



TRAVAUX D'INITIATIVE  
PERSONNELLE ENCADRÉS  
T.I.P.E. 2025



Transition, transformation,  
conversion

Sujet :

*Systeme d'arrosage intelligente*

préparé par :

Boukroun Marwane

encadré par :

Pr. OUAANABI ABDERRAHMAN

# Plan

## Introduction

**A. Mesure des grandeurs physiques : arrosage**

**B. Commande à distance du système : IoT**

**C. Réalisation d'un prototype**

## Conclusion

# Introduction

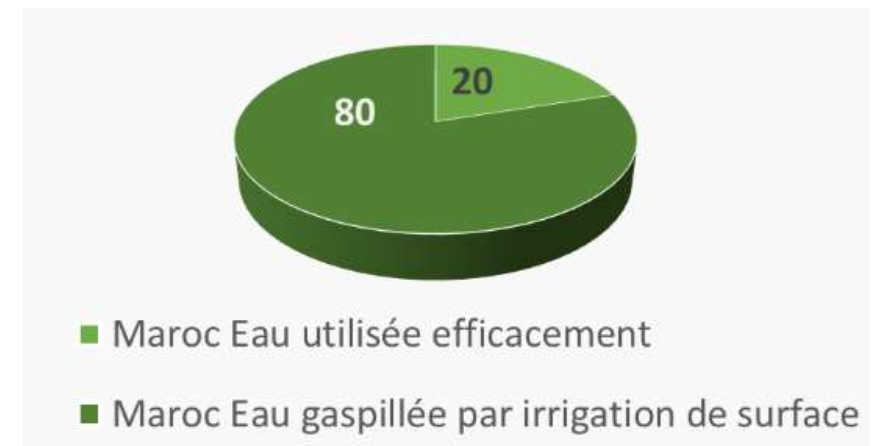
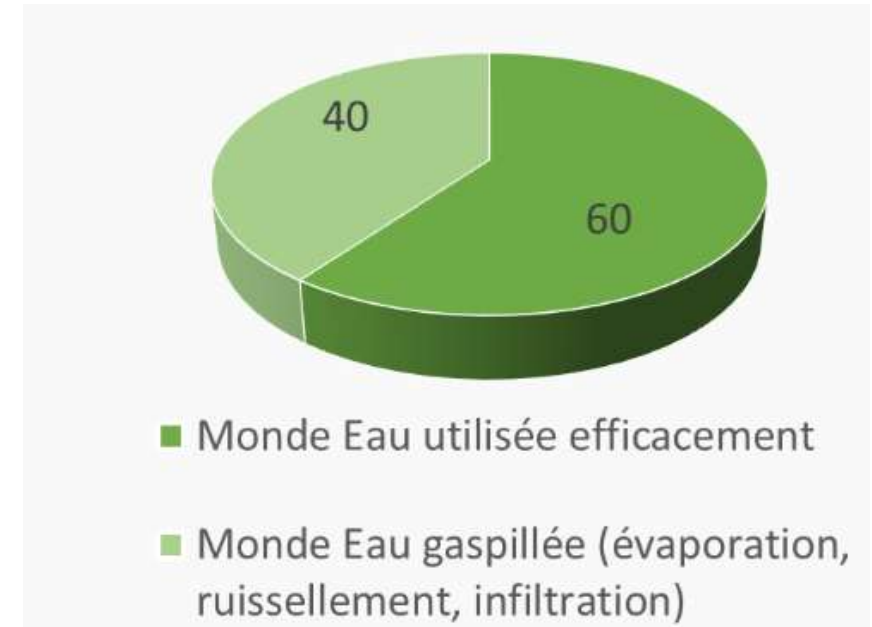
Face à la pénurie croissante d'eau, optimiser l'irrigation devient crucial, surtout en agriculture qui consomme 70 % de l'eau douce mondiale. Des pays comme le Maroc, avec moins de 620 m<sup>3</sup> d'eau par habitant et par an, sont fortement touchés. L'irrigation intelligente émerge ainsi comme une solution technologique prometteuse pour améliorer l'efficacité et limiter le gaspillage.



# Introduction

Ce graphique montre qu'à l'échelle mondiale, 40 % de l'eau utilisée en agriculture est gaspillée, principalement par évaporation, ruissellement ou infiltration, soulignant l'urgence de moderniser les systèmes d'irrigation pour une gestion plus durable de l'eau.

Ce graphique illustre que 80 % de l'eau utilisée en agriculture au Maroc est gaspillée par irrigation de surface, ce qui souligne la nécessité urgente d'adopter des techniques plus économes comme le goutte-à-goutte.



## Problématique

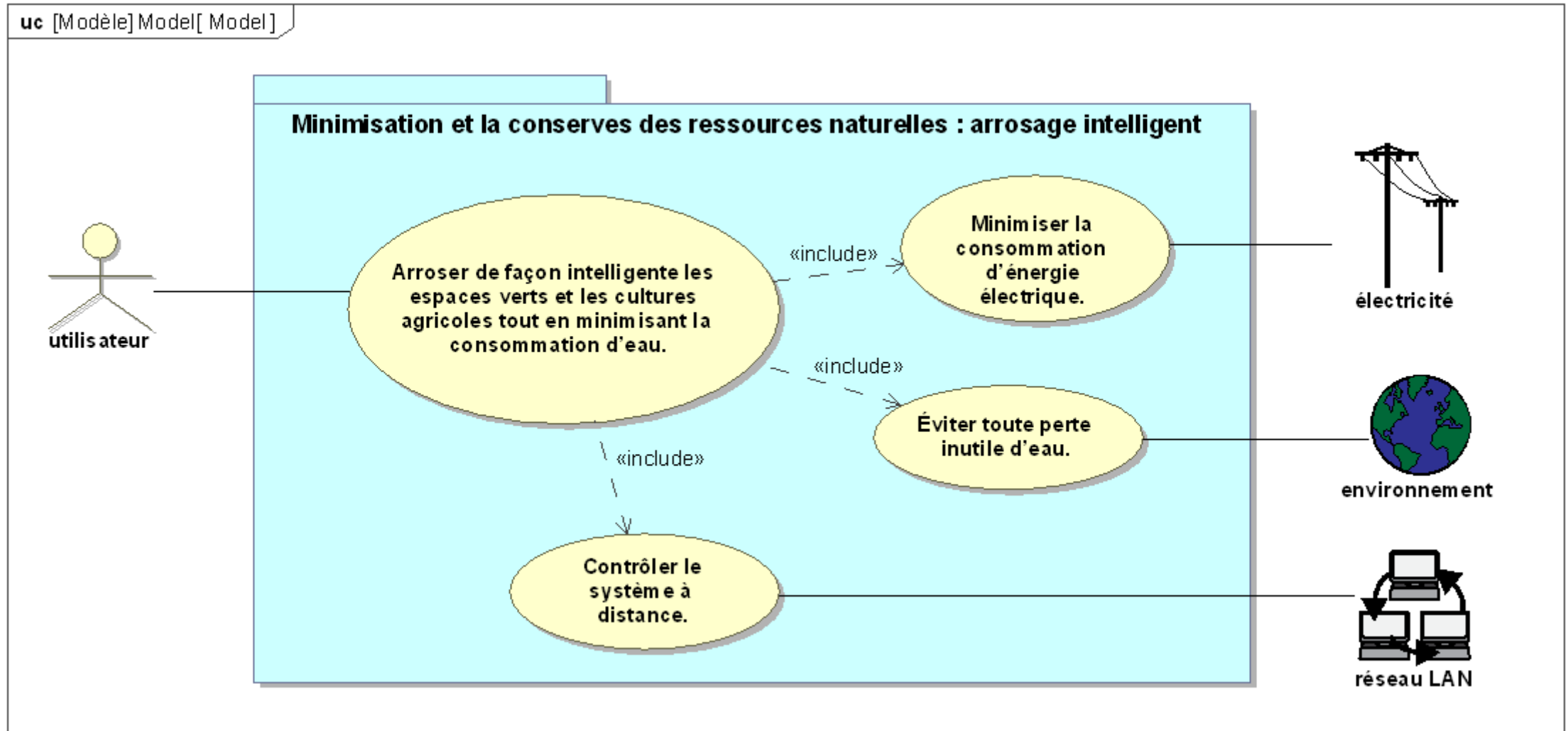
Comment concevoir et mettre en œuvre un système d'arrosage intelligent capable de s'adapter aux besoins réels des plantes (en fonction des paramètres environnementaux tels que l'humidité du sol, la température et l'humidité de l'air, ainsi que la luminosité), afin de minimiser le gaspillage d'eau tout en permettant un pilotage à distance ?

## Objectifs

- Mesurer l'humidité du sol, l'humidité et la température de l'air, ainsi que la luminosité.
- Adapter le temps d'irrigation selon le type de sol et les conditions climatiques.
- Concevoir un algorithme de fonctionnement et le pilotage à distance (IoT) du système d'irrigation.
- Réaliser un prototype fonctionnel.

