

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université des Sciences et de la Technologie HOUARI BOUMEDIENE  
Faculté de Génie Électrique



PROJET FIN DE CYCLE

Présentée pour l'obtention diplôme de **LICENCE**

**Domaine** : Sciences et Technologie

**Spécialité** : Electronique

**Thème**

**Conception d'un dispositif d'évaporation de l'eau.**

*Réalisé par :*

KHODJA abdellatif

MAHMOUDI mohamed riad

*Encadré par :*

Dr. KHARROUBI Hakim

*Co-promoter :*

Dr. BENAÏSSA mohamed amine

---

Promotion : Juin 2024

# Remerciement

Nous tenons, mon collègue et moi-même, à exprimer notre profonde reconnaissance envers Dieu pour nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires à la réalisation de ce mémoire.

Nous souhaitons également remercier chaleureusement nos tuteurs académiques pour leurs précieux conseils et leur encadrement exemplaire tout au long de ce projet. Leur expertise et leur soutien indéfectible ont été des éléments cruciaux dans la réussite de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour le temps consacré à l'évaluation approfondie de notre mémoire, ainsi que pour leurs remarques constructives.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers nos familles respectives, dont le soutien indéfectible a été un pilier essentiel dans l'accomplissement de ce projet. Leurs encouragements constants et leur foi en nous ont été des moteurs déterminants dans la réalisation de ce mémoire.

Enfin, je souhaite rendre un hommage particulier à mon père **BAHLOUL** rebi yerahmo inchallah, dont les encouragements et l'inspiration ont été des éléments clés tout au long de mon parcours académique.

Nous remercions sincèrement toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la concrétisation de ce mémoire. Votre soutien inestimable nous a permis de mener à bien ce projet.

## ملخص

يتعلق هذا بمحطة لتبخير المياه والتي سيتم إنشاؤها كجزء من ورشة الترخيص. وستتميز محطة تحلية المياه الصغيرة هذه، المبنية على طراز راسبيري بي بيكو ، بتصميم مدمج وفعال لضمان عمليات تحلية المياه المثلى.

**الكلمات المفتاحية:** راسبيري بي بيكو ، أر بي ٢٠٤٠ ، مايكروبايثون

## Résumé

Ceci concerne une usine d'évaporation d'eau qui sera mise en place dans le cadre de l'atelier d'autorisation. Cette petite usine de dessalement, basée sur le Raspberry Pi Pico, présentera un design compact et efficace afin de garantir des opérations de dessalement de l'eau optimales.

**Mots Clée :** RP2040, Raspberry Pi Pico, MicroPython

## Abstract

This concerns a water evaporation plant which will be set up as part of the authorization workshop. This small desalination plant, based on the Raspberry Pi Pico, will feature a compact and efficient design to ensure optimal water desalination operations.

**Keywords:** RP2040, Raspberry Pi Pico, MicroPython

# Table des matières

<b>Introduction Générale</b>	<b>1</b>
<b>1 Aspect théorique et généralité</b>	<b>3</b>
1.1 Contexte et problématique . . . . .	3
1.2 Dessalement thermique . . . . .	4
1.3 Conclusion . . . . .	5
<b>2 Généralités sur quelques composants indispensables au projet</b>	<b>6</b>
2.1 Introduction : . . . . .	6
2.2 Les outils matériels et programmation : . . . . .	6
2.3 Les outils matériels : . . . . .	8
2.4 Conclusion : . . . . .	11
<b>3 Description de fonctionnement général</b>	<b>12</b>
3.1 Introduction : . . . . .	12
3.2 Objectif du projet : . . . . .	12
3.3 Fonctionnement de montage : . . . . .	12
3.4 Schéma synoptique : . . . . .	13
3.5 Code Raspberry pico du projet . . . . .	
3.6 Conclusion . . . . .	19
<b>Conclusion Générale</b>	<b>20</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>21</b>

# Introduction Générale

L'électronique et l'informatique sont deux sciences sources de toute forme d'innovation et de technologies. Elles constituent la solution à de nombreux problèmes auxquels le monde fait face et contribuent à son développement. En d'autres termes, grâce à elles, la vie est facilitée. Parmi ces problèmes, on trouve la pénurie d'eau, un problème qui touche presque tous les Algériens. Nous le savons mieux que quiconque, l'eau est une ressource indispensable pour notre vie et celle de notre planète, mais malheureusement, elle s'épuise comme toute autre ressource. Nous parlons bel et bien de l'eau douce. L'eau représente 75 qui signifie que les 97 Ainsi, pour faire face à ce phénomène de raréfaction et préserver cette ressource vitale, la solution nous semble simple : il suffit de dessaler l'eau de mer pour obtenir de l'eau douce. À travers ce projet, nous réalisons une étude permettant à ce mécanisme d'exister. Par ailleurs, le dessalement est un procédé qui permet d'obtenir de l'eau douce à partir d'eau saumâtre ou salée, notamment dans les régions où les sources naturelles sont salines. L'objectif de ce processus est de traiter l'eau afin d'éliminer toutes les particules de sel ou, du moins, de les réduire à 0,5 g/l, produisant ainsi une eau douce. C'est dans ce contexte que notre projet de fin de cycle prend forme, sous le titre de : « Étude et réalisation d'un système de dessalement de l'eau de mer ». En alliant électronique et informatique, nous réalisons un système intelligent permettant ce processus de dessalement, à partir d'un microcontrôleur Raspberry Pico 2040, de pompes ainsi que de capteurs. Ce procédé de dessalement se concrétise en passant par plusieurs étapes, et pour ce faire, nous avons travaillé par groupes, chaque binôme se chargeant d'une étape. Nous expliquons le déroulement comme suit : D'abord, le pompage de l'eau et le contrôle de son niveau. Cela consiste à aspirer l'eau ou à l'extraire directement de la mer afin de la transférer dans un réservoir. Le contrôle de niveau assure le maintien d'un niveau optimal de cette eau. Ensuite, le filtrage. L'eau peut contenir diverses impuretés la rendant impropre à la consommation ou à certains usages. Le filtrage permet donc d'éliminer grossièrement les impuretés présentes. S'ensuit un contrôle de turbidité, cette dernière étant causée par la présence de particules en suspension, donnant à l'eau un aspect trouble. Nous visons alors à éliminer cette turbidité afin de garantir une eau propre, digne de la consommation humaine. Nous passons à l'étape d'évaporation, qui consiste à faire évaporer l'eau en la chauffant afin d'éliminer sa salinité. Le réglage de l'acidité et de l'alcalinité de l'eau arrive en dernier, visant à produire une eau neutre avec un pH de 7. Dans ce projet, mon binôme et moi nous sommes chargés de l'étape de pompage et du contrôle précis du niveau d'eau dans le réservoir. Hormis l'introduction générale, notre travail se décompose en trois chapitres principaux : Le premier chapitre traite des généralités et des différents composants utilisés dans

notre projet. Dans le deuxième chapitre, nous détaillons le fonctionnement de notre projet, l'organigramme ainsi que le schéma synoptique. Pour finir, le dernier chapitre est consacré à la simulation, à la programmation et à la réalisation du projet.

