



**ENSEM**

TRAVAUX D'INITIATIVE  
PERSONNELLE ENCADRÉS T.I.P.E.

2025

**Transition, transformation, conversion**

**Sujet :**

Royaume du Maroc



Ministère de l'Education Nationale,  
du Préscolaire et des Sports

**CONSERVATION DURABLE DES ALIMENTS : CAS D'UNE**  
**ÉPICERIE SOLIDAIRE**

**Préparé par :**

**Regragui Walid**

# PLAN

1

**Introduction**

2

**Problématique et objectifs**

3

**Approche fonctionnelle et exigences du système**

4

**Traitement de la problématique**

5

**Réalisation**

6

**Conclusion**

# Introduction

## ❑ L'insécurité alimentaire:

L'insécurité alimentaire est une situation où des millions de personnes n'ont pas accès à une alimentation convenable.

## ❑ Causes:

Pauvreté, conflits, changements climatiques, inégalités sociales et économiques

## ❑ Conséquences:

Malnutrition, détérioration de la santé physique et mentale, baisse de productivité, pauvreté perpétuée.

## ❑ Solution:

Programmes d'aide alimentaire et de sécurité sociale

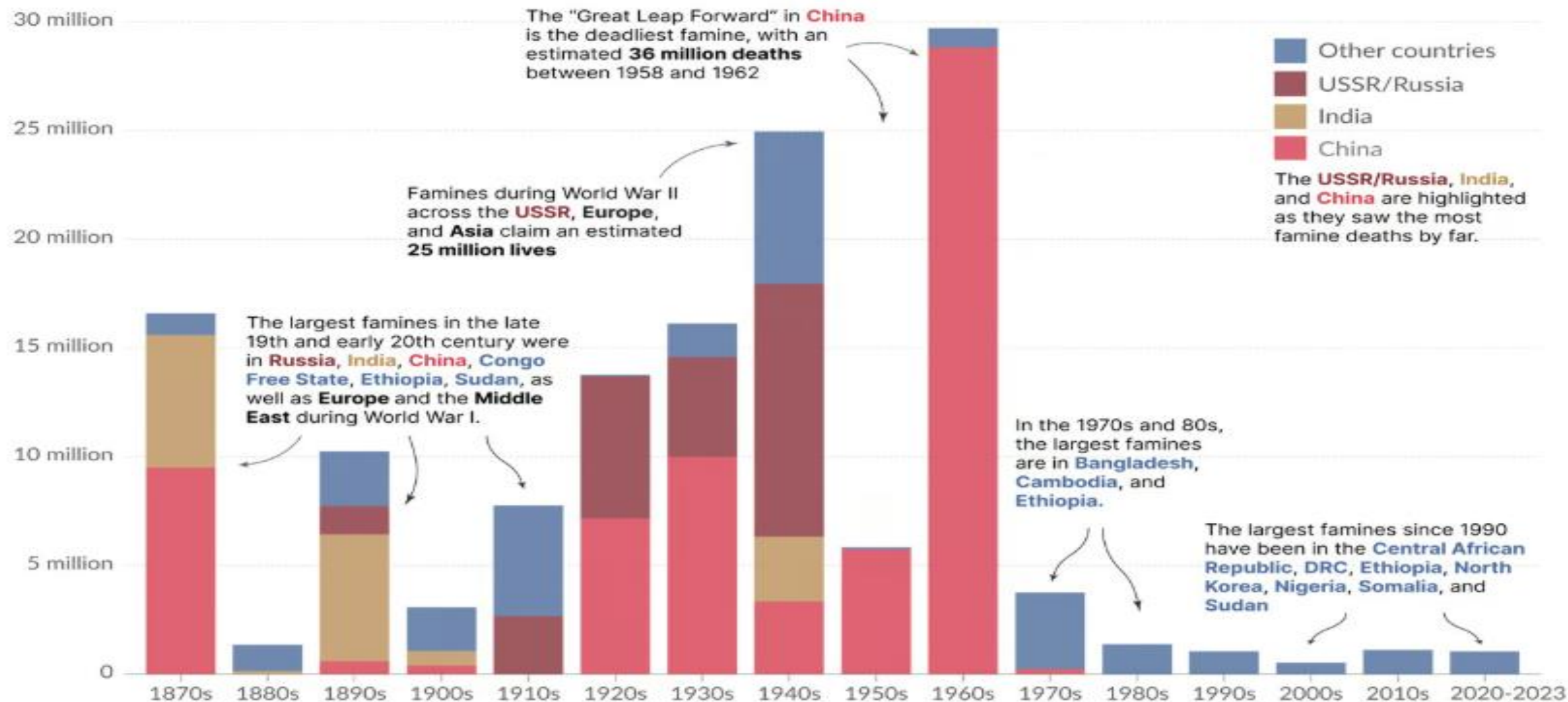


# Introduction

## Global deaths from famines, 1870-2023

Our World  
in Data

Total deaths per decade from famines that are estimated to have killed 100,000 people or more. For famines that lasted beyond a calendar year, deaths are generally split evenly across years.



# Introduction

## □ Une épicerie solidaire c'est quoi:

C'est une épicerie à but social qui propose des produits de première nécessité à des prix très réduits. Les publiques peuvent choisir librement leurs produits selon leurs habitudes et cultures alimentaires et à un tarif adapté selon la situation financière.



# PROBLEMATIQUE

La dégradation des aliments:

## □ Les facteurs responsables de la dégradation des aliments

### TEMPERATURE

Le maintien d'une température adéquate réduit considérablement le développement microbien et ralentit la dégradation des aliments



### HUMIDITE

Une humidité trop élevée (supérieur à 90%) peut favoriser la croissance des moisissures, tandis qu'une humidité trop basse accélère le dessèchement des produits



# PROBLEMATIQUE

Comment contrôler les facteurs tels que la température et l'humidité, de manière à garantir une conservation alimentaire durable pour les épiceries solidaires ?



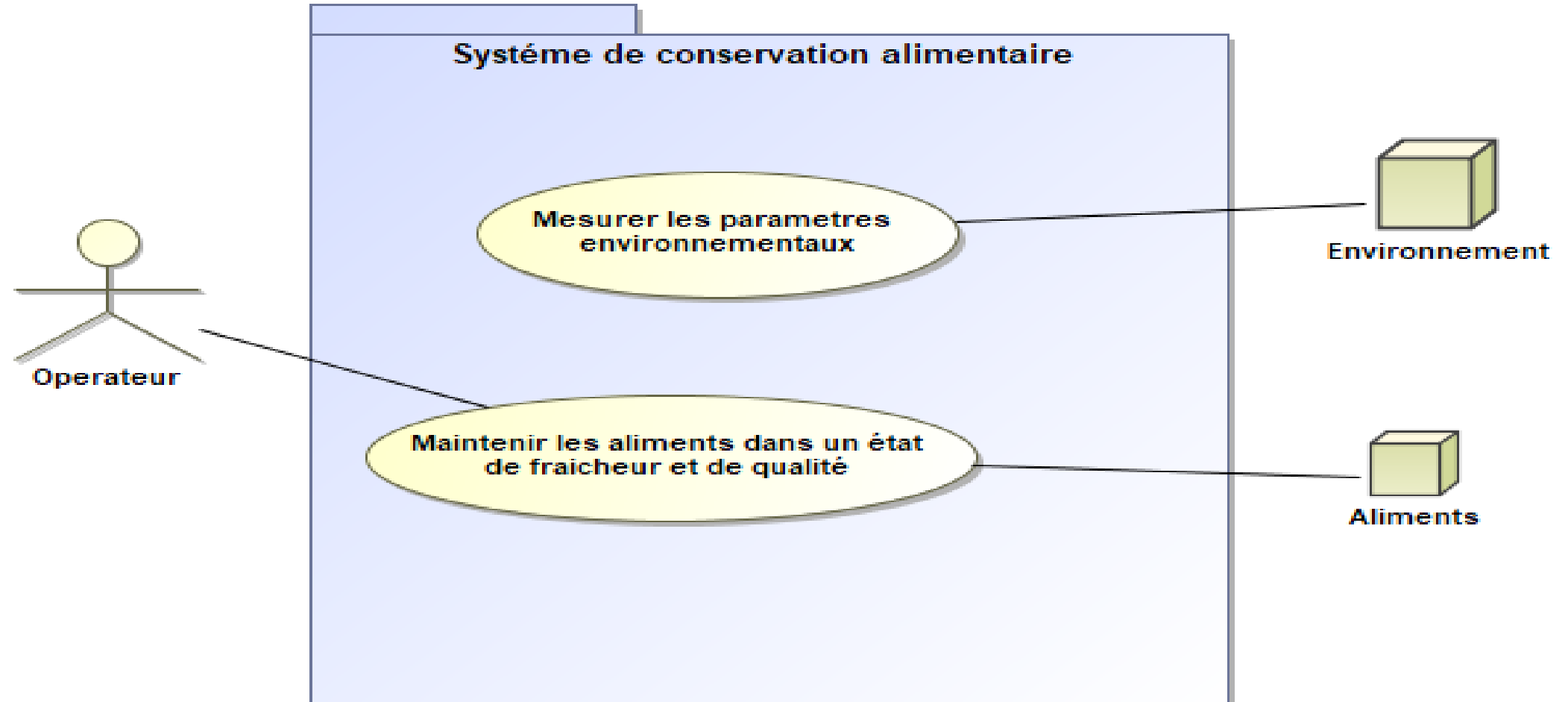
# OBJECTIFS

- 1-Choisir un conteneur de conservation approprié:
- 2-Mesurer les niveaux de température et d'humidité .
- 3-Réguler ces paramètres pour assurer une bonne conservation alimentaire :
  - ➔ 2.1 Réguler les variations d'humidité
  - ➔ 2.2 Réguler les variations de température
- 4-Réaliser un prototype fonctionnel