# Introduction

## Diagramme uc



# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## 1- Mesure de l'humidité de sol

*L'humidité du sol joue un rôle essentiel dans la croissance des plantes, influençant directement leur santé et leur rendement. Aujourd'hui, les technologies modernes visent à surveiller et contrôler cette humidité afin d'adapter l'irrigation, réduire les pertes d'eau et optimiser l'arrosage selon les besoins précis de chaque type de sol.*



# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## Mesure de l'humidité de sol

## Choix de capteur

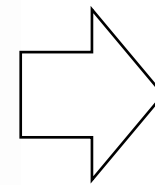
Le choix du capteur d'humidité du sol dépend des besoins de précision et de durabilité. Deux types sont couramment utilisés : les capteurs résistifs, simples mais sensibles à la corrosion, et les capteurs capacitifs, plus stables et adaptés aux mesures à long terme.



capteur capacitif



capteur résistif



Pour des raisons de durabilité et de précision, le capteur d'humidité de type capacitif est le plus recommandé : **Capacitive Soil Moisture Sensor V1.2,**

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

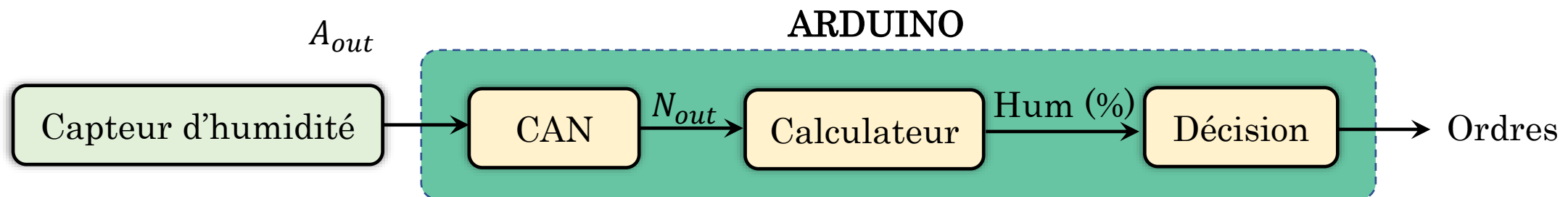
## Mesure de l'humidité de sol

## Capacitive Soil Moisture Sensor V1.2

### □ Caractéristiques techniques :

- Alimentation : 3.3 V à 5.5 V DC
- Sortie : Signal analogique.
- Interface : 3 fils (VCC – GND – AOUT)
- Matériau : PCB recouvert d'un revêtement anti-corrosion

### □ Chaîne d'acquisition de ce capteur :



- $n = 10$  bits ,  $V_{ref} = 5V$

- $q = V_{ref}/2^n$

$$N_{out} = \frac{1}{q} A_{out}$$

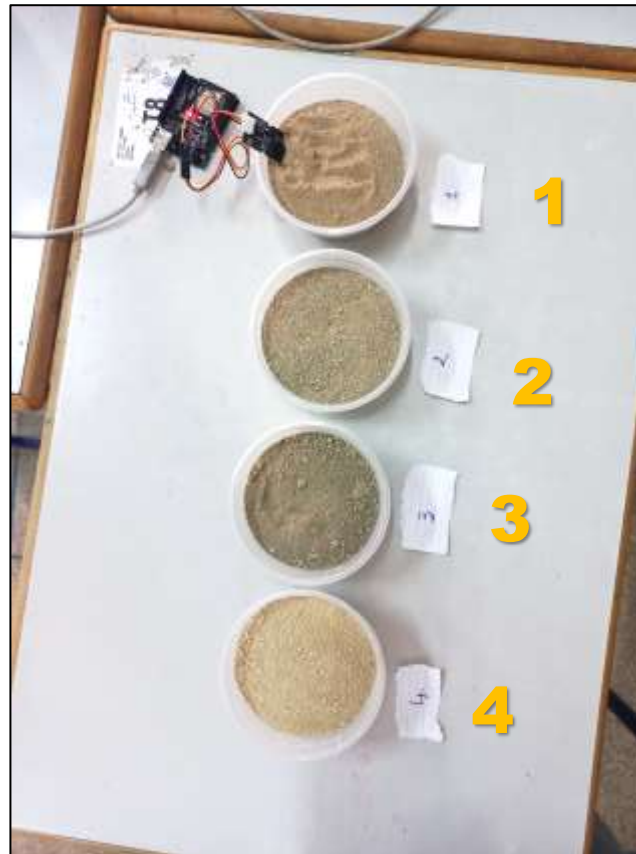
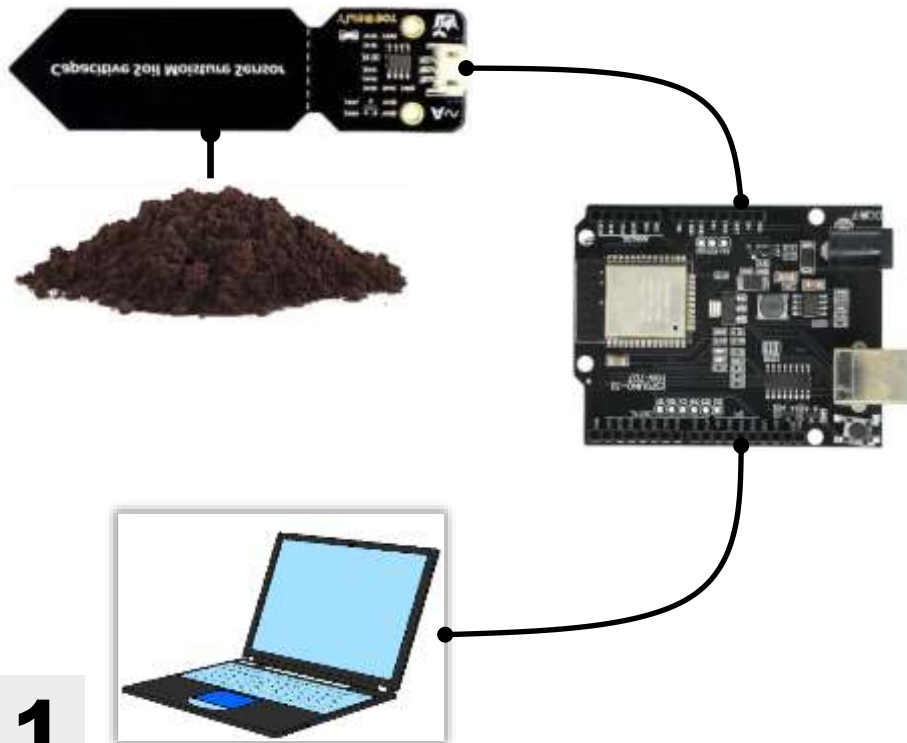
$$H_{um} = \frac{100}{1023} N_{out}$$

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## Mesure de l'humidité de sol

## Expérience N°1

*Cette expérience permet de mesurer l'humidité de différents types de sol à l'aide d'un système goutte-à-goutte, afin d'en déduire le temps d'arrosage optimal et les seuils d'humidité à utiliser pour piloter un système d'irrigation automatique*



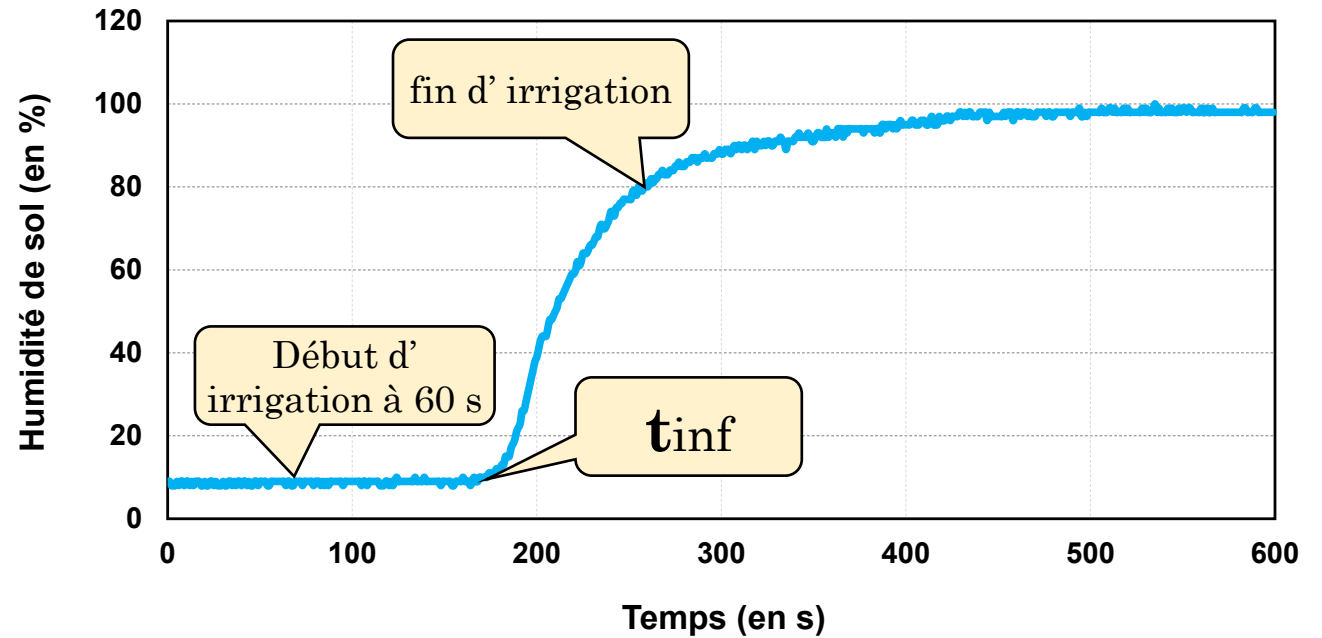
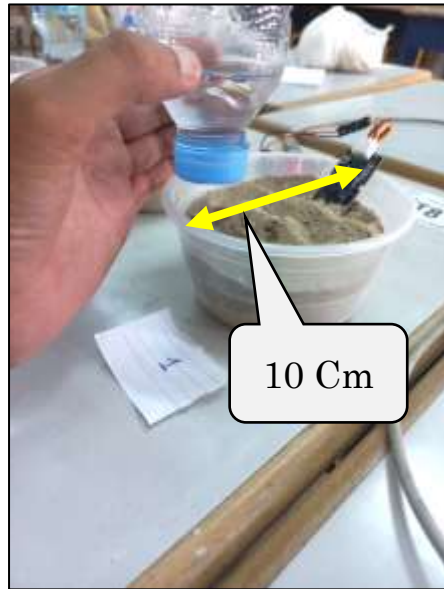
**Les sols testés lors de l'expérience sont :**