# Chapitre 1

## Aspect théorique et généralité

### 1.1 Contexte et problématique

#### introduction

Les pénuries d'eau sont un défi majeur dans différentes régions du monde, et l'Algérie ne fait pas exception. Cette pénurie a des impacts négatifs sur les sociétés, l'agriculture et le développement économique. Le dessalement est une solution prometteuse pour augmenter l'approvisionnement en eau et atténuer l'impact des pénuries d'eau. Ce projet se concentre sur la mise en œuvre de la technologie de dessalement pour tirer parti du potentiel des bords de mer algériens. Comment se fait la désalinisation de l'eau de mer ?

#### Quels sont les méthodes de dessalement utiliser ?

Au fil des ans, diverses méthodes de dessalement de l'eau de mer ont été développées. Les technologies les plus courantes disponibles pour le dessalement dans le monde sont Osmose inverse de membrane (RO), distillation thermique (TD), analyse électrique (ED)

- 1) **L'osmose inverse** est un système de purification de l'eau contenant des matières en solution par un système de filtrage très fin qui ne laisse passer que les molécules d'eau (0.2m). En exerçant une pression hydrostatique sur l'eau de mer .
- 2) **Dessalement thermique** : Le principe de la désalinisation thermique repose sur l'utilisation de la chaleur pour éliminer le sel et d'autres impuretés de l'eau salée ou saumâtre qui a 3 étape : Évaporation /Condensation /Collecte
- 3) **Le principe de l'électrodialyse** pour la filtration de l'eau repose sur l'utilisation d'une différence de potentiel électrique pour déplacer sélectivement les ions à travers des membranes ioniques, permettant ainsi de séparer les ions dissous et de purifier l'eau.

#### Quelle est la méthode optimale pour procéder au dessalement de l'eau ?

Les procédés de désalinisation thermique se démarquent lorsqu'il s'agit de traiter les eaux de mer fortement salées. Ils parviennent à séparer efficacement l'eau douce sans compromettre



considérablement l'efficacité énergétique. En revanche, l'utilisation de l'analyse électrique dans de telles conditions peut être moins favorable, car elle peut être moins efficace pour traiter des niveaux élevés de salinité tout en entraînant une consommation énergétique plus importante. De plus, l'utilisation de l'osmose inverse dans ces circonstances peut également présenter des inconvénients, car cette méthode peut être moins adaptée pour gérer efficacement des eaux fortement salées, tout en exigeant une consommation énergétique significative. .

## 1.2 Dessalement thermique

### Introduction :

La désalinisation thermique est basée sur l'utilisation de la chaleur afin de purifier l'eau salée ou saumâtre en éliminant le sel et d'autres impuretés. Ce processus se déroule en trois étapes : évaporation, condensation et collecte.

### Evaporation :

La séparation du sel de l'eau se fait par évaporation. Ainsi, en chauffant l'eau de mer à une température entre 70 et 85 degrés, une partie de l'eau s'évapore pour ensuite se condenser sur les tubes condenseurs situés en haut de l'enceinte, tandis que l'eau liquide est recueillie dans des réceptacles en dessous des tubes

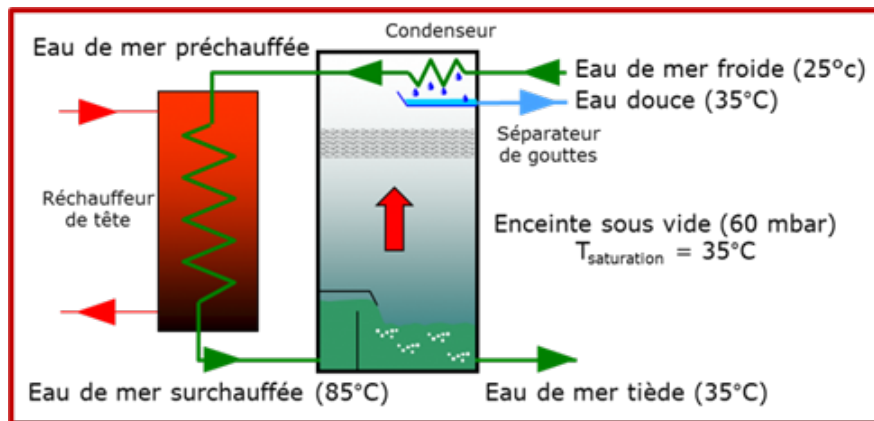


Figure 1.1: évaporation

**Pour quelle raison est-ce que nous faisons évaporer l'eau à une température inférieure à 100 degrés ?**

La plage de température recommandée se situe entre 70 et 85 degrés Celsius afin d'éviter la précipitation de minéraux à l'intérieur du réservoir. Des températures plus élevées peuvent entraîner cette précipitation indésirable. De plus, l'utilisation d'une température plus basse permet de réaliser des économies d'énergie électrique plus importantes. Il est bien connu que la température d'évaporation de l'eau est de 100 degrés Celsius, mais le défi consiste à comprendre

comment l'eau peut s'évaporer à une température inférieure à cette valeur. L'évaporation de l'eau dépend non seulement de la température, mais aussi de la pression. La pression influence la force exercée par l'air sur l'eau, et lorsque la pression est faible, l'eau a moins de force, ce qui lui permet de bouillir à une température plus basse.

## 1.3 Conclusion

En conclusion de ce premier chapitre, nous avons présenté le dessalement de l'eau et son importance. Différentes méthodes et comment elles fonctionnent, et quelle méthode est la meilleure pour notre projet.