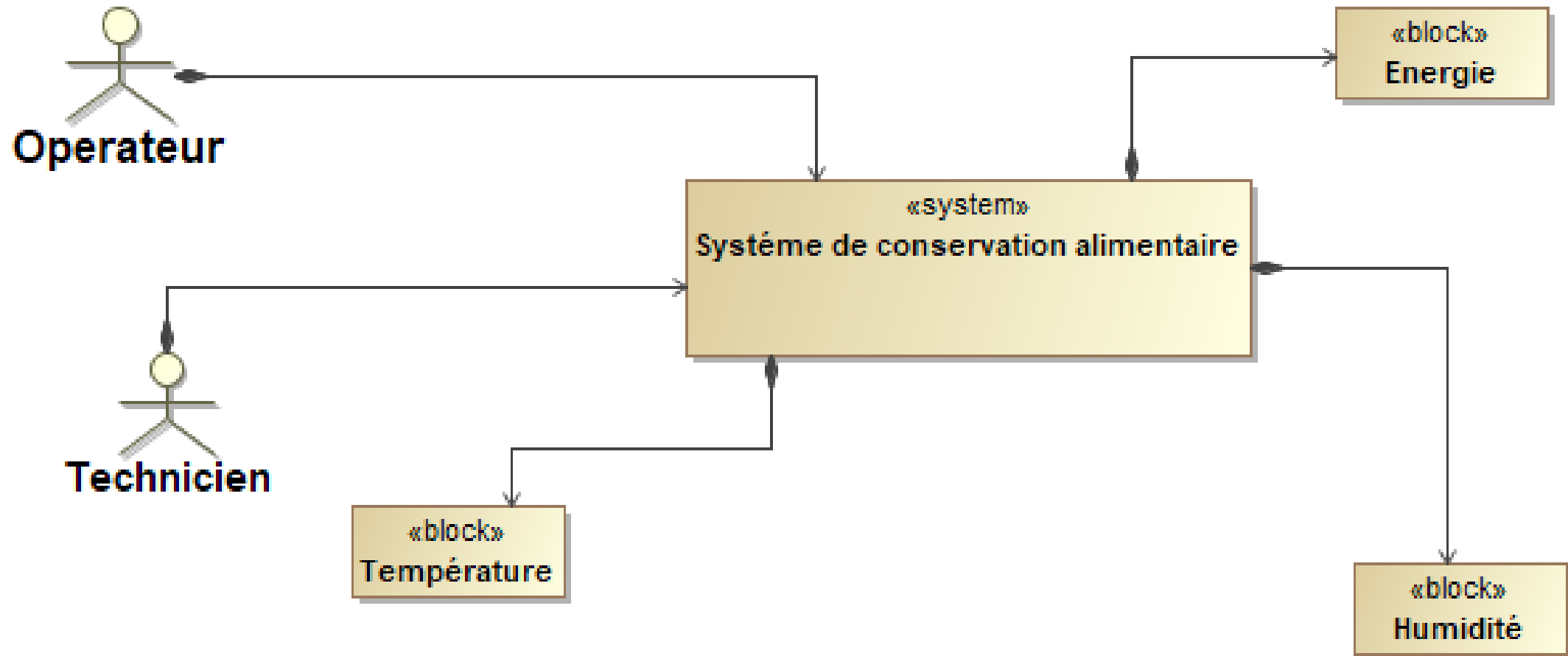
# □ Diagramme de cas d'utilisation :

uc [Modèle] Definitions\_des\_blocs [ Système de conservation alimentaire ]



# □ Diagramme de contexte :

bdd [Modèle] Systeme de conservation alimentaire [ Système de conservation alimentaire ]



# □ Produit proposé dans les épiceries solidaires et leurs durée de conservation:



Les épiceries solidaires proposent majoritairement des fruits et légumes frais, avec une offre alimentaire globalement conforme aux recommandations du Programme National Nutrition Santé (PNNS).

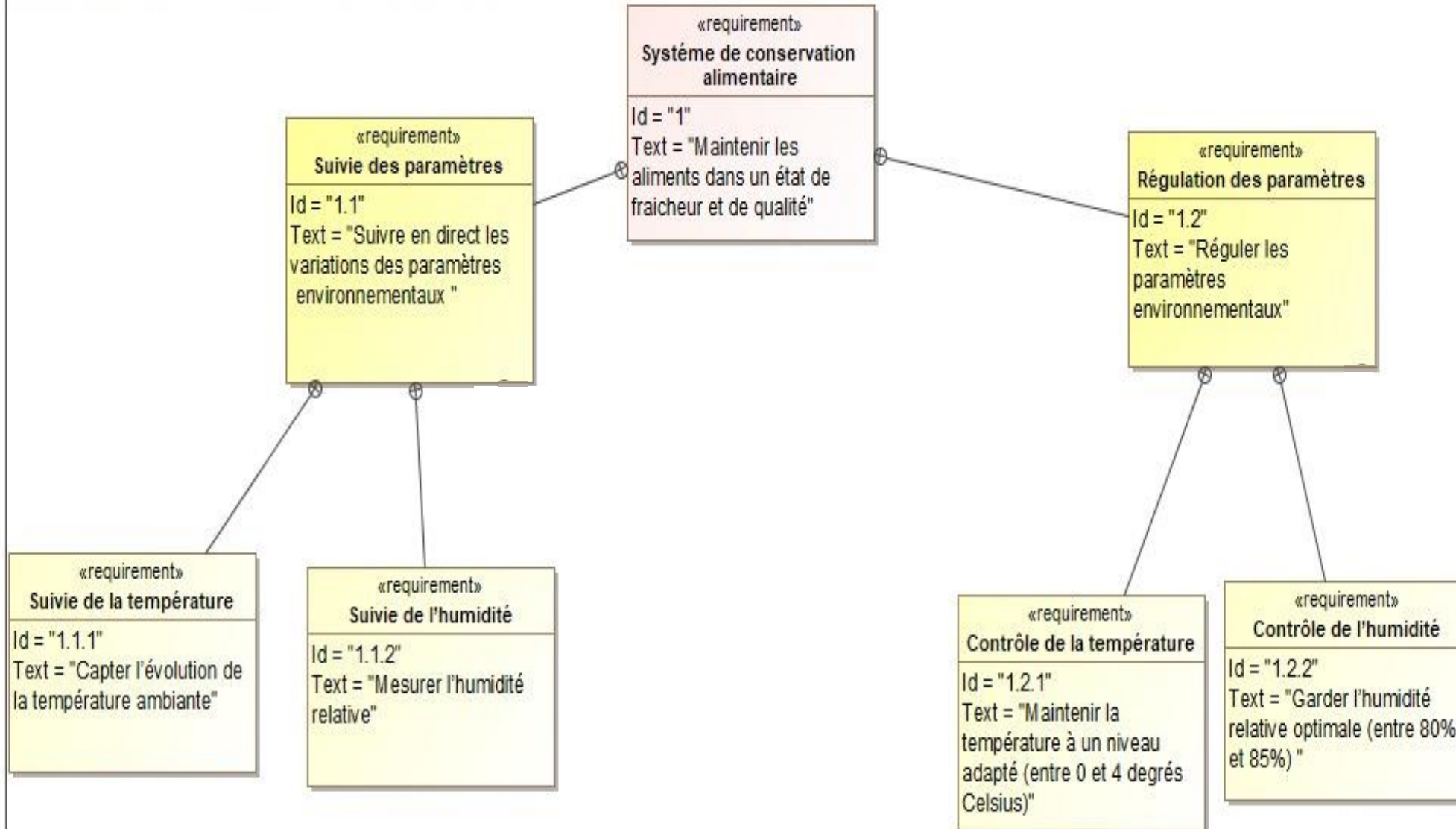
<https://itv.es/icemakers/en/the-cold-chain-in-food-preservation/>

Product	Temperature (°C)	Humidity (%)	Conservation time
Meat	0-2	80-85	3-4 days
Birds and hunting meat	1-2	80-85	4-5 days
Crustacean food	1-2	80-85	1-2 days
Fish	1-2	80-85	1-2 days
Vegetables	4	80-85	5-7 days
Eggs	2-4	80-85	2-3 weeks
Milk	4	-	3-4 days
Processed products	2	-	1-3 days

Durée de conservation des aliments (T° et humidité)

# □ Diagramme des exigences:

req [Model] Model[ SYSTEME DE CONSERVATION ALIMENTAIRE ]





# □ Traitement de la problématique:

**Objectif 1:      Choix du conteneur**

# CHOIX DU CONTENEUR

## Choix de conteneur :

Frigo en argile :

## Pourquoi Le Frigo en argile :

Le Frigo en argile s'agit d'une méthode écologique et économique, facile à fabriquer avec des matériaux locaux et accessibles;

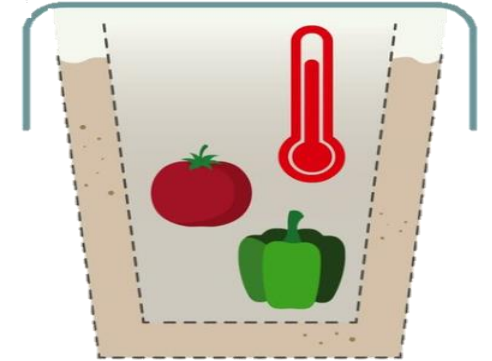
Son fonctionnement repose sur un principe naturel d'évaporation, permettant de maintenir une température basse et une humidité optimale pour les aliments frais.



# CHOIX DU CONTENEUR

## Structure du Frigo en Argile:

Le frigo est composé de deux compartiments en argile :  
un compartiment intérieur (pour stocker les aliments)  
un compartiment extérieur (rempli d'eau ou de sable humide).