- 1 : Sol sableux
- 2 : Sol limoneux
- 3 : Sol argileux
- 4 : Sol calcaire

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## Mesure de l'humidité de sol

## Expérience N°1 (sol sableux)



### Les mesures extraites :

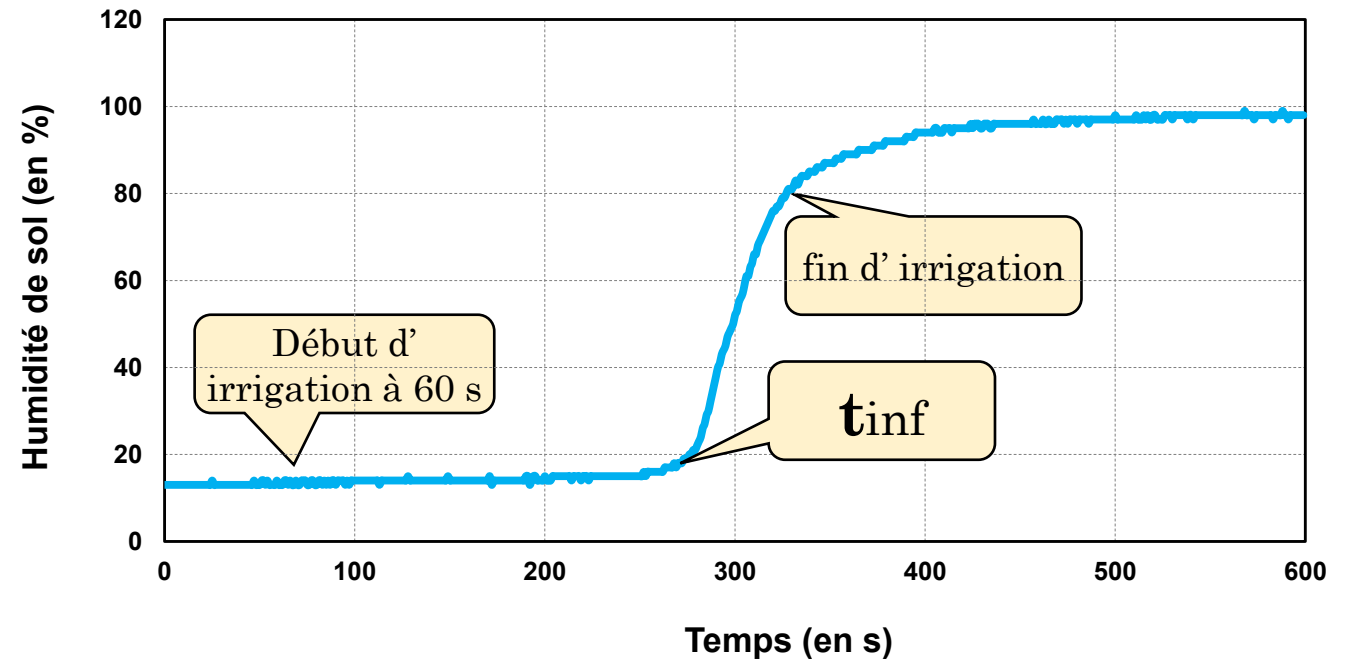
- ✓ L'humidité à l'état initial : 9%
- ✓ Le temps au point optimal (80%) :  $t_{80\%} = 260$  s

- ✓ Le temps d'arrosage :  $t_{ar} = 3$  min 20 s
- ✓ Temps d'infiltration :  $t_{inf} = 175$  s

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## Mesure de l'humidité de sol

## Expérience N°1 (sol limoneux)



### Les mesures extraites :

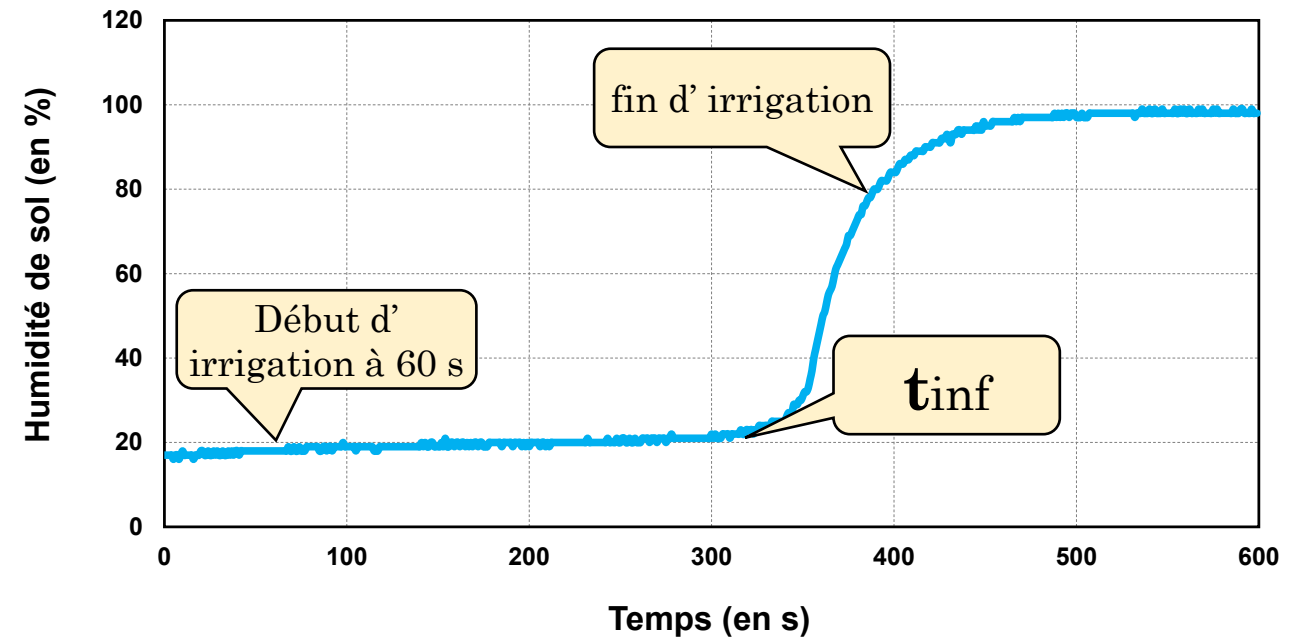
- ✓ L'humidité à l'état initial : 14%
- ✓ Le temps au point optimal (80%) :  $t_{80\%} = 327$  s

- ✓ Le temps d'arrosage :  $t_{ar} = 4$  min 27 s
- ✓ Temps d'infiltration :  $t_{inf} = 275$  s

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## Mesure de l'humidité de sol

## Expérience N°1 (sol argileux)



### Les mesures extraites :

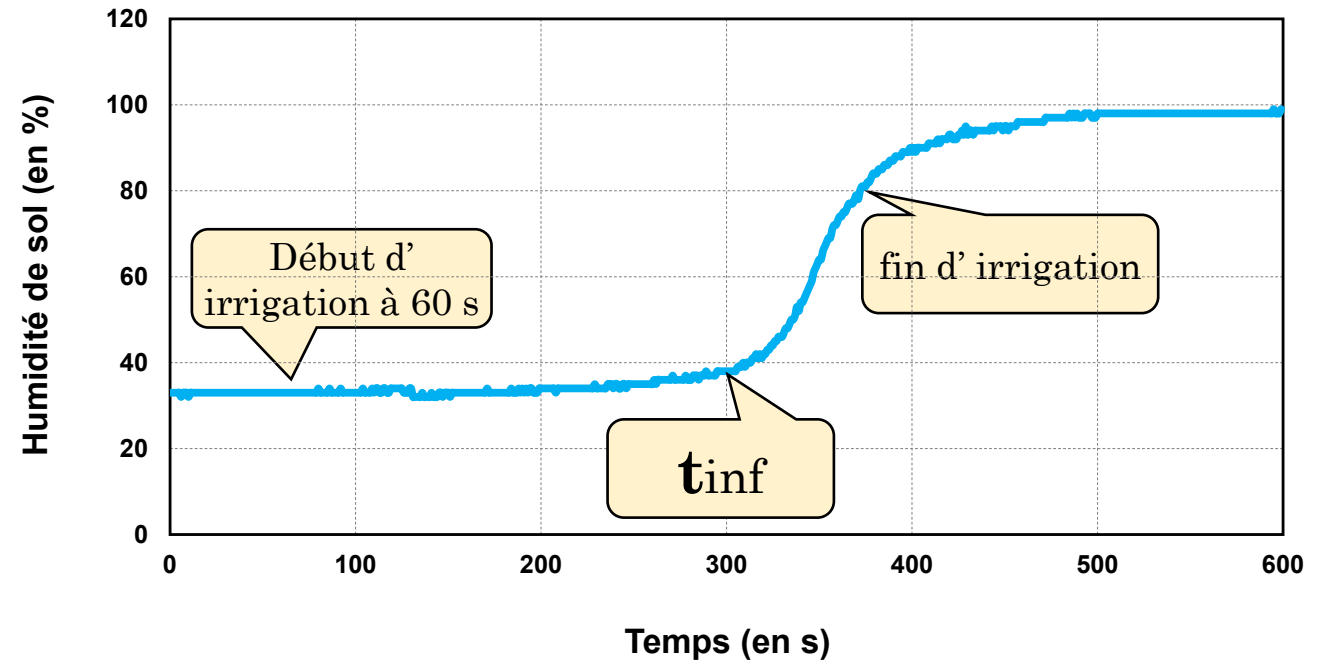
- ✓ L'humidité à l'état initial : 18%
- ✓ Le temps au point optimal (80%) :  $t_{80\%} = 390$  s

