d'irrigation est valide (temps et condition physique). Si c'est le cas, le programme d'irrigation est lancé.

Le programme sauvegarde à chaque fois l'étape qui l'atteint dans l'EEPROM. Ainsi une coupure de l'alimentation est récupérée.

Enfin, on met à zéro le drapeau (one second flag).

## 2 La machine d'état et les organigrammes



**Fig IV.3. Irrigation controller state machine**

Notre programme est basé sur la machine d'état. A chaque instant donné, le système est à un état bien déterminé ; il change d'état selon les conditions du fonctionnement. Exemple : notre programme est à l'état d'attente d'arrosage (waiting state). Lorsque le moment d'arrosage parvient, l'état de la machine change vers l'arrosage. Lorsqu'il fini, l'état devient fini (finish). Le programme continu à vérifier le temps afin de savoir qu'un nouveau jour commence. Si c'est le cas, l'état revient à l'état d'attente.

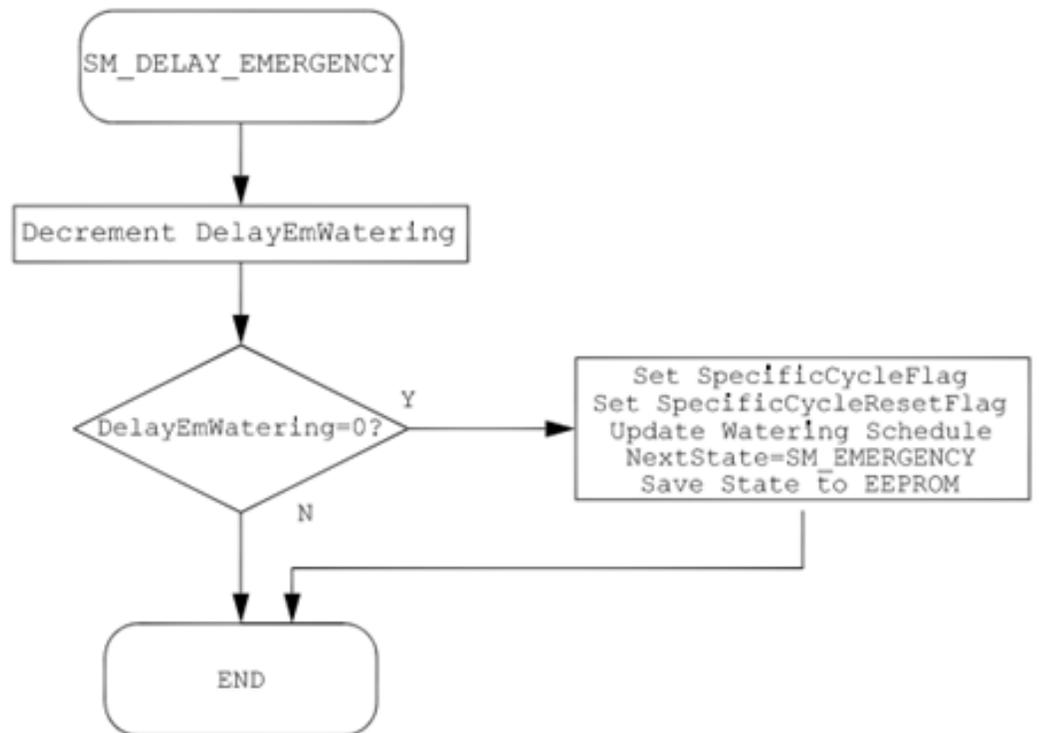


**Fig.IV.4.Flow Chart of SM-START State**

D'après le schéma ci-dessus, le microcontrôleur commence toujours à l'état de démarrage. Au début, il cherche une condition d'alarme (manque d'eau ou congélation de l'eau).

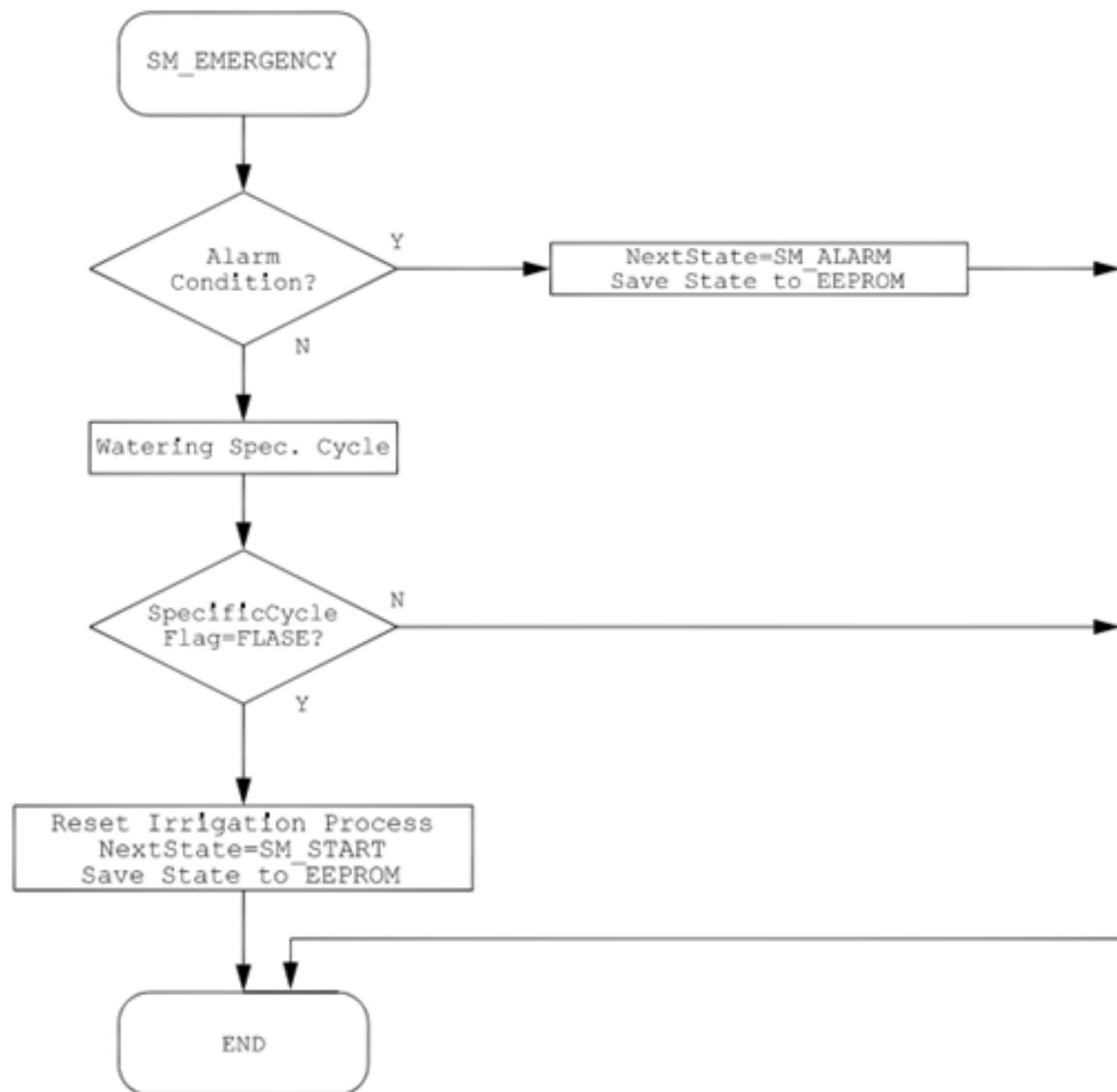
Il continue par détecter s'il y'a eu une rupture d'alimentation plus que 2 jours ; dans ce cas il y a déclenchement de l'état d'urgence.

Lorsque toutes les conditions sont normales, le microcontrôleur cherche dans quel état il doit être : attente, arrosage, fini, perdu.



**Fig.IV.5.Flow Chart of SM-DELAY-EMERGENCY State**

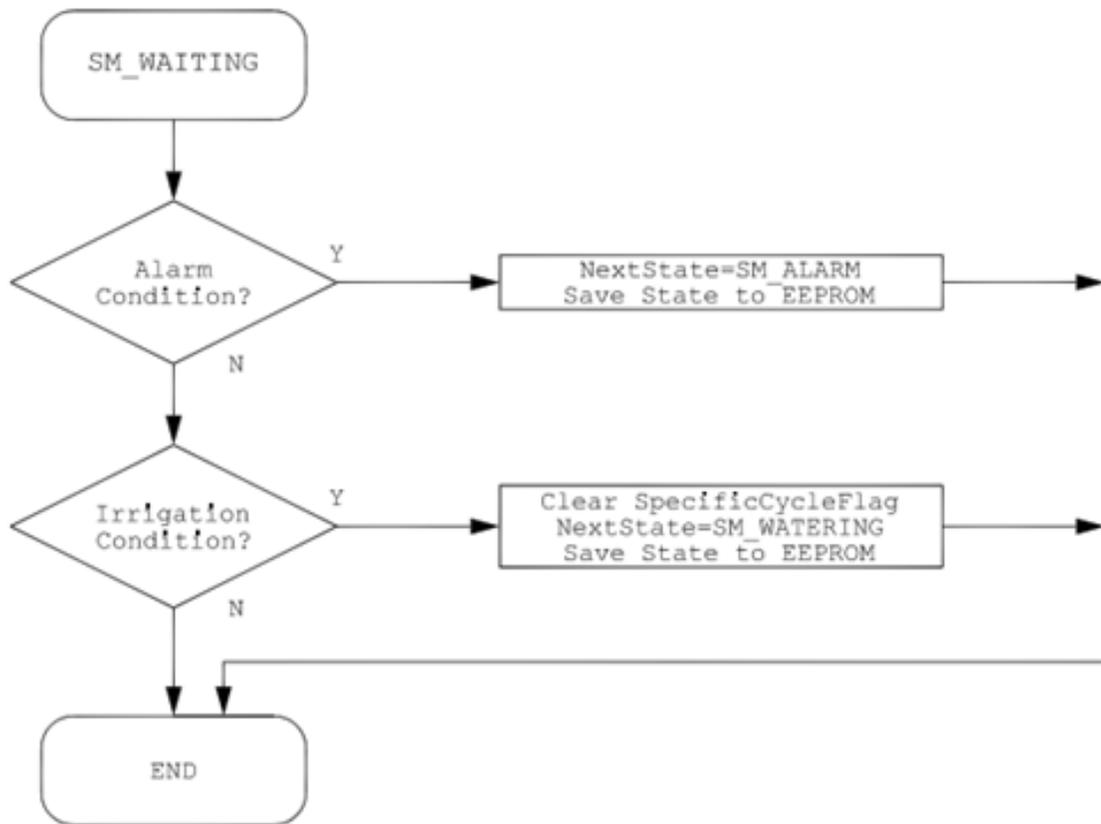
Le schéma nous montre qu'en cas d'urgence, le microcontrôleur passe par un état intermédiaire qui retarde le fonctionnement direct de la pompe.



**Fig.IV.6.Flow Chart of SM-EMERGENCY State**

Dans ce schéma, nous pouvons conclure qu'en cas d'urgence, le microcontrôleur vérifie s'il y a une condition d'alarme.

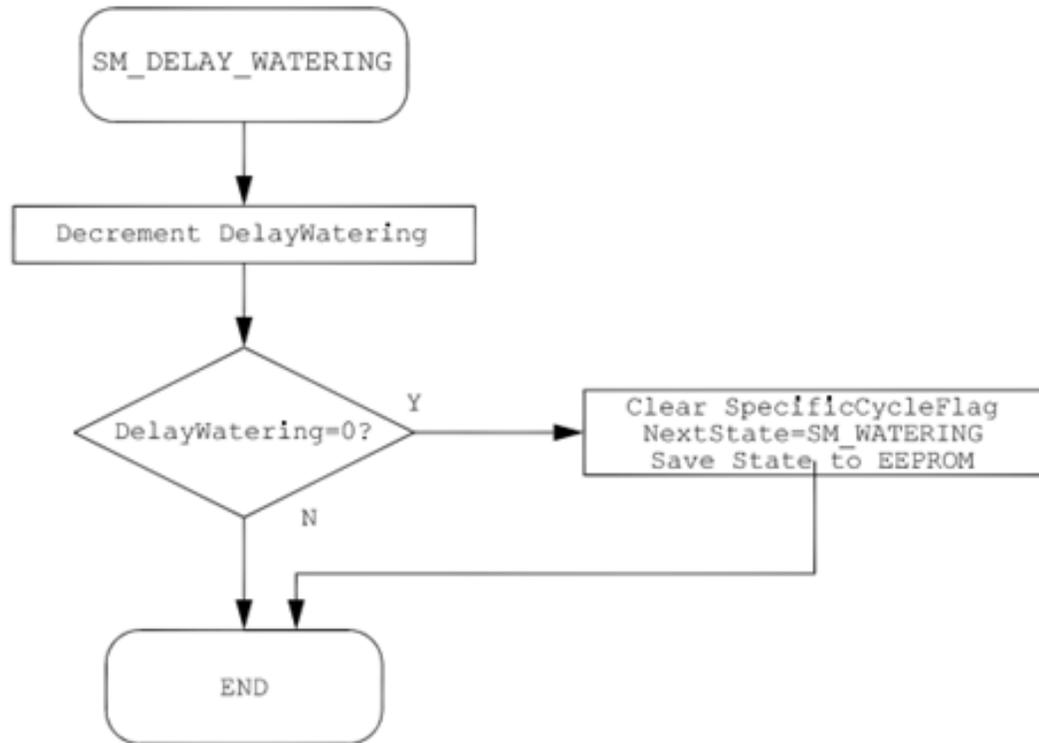
Si c'est ne pas le cas, le microcontrôleur force un arrosage des plantes.