## Fonctionnement:

- ❖ Remplissage d'Eau
- ❖ Évaporation
- ❖ Refroidissement





# □ Traitement de la problématique:

Objectif 2:

- Mesurer les niveaux de température et d'humidité

# MESURE DE T°/H

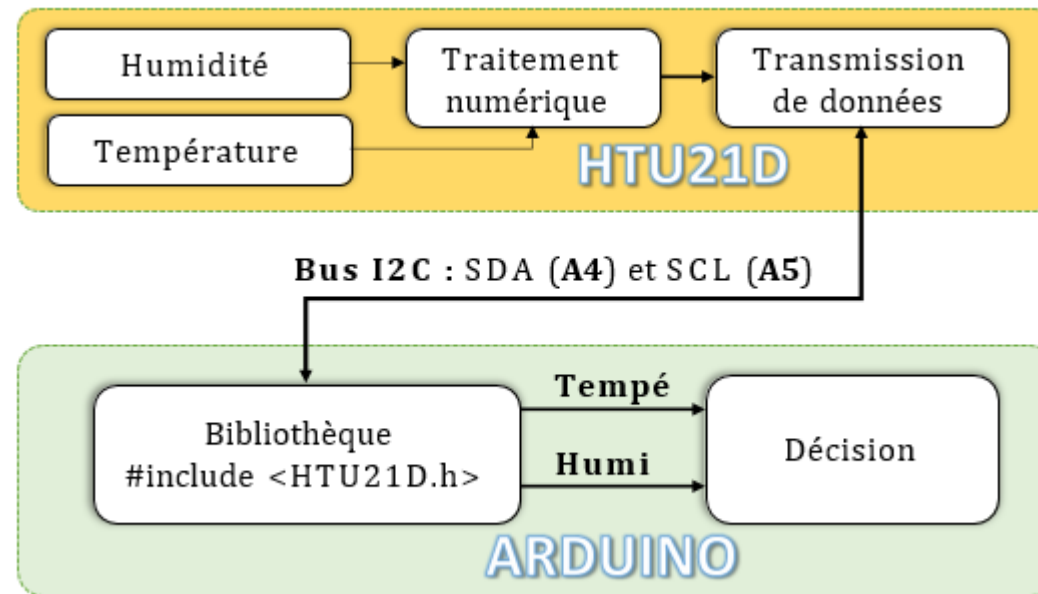
## Mesure de température et d'humidité:

Module	Plage Température	Précision Température	Précision Humidité	Précision Pression	Prix
MAX6675	0°C à +800°C	±0.25°			2.00
MAX31865	0°C à +800°C	±0.5°			4.00
LM35DZ	-55°C à +150°C	±2°			0.40
LM335	-40°C à +100°C	±2°			1.00
MCP9808	-40°C à +125°C	±0.25° ±0.5° maxi			1.00
TMP102	-40°C à +125°C	±2°			1.60
DS18B20	-55°C à +125°C	±0.5°			0.50
DHT11	0°C à +50°C	±2°			0.50
AM2301	-40°C à +80°C	±0.3°	±3%		1.80
DHT22	-40°C à +80°C	±0.5°	±2-5%		2.10
SHT31D	-40°C à +125°C	±0.3°	±2%		4.00
HTU21D	-40°C à +125°C	±0.3°	±2%		1.50
HDC2080	-40°C à +125°C	±0.2° ±0.4° maxi	±2%		4.00

<https://riton-duino.blogspot.com/2018/12/les-capteurs-de-temperature-humidite.html>

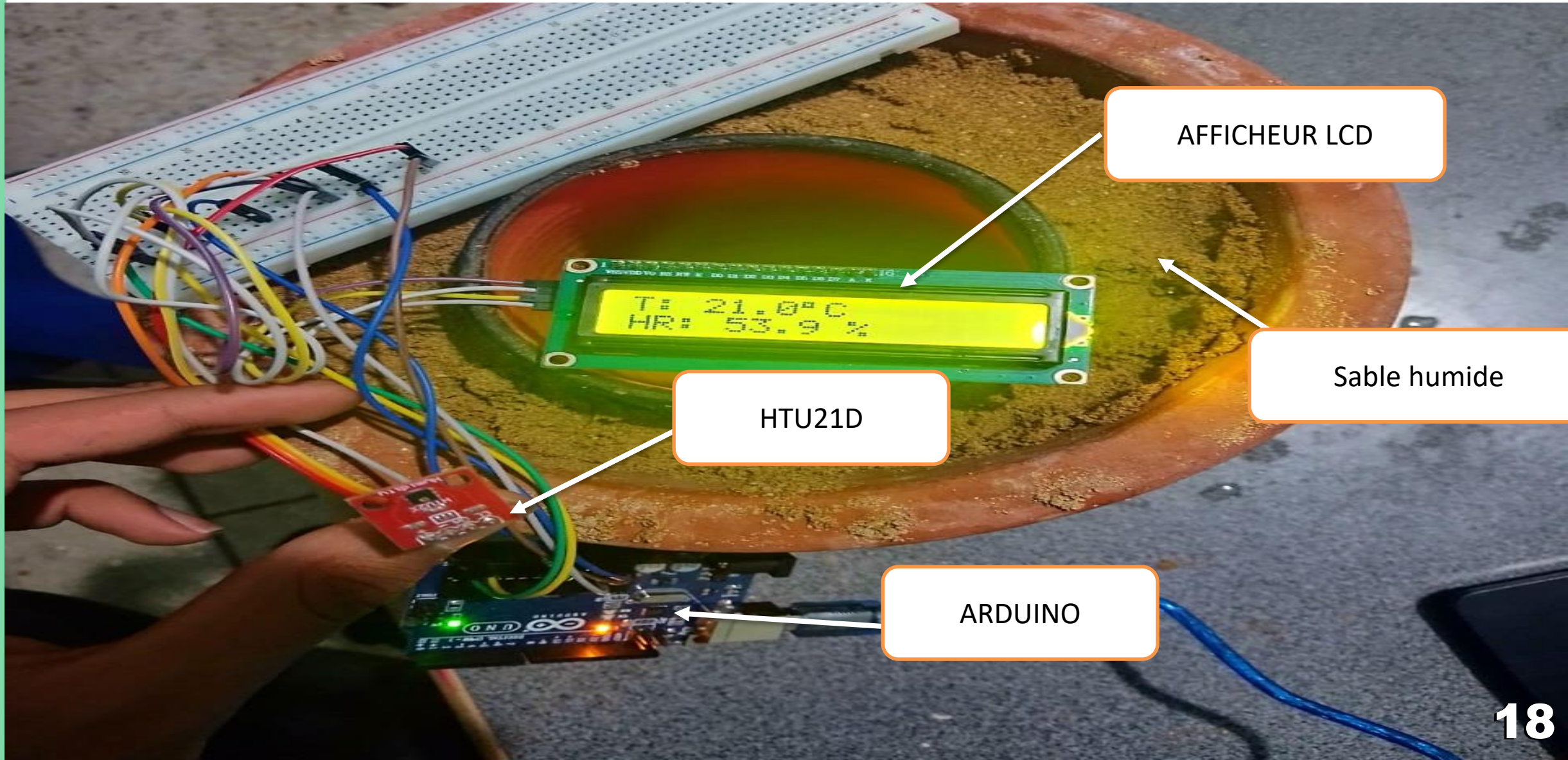
On a choisit le capteur HTU21D pour son bon prix et sa précision.

## Chaîne d'acquisition:

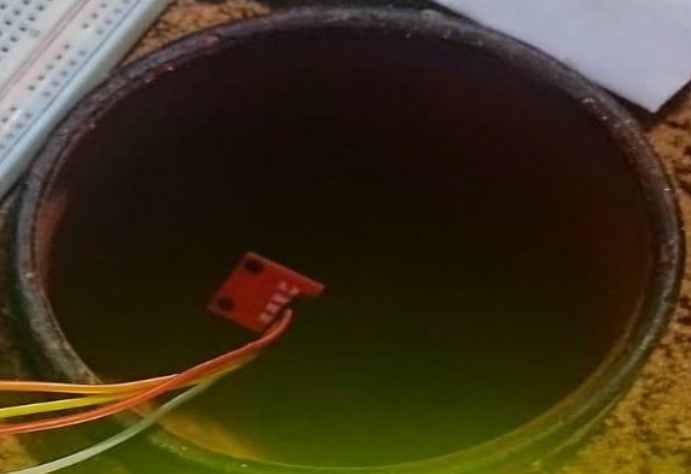
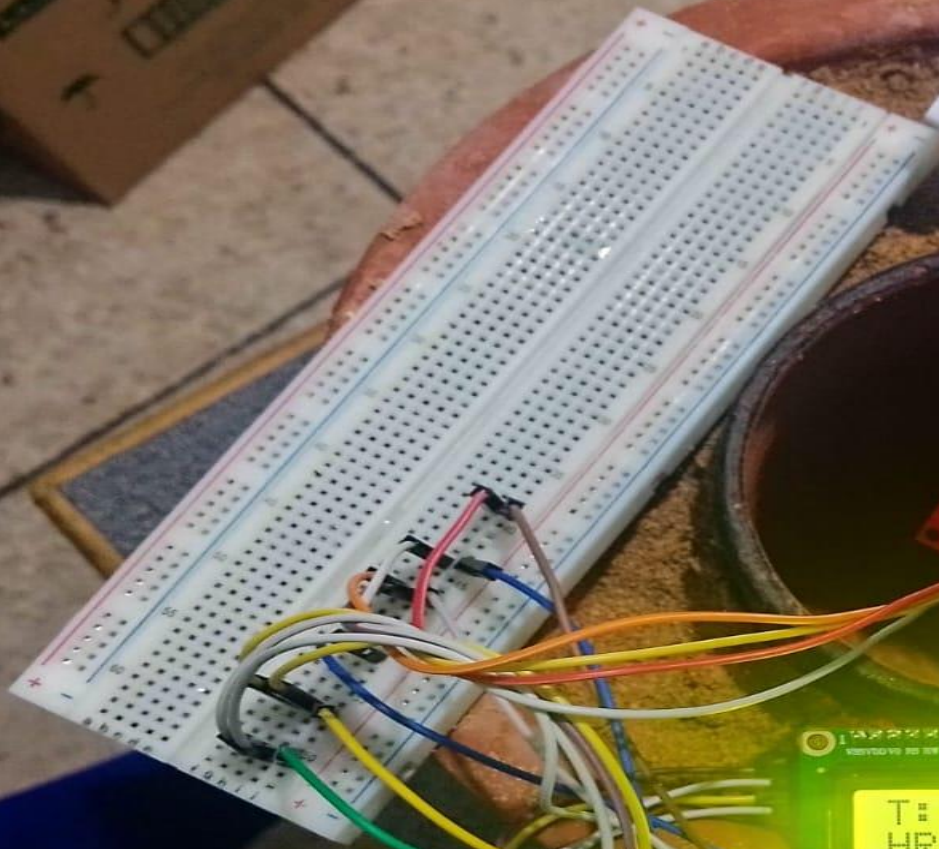