# Chapitre 2

## Généralités sur quelques composants indispensables au projet

### 2.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous présentons les outils matériels et environnements logiciels utilisés pour développer notre système et ainsi que les différentes plateformes d'exécution de ses différentes parties.

### 2.2 Les outils matériels et programmation :

#### le MicroPython

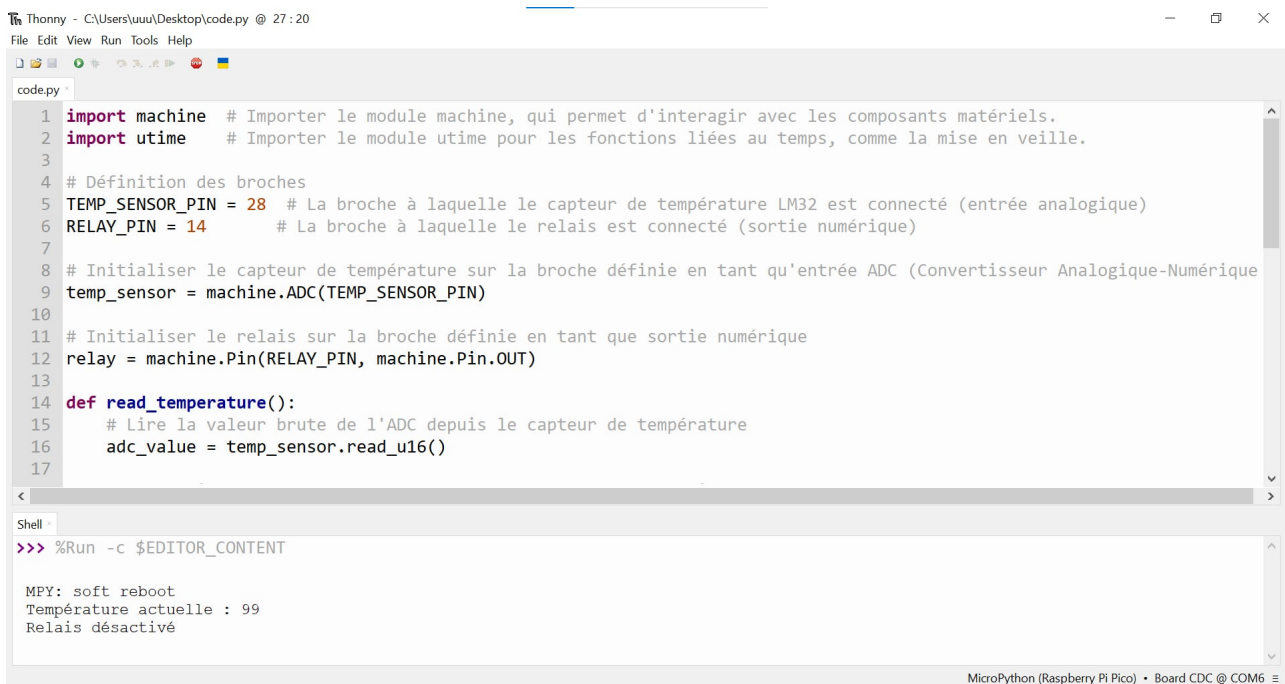
MicroPython est un langage de programmation Python spécialement conçu pour les microcontrôleurs, qui sont des circuits intégrés programmables couramment utilisés dans l'électronique embarquée. Il offre la possibilité d'utiliser Python, un langage de programmation polyvalent et facile à apprendre, pour contrôler divers composants électroniques tels que des capteurs, des LED et des moteurs.

#### Avantages de MicroPython

- **Accessibilité** : MicroPython est facile à apprendre grâce à sa syntaxe similaire à celle de Python, ce qui le rend adapté aux débutants ainsi qu'aux programmeurs expérimentés en Python.
- **Polyvalent** : MicroPython peut être utilisé dans une multitude de projets, allant de la simple lecture de capteurs à la création d'interfaces complexes.
- **Abondance de bibliothèques** : Il existe de nombreuses bibliothèques MicroPython disponibles pour interagir avec différents composants électroniques, offrant ainsi une grande flexibilité dans le choix des fonctionnalités à intégrer.

## Programme Thonny IDE

**Thonny** est un logiciel open-source conçu spécialement pour la programmation de **microcontrôleurs** avec **MicroPython**. Il facilite l'écriture, le chargement et le débogage des programmes MicroPython sur différentes cartes de développement, y compris le Raspberry Pi Pico. Grâce à son interface conviviale et ses outils intégrés, Thonny simplifie le processus de développement pour les microcontrôleurs, rendant la programmation plus accessible et plus efficace. Cet environnement de développement permet aux utilisateurs de charger directement le firmware **MicroPython** sur le Pico et de créer des applications embarquées adaptées aux contraintes des microcontrôleurs.



The screenshot displays the Thonny IDE window. The title bar reads 'Thonny - C:\Users\uuu\Desktop\code.py @ 27:20'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Run', 'Tools', and 'Help'. The toolbar contains icons for file operations and execution. The main editor area shows a Python script named 'code.py' with the following content:

```
1 import machine # Importer le module machine, qui permet d'interagir avec les composants matériels.
2 import utime   # Importer le module utime pour les fonctions liées au temps, comme la mise en veille.
3
4 # Définition des broches
5 TEMP_SENSOR_PIN = 28 # La broche à laquelle le capteur de température LM32 est connecté (entrée analogique)
6 RELAY_PIN = 14      # La broche à laquelle le relais est connecté (sortie numérique)
7
8 # Initialiser le capteur de température sur la broche définie en tant qu'entrée ADC (Convertisseur Analogique-Numérique)
9 temp_sensor = machine.ADC(TEMP_SENSOR_PIN)
10
11 # Initialiser le relais sur la broche définie en tant que sortie numérique
12 relay = machine.Pin(RELAY_PIN, machine.Pin.OUT)
13
14 def read_temperature():
15     # Lire la valeur brute de l'ADC depuis le capteur de température
16     adc_value = temp_sensor.read_u16()
17
```

Below the editor is a 'Shell' window. It shows the command prompt with the command `>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT`. The output of the script is displayed below the command:

```
MPY: soft reboot
Température actuelle : 99
Relais désactivé
```

The status bar at the bottom right indicates 'MicroPython (Raspberry Pi Pico) • Board CDC @ COM6'.