- ✓ Le temps d'arrosage :  $t_{ar} = 5$  min 30 s
- ✓ Temps d'infiltration :  $t_{inf} = 320$  s

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## Mesure de l'humidité de sol

## Expérience N°1 (sol calcaire)



### Les mesures extraites :

- ✓ L'humidité à l'état initial : 33%
- ✓ Le temps au point optimal (80%) :  $t_{80\%} = 372$  s

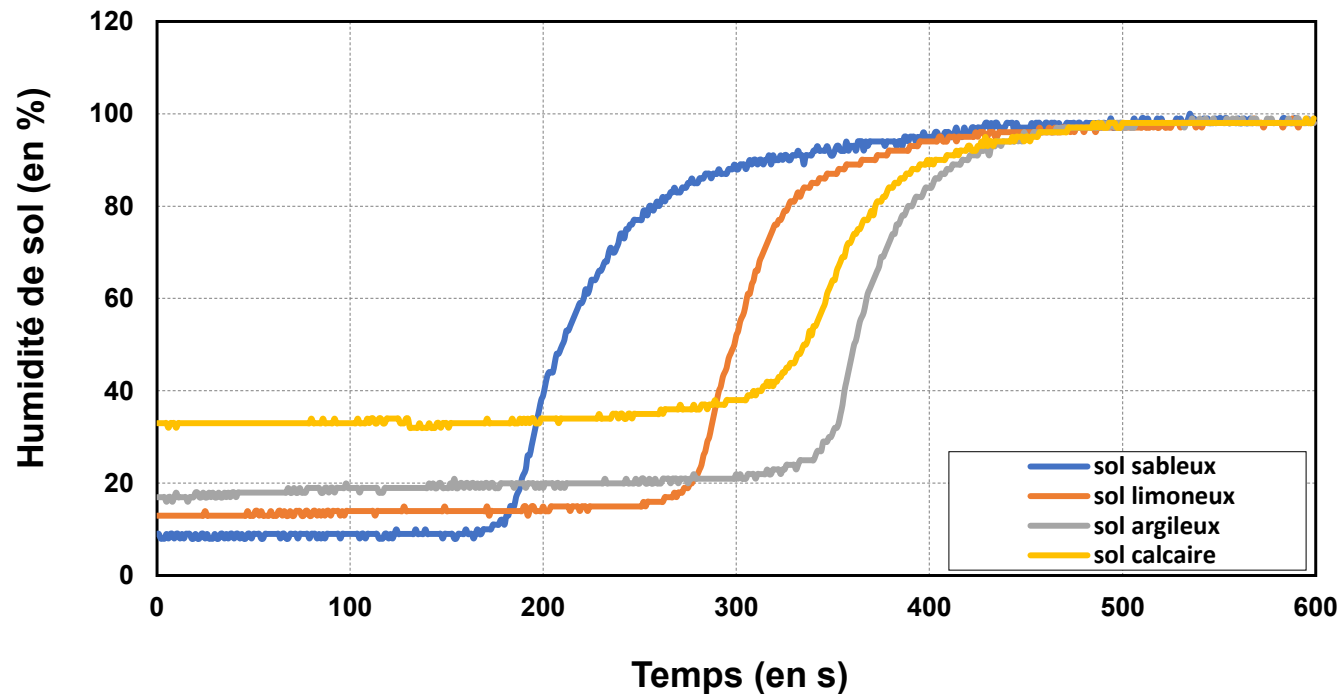
- ✓ Le temps d'arrosage :  $t_{ar} = 5$  min 12 s
- ✓ Temps d'infiltration :  $t_{inf} = 300$  s

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## Mesure de l'humidité de sol

## Expérience N°1

Ces graphiques montrent le temps nécessaire pour atteindre 80 % d'humidité sous arrosage goutte-à-goutte selon le type de sol. Le sol sableux absorbe rapidement l'eau (~200 s), suivi du sol limoneux (~267 s), puis du sol calcaire (~312 s). Le sol argileux est le plus lent à s'humidifier (~330 s). Ces résultats permettent d'adapter la durée d'arrosage en fonction de la nature du sol pour économiser l'eau.

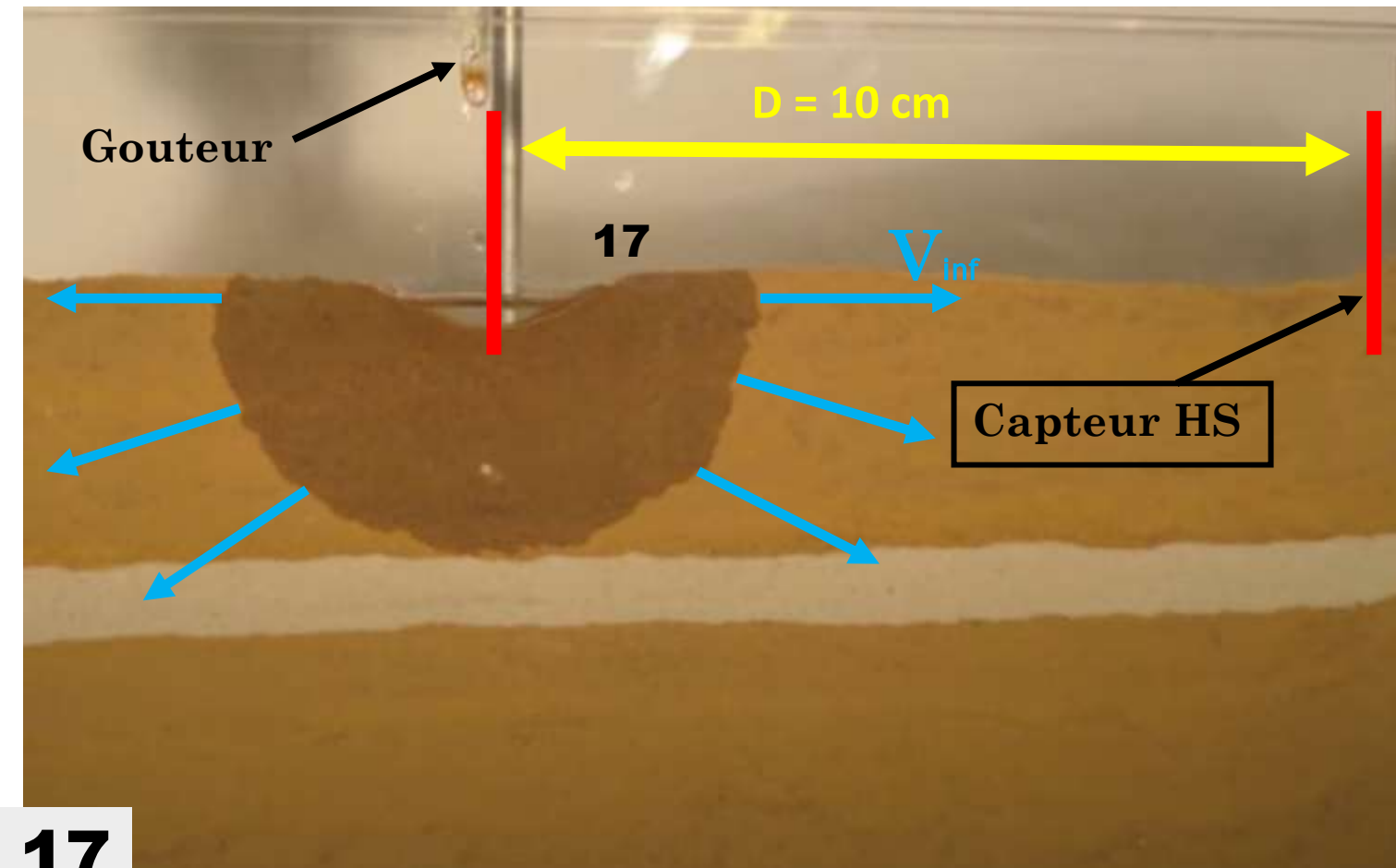


# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## Mesure de l'humidité de sol

## Expérience N°1

### Vitesse d'infiltration



$$V_{inf} = \frac{D}{t_{inf} \cdot 2}$$

1.  $V_{inf}$  (sableux) =  $2,8 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
2.  $V_{inf}$  (limoneux) =  $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
3.  $V_{inf}$  (argileux) =  $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
4.  $V_{inf}$  (calcaire) =  $1,66 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## 1- Mesure la température et l'humidité de l'air

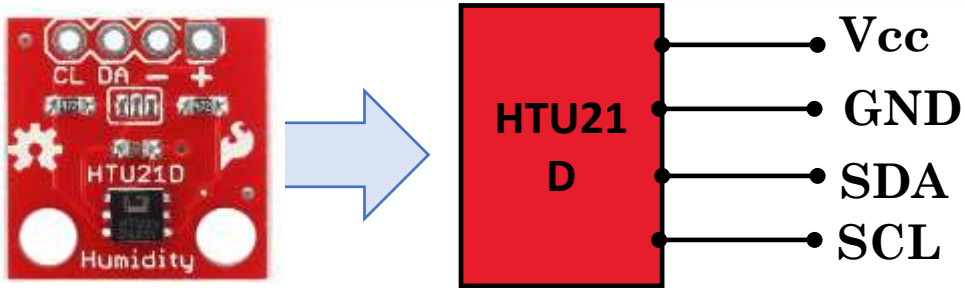
*La température et l'humidité de l'air ont un impact direct sur l'évaporation de l'eau et le bien-être des plantes. Une surveillance précise de ces paramètres permet d'ajuster l'arrosage en fonction des conditions climatiques, évitant ainsi le stress hydrique et optimisant la consommation d'eau.*



# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## 2- Mesure la température et l'humidité de l'air

