



# Jumeau Numérique du prototype d'un Système d'Irrigation Intelligent Connecté



ENCADRÉ PAR:

PR. BENBRAHIM  
MOHAMMED



PRÉSENTÉ PAR:

MASTER SMART  
INDUSTRY





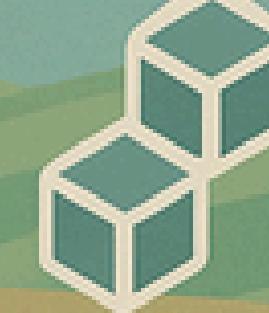
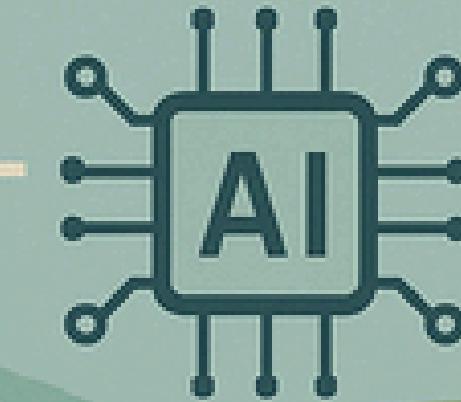
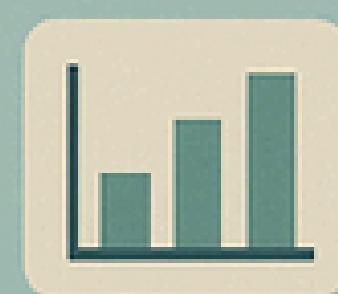
- 01 INTRODUCTION GÉNÉRALE
- 02 MODÈLE RÉEL
- 03 MODÈLE VIRTUEL
- 04 LES NŒUDS
- 05 CONCLUSION GÉNÉRALE



# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

...