Figure 2.1: Interface Thonny IDE

## 2.3 Les outils matériels :

### Raspberry Pi Pico RP2040 :

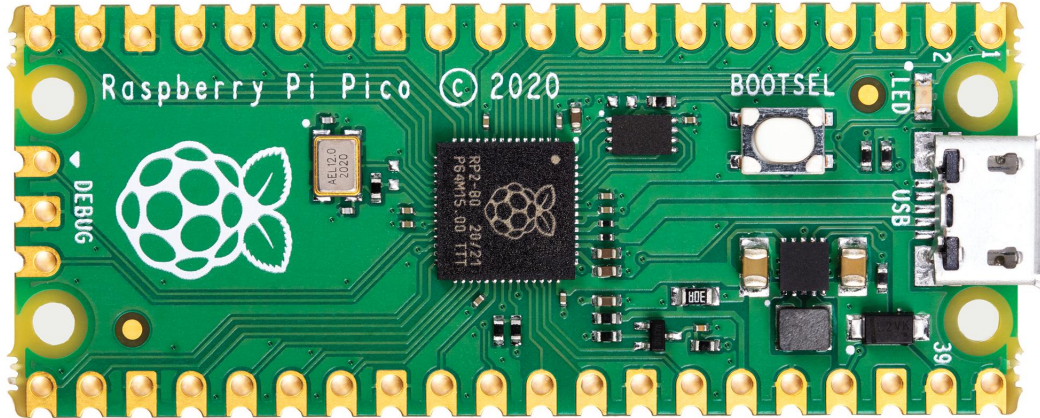


Figure 2.2: raspberyy pi pico

### Présentation générale : Raspberry Pi Pico

La Raspberry Pi Pico, créée par la fondation Raspberry Pi, est une carte microcontrôleur compacte et performante. Destinée aux projets d'électronique et de programmation, elle constitue une alternative flexible et économique aux microcontrôleurs classiques. Équipée du processeur RP2040, la Pico permet de contrôler une variété de composants électroniques tels que des capteurs, des LED, des moteurs et autres périphériques.

#### Caractéristiques principales :

- **Processeur** : RP2040, un microcontrôleur dual-core ARM Cortex-M0+ cadencé à 133 MHz.
- **Mémoire** : 264 KB de SRAM et 2 MB de flash intégré.
- **Connectivité** : 26 broches GPIO multifonction, supportant I2C, SPI, UART, PWM, et ADC.
- **Interface de programmation** : Peut être programmée via MicroPython, C/C++ et d'autres langages de programmation, offrant une grande flexibilité pour les développeurs.
- **Dimensions** : 51 x 21 mm, ce qui la rend facilement intégrable dans des projets de petite taille.

Voici une image générale, qui montre le brochage « complet » du Raspberry Pi Pico avec toutes ces différentes entrées/sorties :

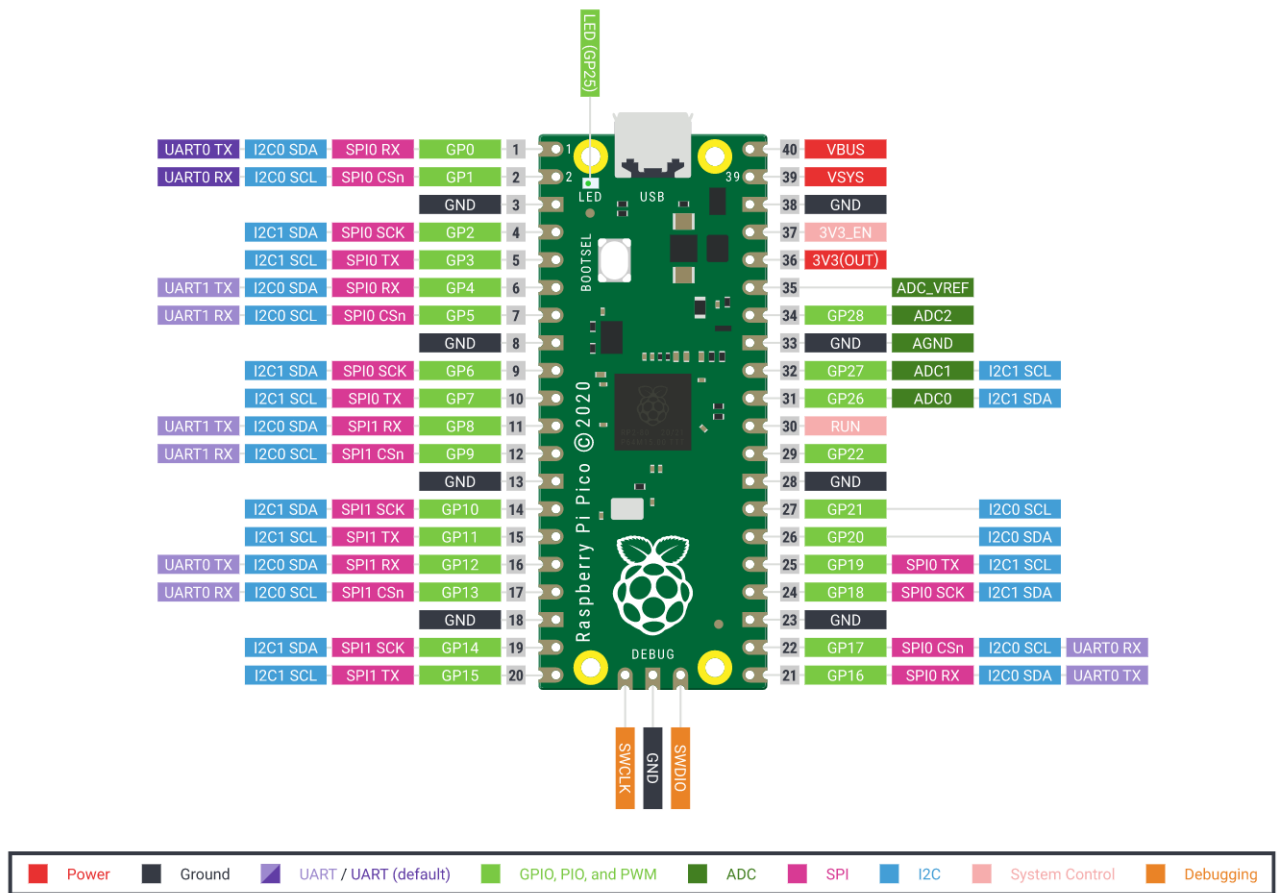
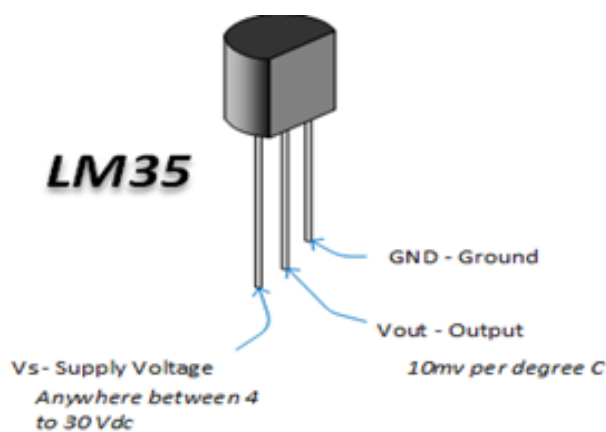