### Capteur HTU21D

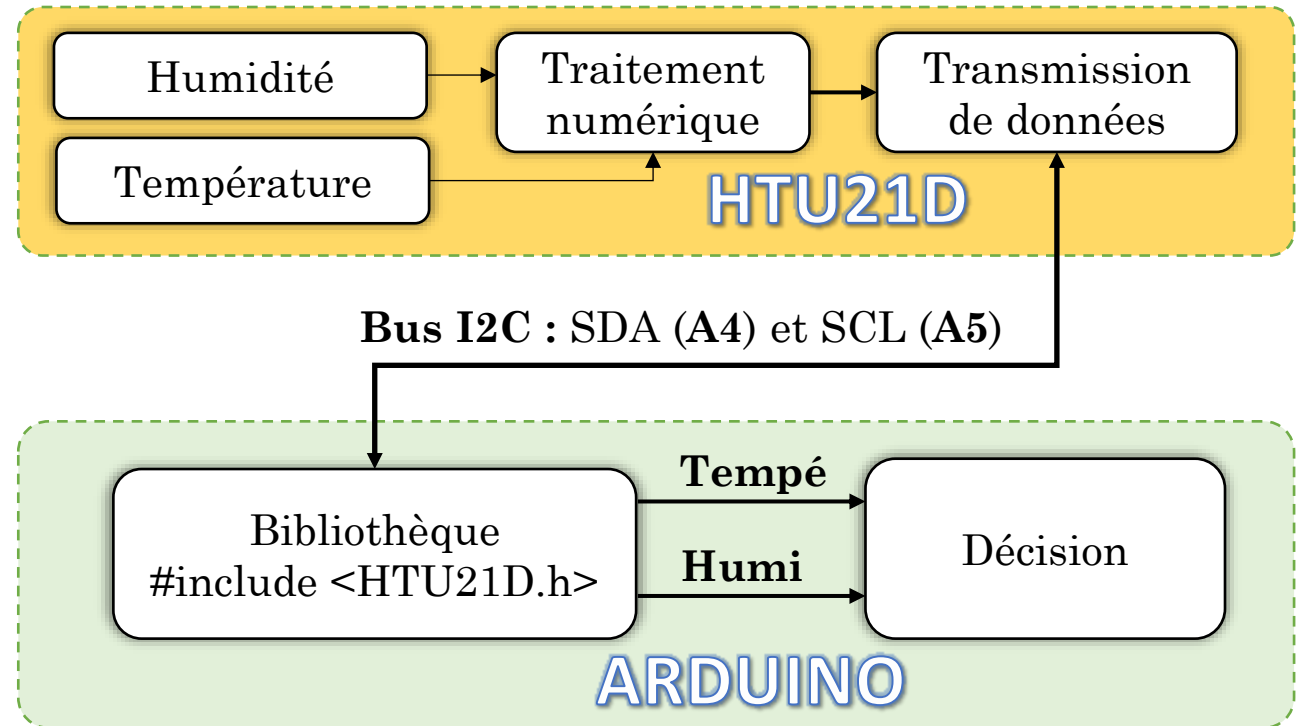


SDA et SCL broches de bus I2C

### Caractéristiques

- **Température** : - 40°C à 105°C
- **Humidité** : 0-100% RH
- **Alimentation** : 3.2V

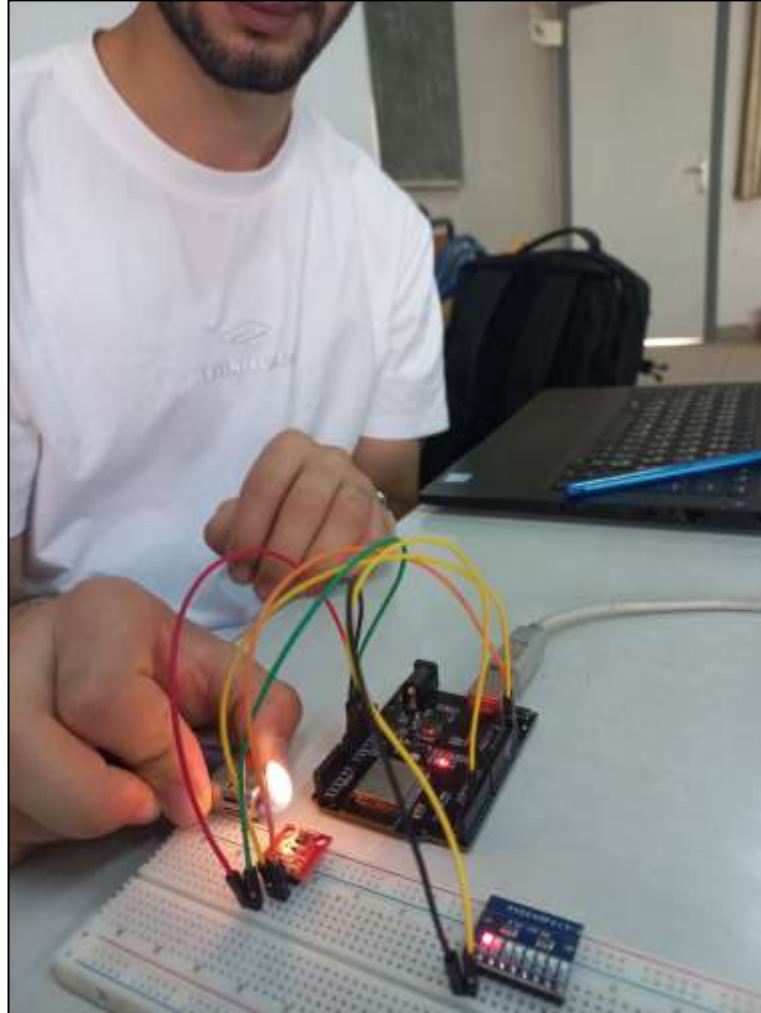
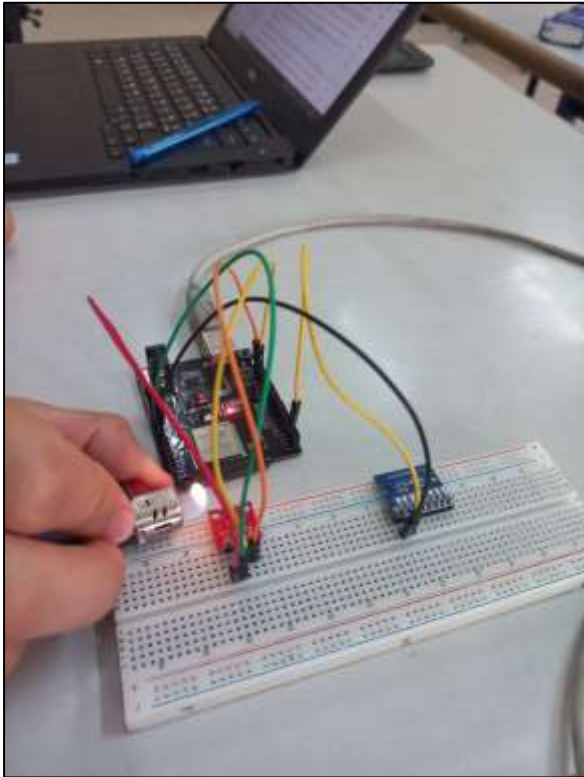
### Chaîne d'acquisition



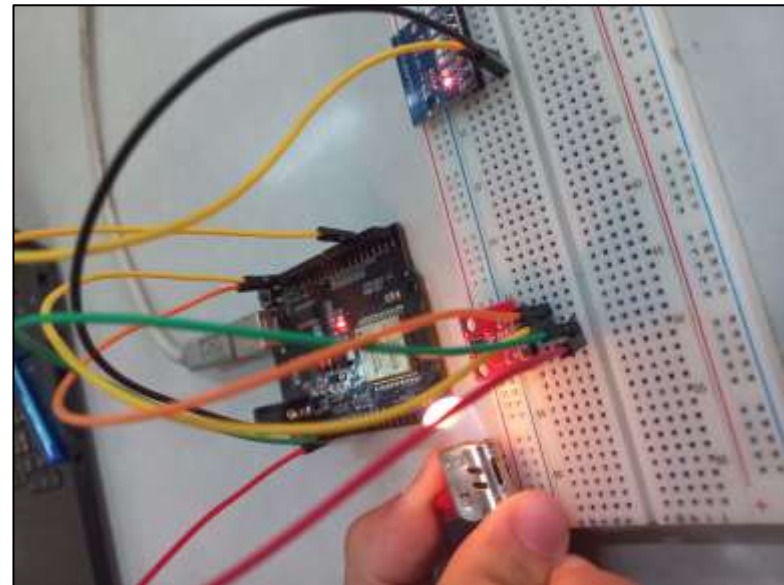
# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## 2- Mesure la température et l'humidité de l'air

## Expérience 2



```
Sortie  Moniteur série x
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM5')
Temperature (°C): 31.75
Humidity (%RH): 39.69
Temperature (°C): 31.75
Humidity (%RH): 37.04
Temperature (°C): 31.66
Humidity (%RH): 35.71
Temperature (°C): 31.56
Humidity (%RH): 35.05
```

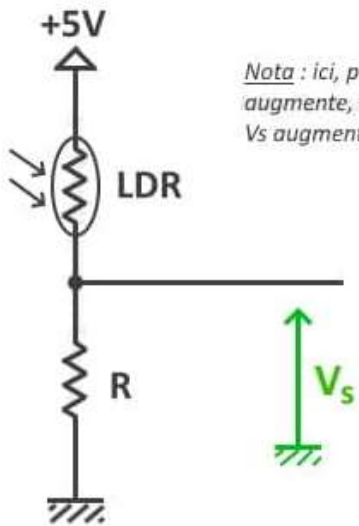


# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

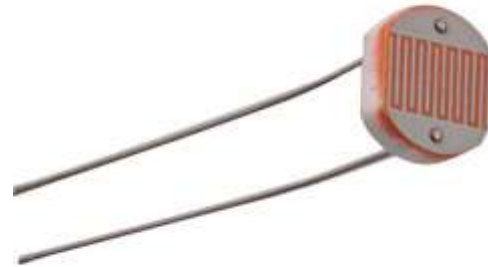
## 3- Mesure de la lumière

La lumière joue un rôle important dans la croissance des plantes ; plus une plante reçoit de lumière, plus ses besoins en eau peuvent augmenter en raison d'une évapotranspiration plus forte.