**Fig.IV.7.Flow Chart of SM-WAITING State**

Le schéma ci-dessus nous montre que le système est en cas d'attente pour l'arrosage.

Le programme vérifie, tout d'abord, le cas d'alarme et ensuite la condition d'arrosage s'il n'y a pas une alerte d'alarme.



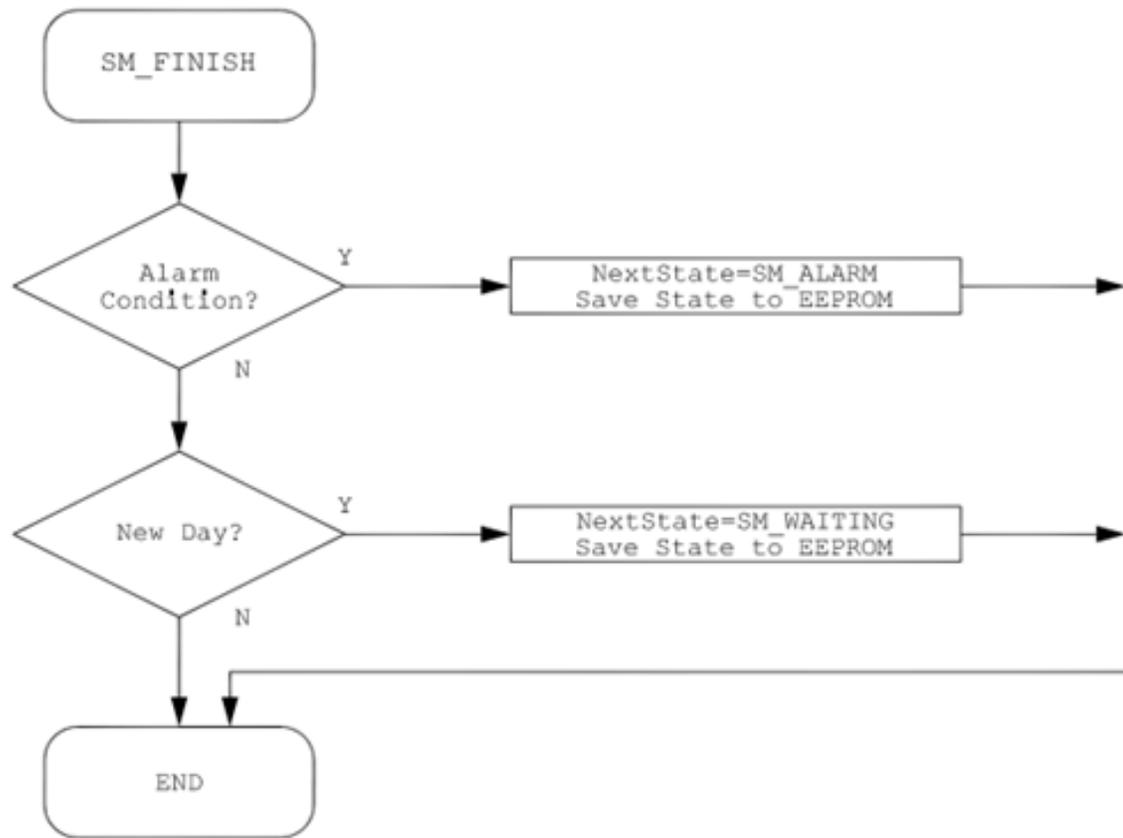
**Fig.IV.8.Flow Chart of SM-DELAY-WATERING STATE**

Cet état est utilisé pour retarder l'arrosage suite à la mise sous tension du contrôleur, lorsque la condition d'arrosage est valide et il y a eu plusieurs ruptures successives du courant. Ainsi, le système va être protégé.



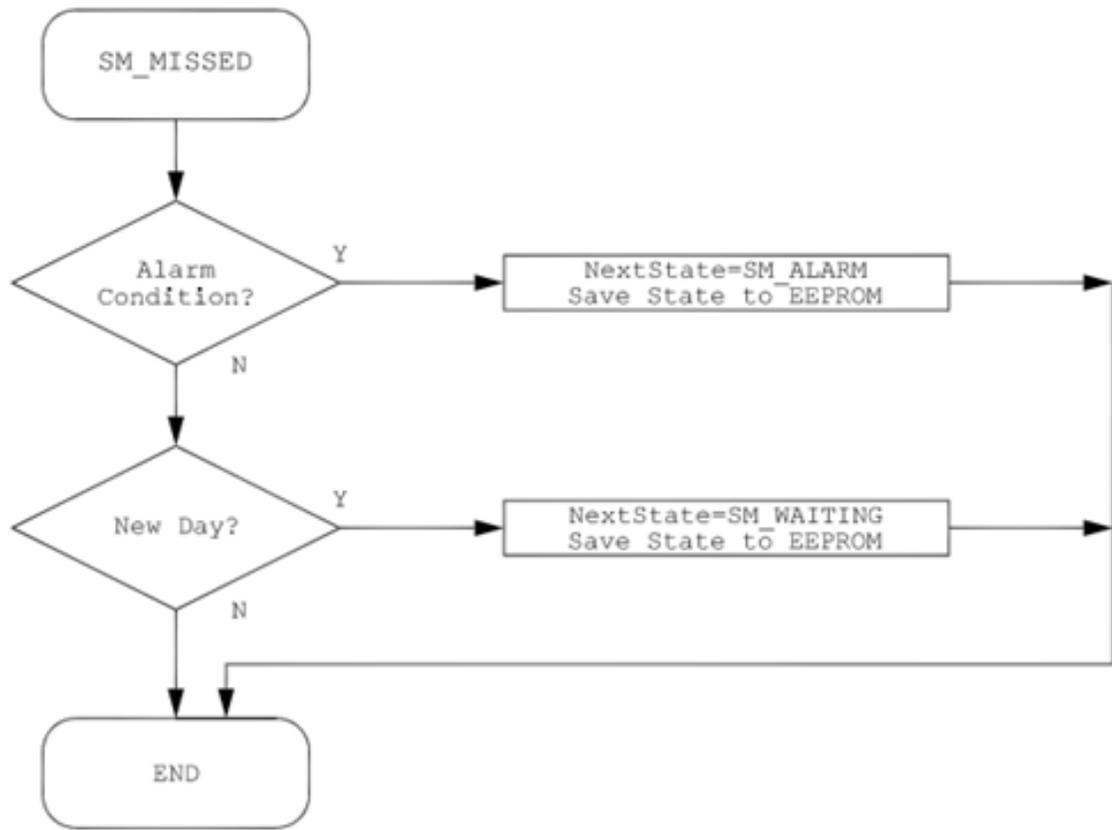
**Fig.IV.9.Flow Chart of SM-WATERING State**

A l'état d'arrosage, le microcontrôleur vérifie qu'il n'y a pas d'alarme. Ensuite, en cas normal, il cherche les vannes valides, l'une après l'autre, et alimente chacune d'elle selon leur temps. Chaque étape d'arrosage est sauvegardée dans la mémoire EEPROM pour continuer le programme d'irrigation, suite à la rupture et le retour de la tension du réseau.



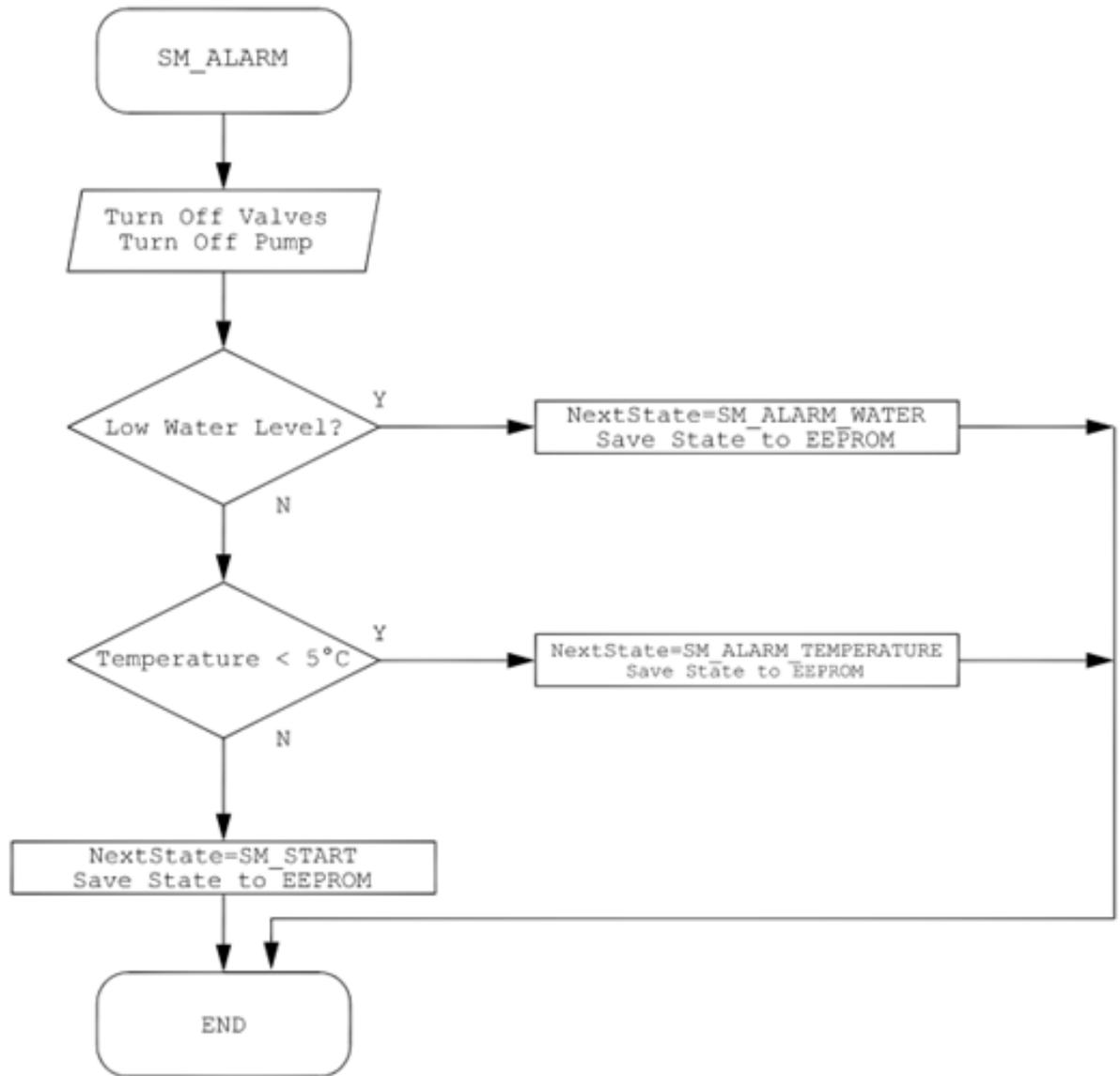
**Fig.IV.10.Flow Chart of SM-FINISH State**

A l'état fini, nous commençons par chercher s'il y a une condition d'alarme. Si ce n'est pas le cas, il vérifie s'il y a commencement d'un nouveau jour.



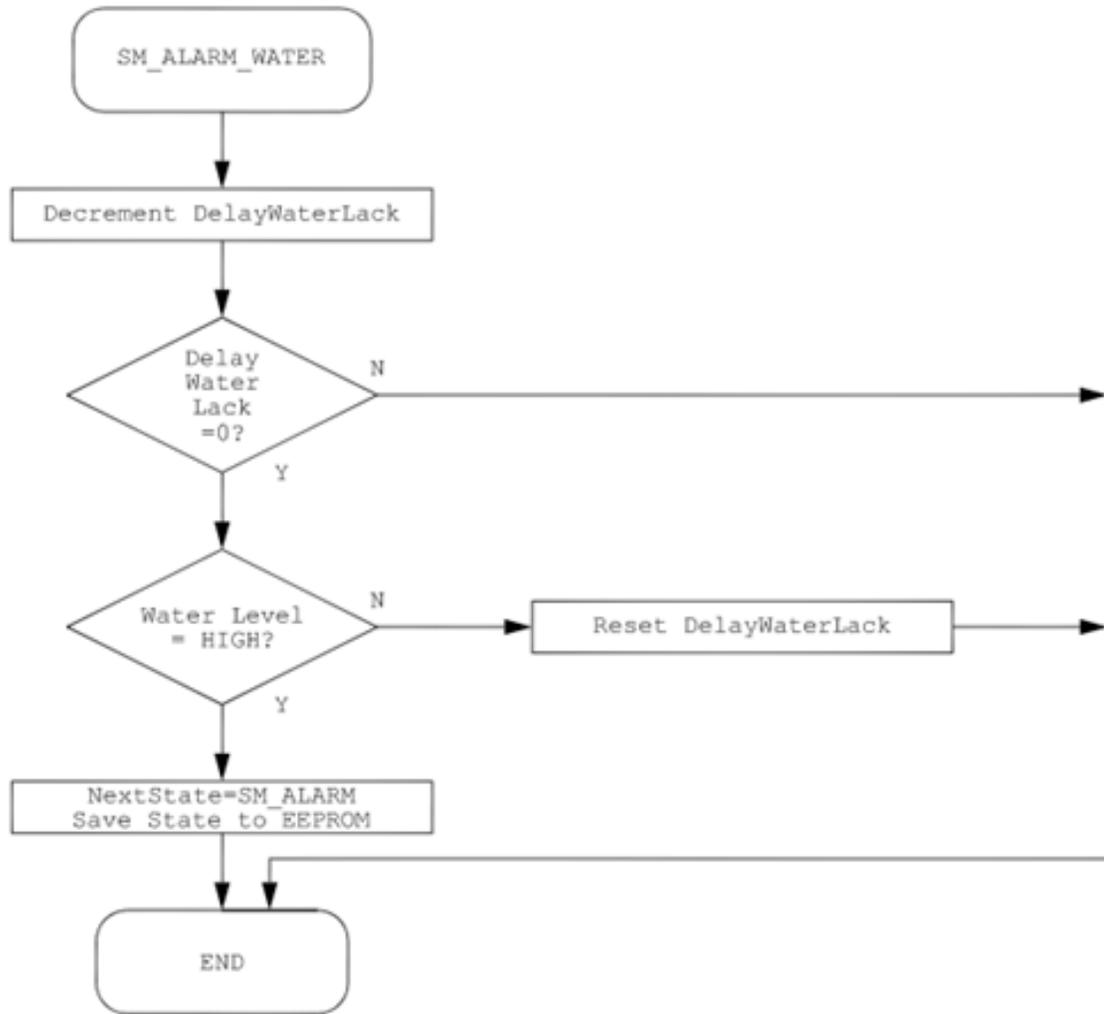
**Fig.IV.11.Flow Chart of SM-MISSED State**

A l'état perdu (après le temps récupéré), nous commençons par chercher s'il y a une condition d'alarme.  
 S'il n'y en a pas, il vérifie s'il y a commencement d'un nouveau jour.