Figure 2.3: Brochage du raspberry pi pico

## Capteur de température étanche LM35 :



(a) capteur de température lm35



(b) capteur de température lm35

Le LM35 est un capteur de température analogique populaire et précis, utilisé dans une multitude de projets électroniques pour mesurer la température ambiante. Fabriqué par Texas Instruments, ce capteur est facile à utiliser et ne nécessite aucune calibration externe, ce qui le

rend idéal pour les amateurs, les inventeurs et les professionnels. De plus, avec des méthodes simples de protection, il peut être rendu résistant à l'eau.

## MODULE RELAI

Le module relais est un dispositif électronique qui permet de contrôler un circuit électrique à partir d'un microcontrôleur ou d'un autre circuit électronique. Il est constitué d'un relais électromécanique et d'un circuit de commande qui permettent de commuter des charges électriques telles que des lampes, des moteurs, des électrovannes, etc. Le module relais peut être activé ou désactivé à distance en envoyant un signal de commande à travers une broche d'entrée. Lorsque le signal est reçu, le circuit de commande active le relais, qui à son tour commute le circuit électrique de sortie. Nous avons utilisé Relais 2 module qui nous permettent de contrôler divers appareils et équipements.

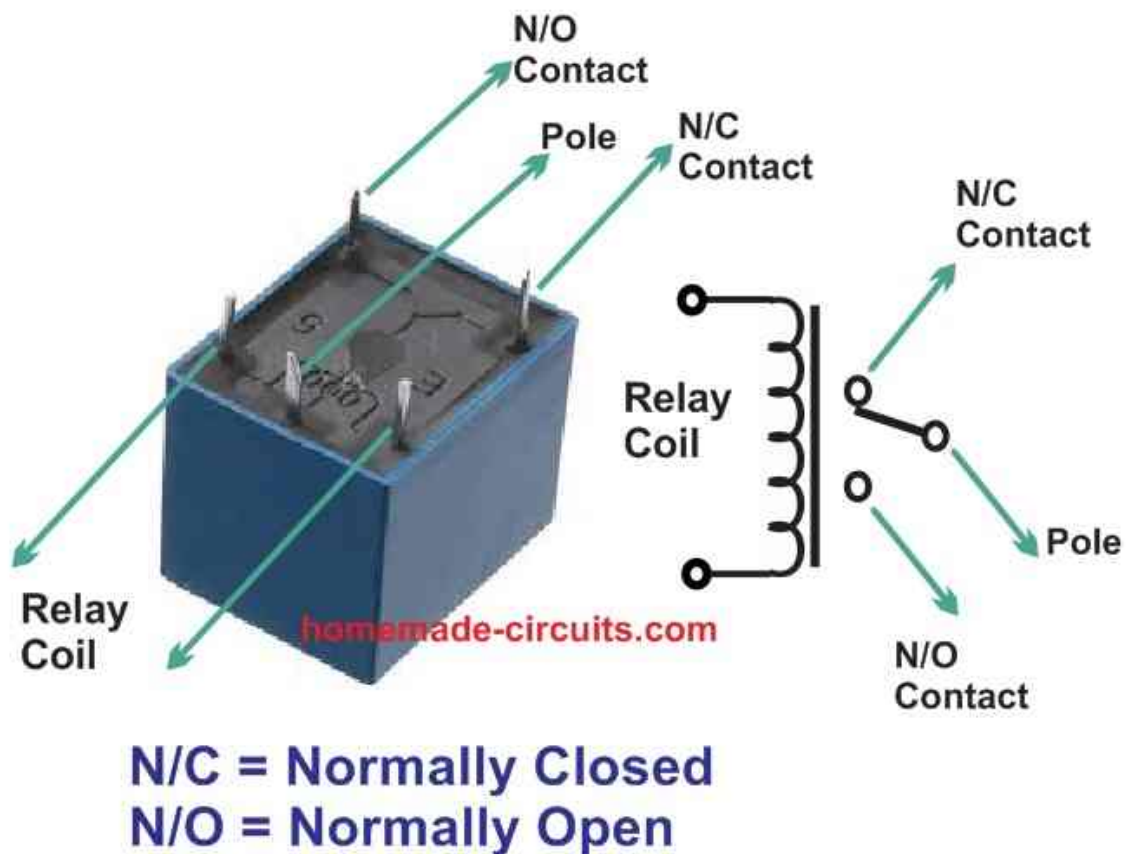


Figure 2.5: relais

### Les caractéristiques du module relais :

dépendent de la conception et du modèle spécifiques, mais généralement, il dispose de plusieurs broches pour l'alimentation électrique, l'entrée de commande et la sortie de charge. Il peut être alimenté avec une tension allant de 5V à 12V ou plus et est capable de commuter des charges électriques allant de quelques volts à plusieurs dizaines de volts et courants de quelques milliampères à plusieurs ampère.

## Résistance chauffante

Une résistance chauffante est un dispositif conçu pour dissiper en chaleur la puissance électrique absorbée. Elle est utilisée pour convertir l'énergie électrique en chaleur.