### Capteur LDR



*Nota : ici, plus la luminosité augmente, et plus la tension Vs augmente*



La courbe de la plupart des LDR suit la loi :

$$\text{Lux} = 10 \times \left( \frac{R_{L10}}{R_{LDR}} \right)^{1/\gamma}$$

Avec :

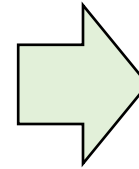
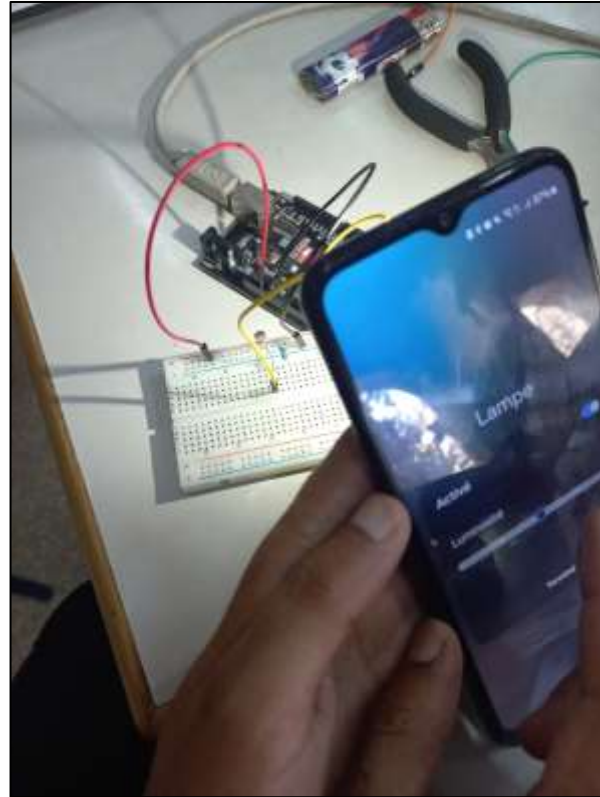
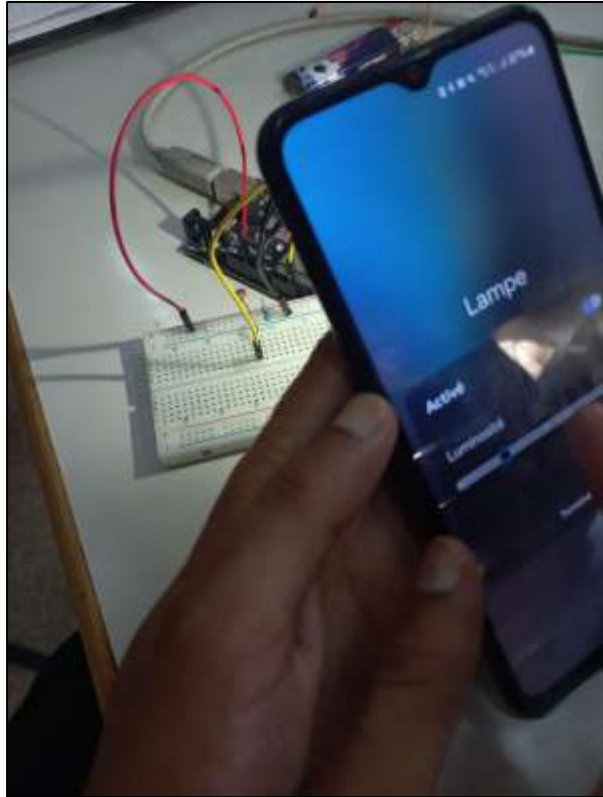
- $R_{LDR} = R \times \left( \frac{V_{cc}}{V_s} - 1 \right)$
- $R_{L10} = 10 \text{ K}\Omega$  à 10 Lux
- $R = 10 \text{ K}\Omega$
- $\gamma = 0.7$

|                |   |  |   |   |
|----------------|---|--|---|---|
| Ciel           |  |  |  |  |
| Ensoleillement | Nuit  | Très nuageux   | Ciel couvert  | En plein soleil !   |
| Nombre de lux  | 0-1 lux   | 100-200 lux  | 1.000-20.000 lux  | 20.000-120.000 lux  |

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## 3- Mesure de la lumière

## Expérience 2



```
Sortie  Moniteur série x
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM5')
Luminosité brute : 1263
Luminosité estimée : 31 %
Luminosité brute : 1263
Luminosité estimée : 31 %
Luminosité brute : 1266
Luminosité estimée : 31 %
Luminosité brute : 1270
Luminosité estimée : 32 %
Building sketch
```

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## 4 – exigences et des conclusions

### 1- Conditions fraîches et humides

- ❑ Température :  $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ❑ Humidité de l'air :  $> 80\%$



Dans ces conditions, la plante transpire très peu et ses racines absorbent moins d'eau. Par conséquent, les besoins en eau sont très faibles. Il est recommandé de maintenir l'humidité du sol entre 20 % et 30 % .

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## 4 – exigences et des conclusions

### 2- Conditions tempérées et modérément humides :

- ❑ Température : 10 à 25 °C
- ❑ Humidité de l'air : 50 à 80 %



C'est la plage de croissance normale pour la majorité des cultures. la transpiration des plantes est modérée. Dans ce cas, les besoins en eau sont moyens, et l'humidité du sol doit être maintenue entre 30 % et 50 %.

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## 4 – exigences et des conclusions

### 3 - Conditions chaudes et sèches

- ❑ Température :  $> 25\text{ °C}$
- ❑ Humidité de l'air :  $< 50\%$

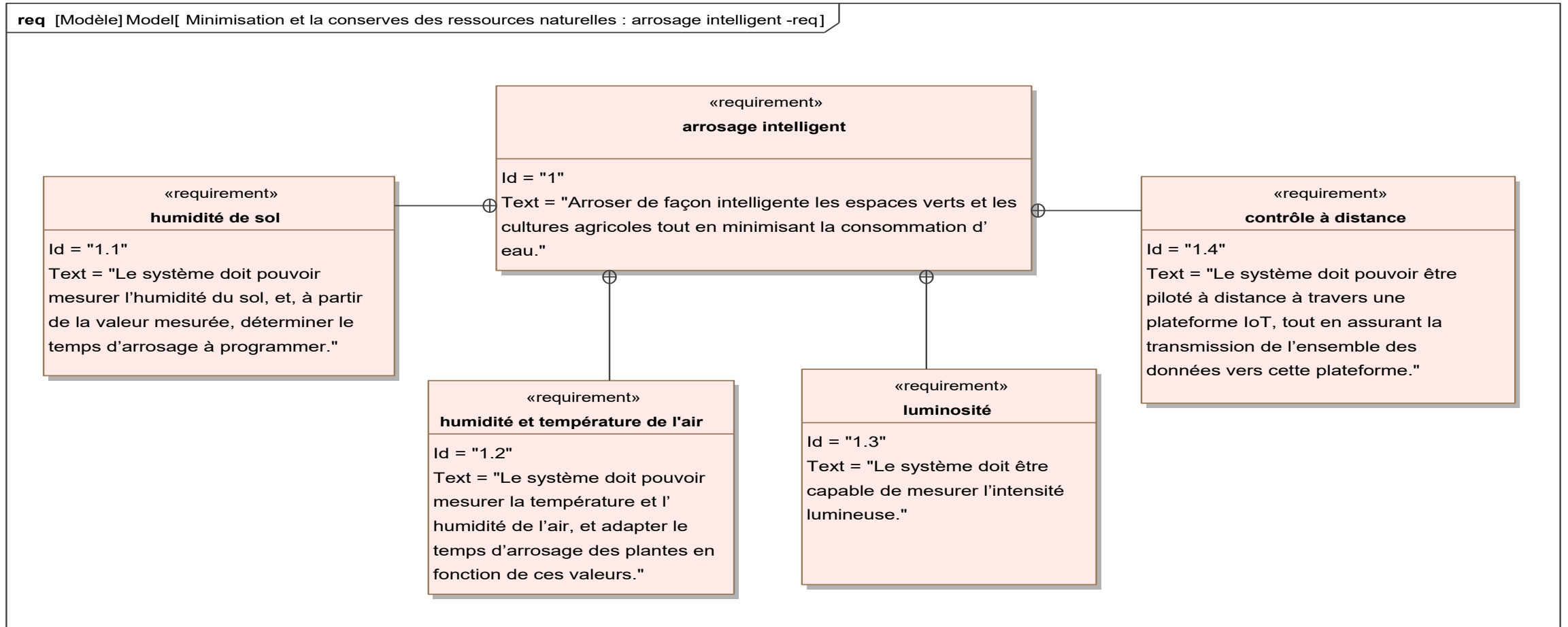


Ces conditions sont exigeantes pour les plantes : elles transpirent intensément et perdent beaucoup d'eau. Pour éviter tout stress hydrique, l'humidité du sol doit être maintenue entre 50 % et 80%.

# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## 5 – représentation du système final

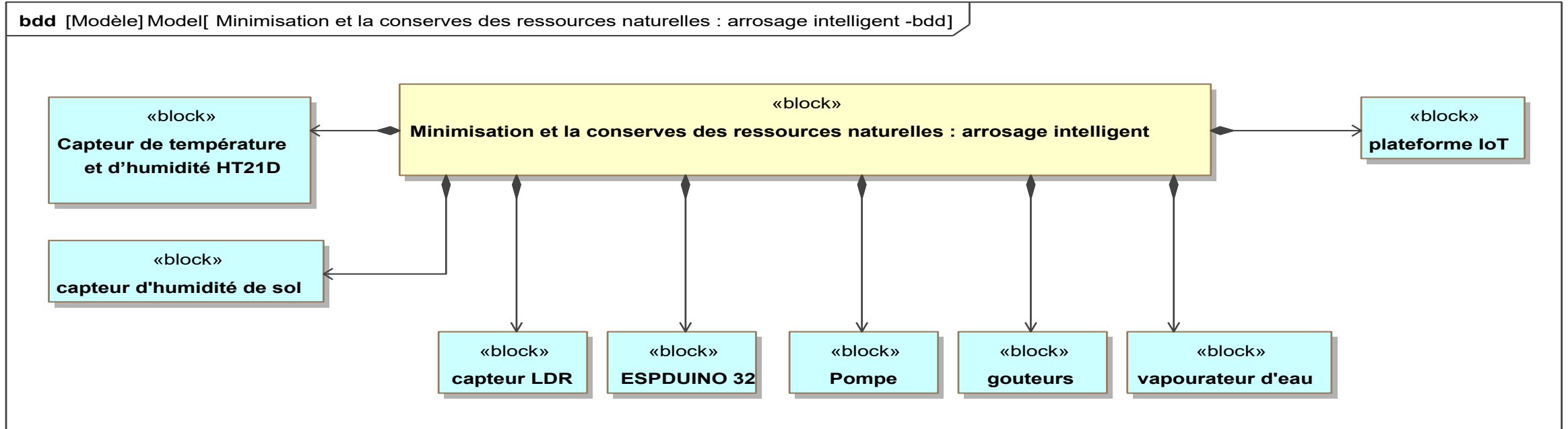
## Diagramme d'exigences



# A - Mesure des grandeurs physiques : arrosage

## 5 - représentation du système final

## Diagramme BDD



# B – commande à distance du système : IoT

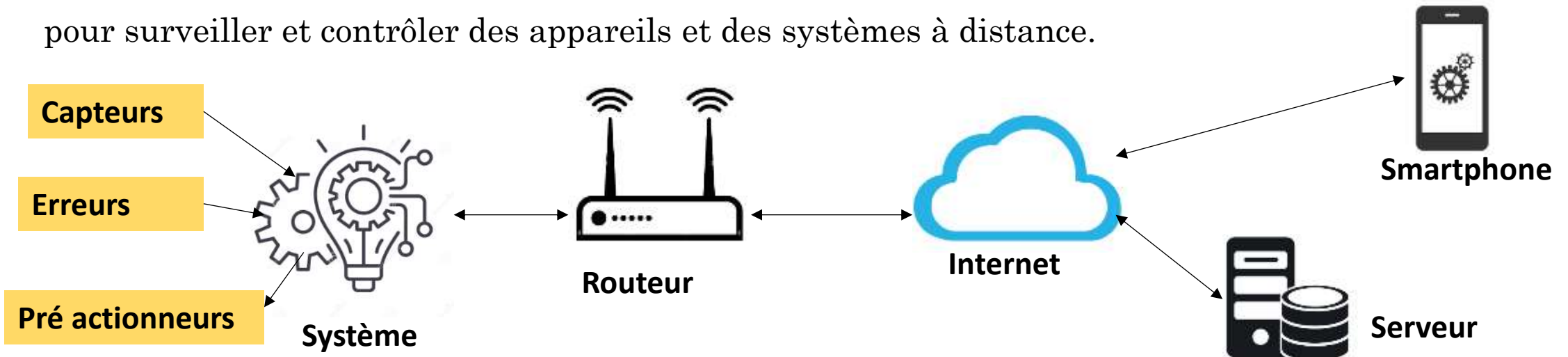


## Objectifs

- Introduction sur IoT contrôle
- Configuration matérielle et logicielle
- Conception d'une plateforme de commande sur un smartphone

## 1- Introduction sur IoT contrôle

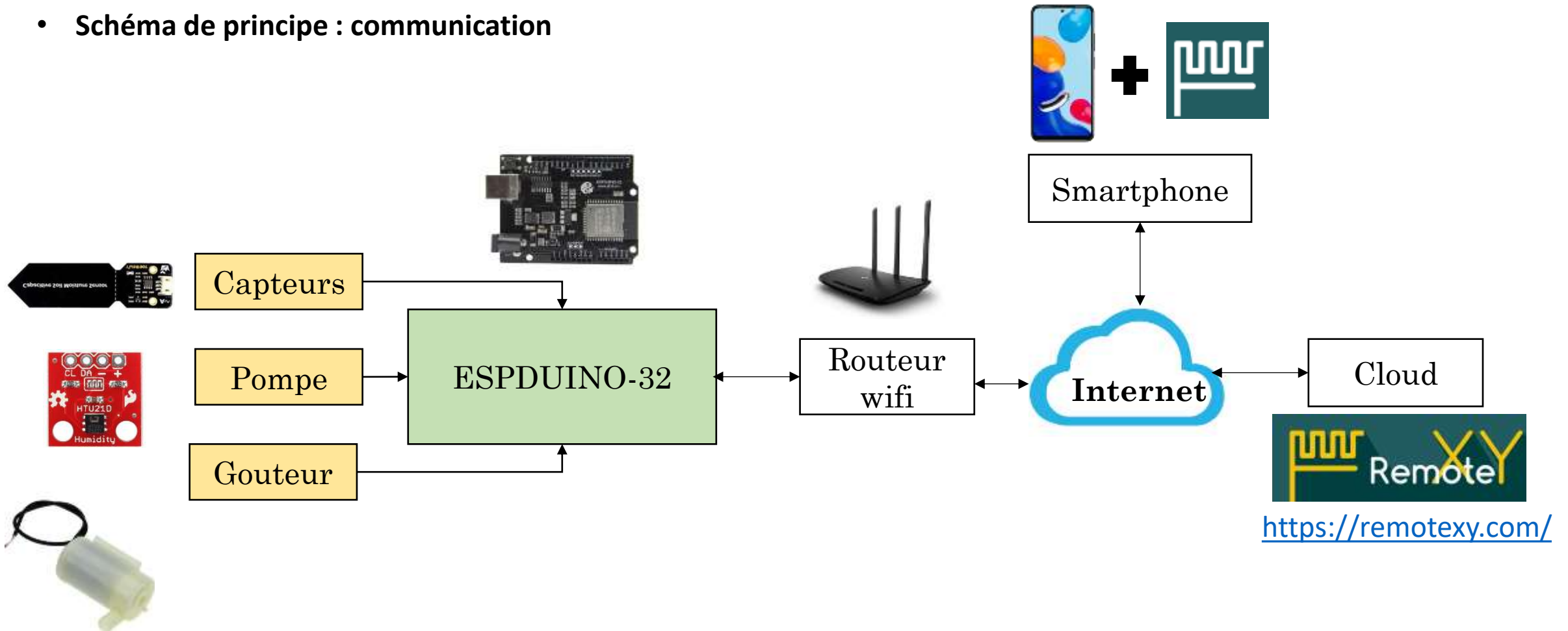
IoT (Internet of Things) contrôle fait référence à l'utilisation de technologies de l'Internet des objets pour surveiller et contrôler des appareils et des systèmes à distance.



# B – commande à distance du système : IoT

## 2- Configuration matérielle et logicielle

- Schéma de principe : communication



# B – commande à distance du système : IoT

## 2- Configuration matérielle et logicielle

- Configuration du Cloud RemoteXy

Sign in Close

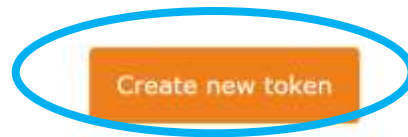
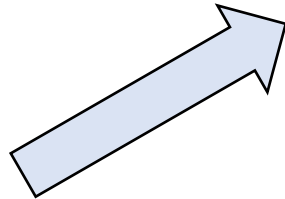
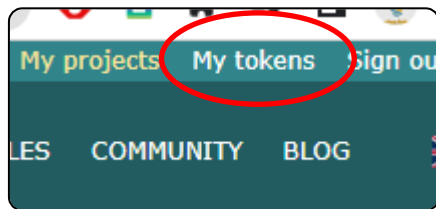
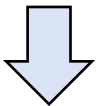
https://remotexy.com/

Email:

Password:

Forgot password?