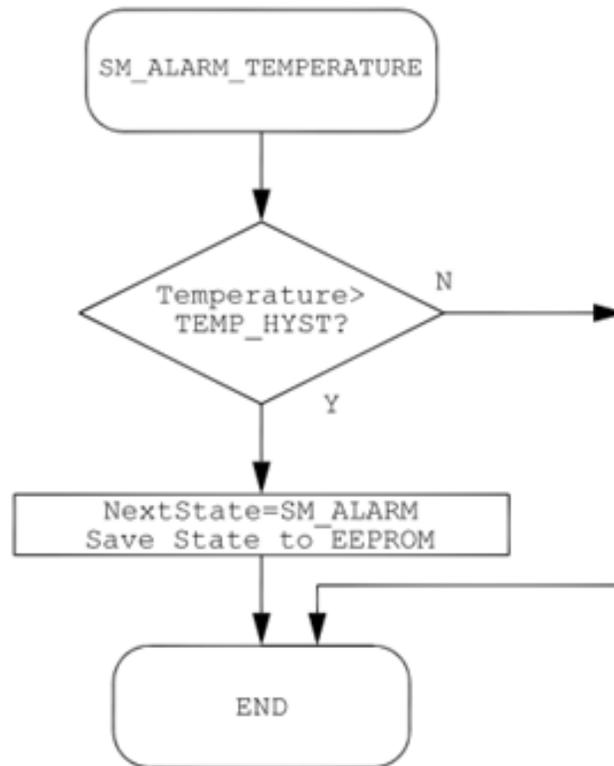
**Fig.IV.12.Flow Chart of SM-ALARM State**

En cas d'alarme, le microcontrôleur commence par éteindre les sorties (les vannes et la pompe), puis il vérifie la source de l'alarme (de l'eau ou de la température).



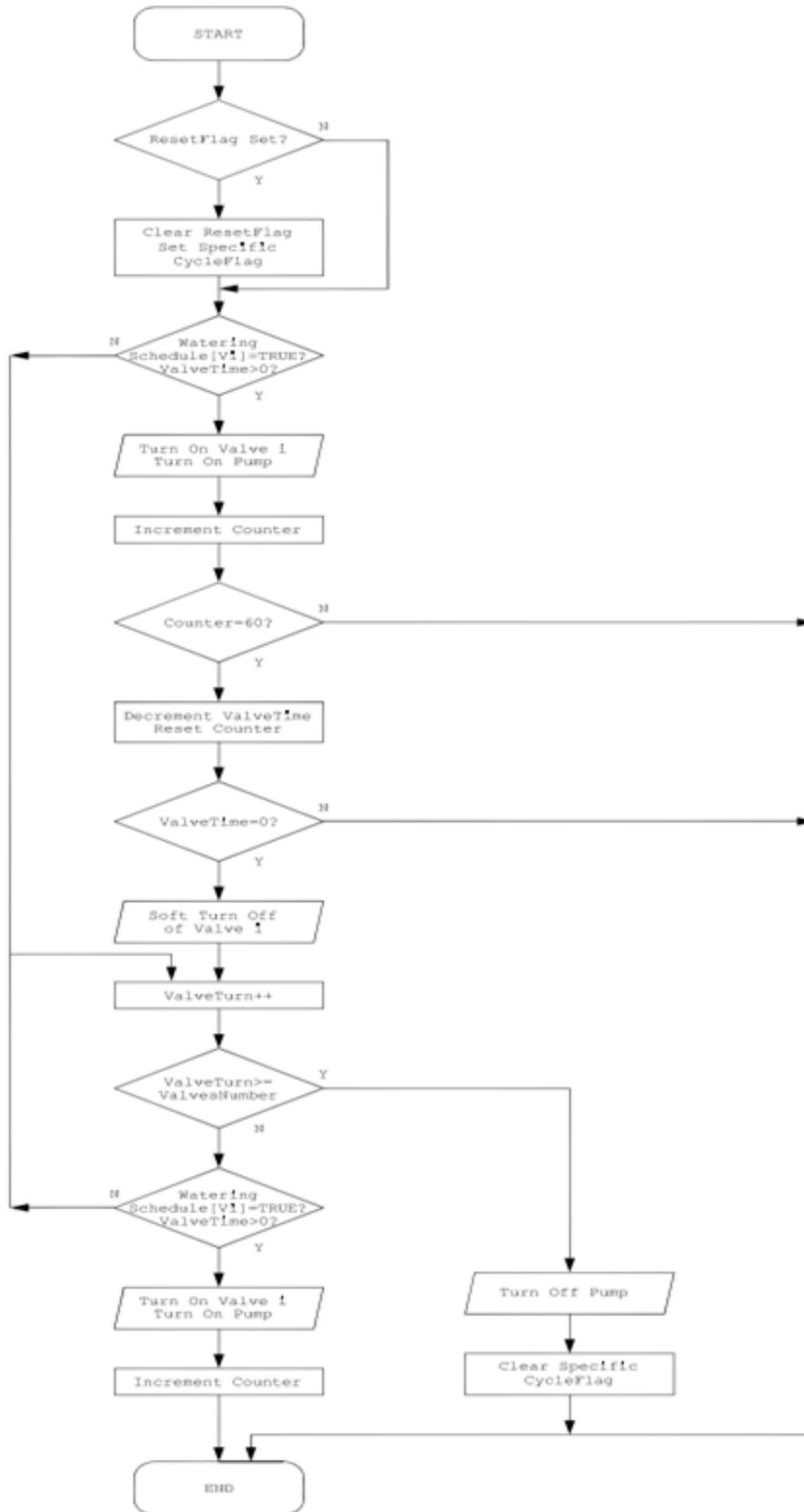
**Fig.IV.13.Flow Chart of SM-ALARM-WATER State**

En cas d'alarme d'eau, le microcontrôleur vérifie le niveau d'eau à chaque période de temps (120s) pour savoir s'il y a une condition valide d'eau.



**Fig.IV.14.Flow Chart of SM-ALARM-TEMPERATURE State**

En cas d'alarme de température ( $t < -5$  degré Celsius), le microcontrôleur va vérifier la température mesurée afin de dépasser la température hystérésis. ( $t > +10$  degré Celsius)



**Fig.IV.15.Flow Chart of Function-Watering-Specific-cycle**

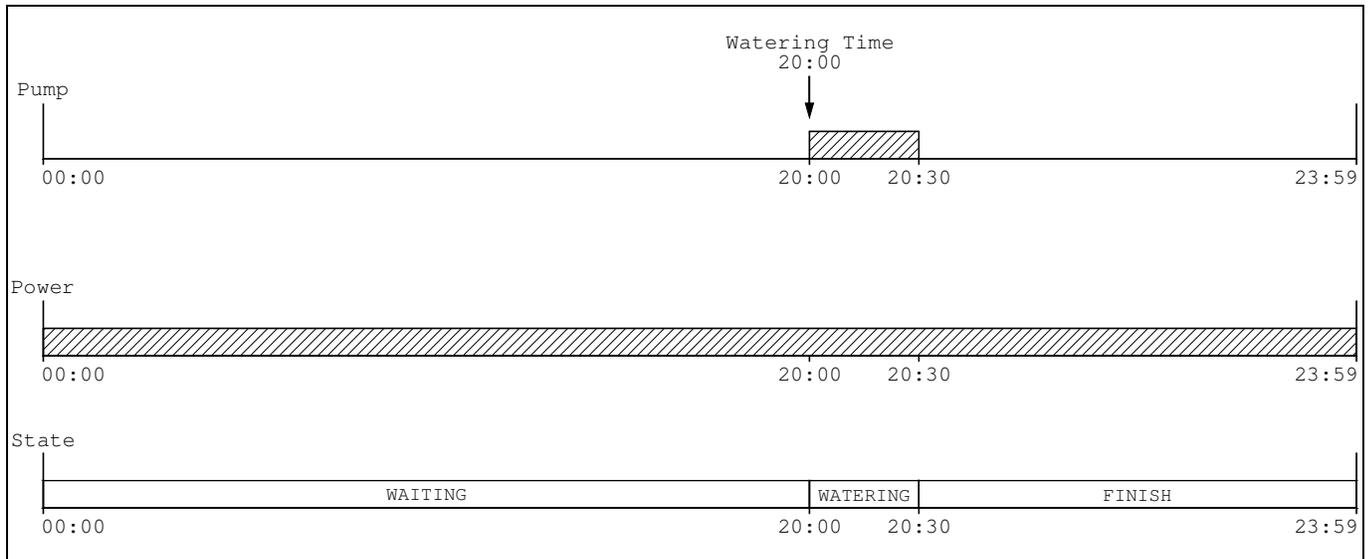
C'est l'organigramme de la fonction watering specific cycle. Elle est similaire à l'état d'arrosage. Ce qui distingue cette fonction est sa capacité de forcer un cycle d'irrigation selon les besoins de notre circuit.

A noter, les étapes d'arrosages ne sont pas sauvegardées.

### 3. Le comportement du système suite à la rupture de l'alimentation électrique

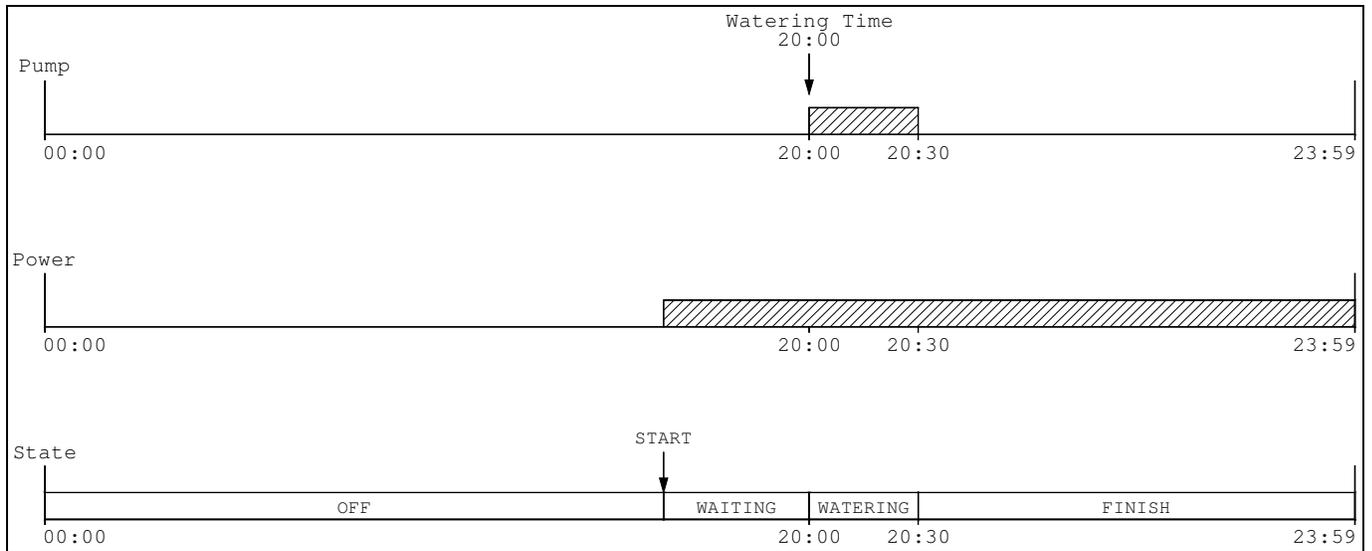
Voici un exemple d'arrosage dans les différents cas :

Sachant que le **temps d'arrosage** est entre : **20 :00 et 20 :30**.