Figure 2.6: résistance thermique

Les caractéristiques du résistance thermique :

- **Tension** : 220-240 V / 50 Hz
- **Puissance** : 300 W
- **Dimensions** : 32x34x400 mm

## 2.4 Conclusion :

En conclusion, le deuxième chapitre de la thèse sur les composants utilisés dans un système d'évaporation d'eau a présenté les différents composants nécessaires à l'assemblage d'un système efficace, et a souligné l'importance de comprendre les caractéristiques de ces composants avant de les sélectionner.



# Chapitre 3

## Description de fonctionnement général

### 3.1 Introduction :

Ce chapitre de mémoire traite de l'utilisation de Raspberry pour la mise en œuvre d'un projet de dessalement thermique, l'objectif de ce projet, le fonctionnement du système est expliqué en détail, en expliquant comment les capteurs sont connectés à la microcontrôleur Raspberry pico et comment les données sont collectées et traitées. Le code de notre projet est écrit en langage python pour permettre l'interaction avec les capteurs et la gestion des sorties. Les résultats obtenus sont discutés

### 3.2 Objectif du projet :

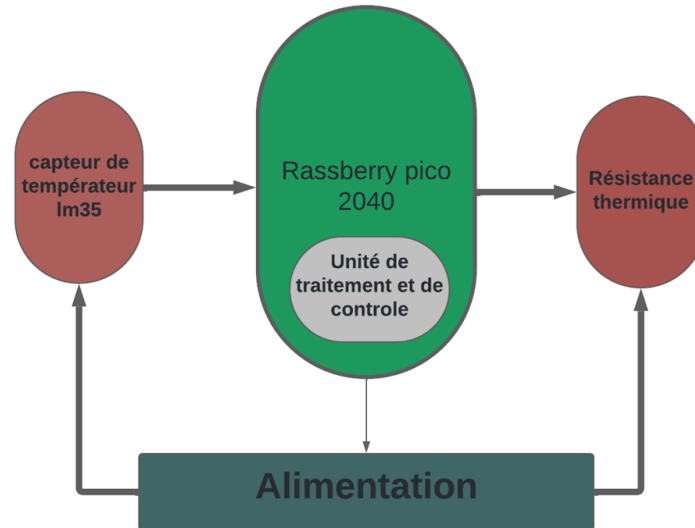
L'objectif principal de l'évaporation de l'eau est de fournir une eau propre, exempte de sel et d'impuretés. Pour atteindre cet objectif, le système doit être capable de mesurer la température à l'intérieur de l'eau et de prendre en compte la pression à l'intérieur du réservoir .et comme nous l'avons mentionné précédemment , la température doit être comprise entre 70 et 85 degrés Celsius pour éviter les problèmes techniques à l'avenir . Grâce aux mesures effectuées par le système, nous allumons et éteignons la « résistance thermique » pour maintenir une température constante entre 70 et 85. Cela nous permet de conserver la plus grande quantité d'énergie électrique et d'assurer son fonctionnement efficace plus longtemps. Enfin, le système doit être facile à installer, à utiliser et à entretenir

### 3.3 Fonctionnement de montage :

Le "LM35" mesure la température et l'envoie au microcontrôleur. Si la température est inférieure à 70 degrés Celsius, la « résistance thermique » est activée en envoyant un courant électrique de 3,3 volts à la base du transistor, permettant au « relais » de fonctionner. Connecté à la résistance thermique Le système vérifie ensuite la température périodiquement. Si elle dépasse 85 degrés, le contrôleur cesse d'envoyer du courant au transistor, permettant à la température de descendre en dessous de 70 degrés, et le système reprend son fonctionnement. Nous avons

pour mission de mesurer la pression et de la réguler en fonction de la température, cependant, en raison de contraintes de temps et de ressources financières ainsi que des risques liés à sa fabrication, nous avons décidé de ne pas le réaliser.