# MESURE DE T°/H

## TEST DU CAPTEUR:



KEGRAGUI  
WALID



# □ Traitement de la problématique:

Objectif 3:

## ➤ Régulation des paramètres (H,T)

➔ 2.1 Réguler les variations d'humidité

➔ 2.2 Réguler les variations de température

# REGULATION D'HUMIDITE

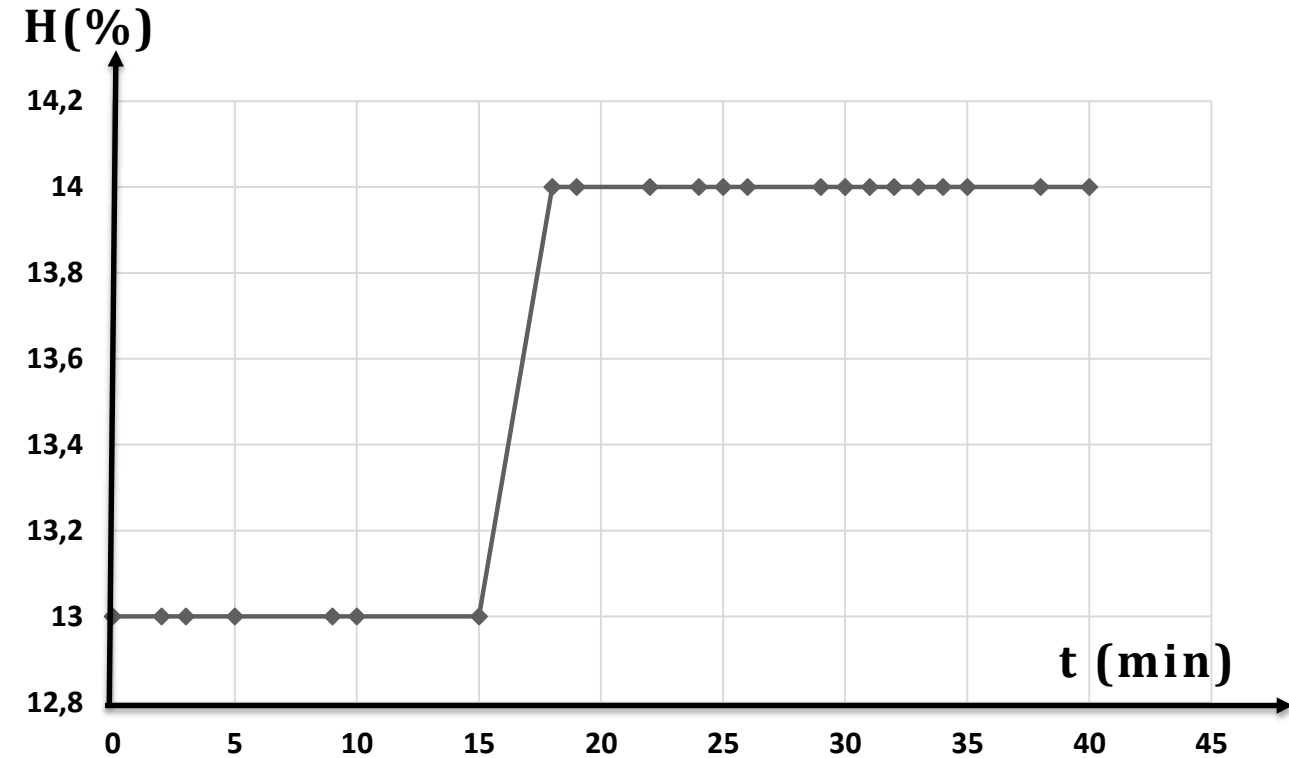
## Comment réguler l'humidité?:

La variation d'humidité est proportionnelle à la présence de l'eau dans le sable.

## Comment?



SABLE SEC



Evolution de l'humidité en utilisant du sable sec

Météo actuelle  
18:44

[Rapport météo](#)

**36°C**  
Ensoleillé

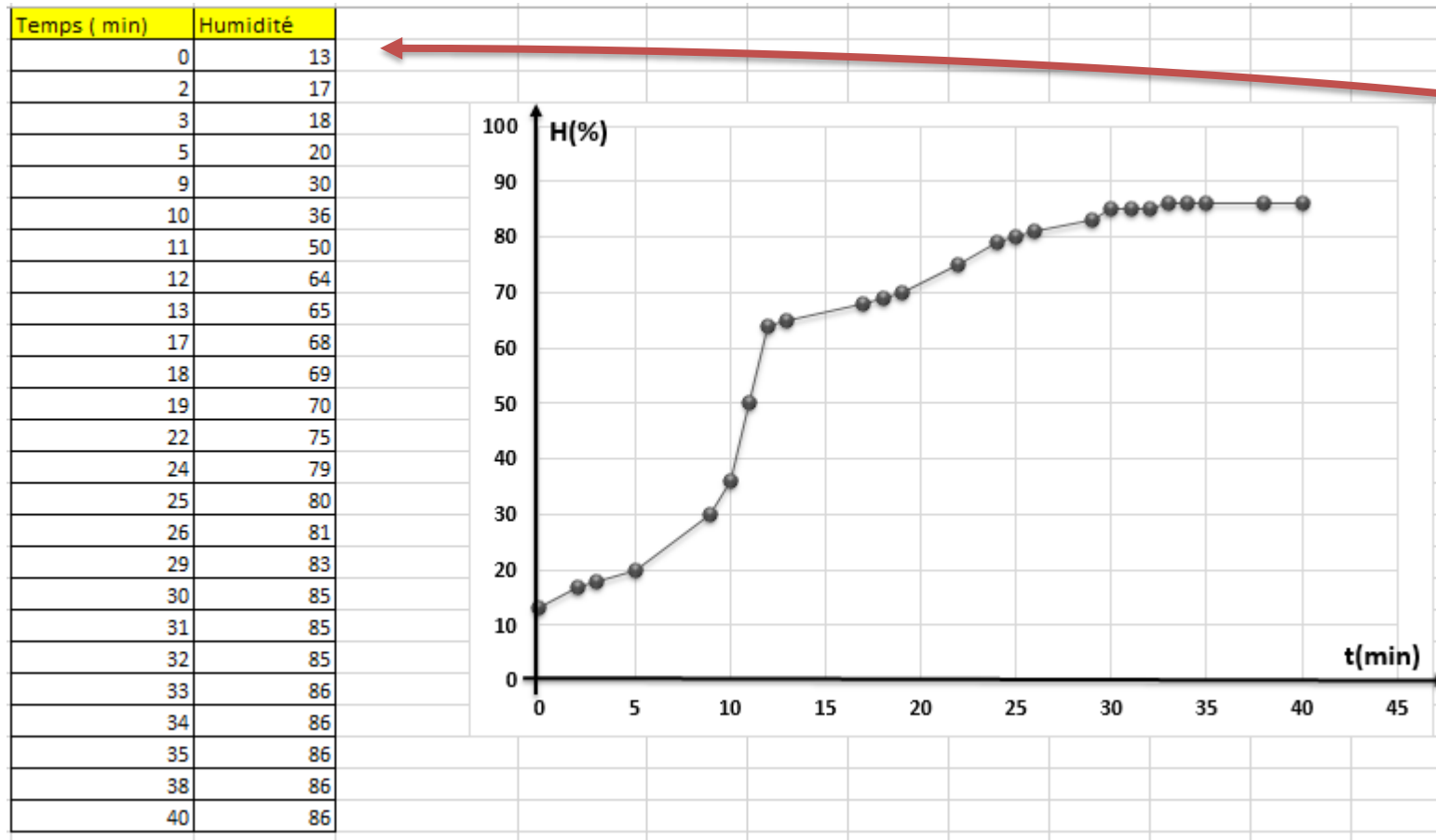
Vent 10 km/h	Humidité 11%	Ressenti 39°	Visibilité 10 km
Indice UV 6	Pression 1016 hPa	Point de ... 1°	

METEO:  
Text: 36°C  
Tint : 29°C  
Hext:11%  
Hint:13%

# REGULATION D'HUMIDITE

## Comment ?

En ajoutant de l'eau (0,5L)