# AGRICULTURE INTELLIGENTE



TECHNOLOGIE 4.0

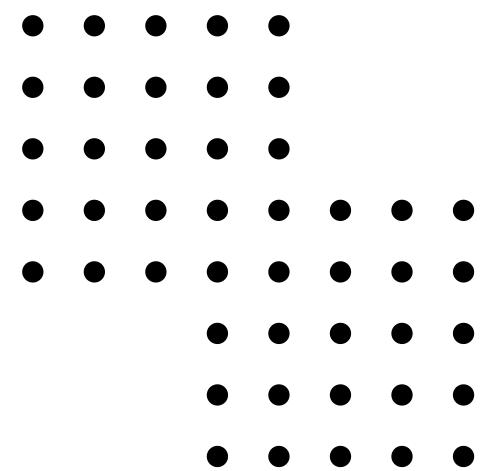
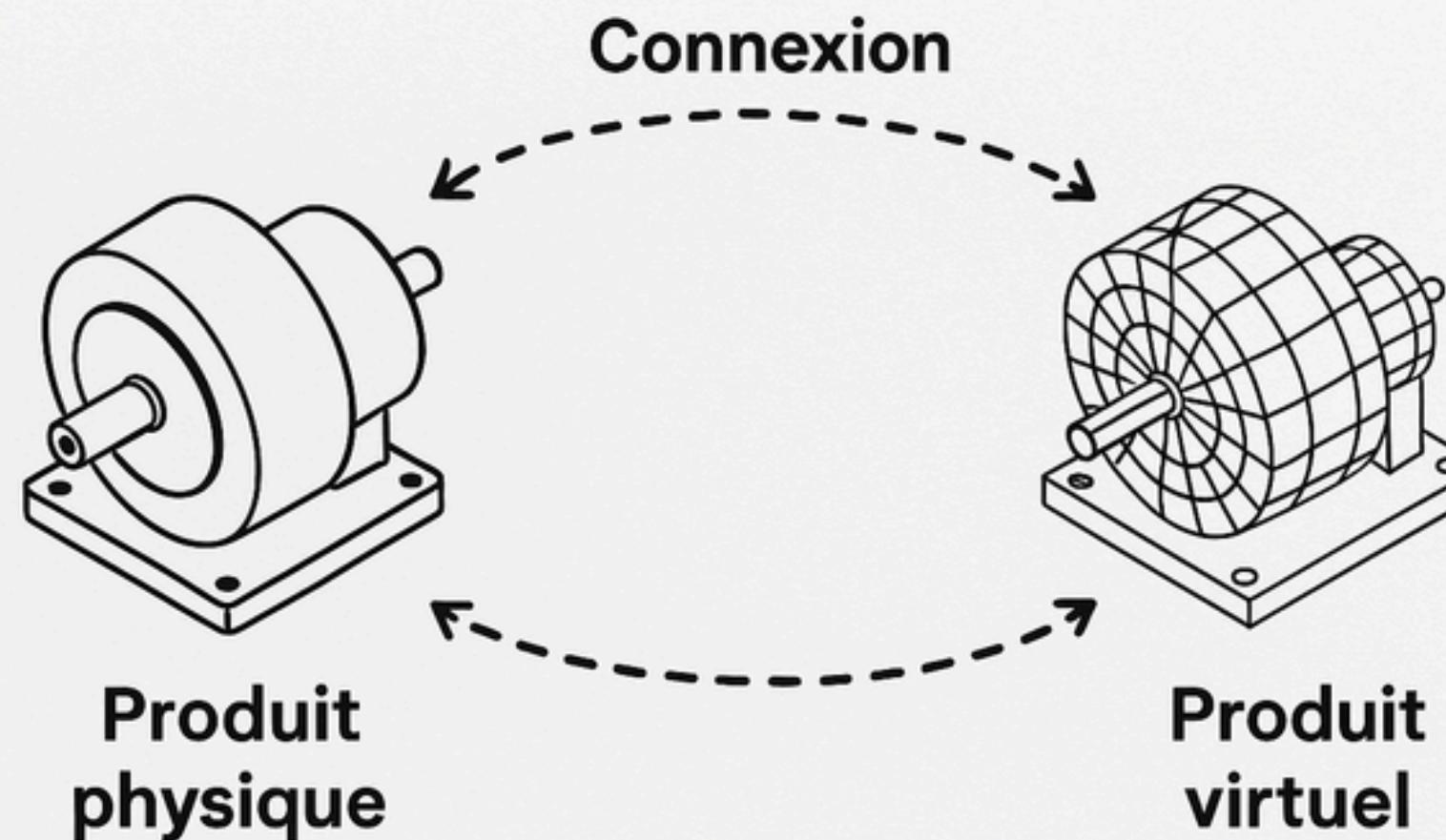




# QU'EST-CE QU'UN JUMEAU NUMÉRIQUE ?

...