### 3.4 Schéma synoptique :



### Schéma de câblage :

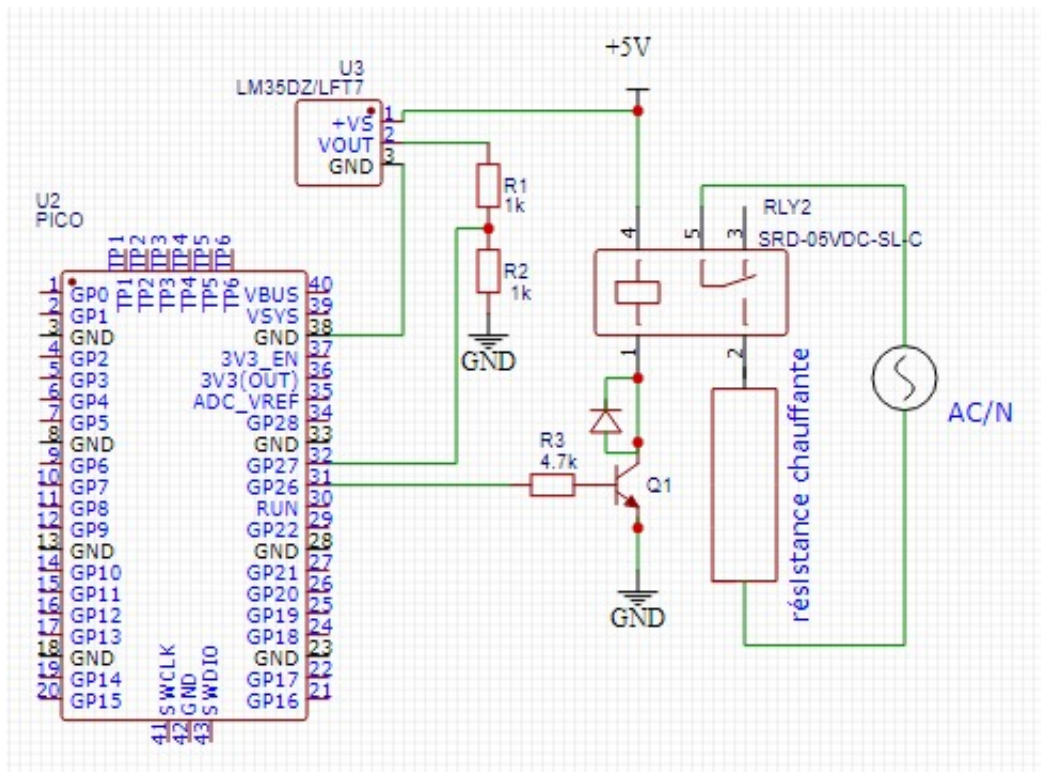


Figure 3.1: Schéma avec EasyEDA

## 1. Conception et déploiement du système sur circuit imprimé :

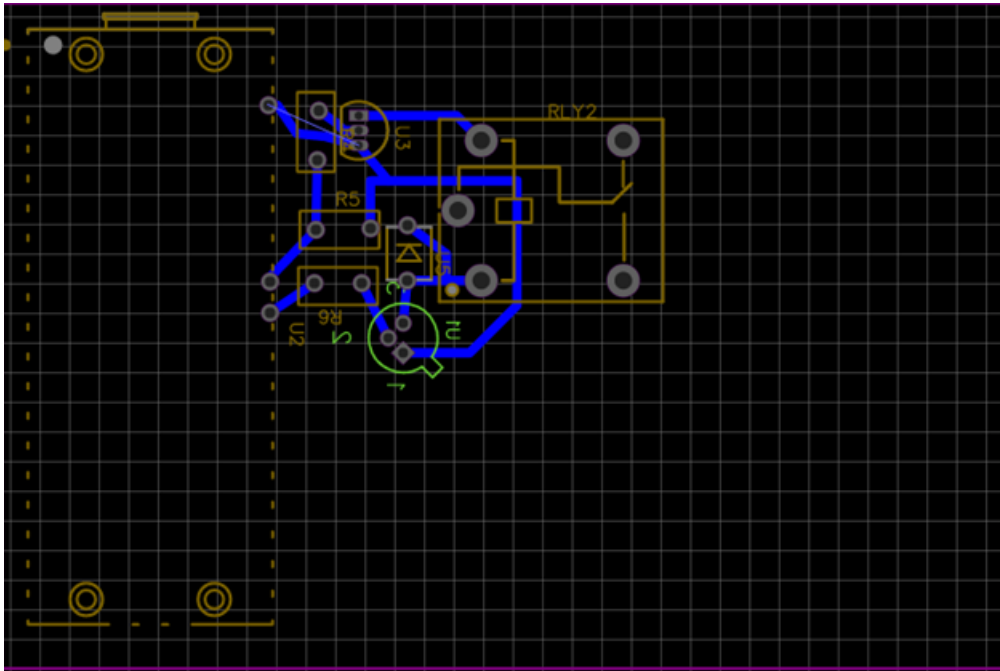


Figure 3.2: PCB

### Le typon :

Le typon est un schéma imprimé qui ne contient que les pistes du circuit sur un papier transparent. Il est créé en inversant le schéma électronique afin d'obtenir les pistes souhaitées.

### Insolation :

Pour réaliser l'insolation, nous utilisons une plaque de cuivre sensibilisée recouverte d'une résine photosensible. Le typon est placé directement sur la plaque en contact avec le cuivre, puis l'ensemble est exposé à la lumière UV dans une insoleuse pendant environ 2 à 3 minutes. La résine photosensible réagit à la lumière en brûlant les parties transparentes et en préservant les parties noires qui représentent les pistes du circuit.



Figure 3.3: Ensoleillement

**Révélation :**

Cette étape consiste à plonger la plaque dans un révélateur afin d'éliminer la résine photosensible exposée aux UV. Les zones de cuivre exposées aux UV sont révélées, laissant ainsi apparaître les pistes du circuit. Il est crucial d'utiliser un typon comportant des parties noires bien contrastées pour prévenir toute attaque des pistes du circuit par le révélateur.



Figure 3.4: révélation

**Gravure :**

Dans cette phase, on procède à l'érosion du cuivre non protégé par la résine. Pour ce faire, nous employons du perchlorure de fer, préalablement chauffé à une température d'environ 45C, qui agit sur le cuivre tout en préservant les pistes du circuit. Cela est illustré dans la figure ci-dessous :



Figure 3.5: la gravure avec le perchlorure de fer

La gravure met en évidence l'isolant qui sépare les pistes, conférant ainsi au circuit son apparence finale. Une fois la gravure terminée, la plaque est soigneusement rincée à l'eau afin d'éliminer tout résidu de perchlorure de fer, ce qui donne le résultat final suivant :

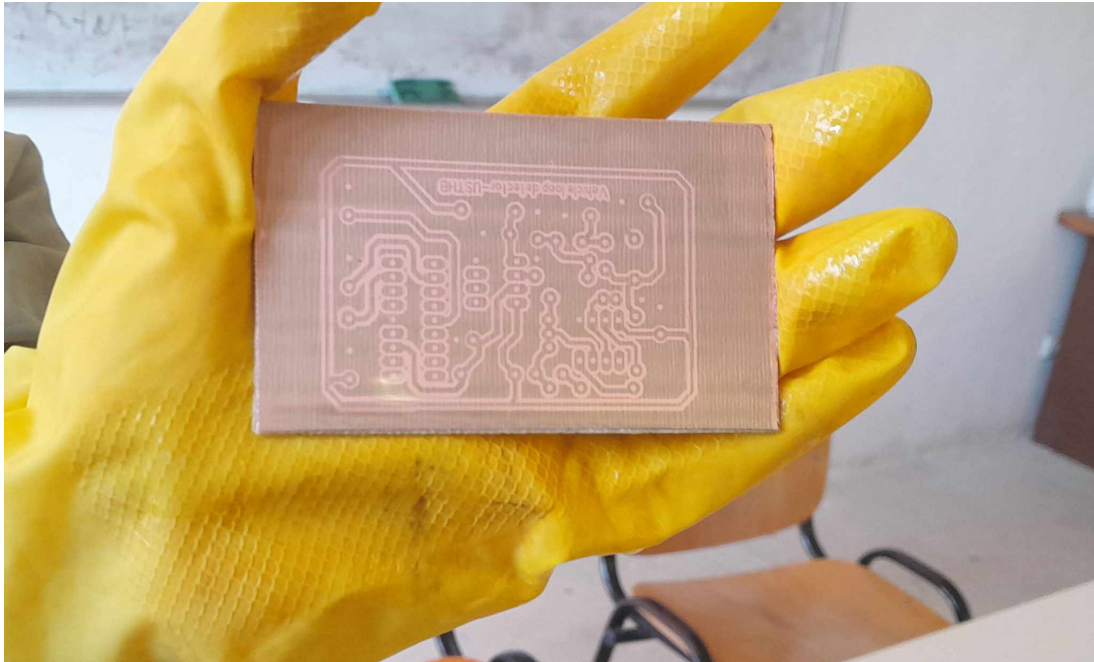


Figure 3.6: après rinçage

Dans le cadre de la finalisation de notre projet de système d'évaporation, nous avons atteint un niveau de développement avancé. Cependant, en raison de contraintes de temps, nous n'avons pas pu mener notre projet à terme. Nous reconnaissons que cela représente une opportunité de développement future et nous sommes conscients des limites de notre réalisation actuelle. Néanmoins, notre travail jusqu'à présent nous a permis d'acquérir une précieuse expérience dans l'intégration et la programmation de systèmes automatisés, et nous sommes fiers des résultats que nous avons obtenus dans les contraintes de notre projet.