SABLE HUMIDE

Evolution de l'humidité en utilisant du sable humide

# REGULATION D'HUMIDITE

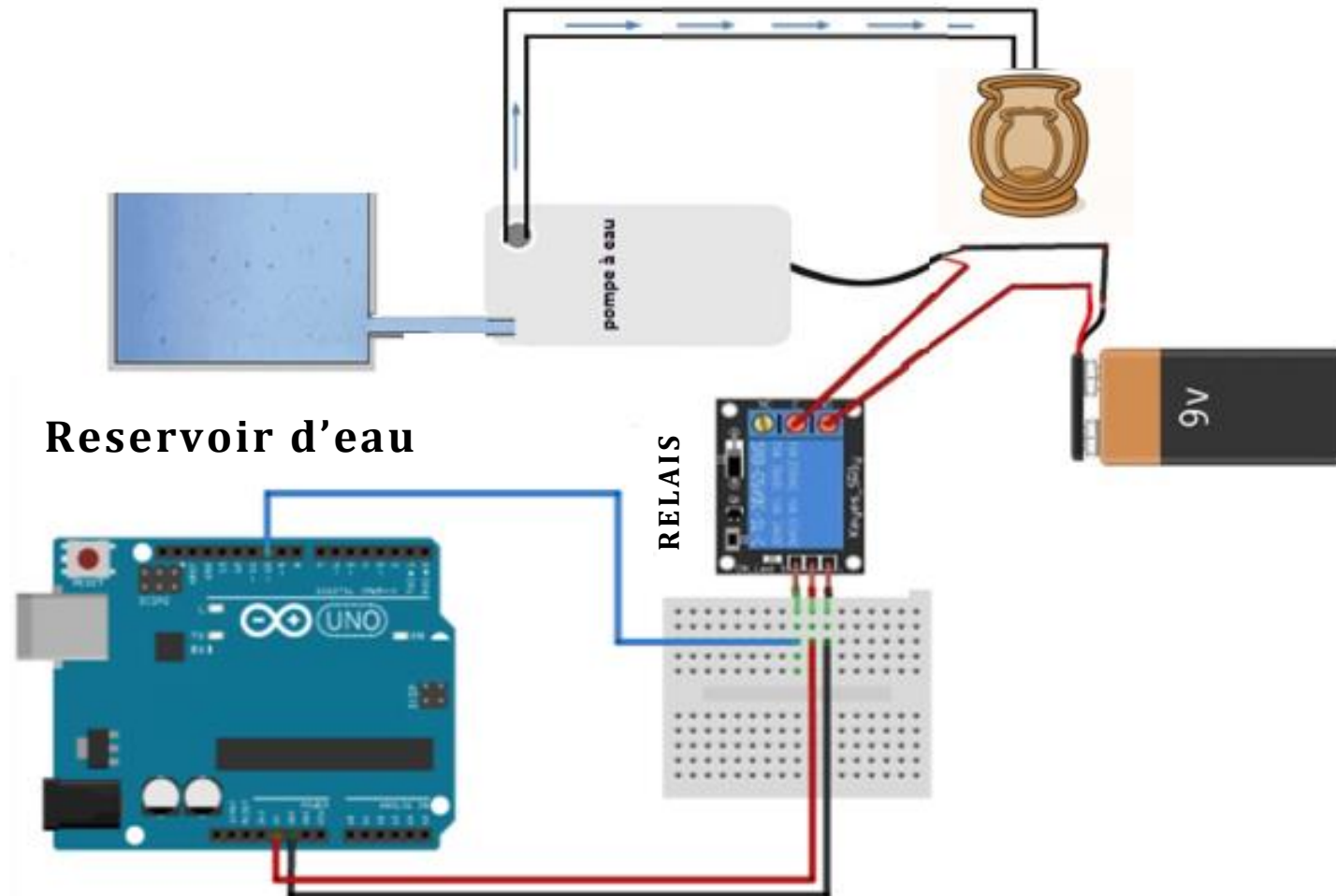
## 📄 Versement de l'eau:

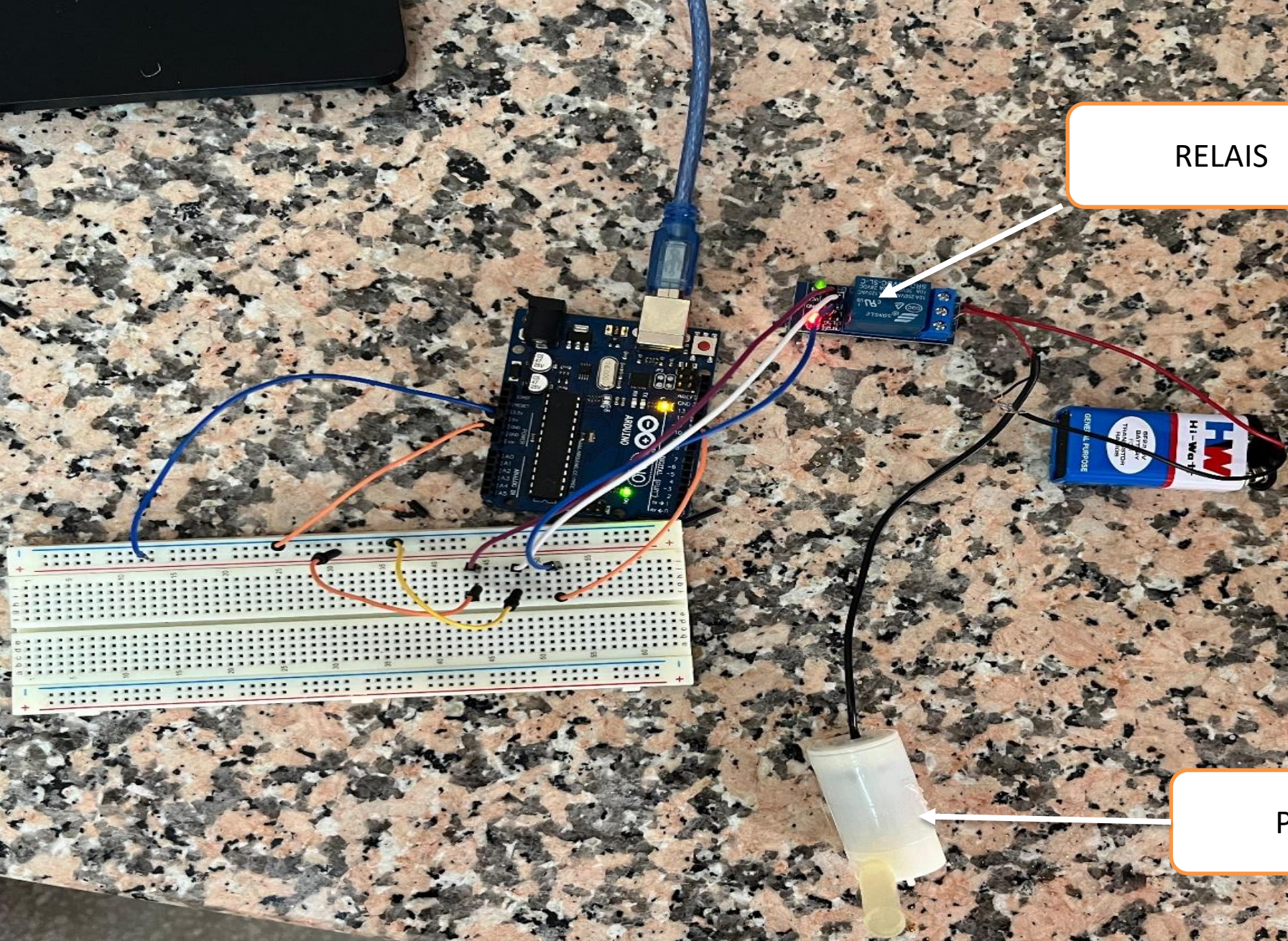
Afin de rajouter de l'eau, j'ai décidé d'utiliser une pompe 3-5V (70-120L/h)



pompe à eau

## 📄 Shema de montage:





RELAIS

Pompe

# □ Traitement de la problématique:

Objectif 3:

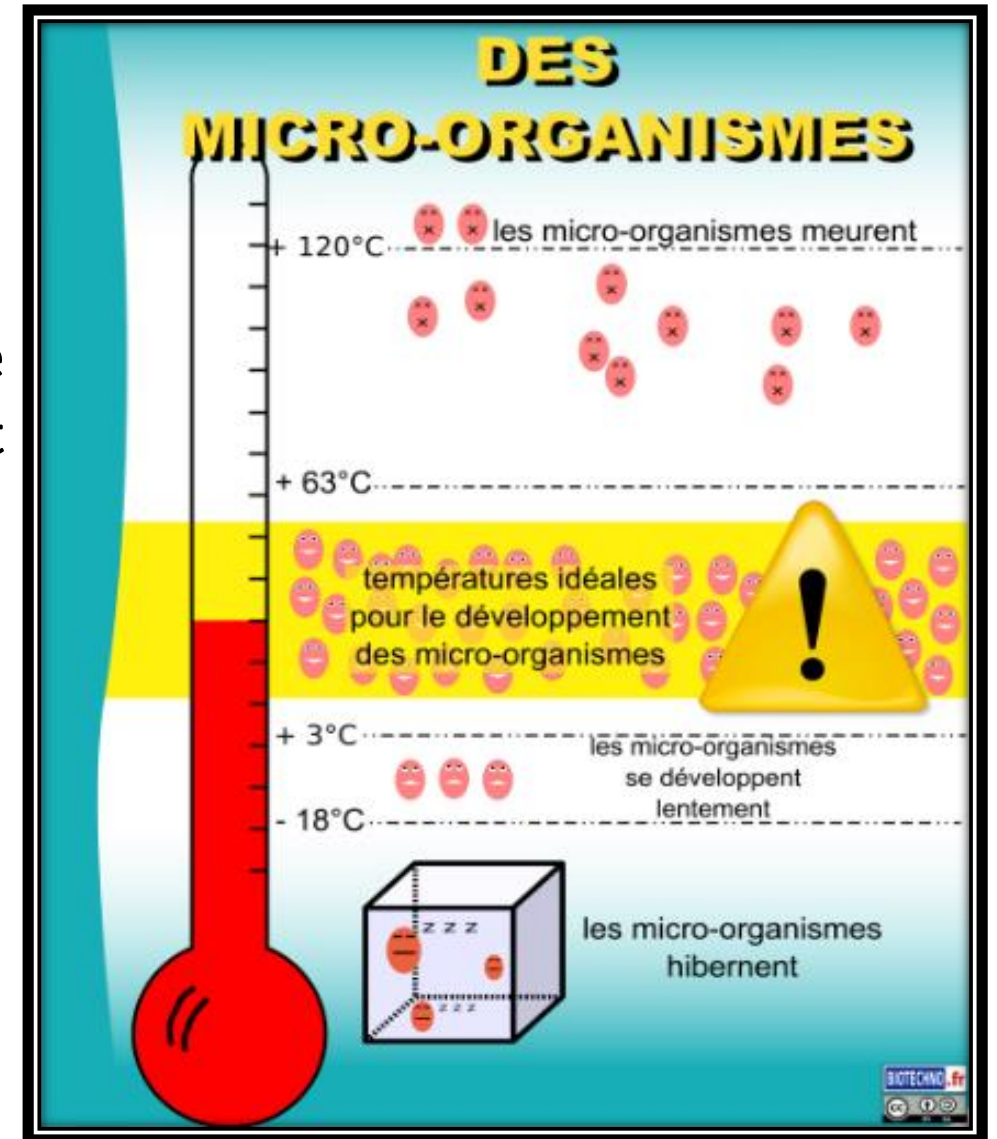
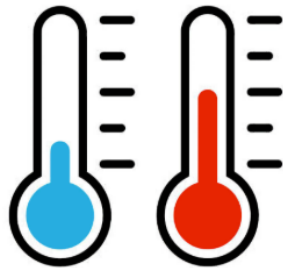
## ➤ Régulation des paramètres (H,T)

→ 2.1 Réguler les variations d'humidité

→ 2.2 Réguler les variations de température

# REGULATION DE LA TEMPERATURE

Entre 4 °C et 60 °C, les bactéries se développent rapidement et peuvent produire des toxines dangereuses.