Définition du Jumeau Numérique (Grieves, 2014)





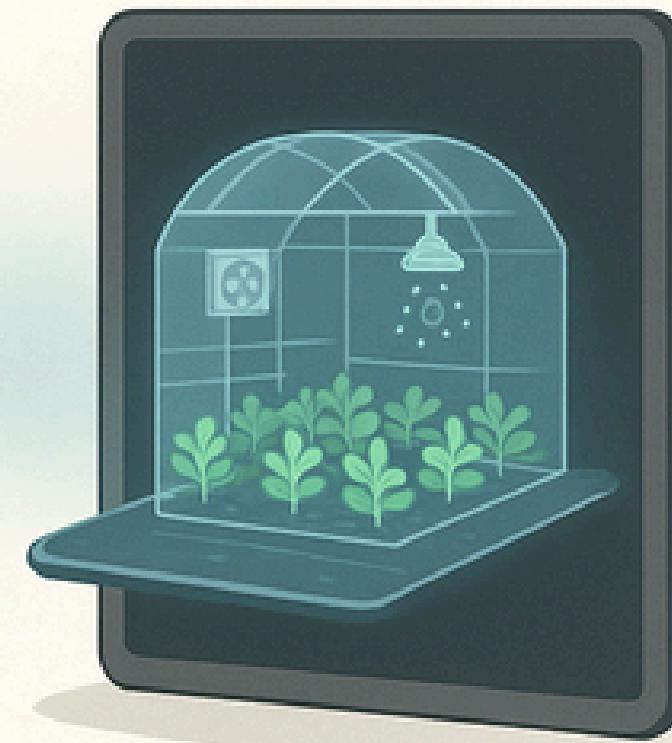
# CARACTÉRISTIQUES D'UN JUMEAU NUMÉRIQUE