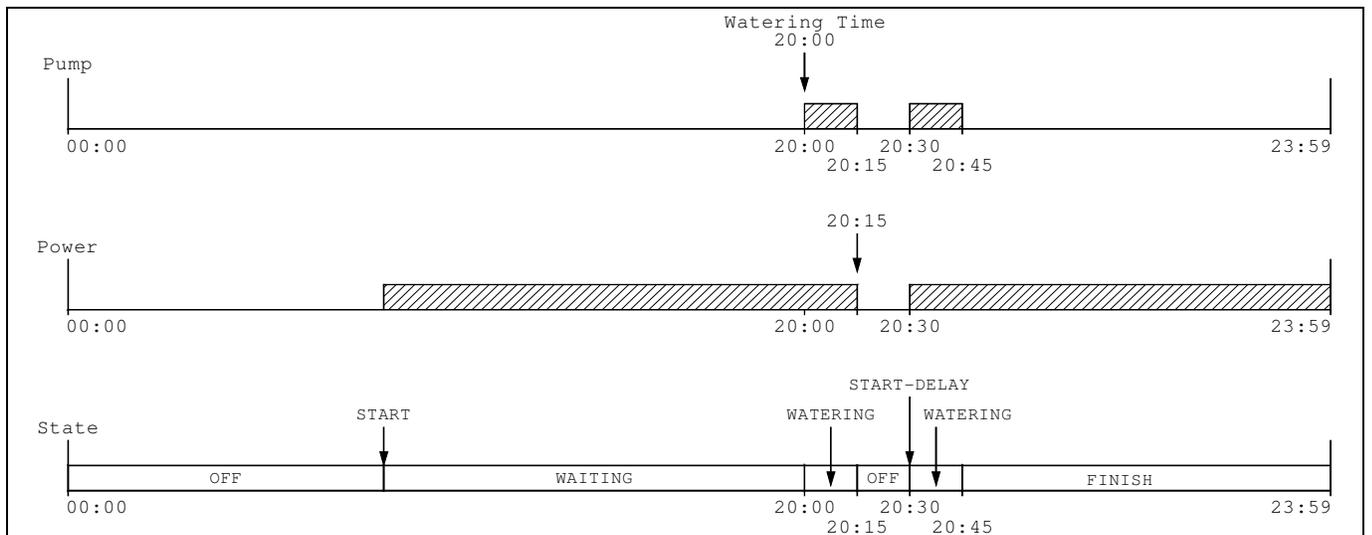
**Fig. IV.16. Normal power condition**

Dans la Fig. IV.16, nous avons une condition normale sans rupture de l'alimentation, ainsi, après une attente jusqu'à 20 :00 , l'arrosage a été effectué normalement à 20 :00. Ensuite nous notons l'arrêt de l'arrosage à 20 :30, indiquant la terminaison de ce dernier.



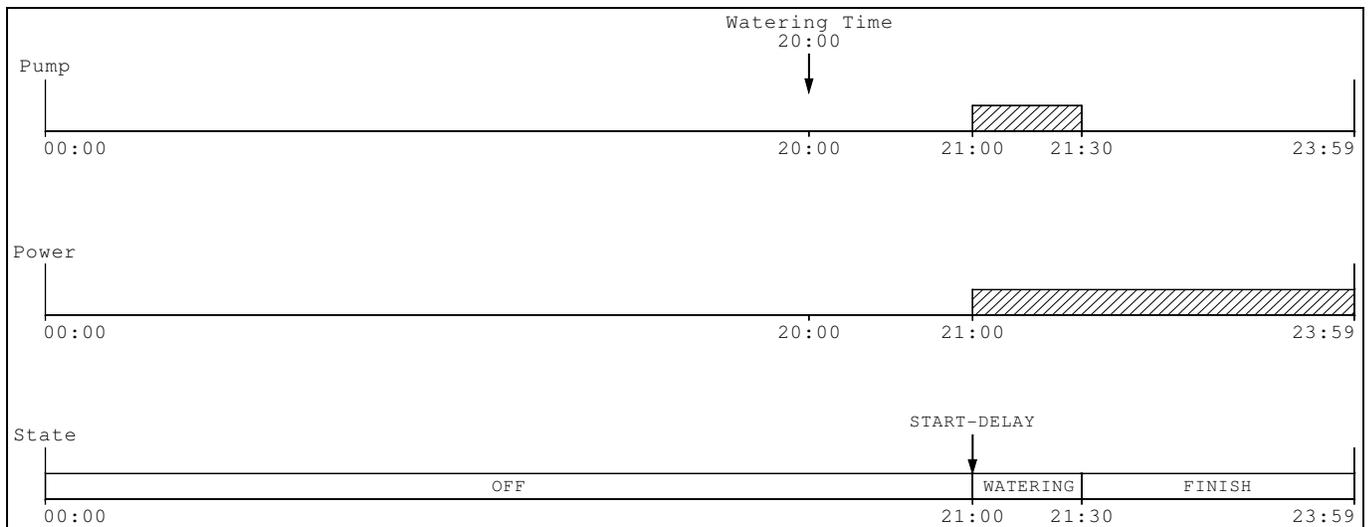
**Fig.IV.17.Power failure prior to watering time**

Dans la Fig. IV.17, nous notons la rupture de l'alimentation avant le temps précis d'arrosage 20 :00. Celle-ci n'interfère avec l'arrosage qui s'effectuera normalement à 20 :00 vu que le courant est revenu.



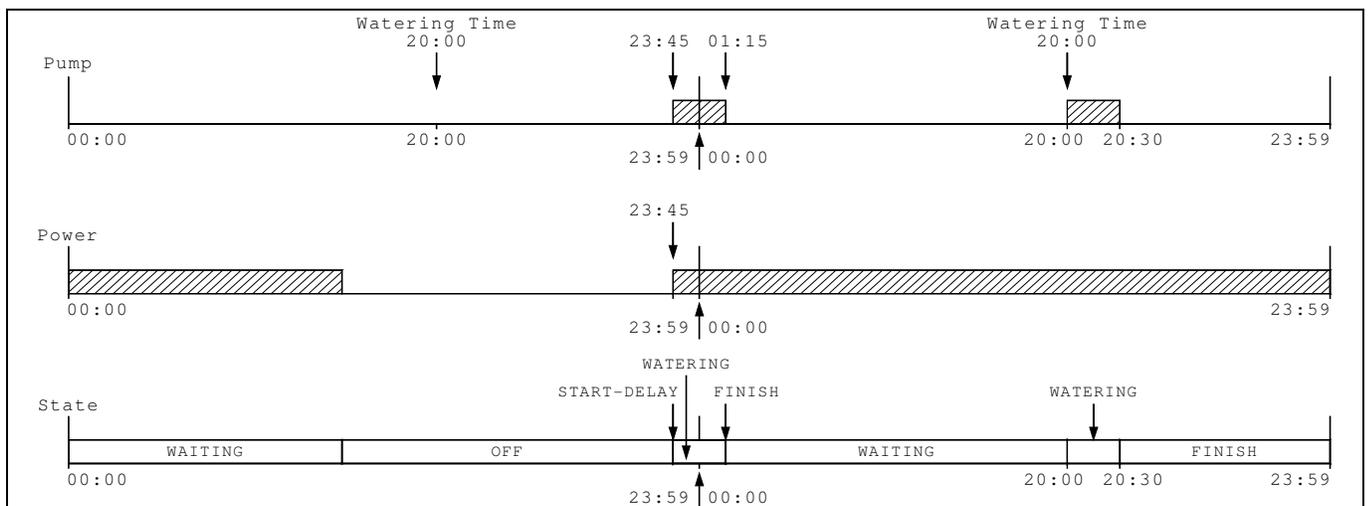
**Fig.IV.18.Power failure during watering**

Dans la Fig. IV.18, nous notons la rupture de l'alimentation de 20:15 jusqu'à 20:30. Ce qui implique que l'arrosage va s'effectuer normalement à 20:00 puis va s'arrêter à 20:15 jusqu'à 20:30 pour se continuer de nouveau jusqu'à 20:45. Sachant qu'il y a un début-délai suite à la rupture, pour éviter le pic d'appel du courant suite à l'établissement du réseau.



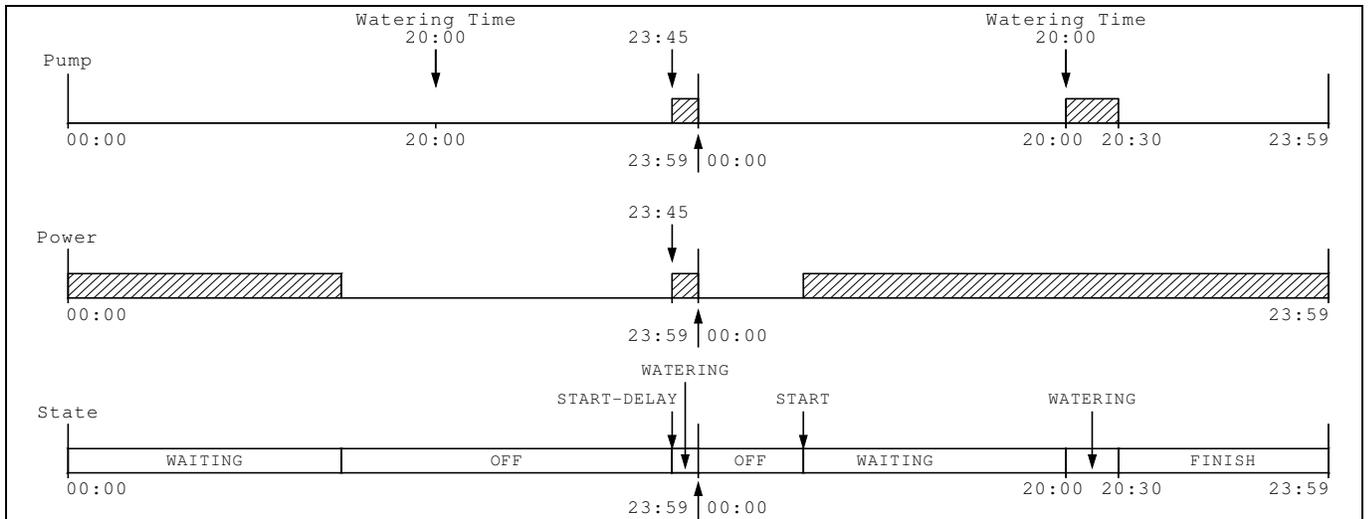
**Fig.IV.19. Power failure from the start till the finish of the watering time but within recovery time**

Dans la Fig. IV.19, il y a rupture de l'alimentation dès le début de la journée jusqu' à 21:00. Puis à 21 :00, avec le retour de l'alimentation, l'arrosage a commencé de nouveau avec un début-délai.



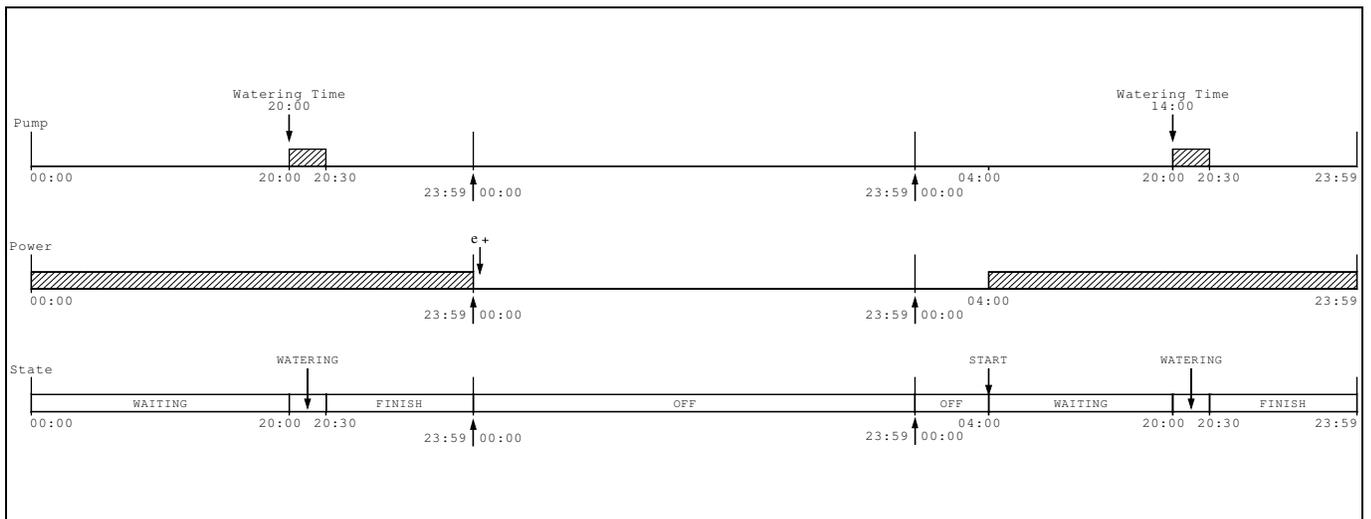
**Fig.IV.20. Watering extended to next day within recovery time**

Dans la Fig. IV.20, au début, il y a de l'alimentation. Puis ça a coupé jusqu'à 23:45 le soir. Ceci n'entraîne pas l'arrêt de l'arrosage puisque nous sommes toujours dans le temps de récupération. Ainsi l'arrosage va s'effectuer du 23:45 jusqu'à 1:15 avec un début-délai. Puisqu'on est déjà dans le jour suivant, cela ne va pas arrêter l'arrosage ce jour là, mais la procédure normale va continuer à 20:00.