# REGULATION DE LA TEMPERATURE

## Élément de refroidissement:

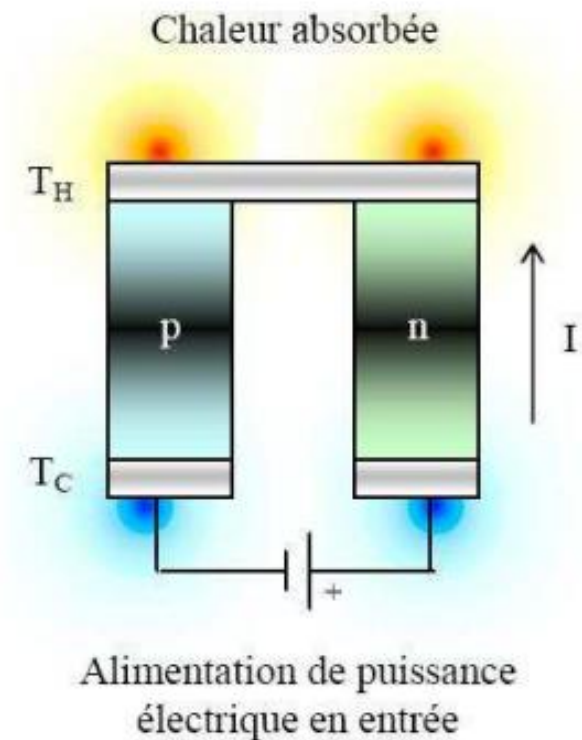
Module Peltier:



## Description:

Le module Peltier est un dispositif thermoélectrique qui utilise **l'effet Peltier** pour transférer de la chaleur d'un côté à l'autre lorsqu'un courant électrique le traverse. Cela crée un côté chaud et un côté froid. Il est souvent utilisé pour le refroidissement des composants électroniques ou pour des applications de réfrigération à petite échelle.

## Effet Peltier , c'est quoi ?



# REGULATION DE LA TEMPERATURE

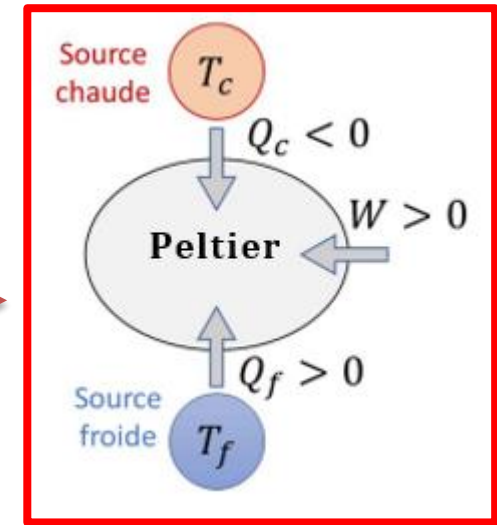
## Caractéristiques du module :

<b>Tension</b>	<b>12 V</b>
<b>Puissance max (Qfmax)</b>	<b>55 W</b>
<b>Dimensions</b>	<b>40 × 40 × 3.4 mm</b>
<b>VCC (fil rouge)</b>	<b>Oui</b>
<b>GND (fil noir)</b>	<b>Oui</b>
<b>Température max</b>	<b>80 °C</b>
<b>Température min</b>	<b>-40 °C</b>
<b>Courant maximal</b>	<b>6 A</b>
<b>Durée de vie</b>	<b>200 000 h</b>



# REGULATION DE LA TEMPERATURE

Le module Peltier est une machine thermique réceptrice



 Efficacité d'une machine thermique

L'efficacité d'un récepteur thermique fonctionnant en réfrigérateur est le rapport du transfert thermique  $Q_f$  prélevé à la source froide sur le travail  $W$  fourni à la machine :

$$e = \frac{Q_f}{W}$$

# REGULATION DE LA TEMPERATURE

## Effacité du module Peltier :

Coefficient de performance: COP (efficacité)

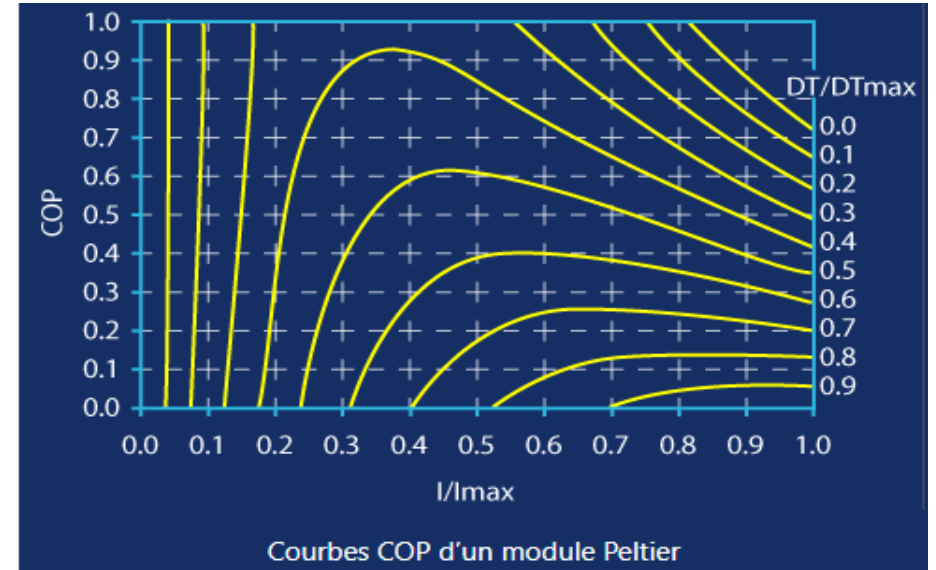
$$COP = e = \frac{Q_F}{P_{elec}}$$

Le COP est en principe l'efficacité de l'élément Peltier lors du refroidissement.

### Calculons le COP pour TEC1-12706:

Un module Peltier TEC1-12706 a :

- $V=12V$
- $I_{nominal} = 5 - 6A$
- $P_{elev} = V \times I \approx 60 - 72W$
- $Q_f = 55w$



Le meilleur COP est généralement compris entre 0.3 et 0.7

$$COP = \frac{Q_f}{P_{elec}} = \frac{55}{60} = 0.92$$

Le module n'est pas efficace



C/C : Besoin d'un dissipateur thermique

# REGULATION DE LA TEMPERATURE

## Dimensionnement du dissipateur thermique:

Pour garantir le bon fonctionnement du module, la température côté chaud doit rester inférieure à:

$$T_{max} = 70^{\circ}\text{C}$$

Température de l'air ambiant:

$$T_{amb} = 30^{\circ}\text{C}$$

Calcul de la chaleur à dissiper côté chaud

$$Q_c = Q_f + P_{elec} = 55 + 60 = 115\text{W}$$

Résistance thermique maximale du dissipateur :

$$R_{th} < \frac{T_{max} - T_{amb}}{Q_c} = \frac{40}{115} \approx 0,35^{\circ}\text{C/W}$$

Cette valeur est difficilement atteignable avec un dissipateur passif, d'où la nécessité d'un dissipateur actif. (radiateur + ventilateur)

# REGULATION DE LA TEMPERATURE



## Choix du dissipateur:

TDEX3132/100FMF12G



## Caractéristique:

- Modèle : TDEX3132/100FMF12G
- Dimensions (mm) : 100 x 101.6 x 77
- Masse : 650g
- Matériau : Aluminium 6035-T5 anodisé
- Ventilateur : 92mm, 12V, 2.0W

- $R_{th} (^{\circ}C/W)$  : 0.16  $^{\circ}C/W$
- Applications : Peltier (40x40mm, jusqu'à 80W), semi-conducteurs

- $R_{th}=0,16^{\circ}C/W < 0,35^{\circ}C/W$
- Applicable pour le refroidissement des peltiers
- Disponible dans le marché