Modèle numérique  
fidèle



Connexion  
en temps réel  
()



Interaction  
bidirectionnelle



Fonctionnalités  
avancées



# APPLICATION DE DIGITAL TWINS DANS L'AGRICULTURE

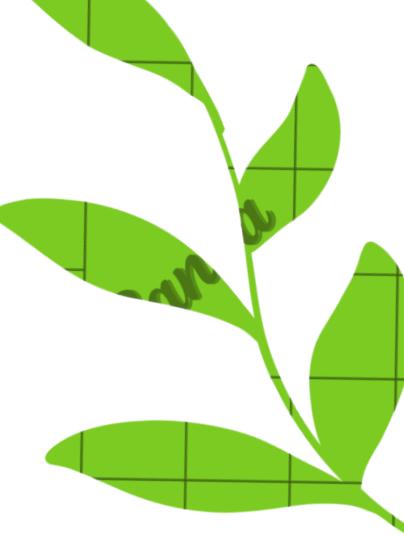
...

- **Agriculture de précision**
- **Gestion intelligente des ressources**
- **Optimisation des rendements**
- **Durabilité environnementale**





# DÉFIS ACTUELS DE L'AGRICULTURE SOUS SERRE



CONTRÔLE CLIMATIQUE COMPLEXE



OPTIMISATION DES RESSOURCES

GESTION AUTOMATISÉE DES CULTURES

SURVEILLANCE CONTINUE NÉCESSAIRE

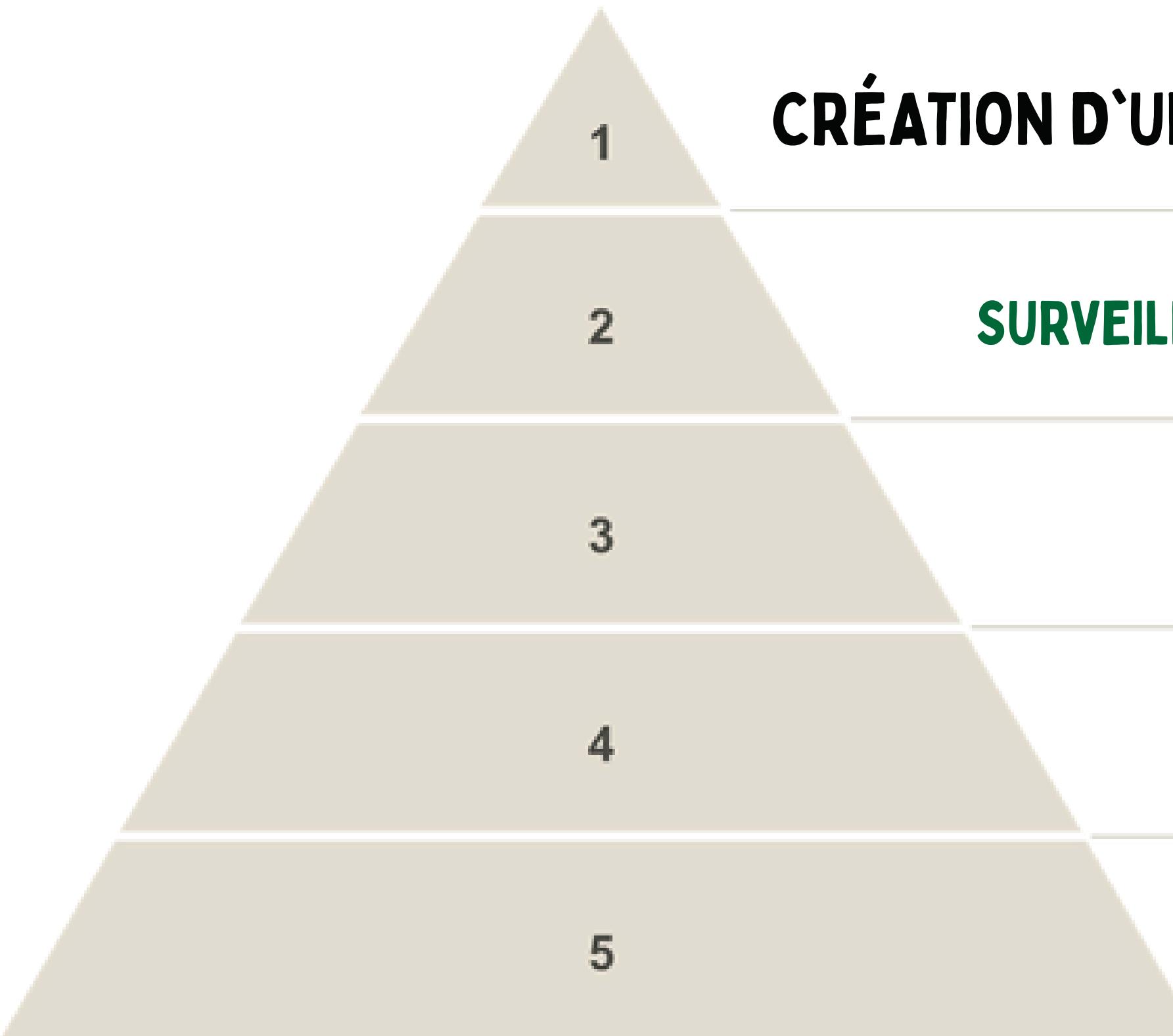


# MODÈLE RÉEL

...