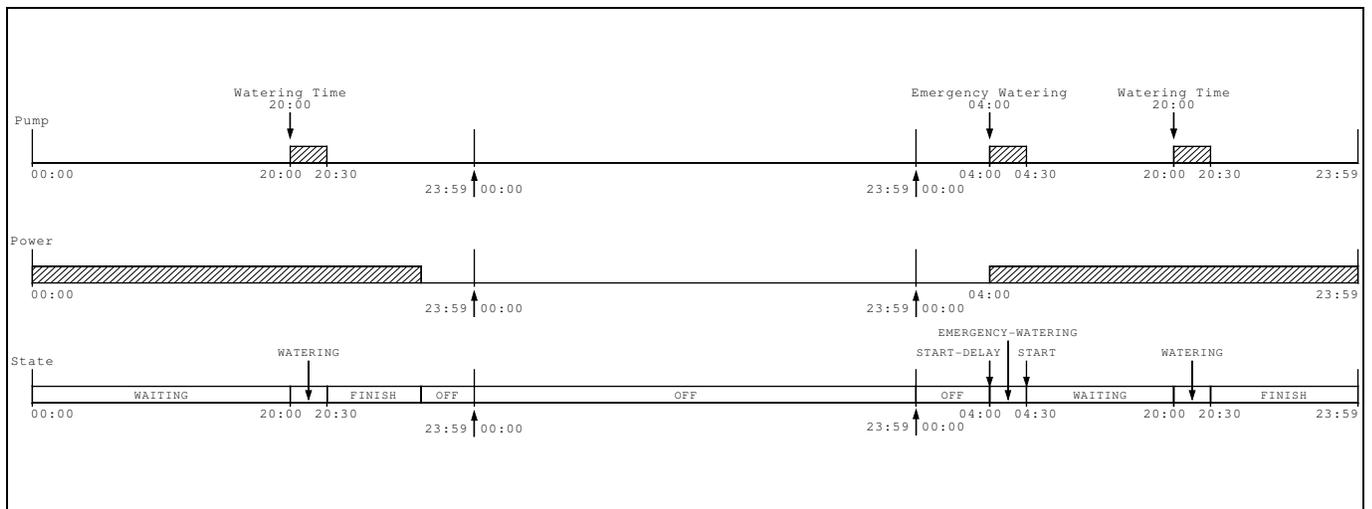
**Fig.IV.21. Water extended to next day and Power failure in the next day**

Dans la Fig. IV.21, il y a rupture de l'alimentation jusqu'à 23:45 dont le début-délai s'effectue et l'arrosage commence jusqu'à minuit. A minuit une seconde rupture est observée. Puisque c'est un nouveau jour, l'arrosage se coupe même avec le retour de l'alimentation. Alors L'arrosage s'effectuera qu'au temps normal le second jour entre 20 :00 et 20 :30.



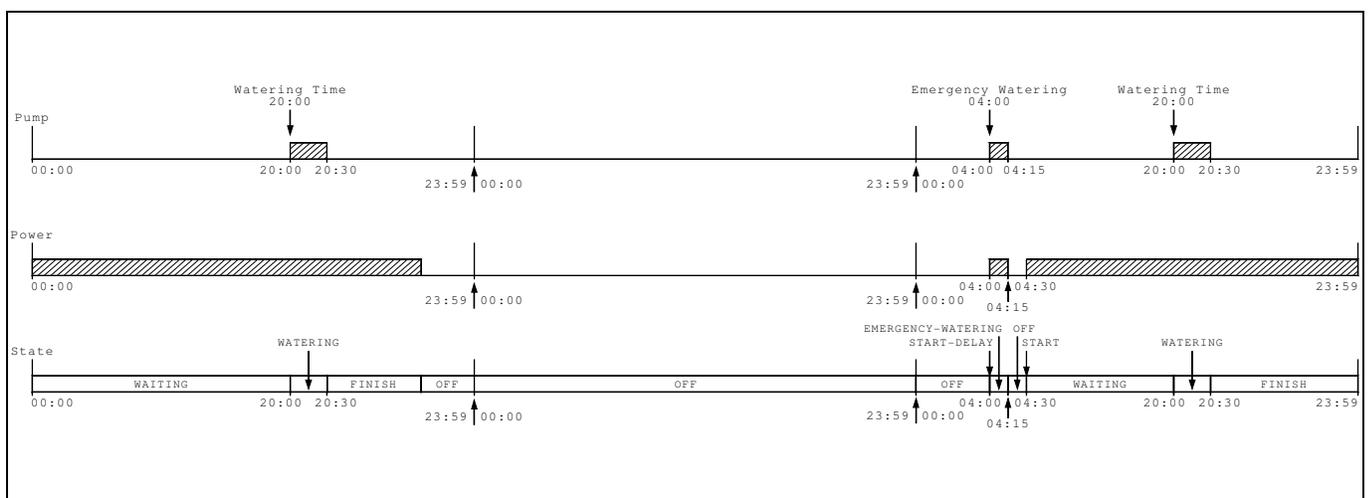
**Fig.IV.22.No emergency watering- Power failure not more than one day**

Dans la Fig. IV.22 nous observons que le premier jour l'arrosage s'est effectué normalement. Puis le deuxième jour il y a eu une rupture de l'alimentation durant toute la journée. Ainsi même quand l'alimentation revient, l'arrosage ne s'effectuera qu'au moment indiqué au début étant donné qu'il n'ya pas une urgence d'arroser.



**Fig.IV.23. Emergency Watering- Power failure more than one day**

Dans la Fig. IV.23, nous observons un arrosage normal dans le premier jour, puis la rupture s'est effectuée pendant 2 jours. Ainsi, nous faisons face à une urgence d'arrosage au fur que l'alimentation revient. Puis, l'arrosage s'effectuera normalement au cours de la journée à l'heure indiquée au début.



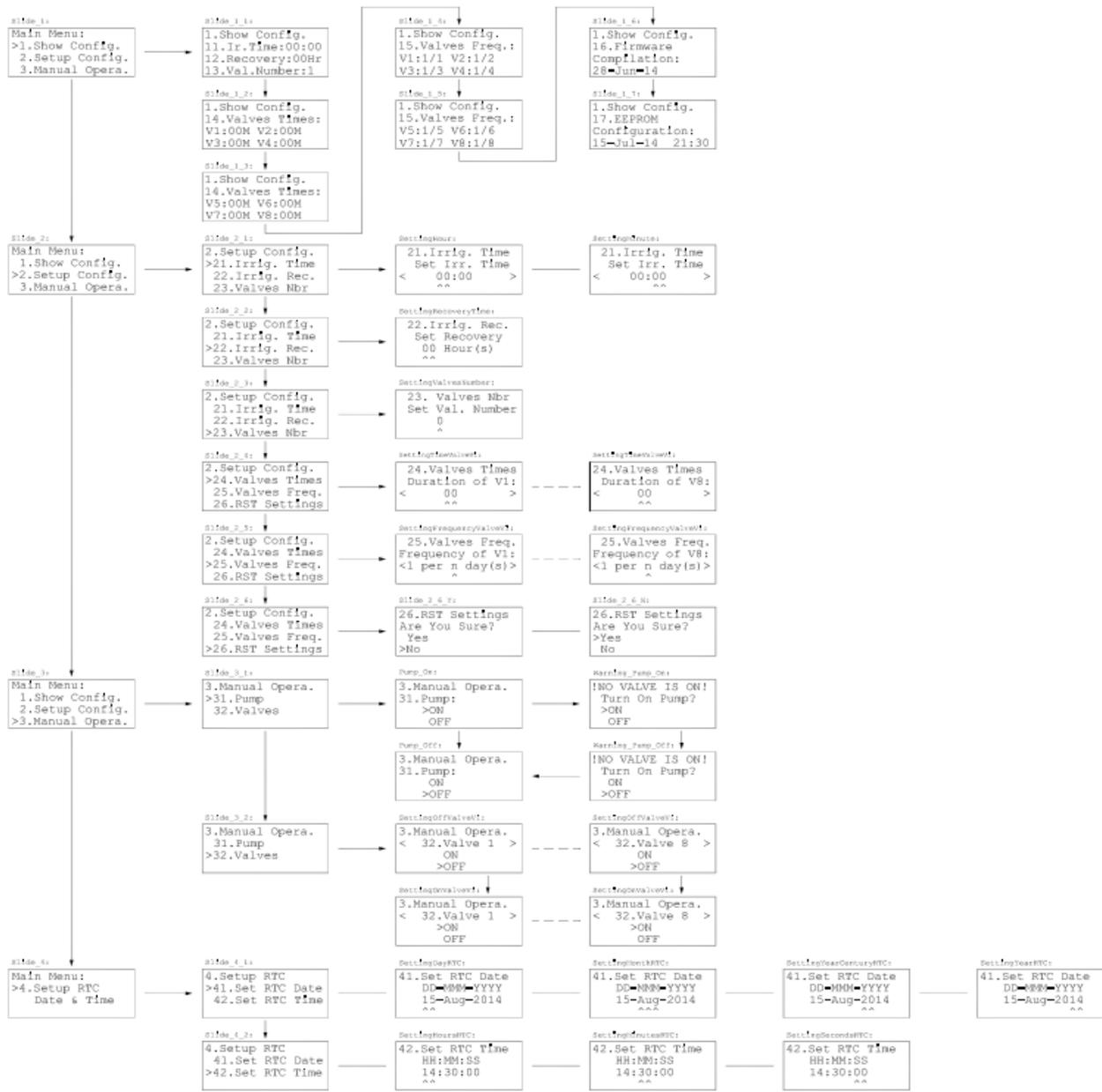
**Fig.IV.24. Power failure during emergency watering**

Dans la Fig. IV.24, nous observons que le premier jour l'arrosage s'effectuera normalement. Puis il ya rupture de l'alimentation pendant 2 jours. Dans le troisième jour, des que l'alimentation revient, l'arrosage commence, ayant une urgence d'arrosage, mais au cours de cet arrosage il y a eu une autre rupture de l'alimentation. Ainsi l'arrosage sera coupé totalement pour recommencer son activité normale à 20 :00 de nouveau.

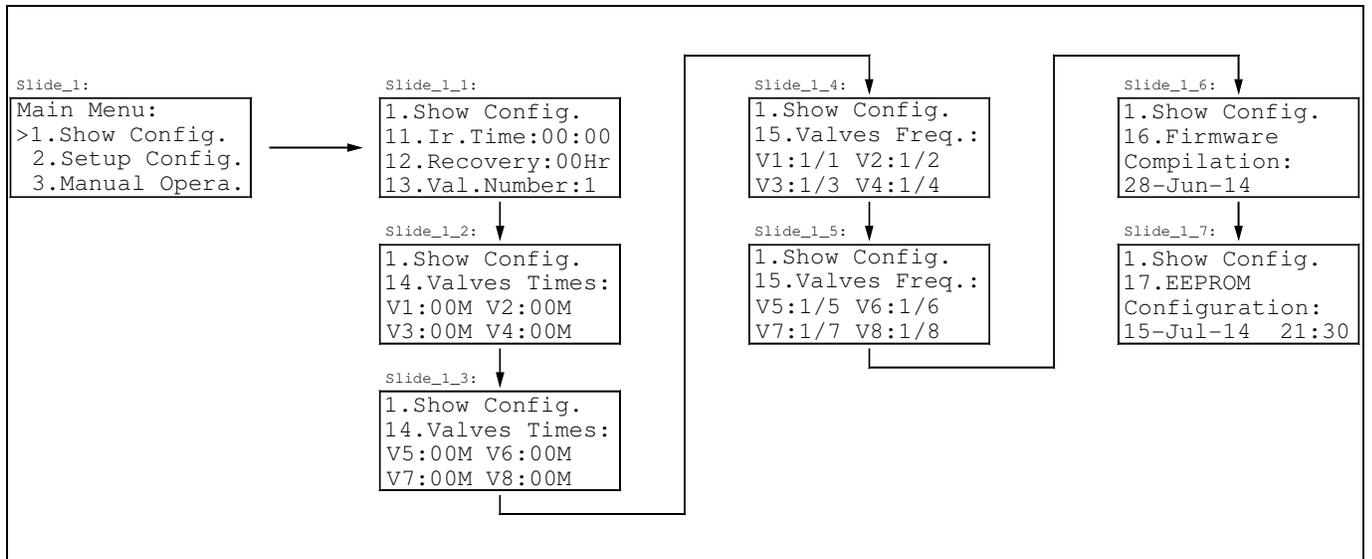
## **4. Affichage du menu**

### **Main Menu:**

1. Show Configuration
  - 1.1. Irrigation Time
  - 1.2. Irrigation Recovery Time
  - 1.3. Valves Number
  - 1.4. Valves Times
  - 1.5. Valves Frequencies
  - 1.6. Firmware Compilation
  - 1.7. EEPROM Configuration
  
2. Setup Configuration
  - 2.1. Irrigation Time
    - 2.1.1. Set Irrigation Time
  - 2.2. Irrigation Recovery Time
    - 2.2.1. Set Irrigation Recovery Time
  - 2.3. Valves Number
    - 2.3.1. Set Valves Number
  - 2.4. Valves Times
    - 2.4.1. Set Valves Times
  - 2.5. Valves Frequencies
    - 2.5.1. Set Valves Frequencies
  - 2.6. Reset Settings
    - 2.6.1. Are You Sure?
  