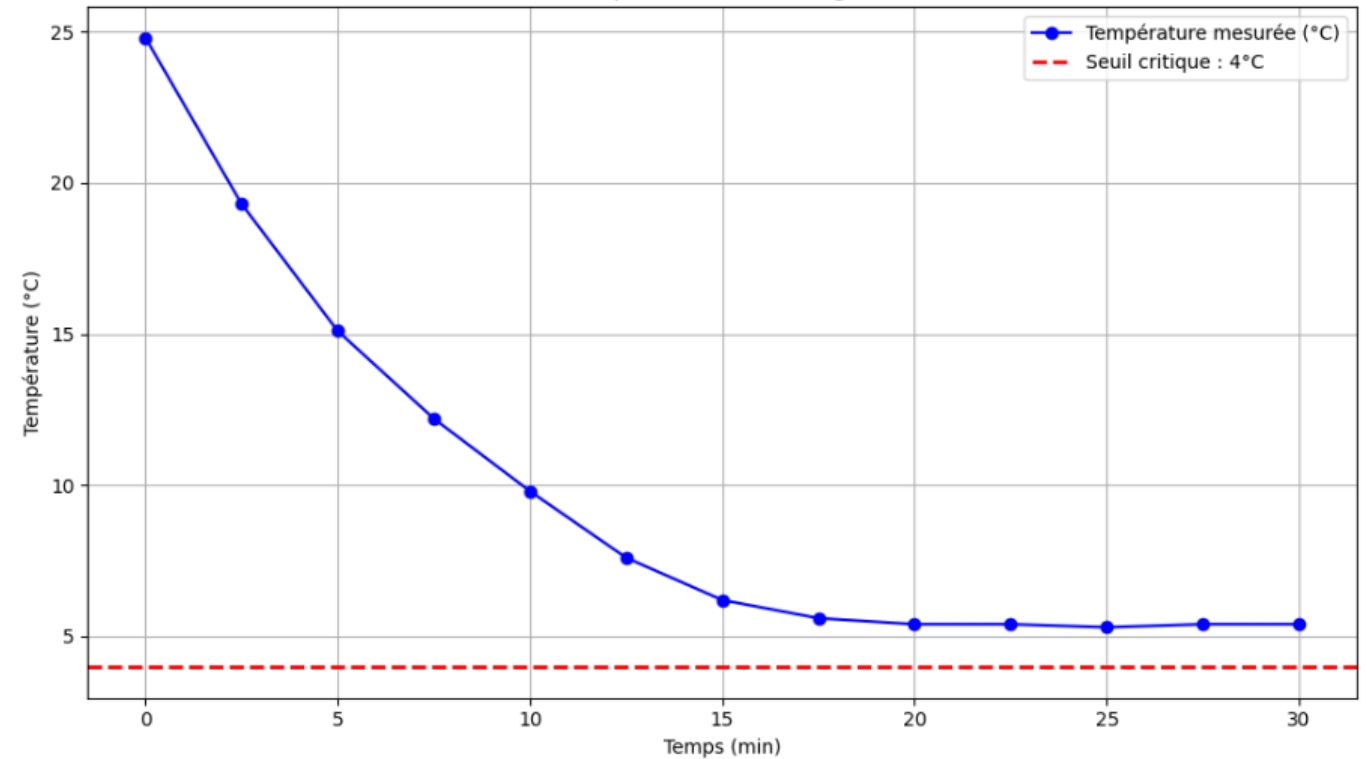
# REGULATION DE LA TEMPERATURE



## TEST DU MODULE + DISSIPATEUR:



Évolution de la température dans le frigo à module Peltier



Code python de l'évolution de la température

# REGULATION DE LA TEMPERATURE

## Observation:

Malgré l'activation du module Peltier, la température interne du système n'a pas atteint l'objectif visé (inférieur à 4 °C), seuil critique pour freiner le développement microbien selon les normes de conservation alimentaire.

## Limites identifiées:

- Dissipation thermique encore insuffisante
- Mauvaise isolation thermique
- Température ambiante élevée

## Amélioration possibles:

- Renforcer l'isolation thermique (parois réfléchissante, polystyrène...)
- Choisir un dissipateur thermique plus performant



# □ Traitement de la problématique:

Objectif 4:

**Réaliser un prototype fonctionnel**

# RÉALISER UN PROTOTYPE FONCTIONNEL

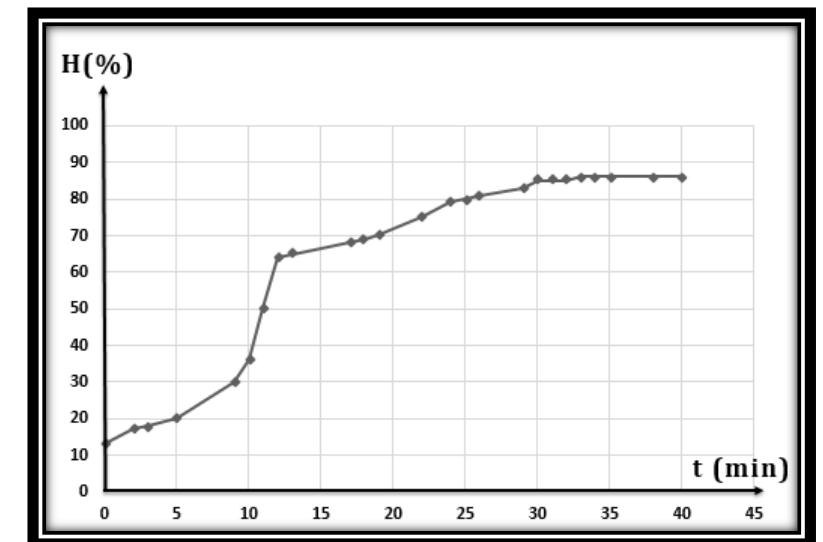
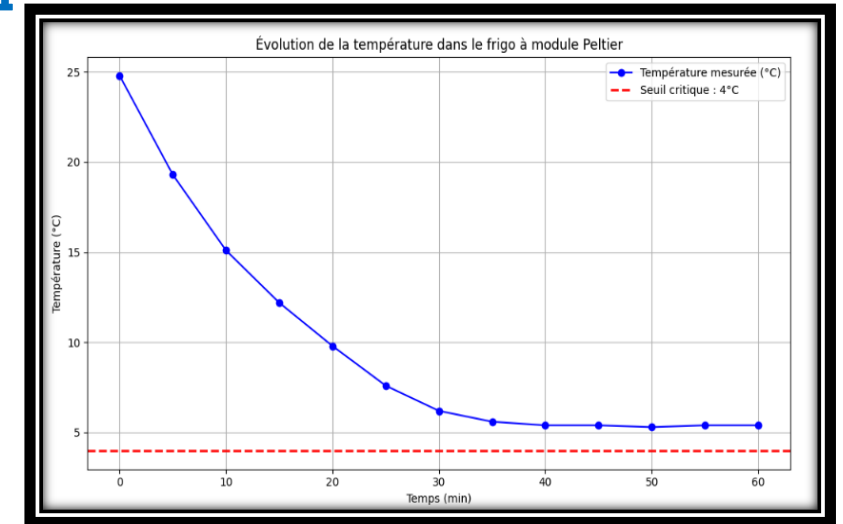
## ❑ REALISATION DE L'ALGORITHME DE FONCTIONNEMENT:

### Gestion de la température:

- Le module Peltier fonctionne une fois que la température est supérieur à 4°C

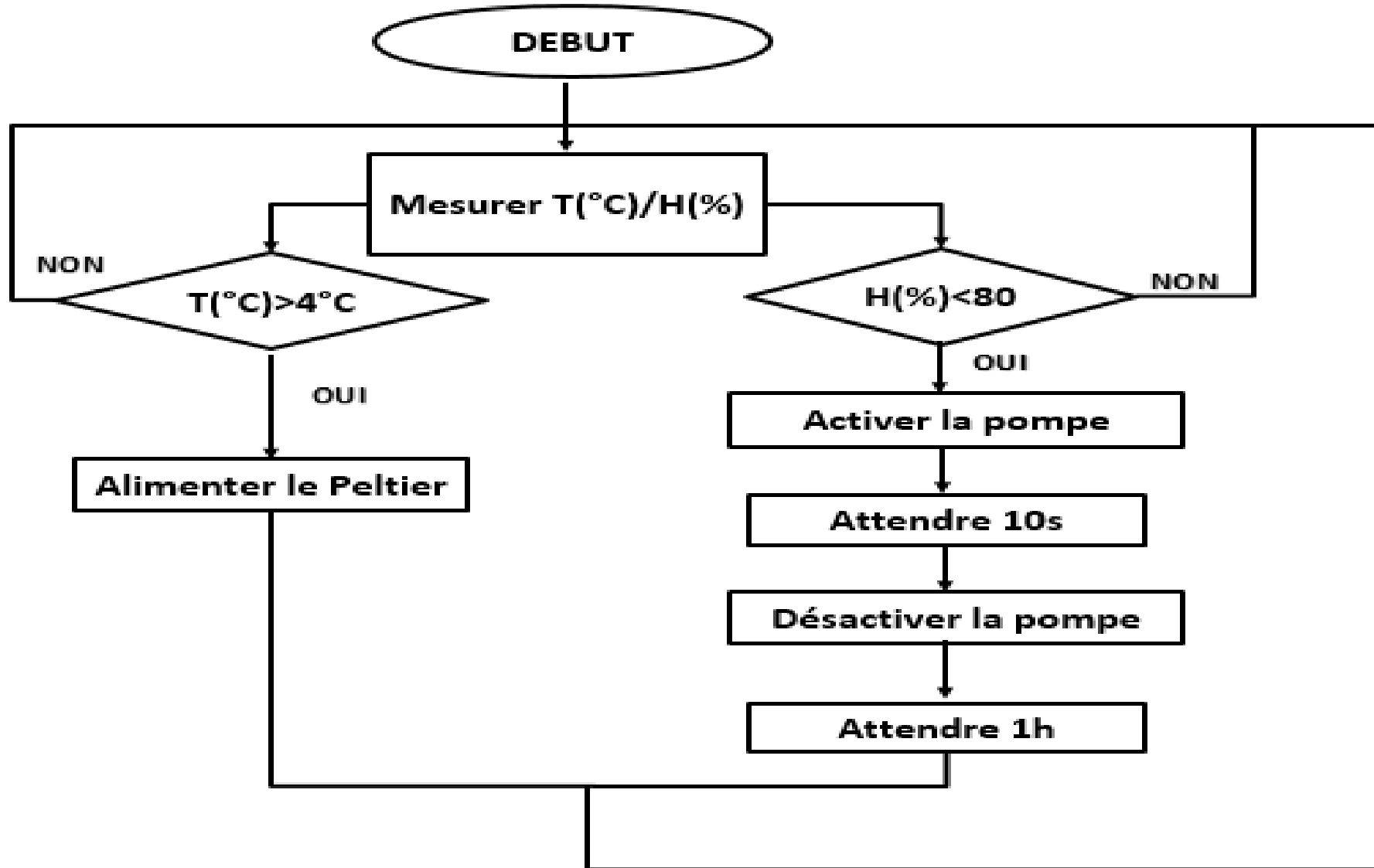
### Gestion d'humidité:

- Après avoir versé 0,5 L d'eau, l'humidité s'est stabilisée autour de 86 % au bout de 32 minutes.
  - La pompe doit s'activer pendant une certaine durée, puis une nouvelle mesure de l'humidité doit être effectuée après un certain temps (supérieur à 40 minutes).