### 3.5 Code Raspberry pico du projet :

```

1 import machine # Importer le module machine, qui permet d'interagir
   avec les composants matériels.
2 import utime   # Importer le module utime pour les fonctions liées au
   temps, comme la mise en veille.
3
4 # Définition des broches
5 TEMP_SENSOR_PIN = 0 # La broche à laquelle le capteur de température
   LM32 est connecté (entrée analogique)
6 RELAY_PIN = 14      # La broche à laquelle le relais est connecté (
   sortie numérique)
7

```



```
8 # Initialiser le capteur de température sur la broche définie en tant
   qu'entrée ADC (Convertisseur Analogique-Numérique)
9 temp_sensor = machine.ADC(TEMP_SENSOR_PIN)
10
11 # Initialiser le relais sur la broche définie en tant que sortie numé
   rique
12 relay = machine.Pin(RELAY_PIN, machine.Pin.OUT)
13
14 def read_temperature():
15     # Lire la valeur brute de l'ADC depuis le capteur de température
16     adc_value = temp_sensor.read_u16()
17
18     # Convertir la valeur brute de l'ADC en température en Celsius
19     # Formule : (adc_value * tension_de_référence / valeur_max_adc) *
       facteur_de_conversion
20     # Ici, tension_de_référence = 3,3V, valeur_max_adc = 65536,
       facteur_de_conversion = 100
21     temperature = ((adc_value * 3.3) / 65536) * 100 # En supposant une
       tension de référence de 3,3V
22
23     return temperature # Retourner la température calculée
24
25 def control_relay():
26     # Lire la température actuelle depuis le capteur de température
27     temperature = read_temperature()
28
29     # Imprimer la température actuelle sur la console
30     print("Température actuelle :", temperature)
31
32     # Vérifier si la température est inférieure ou égale à 75 degrés
       Celsius
33     if temperature <= 75:
34         # Activer le relais (mettre la broche du relais à haut)
35         relay.value(1)
36         print("Relais activé") # Imprimer un message indiquant que le
           relais est activé
37
38     # Vérifier si la température est supérieure à 85 degrés Celsius
39     elif temperature > 85:
40         # Désactiver le relais (mettre la broche du relais à bas)
41         relay.value(0)
42         print("Relais désactivé") # Imprimer un message indiquant que
           le relais est désactivé
```

```

43
44 # Boucle infinie pour contr l er en continu le relais en fonction de la
    température
45 while True:
46     # Appeler la fonction control_relay pour vérifier la température et
        activer/désactiver le relais selon le besoin
47     control_relay()
48
49     # Mettre en veille pendant 5 secondes avant la prochaine itération
50     utime.sleep(5)

```

organigramme du projet :

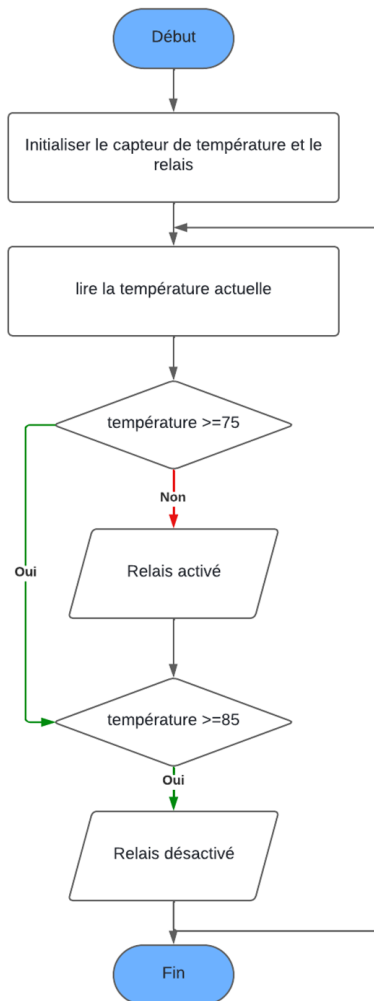


Figure 3.7: organigramme

## 3.6 Conclusion

La conclusion de ce chapitre s'est avérée cruciale pour concrétiser nos concepts théoriques. Grâce à la combinaison de la simulation et de la programmation, nous avons pu mettre en œuvre nos idées, évaluer et confirmer l'efficacité de notre système.





# Conclusion Générale

Ce rapport, réalisé dans le cadre de notre projet de fin d'études "Étude et conception d'un système d'évaporation de l'eau", nous a permis d'analyser et de mettre en œuvre ce projet à travers différents chapitres combinant aspects théoriques, généralités et étude approfondie du fonctionnement du système. Nous avons exploré les concepts théoriques dans le premier chapitre, puis examiné les technologies utilisées dans les systèmes de surveillance de l'évaporation, incluant les capteurs et les microcontrôleurs Raspberry Pi Pico 2040.

Nous nous sommes concentrés sur l'étude du fonctionnement de ces systèmes et avons développé un système capable de contrôler l'évaporation de l'eau de manière efficace. Nous avons concrétisé la mise en œuvre de notre système à travers la programmation, la simulation et la réalisation, en utilisant des logiciels tels que Thonny, EasyEDA et Sprint Layout 6.0.

En conclusion, notre système de l'évaporation de l'eau démontre notre capacité à appliquer la théorie et la pratique pour créer des solutions innovantes. Ce projet nous a permis de relever le défi d'appliquer nos compétences en électronique et en programmation pour concevoir un système performant et fiable.

# Bibliographie