3. Manual Operation
  - 3.1. Pump
  - 3.2. Valves
  
4. RTC Date & Time
  - 4.1. Setup RTC Date
  - 4.1. Setup RTC Time



**Fig. IV.25. Les écrans affichés par le LCD**



**Fig.IV.26.la configuration réalisée par l'utilisateur.**

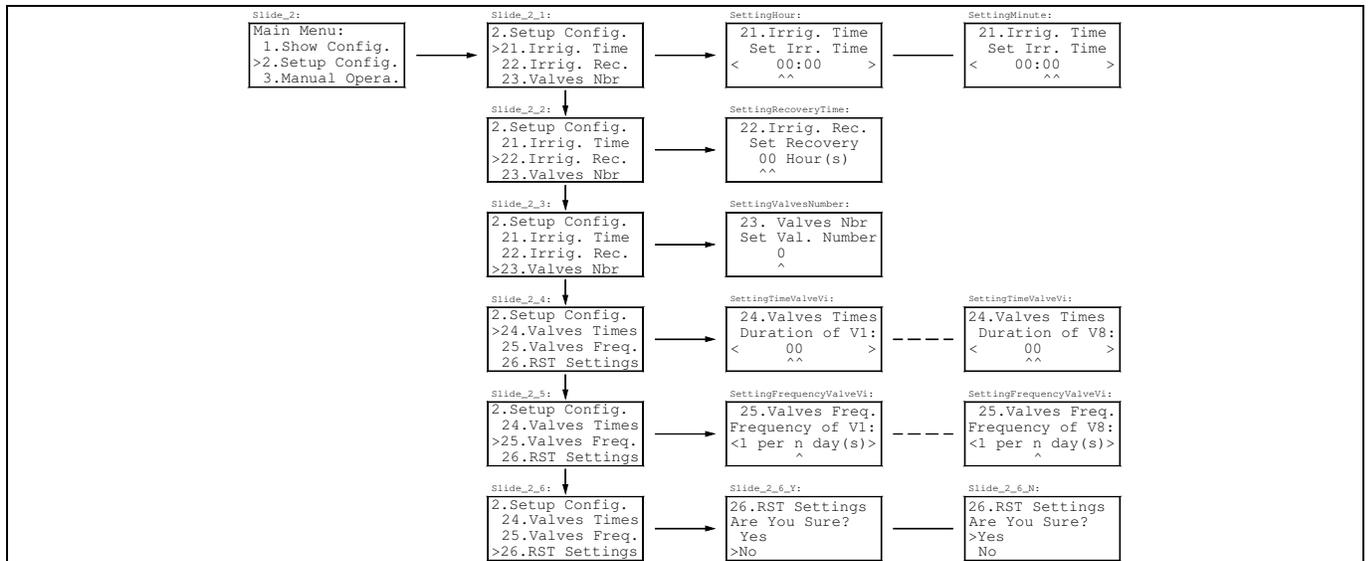
**Slide-1-1** nous montre Le temps d'irrigation (Ir.Time) ; le temps de récupération (recovery) ; et le nombre des valves utilisées (Val.number).

**Slide 1-2** et **Slide 1-3** nous montre : le temps de chaque valve (V1, V2,...).

**Slide 1-4** et **Slide 1-5** nous montre le temps d'attente entre un arrosage et un autre pour chaque valve (par exemple : v2 : 1/2 c'est-à-dire nous arrosons une seule fois pendant 2 jours et etc.....).

**Slide 1-6** nous montre le dernier temps du téléchargement qui s'est effectué par le fournisseur du programme.

**Slide 1-7** nous montre le dernier temps de la modification du programme par l'utilisateur.



**Fig.IV.27.la configuration du programme par l'utilisateur.**

**Slide 2-1 :** Nous pouvons indiquer le temps de commencement de l'arrosage.

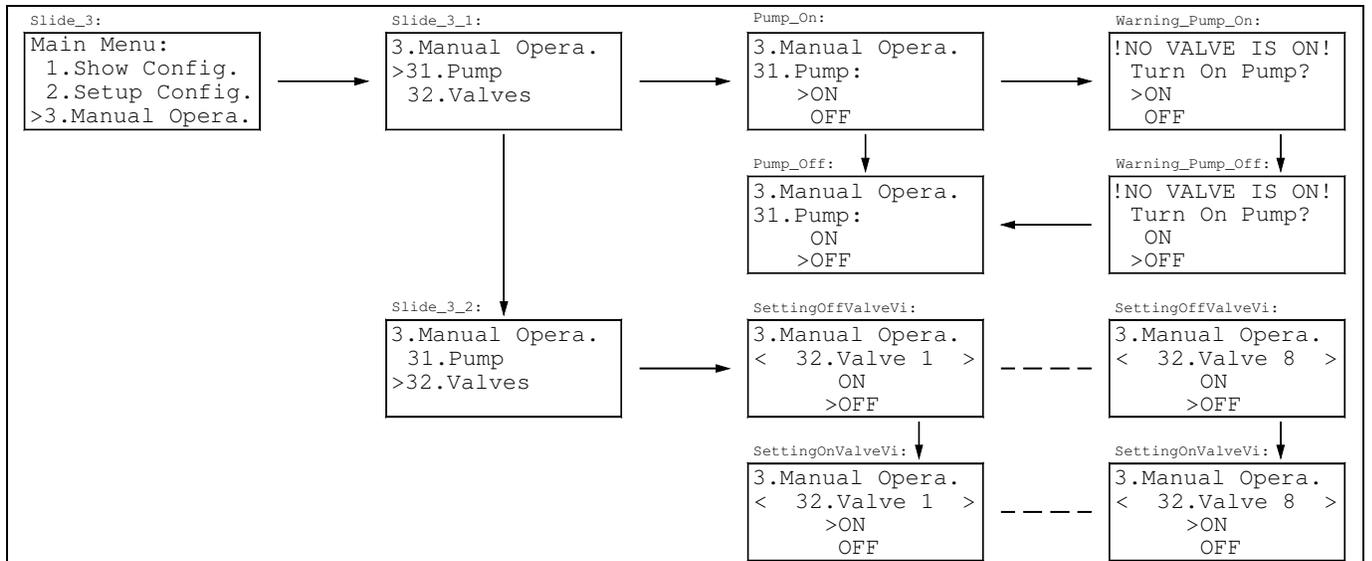
**Slide 2-2 :** Nous pouvons indiquer le temps de récupération (entre 00 heure et 12 heures)

**Slide 2-3 :** Nous pouvons indiquer le nombre des valves utilisées.

**Slide 2-4 :** Nous pouvons indiquer la durée de chaque valve (entre une minute et 59 minutes)

**Slide 2-5 :** Nous pouvons indiquer la fréquence de chaque valve. (1 arrosage pour n jour)

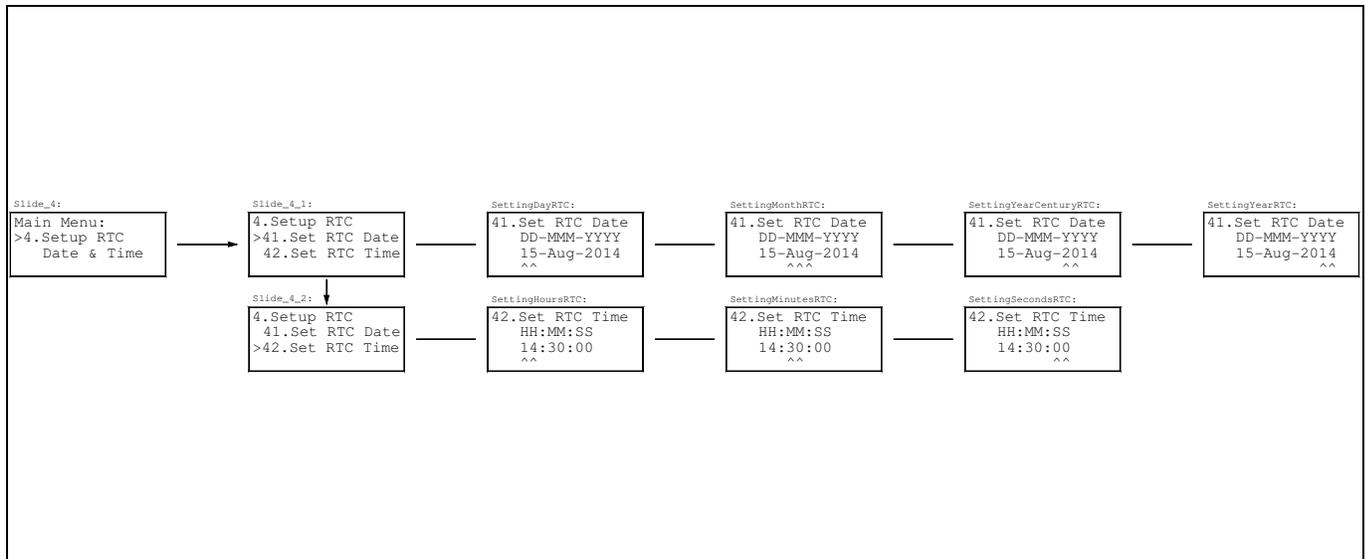
**Slide 2-6 :** nous pouvons annuler toute la configuration du programme et la remettre par default.



**Fig. IV.28. La configuration manuelle par l'utilisateur**

**Slide 3-1** nous montre que nous pouvons démarrer la pompe ou l'arrêter manuellement.

**Slide 3-2** nous montre que nous pouvons démarrer chaque valve ou l'arrêter manuellement.



**Fig. IV.29.** La configuration de la date et du temps par l'utilisateur

**Slide 4-1** nous montre que nous pouvons modifier la date manuellement (jour, mois, l'année)

**Slide 4-2** nous montre que nous pouvons modifier le temps manuellement (heure, minute, seconde)

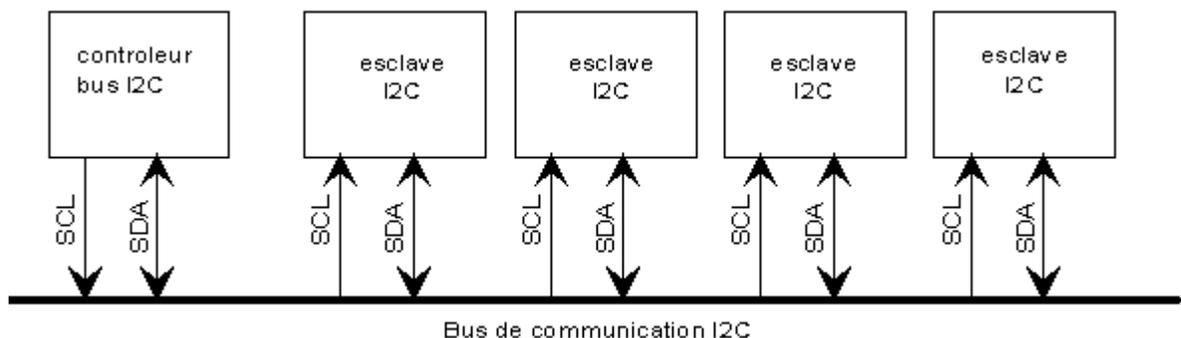
## **V. Application Android**

**EN COURS DE CONSTRUCTION**

## VI. Annexe :

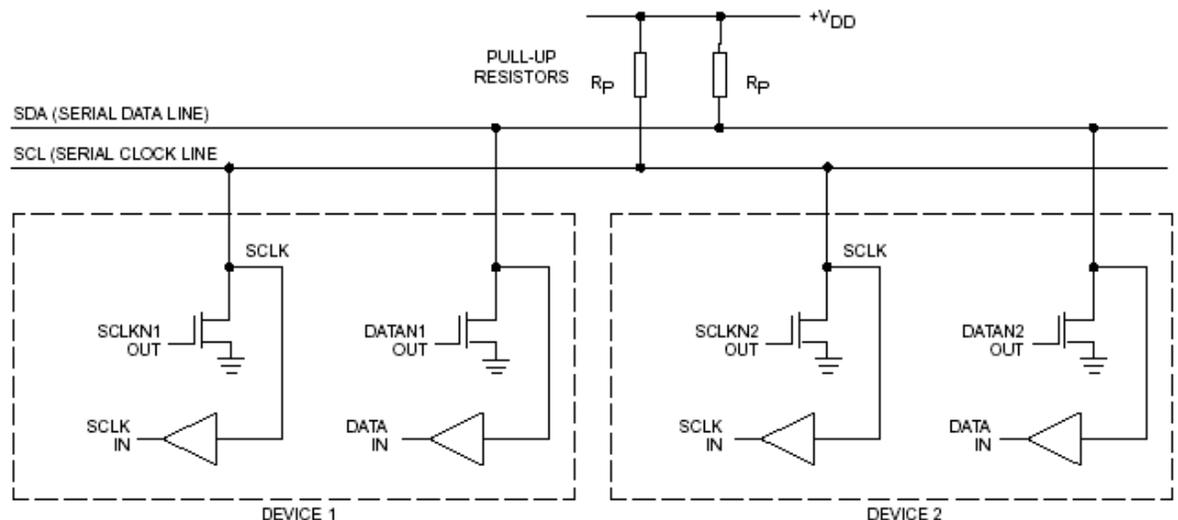
### 1. I2C bus

- Le bus I2C ou Inter-IC-Communication est ce que l'on appelle un bus de communication série synchrone. Il a été conçu pour réaliser la liaison entre les circuits intégrés d'une même platine.
- Il se charge de la communication sur 2 fils entre les périphériques qui est assurée par un bus parallèle.
- En développant ce bus, Philips en a équipé la plupart de ses appareils électroniques destinés au grand public (appareils TV et radio, systèmes audio et vidéo, postes téléphoniques, systèmes électrique automobile,...)
- Les informations sont échangées au moyen de deux lignes dont une est bidirectionnelle : SDA (Serial Data) et une directe SCL (Serial Clock).
- Chaque circuit intégré possède une adresse matérielle unique qui le distingue des autres.
- Chaque composant peut émettre ou recevoir des informations suivant sa fonction. La vitesse maximale standard est de 100kb/s.
- Le bus I2C est un bus de communication série dit "2 fils" (2 wire BUS) mais en fait il est nécessaire de rajouter la masse pour référencer les deux signaux d'information (SDA) et d'horloge (SCL).
- C'est un bus dit Maître/esclave dans la mesure où tout échange sur le bus ne peut se faire qu'à l'initiative du maître. Les esclaves ne font que répondre par un mécanisme d'appel/réponse. Le maître est propriétaire de SCL

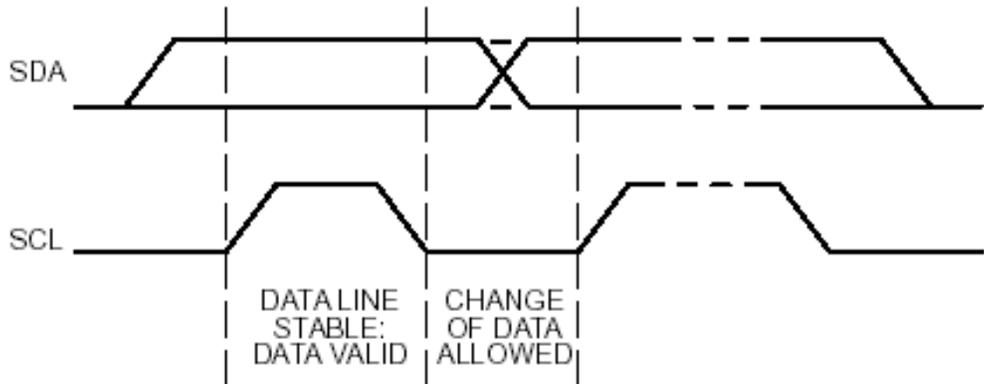


## Aspect électrique :

- Pour le bus I2C, le niveau électrique dominant est l'état bas (le niveau complémentaire est dit récessif).
- Les deux lignes SDA et SCL sont donc maintenues au niveau haut tant que le bus est libre.
- Les étages de sortie des circuits connectés au bus doivent avoir un drain ouvert ou un collecteur ouvert pour remplir la fonction « ET câblé ».