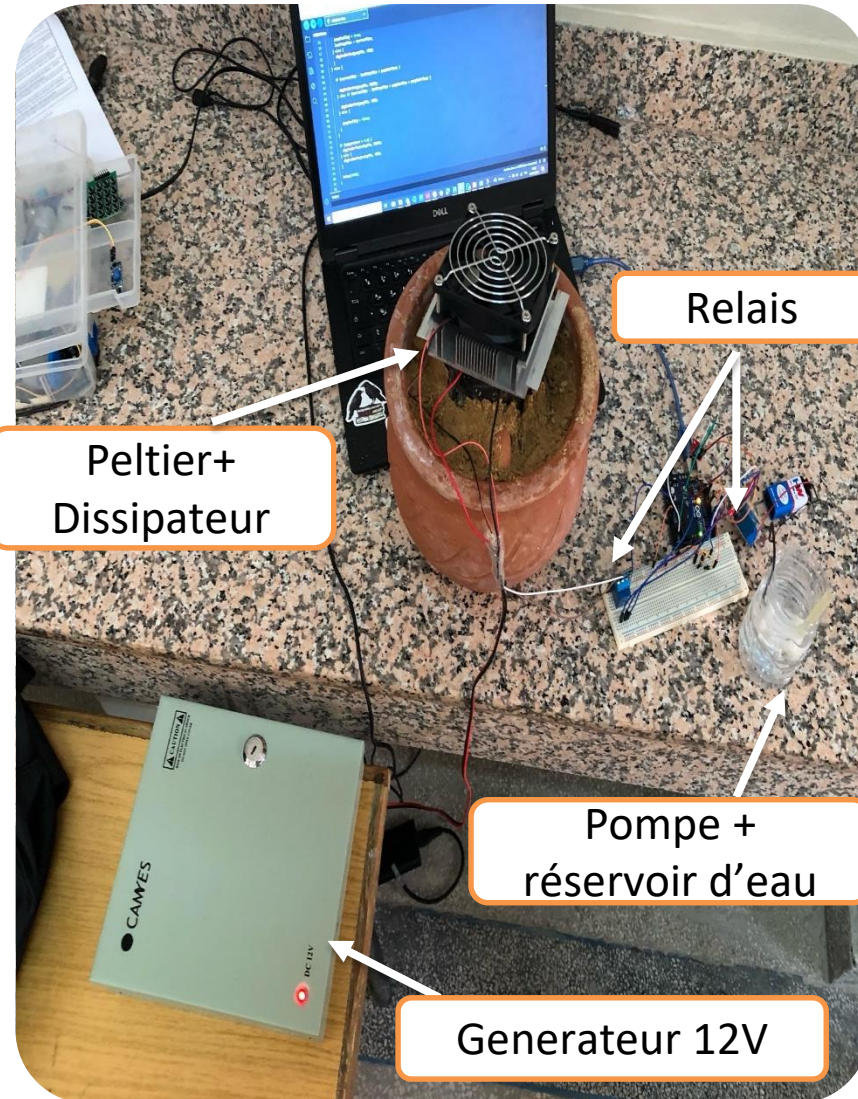
# RÉALISER UN PROTOTYPE FONCTIONNEL

## □ ALGORITHME DE FONCTIONNEMENT:



# RÉALISER UN PROTOTYPE FONCTIONNEL

## □ PROTOTYPE



# CONCLUSION

**MERCI POUR VOTRE  
ATTENTION**

# ANNEXE

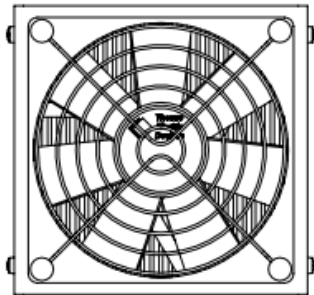
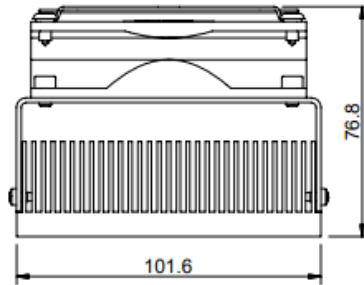
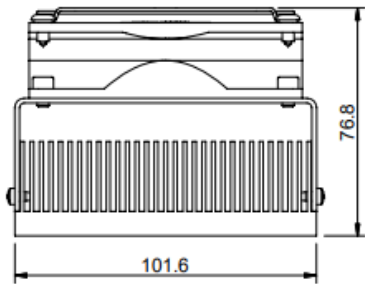


**Thermo  
Electric  
Devices**

## PRODUCT DATA SHEET

TDEX3132/100FMF12G

HIGH PERFORMANCE HEAT SINK / FAN ASSEMBLY



## Applications

The TDEX3132/100FMF/12/G is a high-performance extruded fin aluminium heat sink / fan assembly designed for use with single thermoelectric (Peltier effect) coolers of up to 40mm x 40mm footprint and up to 80W Qmax.

It would be equally suitable for other semiconductor applications requiring high performance within a compact footprint.

- L: 100 W: 101.6 D: 77mm Mass: 650g
- 6035-T5 Aluminium
- Anodized finish
- 92mm 12V (2.0W) fan
- Machined thermal interface = excellent thermal transfer
- 8mm thick sole plate for good thermal conductivity
- Thermal resistance 0.16 deg C/Watt
- Finger guard included

Thermo Electric Devices  
Unit 1 Draycott Business  
Centre  
Draycott  
GL56 9JY  
UK

T: 01386 701703  
F: 01386 701618  
E: [mail@thermoelectricdevices.co.uk](mailto:mail@thermoelectricdevices.co.uk)  
W: [www.thermoelectricdevices.co.uk](http://www.thermoelectricdevices.co.uk)

Thermo Electric Devices reserves the right to change specification without notice.

<https://docs.rs-online.com/a6da/0900766b80a06342.pdf>

# ANNEXE



Thermoelectric Cooler

TEC1-12706

## Performance Specifications

Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I <sub>max</sub> (Amps)	6.4	6.4
V <sub>max</sub> (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30

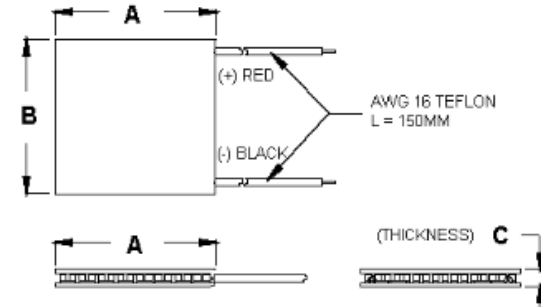


Copyright HB Corporation. HB reserves the right to change these specifications without notice.

Rev 2.03



TEC1-12706



Ceramic Material: Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)  
Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

## Size table:

A	B	C			
40	40	3.8			

## Operating Tips

- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed I<sub>max</sub> or V<sub>max</sub> when operating module.
- Life expectancy: 200,000 hours
- Please consult HB for moisture protection options (sealing).
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.

Copyright HB Corporation. HB reserves the right to change these specifications without notice.

Rev 2.03

# ANNEXE

## ❑ Code simulation du capteur HTU21D:

```
1 #include <Wire.h>
2 #include <Adafruit_Sensor.h>
3 #include <Adafruit_HTU21DF.h>
4 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
5
6 Adafruit_HTU21DF htu = Adafruit_HTU21DF();
7
8
9 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
10
11 void setup() {
12     Serial.begin(9600);
13
14     lcd.init();
15     lcd.backlight();
16
17     lcd.setCursor(0, 0);
18     lcd.print("Initialisation...");
19
20
21     if (!htu.begin()) {
22         Serial.println("HTU21D non detecte");
23         lcd.setCursor(0, 1);
24         lcd.print("Erreur capteur");
25         while (1);
26     }
27
28     Serial.println("Capteur HTU21D OK");
29     delay(1000);
30     lcd.clear();
31 }
```

```
void loop() {
    float temperature = htu.readTemperature();
    float humidity = htu.readHumidity();

    Serial.print("T: ");
    Serial.print(temperature);
    Serial.print(" HR: ");
    Serial.print(humidity);
    Serial.println(" %");

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("T: ");
    lcd.print(temperature, 1);
    lcd.print((char)223); |
    lcd.print("C  ");

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("HR: ");
    lcd.print(humidity, 1);
    lcd.print(" %  ");

    delay(2000);
}
```

# ANNEXE

## ❑ Code finale du système:

### 1. Initialisation

```
1 #include <Wire.h>
2 #include <Adafruit_HTU21DF.h>
3
4 Adafruit_HTU21DF htu = Adafruit_HTU21DF();
5
6 const int pumpPin = 3;
7 const int relayPin = 4;
8
9 const unsigned long pumpRunTime = 30000; // 30 sec
10 const unsigned long pumpWaitTime = 3600000; // 1h
11
12 bool pumpCooling = false;
13 unsigned long lastPumpTime = 0;
14
15 void setup() {
16     Serial.begin(9600);
17     pinMode(pumpPin, OUTPUT);
18     pinMode(relayPin, OUTPUT);
19
20     if (!htu.begin()) {
21         Serial.println("Erreur : capteur HTU21D non détecté !");
22         while (1);
23     }
24 }
25
```

### 2. Gestion de la pompe

```
26 void loop() {
27     float humidity = htu.readHumidity();
28     float temperature = htu.readTemperature();
29     unsigned long currentTime = millis();
30
31     if (!pumpCooling) {
32         if (humidity < 80.0) {
33             digitalWrite(pumpPin, HIGH);
34             Serial.println("Pompe ON");
35             pumpCooling = true;
36             lastPumpTime = currentTime;
37         } else {
38             digitalWrite(pumpPin, LOW);
39         }
40     } else {
41         if (currentTime - lastPumpTime < pumpRunTime) {
42             digitalWrite(pumpPin, HIGH);
43         } else if (currentTime - lastPumpTime < pumpRunTime + pumpWaitTime) {
44             digitalWrite(pumpPin, LOW);
45         } else {
46             pumpCooling = false;
47         }
48     }
49 }
```

### 3. Gestion du module Peltier

```
50     if (temperature > 4.0) {
51         digitalWrite(relayPin, HIGH);
52     } else {
53         digitalWrite(relayPin, LOW);
54     }
55
56     delay(1000);
57 }
58
```

# ANNEXE

## ❑ Code python de la variation de température:

```
import matplotlib.pyplot as plt

time_data = [0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60]
temp_data = [24.8, 19.3, 15.1, 12.2, 9.8, 7.6, 6.2, 5.6, 5.4, 5.4, 5.3, 5.4, 5.4]

plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(time_data, temp_data, marker='o', color='blue', label="Température mesurée (°C)")
plt.axhline(y=4, color='red', linestyle='--', linewidth=2, label="Seuil critique : 4°C")
plt.title("Évolution de la température dans le frigo à module Peltier")
plt.xlabel("Temps (min)")
plt.ylabel("Température (°C)")
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.show()
```