# OBJECTIFS DU PROJET



**CRÉATION D'UN JUMEAU NUMÉRIQUE**

**SURVEILLANCE EN TEMPS RÉEL**

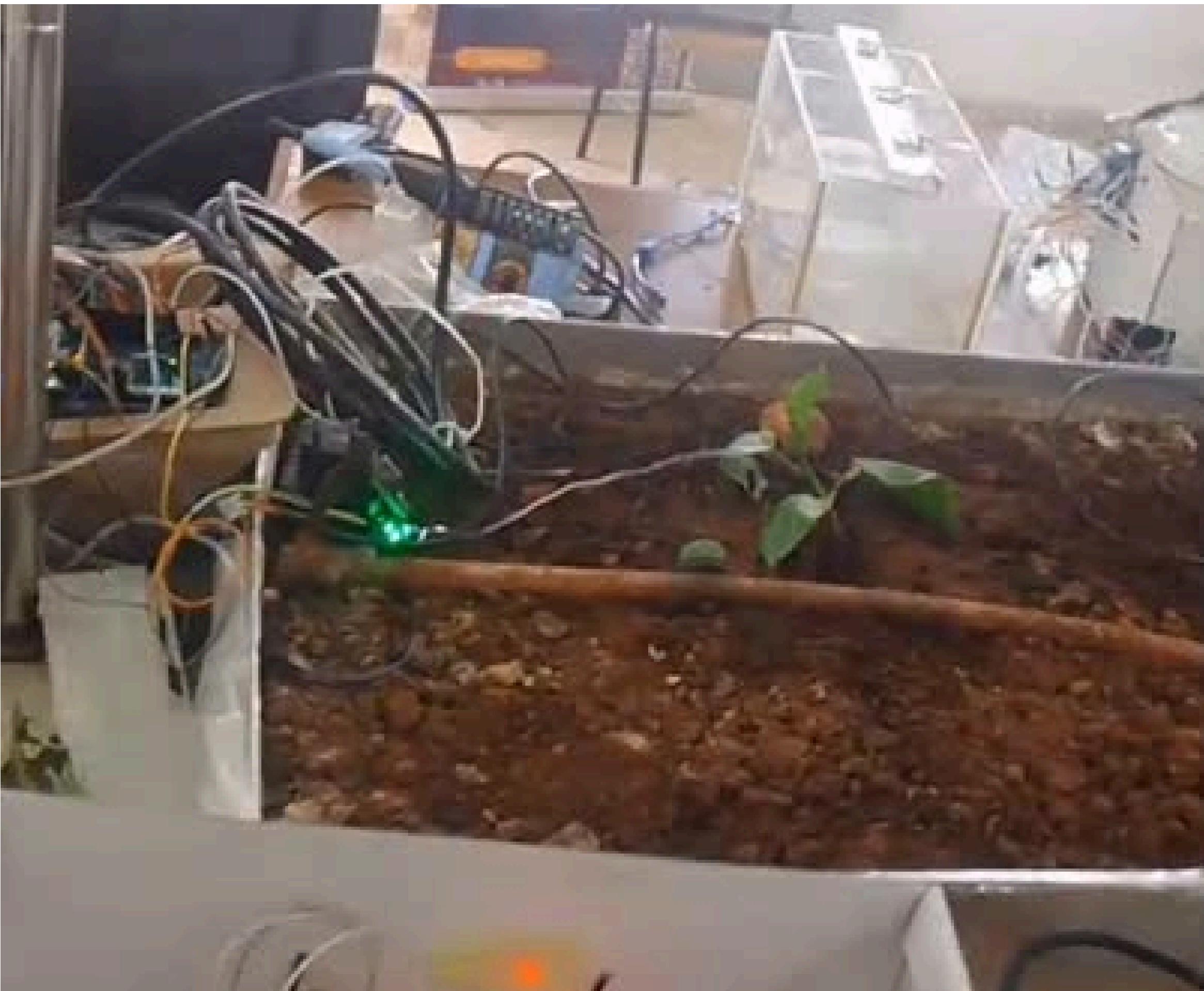
**CONTRÔLE AUTOMATIQUE**

**OPTIMISATION DE LA CONSOMMATION**

**INTERFACE UTILISATEUR INTUITIVE**



# PROTOTYPE RÉEL – LIMAS





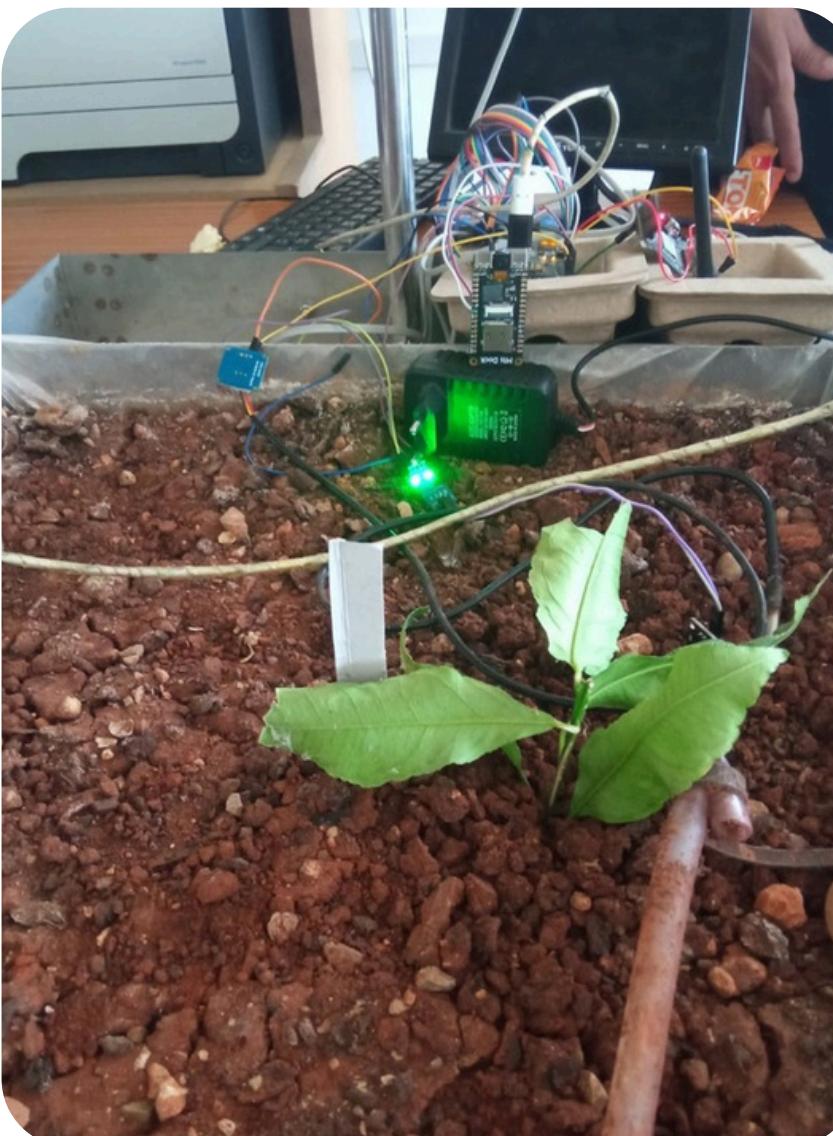