- Protocole de communication I2C est basé sur un changement d'état de SDA
- Le bus I2C appartient à la catégorie des bus série. Par opposition aux bus parallèles où les données sont transmises par bloc, les données sont ici envoyées bit par bit par groupe d'octets sur la ligne SDA.
- La ligne SCL fonctionne comme une horloge sérielle d'un registre à décalage. Lorsque que la ligne SCL est à l'état haut, les données de la ligne SDA doivent être stables.
- Lorsque la ligne SCL est à l'état bas, le circuit, qui émet les données, peut modifier l'état de la ligne SDA.



la

modification de SDA par le contrôleur ou l'esclave n'est possible que si  $SCL=0$

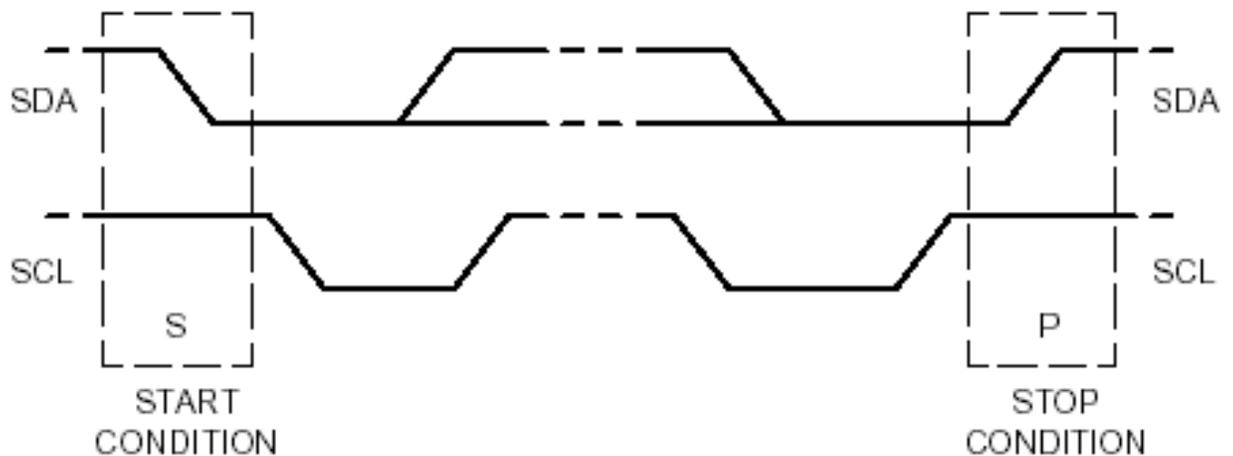
Début et fin d'un échange: Condition de Start et de Stop

Certaines combinaisons particulières des niveaux et des fronts des deux lignes déterminent la condition de départ (START) ou d'arrêt (STOP) de la transmission de la trame constituant le message.

► Condition de départ : un front descendant sur SDA alors que SCL est à l'état haut.

► Condition d'arrêt : un front montant sur SDA alors que SCL est à l'état haut.

Remarque : les conditions de départ et d'arrêt sont toujours générées par le maître du bus.



Le bus I2C Philips: protocol I2C

Octet d'adresse et sens de l'échange:

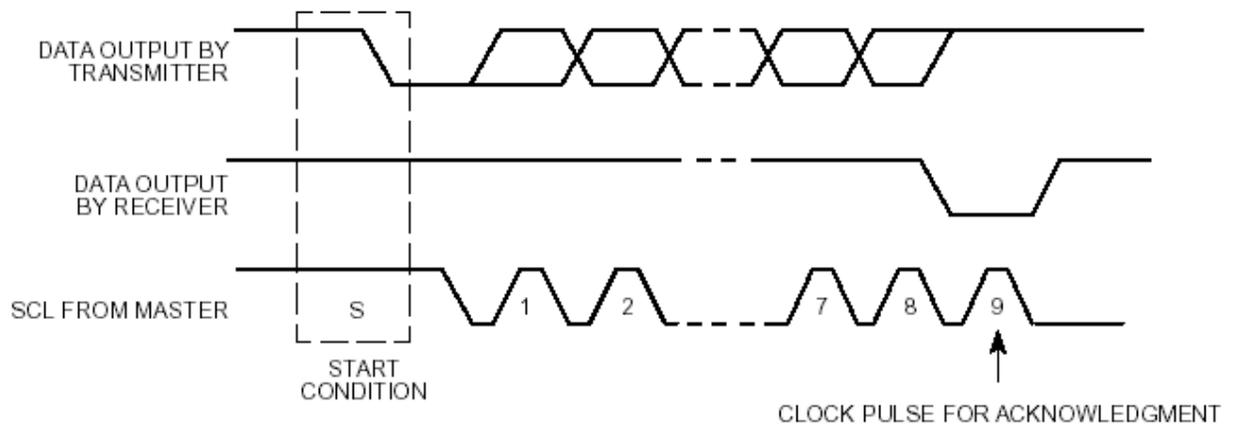
- La condition de Start est suivie par l'adresse du composant appelée par le maître.
- Chaque composant possède une adresse unique codée sur sept bits.
- Le huitième bit (R/W) émis indique la direction du transfert : Cette adresse se compose d'une partie fixe (Firmware) et d'une partie configurable par l'utilisateur (adresse user).
- R/W+0 = écriture ⇔ maitre parleur et esclave écouteur : une donnée est envoyée à un esclave
- R/W=1 = lecture ⇔ maitre écouteur et esclave parleur : l'esclave renvoie une donnée au maître.

Seuls les esclaves qui auront reconnu leur adresse sur le bus participeront à la suite de l'échange. La transmission se fait MSB first.

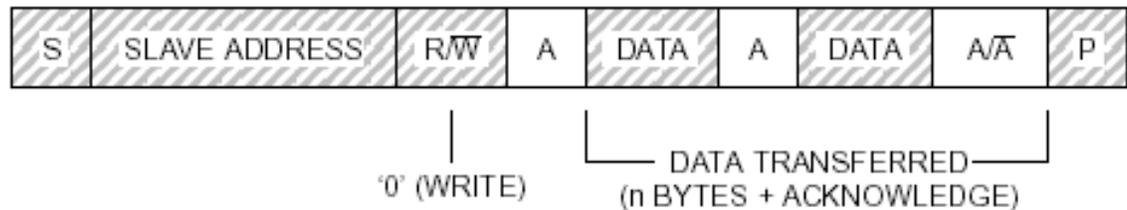


Mécanisme d'acquittement d'un Octet reçu

- L'émetteur de la donnée initiale doit attendre que SDA soit à 0 avant que le maître ne puisse faire remonter SCL à 1 pour générer un 9eme coup d'horloge.
- Après ce 9eme coup d'horloge ; le récepteur de la donnée peut alors libérer la ligne SDA qui remonte à 1
- Ce mécanisme permet notamment de vérifier si un esclave est présent ou pas sur le bus I2C.

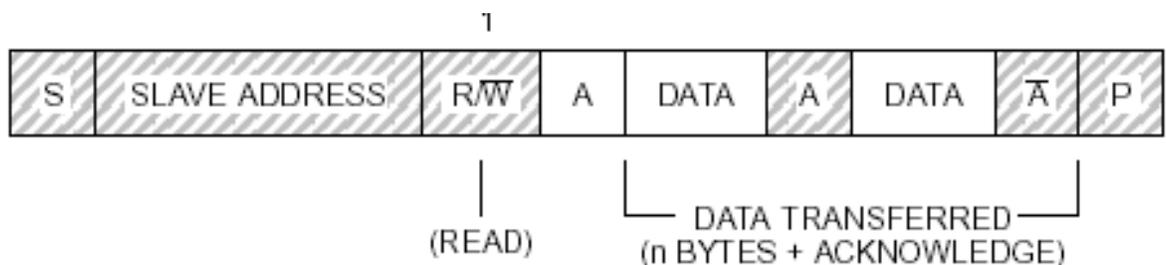


Format des trames de base:



 FROM MASTER TO SLAVE  
 FROM SLAVE TO MASTER  
 A = ACKNOWLEDGE (SDA LOW)  
 Ā = NOT ACKNOWLEDGE (SDA HIGH)  
 S = START CONDITION  
 P = STOP CONDITION

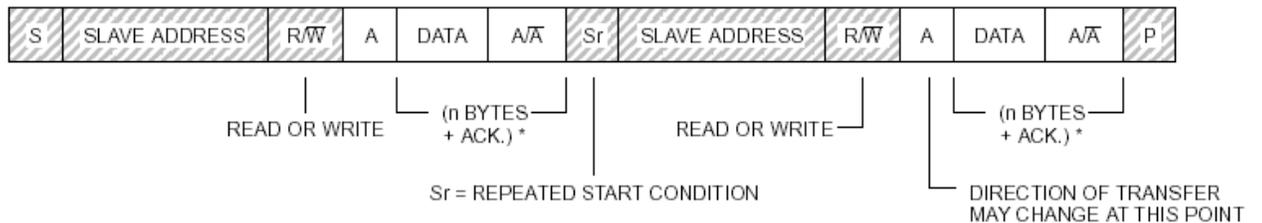
Modèle de trame dans le cas d'un esclave écouteur R/W=0



Format des trames évoluées: changement de direction en cours de trame

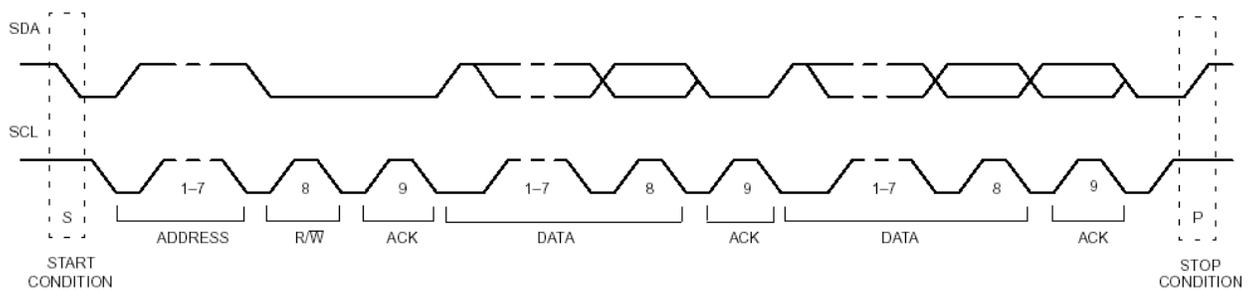
- Pour certains périphériques évolués (mémoires EEPROM), il peut être nécessaire d'abord de dire à l'esclave quelle case mémoire on veut lire (envoi de l'adresse de la case à lire). L'esclave est alors écouteur.

- Puis, dans une deuxième partie de l'échange, le maitre vient lire la valeur de la case mémoire pointée. Le maitre est alors écouteur.
- Le changement de mode s'opère en milieu de trame par une condition de Restart.



### Format des trames évoluées: durée de l'échange

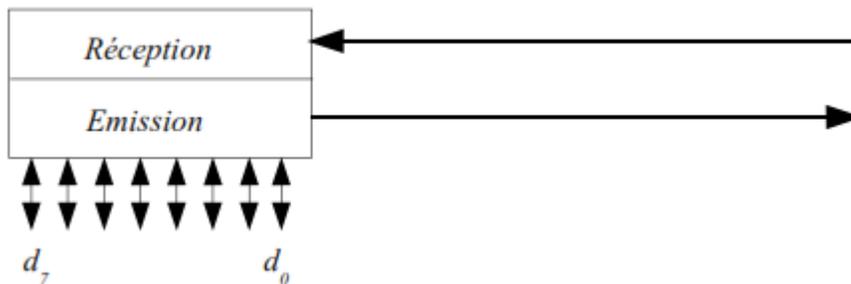
- Le nombre d'octet transmis au cours d'une trame n'est pas limitatif.
- Tant que les deux membres de l'échange procèdent à l'acquittement, l'échange continu.
- Seul un non acquittement volontaire de la part du maitre ou une condition de STOP peut mettre fin à l'échange.
- Voici un chronogramme d'échange type entre un maitre parleur et un esclave écouteur. Au cours de cette trame, 2 octets de données sont envoyés à l'esclave avant que le maitre ne met fin à la communication.