Sign in Create account



| N° | Board name           | Token                            | Device state | Server             | Device port | App port | Actions                   |
|----|----------------------|----------------------------------|--------------|--------------------|-------------|----------|---------------------------|
| 1  | arrosage intelligent | 27d1036a118a2edc9b4f9d797358f617 | disconnected | cloud.remotexy.com | 6376        | 6375     | QR code<br>Edit<br>Delete |

Clé secrète

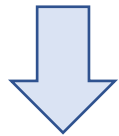
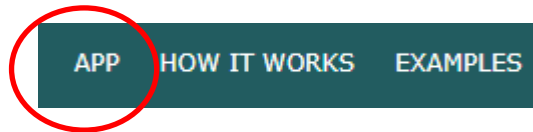
Port d'utilisateur

Ils sont demandés pour connecter au système

# B – commande à distance du système : IoT

## 2- Configuration matérielle et logicielle

- Configuration du matériel à utiliser

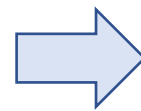


Properties


▶ Configuration

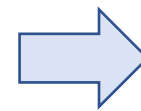
▶ Module interface

▶ View



▼ Configuration

-  Cloud server
-  ESP32 based board
-  Integrated WiFi
-  Arduino IDE



### ▼ Settings

Device name in app:

Access password:

#### Wi-Fi connection:

Name (SSID):

TP-Link-E0324

Password:

12AF65B3

#### Cloud server:

Token:

arrosage intelligent



#### My tokens

Server:

cloud.remotexy.com

Port:

6376

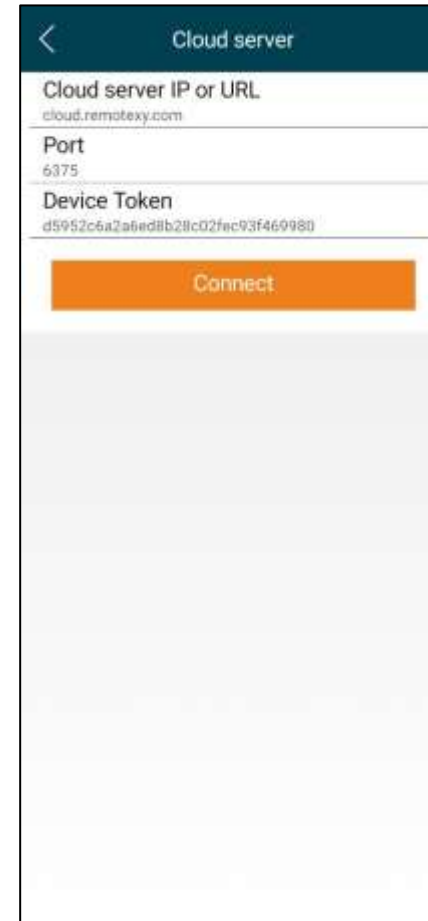
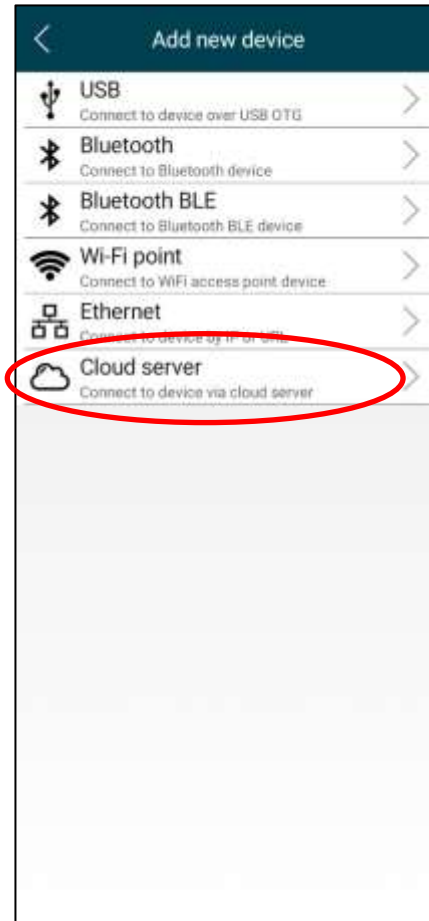
Token:

35ef484fd0adb3ee5071e27ebc

# B – commande à distance du système : IoT

## 2- Configuration matérielle et logicielle

- Configuration du smartphone



Port d'utilisateur  
Clé secrète

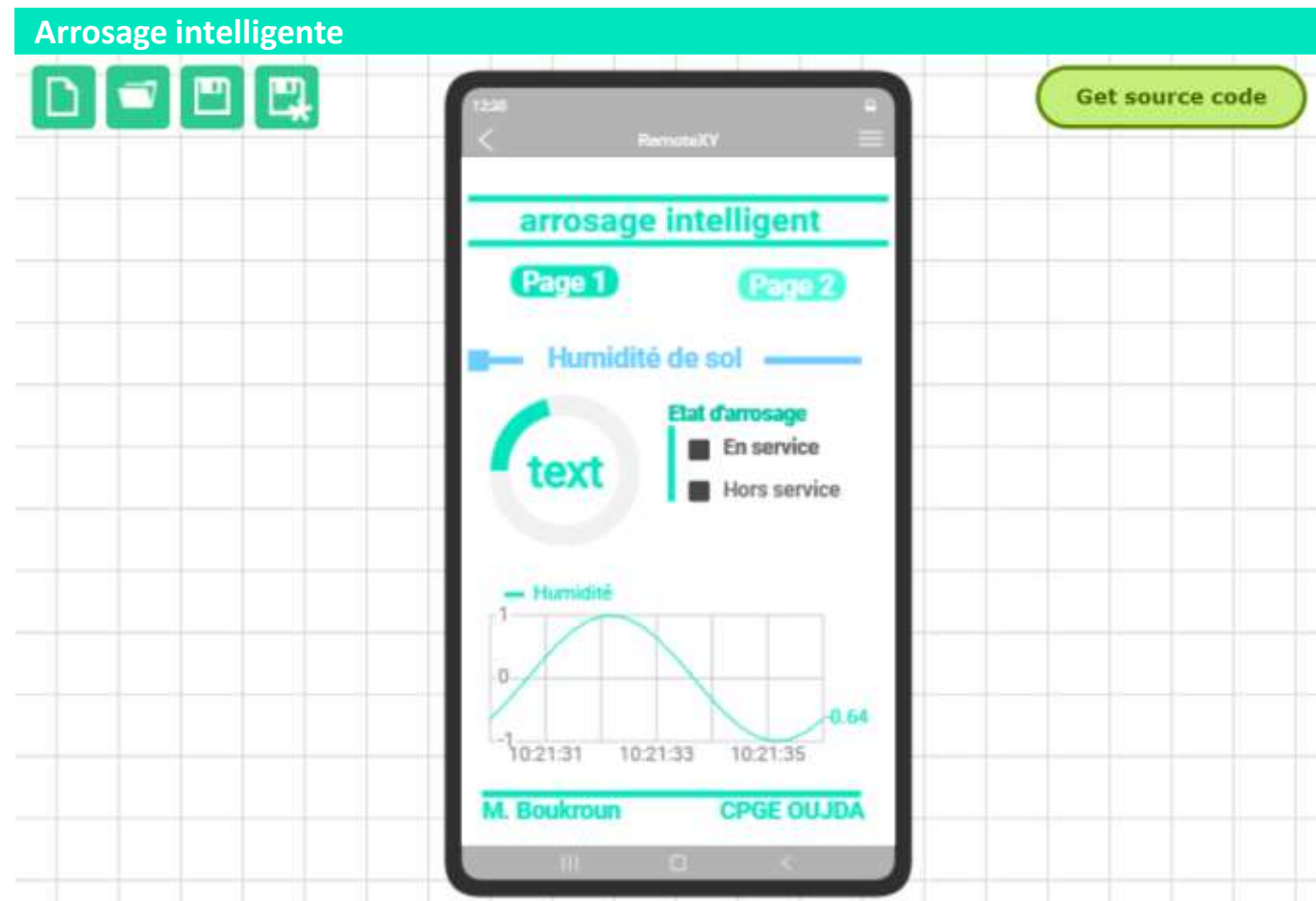
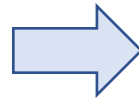
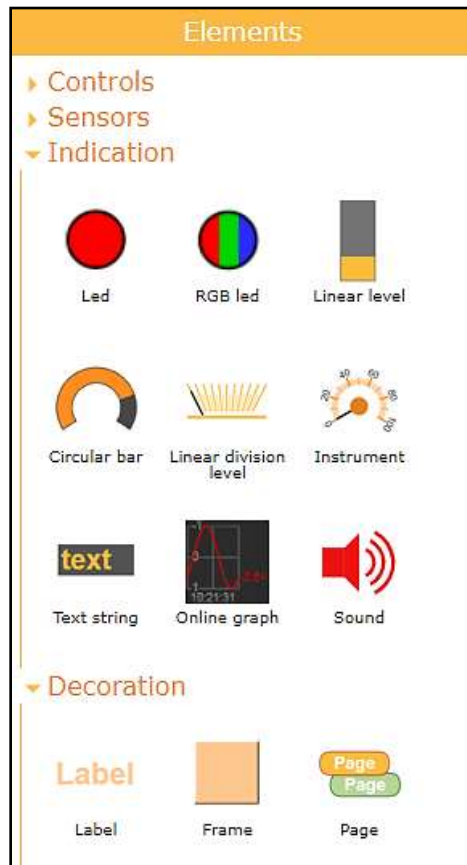
# B – commande à distance du système : IoT

## 3- Conception d'une plateforme de commande sur un smartphone

<https://remotexy.com>

Éditeur graphique de conception

Eléments de contrôle



# B – commande à distance du système : IoT

## 3- Conception d'une plateforme de commande sur un smartphone

Les pages de plate forme

Page 1

- Mesure d'humidité de sol
- Graphe d'état d'humidité
- État d'arrosage

Page 2

- Mesure de température et humidité de l'air
- Mesure de la lumière
- Contrôle d'arrosage



Page 1



Page 2

# C – Réalisation de prototype

## 1- Installation de la pompe et des gouteurs



# C – Réalisation de prototype

## 1- Implantation de système d'arrosage



# C – Réalisation de prototype

## 3- Résultats



# C – Réalisation de prototype

## 3- Résultats



# Conclusion

Ce sujet de TIPE incarne une avancée technologique au service d'une gestion durable de l'eau, en s'appuyant sur des capteurs environnementaux et la connectivité IoT pour optimiser l'arrosage des plantes. Le système développé permet une irrigation intelligente, adaptée aux besoins réels des sols et des conditions climatiques, tout en limitant le gaspillage. Cette solution, à la fois autonome, économique et adaptable, pourrait être élargie à d'autres contextes sensibles comme les serres agricoles, les espaces verts urbains ou les zones arides, en intégrant des capteurs plus avancés.