## 2. Liaison série asynchrone(UART)

### Principe de la transmission série asynchrone

- Transmission de données d'un équipement A (PC, console, GPS, modem, équipement Industriel ....) à un équipement B.
- Données à transmettre existent sous forme parallèle (octet, double octet etc... ) et sont transmises sous forme série (LSB en premier le plus souvent)
- Données reçues sous forme série (LSB en premier ...:-) puis reconditionnées dans le format initial.
- Asynchrone car aucune horloge (bit clock) n'est transmise entre l'émetteur et le récepteur. Le récepteur ignore quand il va recevoir une donnée.



**Avantage:** pas cher : 3 fils au minimum (émission Tx, réception Rx, masse GND), (5 ou 9) très souvent.

**Inconvénients:** Assez lent.

L'émetteur et le récepteur doivent être configurés de manière identique (même nombre de bits par mot, même ordre d'émission des bits, même rythme de transmission des bits, etc....)

Comme l'horloge n'est pas transmise, le récepteur ne sait pas quand la transmission va commencer et quand elle va finir.

On ajoute des bits (Start, Stop) pour que le récepteur puisse se synchroniser.

### Liaison RS232

- Mot transmis de 5, 6, 7 ou 8 bits.
- 1 bits de Start (0) et 1,1.5 ou 2 bits de stop (1) indiquent le début et la fin du mot transmis.
- 1 bit de parité (paire ou impaire) est éventuellement ajouté pour détecter les erreurs de transmission.
- Transmission à 75, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200,....115.2K bit/s (appelé aussi Baud)
- Half duplex (émission/réception alternées) ou Full-duplex (émission/réception simultanées).

Pour transmettre 8 bits utiles : de 10 à 12 bits sont envoyés.

## Caractéristiques électriques:

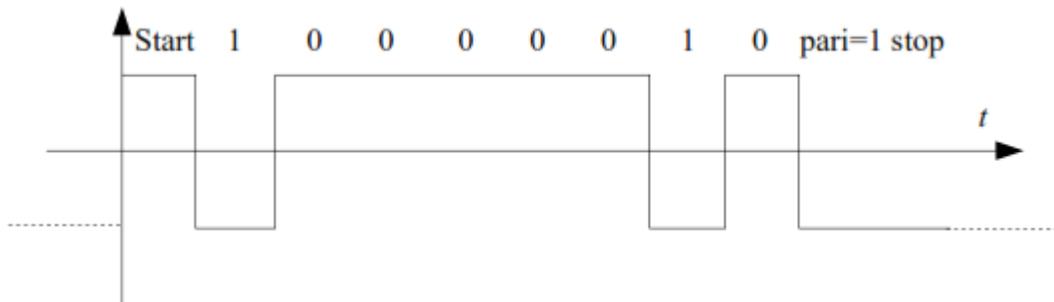
'0' => niveau émis +V,

'1' => niveau émis -V

avec V compris entre 5 et 25 Volts (12Volts pour les ports séries COM1, COM2 sur un PC).

Transmission limitée à une dizaine de mètres maximum.

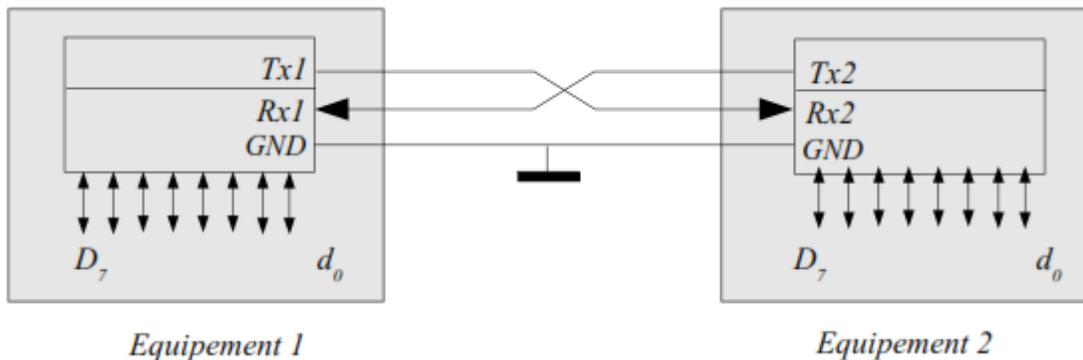
**Exemple:** transmission d'un 'A' = 65 = 0x41, transmission 8bits, parité impaire, 1 bit de Start, 1 bit de stop. 0X41 = 0100 0001 soit



## Etablissement d'une connexion à l'aide d'une UART

### Liaison série 3 fils:

La liaison la plus simple de série bidirectionnelle utilise 3 fils : Tx, Rx, Masse. C'est une connexion entre 2 équipements qui se conforme au schéma suivant :



Ce type de connexion 3fils est peu fiable pour la raison suivante : à 9600Baud, la Transmission de 8 bits de données nécessite l'envoi de 10 bits minimum (8bits + 1 bit de Start + 1 bit de Stop). Si l'un des équipements envoie des données en permanence, il le fait au rythme de 9600Baud/10bits = 960 caractères par seconde. Ainsi l'équipement de réception doit être capable de retirer 1 caractère toute les millisecondes et de le traiter. Or il y a de nombreux cas où l'équipement de réception n'en est pas capable, en particulier les PC équipés de système d'exploitation (OS) récents (les différentes saveurs de Windows (95/98/Me/NT/2K/XP etc.) et les systèmes Unix/Linux). Dans ces systèmes, les INTERRUPTIONS peuvent être

masquées pendant plusieurs centaines de millisecondes interdisant la prise en compte de l'interruption UART signalant la présence d'un caractère dans le buffer de réception. Les caractères reçus sont écrasés au fur et à mesure par les nouveaux arrivants. Les spécifications du DOS imposent un temps de masquage des interruptions toujours inférieur à *1ms*.

### **3. Nécessité de l'EEPROM**

Suite à l'insertion de la condition du système, l'utilisateur doit sauvegarder cette donnée dans un endroit non volatile, c'est tout simplement le EEPROM

Au démarrage, le microcontrôleur, avant toute autre tâche, charge dans sa mémoire les données nécessaires de L'EEPROM.

### **4. Les difficultés rencontrées**

Durant notre travail, nous avons rencontré quelques difficultés.

Nous notons quelques une :

- Le programme (driver) du module WIFI était très lourd de sorte que la mémoire code du microcontrôleur est utilisée entièrement et ne suffit pas pour le déroulement du système. Pour cela on a remplacé le module WIFI par un module Bluetooth.
- PCB (printed circuit board), à cause de la mauvaise qualité au Liban, nous avons décidé de produire le PCB en chine pour avoir une meilleur qualité.

### **5. Développements**

Enfin, ce projet nous a donné la chance d'explorer une application amusante et intéressante sur le microcontrôleur et j'aimerais bien établir les développements ultérieurs suivants :

- Fonctionnement de plusieurs vannes en même temps.
- Fonctionnement de plusieurs cycles durant le même jour.

## VII. Biographie

### Sites :

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

[www.ccsinfo.com](http://www.ccsinfo.com)

[www.mikroe.com](http://www.mikroe.com)

[www.microchip.com](http://www.microchip.com)

[www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com)

### Livres :

1. CCS C Reference Manual
2. Embedded C Programming - Mark Siegesmund

## Liste des Figures

Fig. I.1 : Variation de la quantité de la pluie par rapport aux mois de l'année	1
Fig. I.2 : L'apparition et l'accouchement du soleil durant chaque mois de l'année	2
Fig. I.3 : Schématisation du projet	4
Fig. I.4 : Architecture du système	5
Fig. II.1 : Plan du jardin	7
Fig. II.2 : Le Pin	8
Fig. II.3 : L'olivier	8
Fig. II.4 : Le cyprès de leyland	9
Fig. II.5 : Le gazon	9
Fig. II.6 : Vanne Pro-séries 7001 1" F	10
Fig. II.7 : RPS-2 Spray 2"	11
Fig. II.8 : Xeri-Spray	11
Fig. II.9 : Pompe d'eau	12
Fig. III.1 : Plaque Electronique	13
Fig. III.2 : Image des Pics	14
Fig. III.3 : Connexions du Microcontrôleur	15
Fig. III.4 : Image du LCD	17
Fig. III.5 : Connexions LCD	17
Fig. III.6 : Connexions du ULN2803	18
Fig. III.7 : Boitier DIL de DS1307	18
Fig. III.8 : Schéma Connexions de DS1307	19
Fig. III.9 : Schéma Pin de TC74	21
Fig. III.10 : Connexions matérielle de TC74	21
Fig. III.11 : Table de conversion de la température et des registres internes	22
Fig. III.12 : Connexions du clavier	24
Fig. III.13 : Boutons poussoirs	24
Fig. III.14 : Le schéma du système	25
Fig. III.15 : Mise en œuvre matérielle	26
Fig. III.16 : CTN Thermistance capteur de sonde	27
Fig. III.17 : Schéma du système	28
Fig. III.18 : Schéma électrique	28
Fig. III.19 : Modèle équivalent de Thévenin	28
Fig. III.20 : $R_{TH}$	29
Fig. III.21 : Resistance en fonction de la température	31
Fig. III.22 : Voltage en fonction de la température	31
Fig. III.23 : Interpolation linéaire	32
Fig. III.24 : Récupération des valeurs de tension à partir de la valeur numérique	32
Fig. III.25 : Capteur d'humidité	34
Fig. III.26 : Diagramme de connexions	35
Fig. III.27 : Module Bluetooth RN41	37
Fig. III.28 : Connexions matériels	38

Fig. III.29 : Connectivite du signal entre le microcontrôleur et le Bluetooth	38
Fig. III.30 : Intensification de la tension en utilisant un MOSFET	39
Fig. III.31 : Diminution de la tension a l'aide de la diode Zener	39
Fig. III.32 : Mise en œuvre matérielle	39
Fig. III.33 : Symbole du triac	40
Fig. III.34 : Boitier D <sup>2</sup> PAK et TO220 et connexions des pattes	41
Fig. III.35 : Quadrants de fonctionnement	42
Fig. III.36 : Schéma de connexions	43
Fig. III.37 : Alimentation de 5Vdc	43
Fig. III.38 : Alimentation de 12Vdc et 24Vac	44
Fig. III.39 : Disposition des composantes	45
Fig. III.40 : Couche inferieure	46
Fig. III.41 : Couche supérieure	47
Fig. IV.1 : Connexions du PICKIT2	48
Fig. IV.2: Module PICKIT2	48
Fig. IV.3 : Irrigation controller state machine(SM)	49
Fig. IV.4 : Flow Chart of SM-START State	50
Fig. IV.5 : Flow Chart of SM-DELAY-EMERGENCY State	51
Fig. IV.6 : Flow Chart of SM-EMERGENCY State	52
Fig. IV.7 : Flow Chart of SM-WAITING State	53
Fig. IV.8 : Flow Chart of SM-DELAY-WATERING State	54
Fig. IV.9 : Flow Chart of SM-WATERING State	55
Fig. IV.10 : Flow Chart of SM-FINISH State	56
Fig. IV.11 : Flow Chart of SM-MISSED State	57
Fig. IV.12: Flow Chart of SM-ALARM State	58
Fig. IV.13 : Flow Chart of SM-ALARM-WATER State	59
Fig. IV.14 : Flow Chart of SM-ALARM-TEMPERATURE State	60
Fig. IV.15 : Flow Chart of Function-Watering-Specific-cycle	61
Fig. IV.16 : Normal power condition	63
Fig. IV.17 : Power failure prior to watering time	64
Fig. IV.18 : Power failure during watering	64
Fig. IV.19 : Power failure from the start till the finish of the watering time but within recovery time	65
Fig. IV.20 : Watering extended to next day within recovery time	65
Fig. IV.21 : Water extended to next day and Power failure in the next day	66
Fig. IV.22 : No Emergency watering- Power failure not more than one day	66
Fig. IV.23 : Emergency watering-Power Failure more than one day	67
Fig. IV.24 : Power failure during emergency watering	67
Fig. IV.25 : Les écrans affichés par le LCD	69
Fig. IV.26 : La configuration réalisée par l'utilisateur	70
Fig. IV.27 : La configuration du programme par l'utilisateur	71
Fig. IV.28 : La configuration manuelle par l'utilisateur	72
Fig. IV.29 : La configuration de la date et du temps par l'utilisateur	73

## Liste des tableaux

Tab.1 : Description des pattes	19
Tab.2 : Valeurs physiques différentes	30
Tab.3 : Fiche technique d'un modèle de Triac	41

## Résumé

Le système d'irrigation résidentielle sert à arroser les jardins automatiquement, manuellement ou à partir d'une application mobile(Android).

Ce système contient :

- un capteur de température externe pour protéger la pompe contre la congélation des tuyaux d'eau
- un capteur de température interne sur carte pour la redondance
- un capteur d'humidité pour savoir la consommation de l'eau dans le sol.

De plus, le système intègre un flotteur qui détecte la présence de l'eau dans le réservoir sans oublier l'écran LCD et les boutons poussoirs qui facilitent la configuration du système :réglage de la durée, la date et toutes les informations nécessaires pour effectuer l'arrosage.

**Mots clés:** Contrôleur, irrigation, microcontrôleur, Bluetooth, application mobile, capteur d'humidité, capteur de température

## SUMMARY

The residential irrigation system is used to water the gardens automatically, manually or from a mobile application (Android) .

This system contains an external temperature sensor to protect the pump against the freezing of the water pipes, an internal temperature sensor, on board, for redundancy and a humidity sensor to let us know the consumption of water in the soil.

In addition, there is a float which will detect the presence of water in the tank. Finally, we also find an LCD and push buttons that facilitate the system's configuration by the user, who will be able to control the time, date and all the information necessary for watering.

**Keywords:** Controller, Irrigation, Microcontroller, Bluetooth, Mobile application, humidity sensor, temperature sensor