# PROTOTYPE RÉEL - LIMAS



STATION MÉTÉO



MONITORING SOL



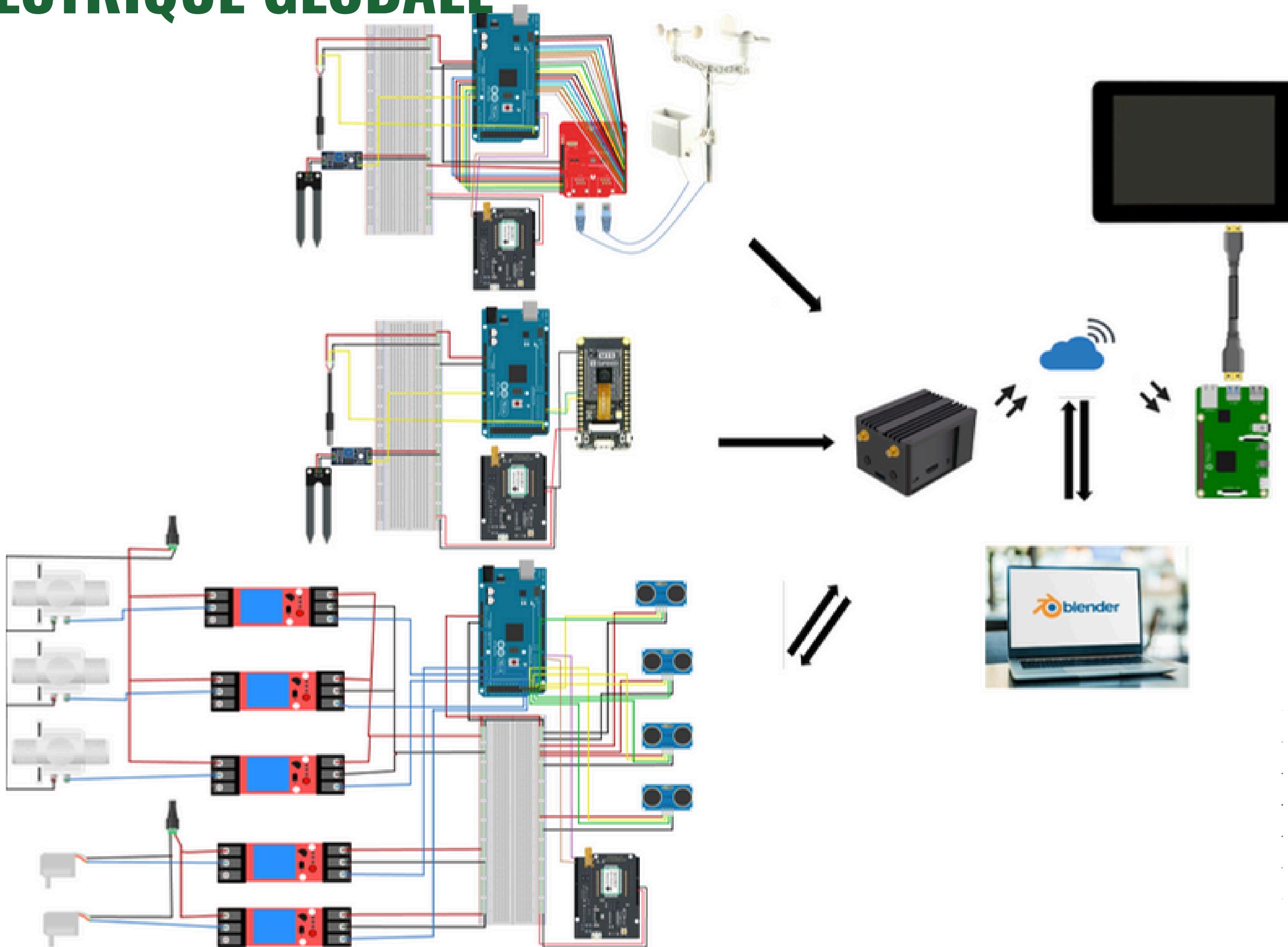
SYSTÈME DE POMPAGE



PASSERELLE & DASHBOARD



# SCHÉMA ÉLECTRIQUE GLOBALE





# ANALYSE FONCTIONNELLE

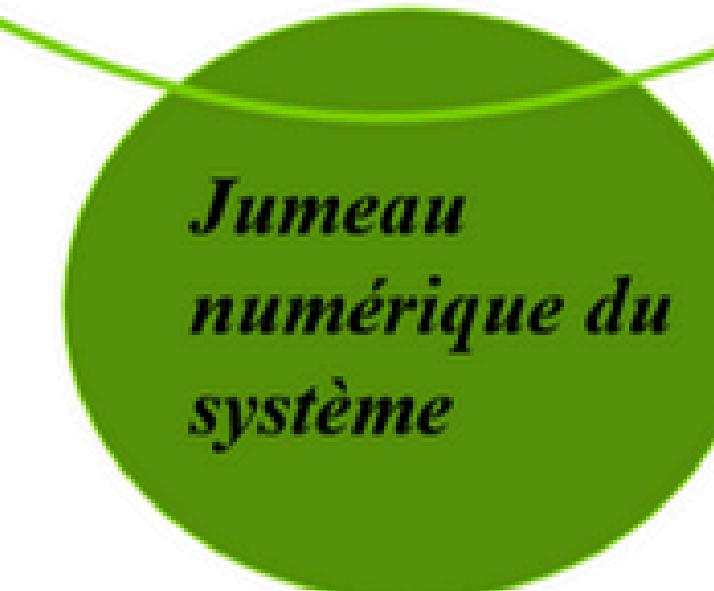
## OBJECTIF DE L'ÉTUDE FONCTIONNELLE

-  **Identifier ce que le système doit faire**
-  **Définir les contraintes techniques à respecter**
-  **ORGANISER LA CONCEPTION DU PROJET DE MANIÈRE STRUCTURÉE**
-  **VÉRIFIER QUE LE SYSTÈME RÉPOND BIEN AUX ATTENTES DE L'UTILISATEUR FINAL**



# LE DIAGRAMME DE BÊTE À CORNES

*À qui rend-il service ?*



*Sur quoi agit-il ?*

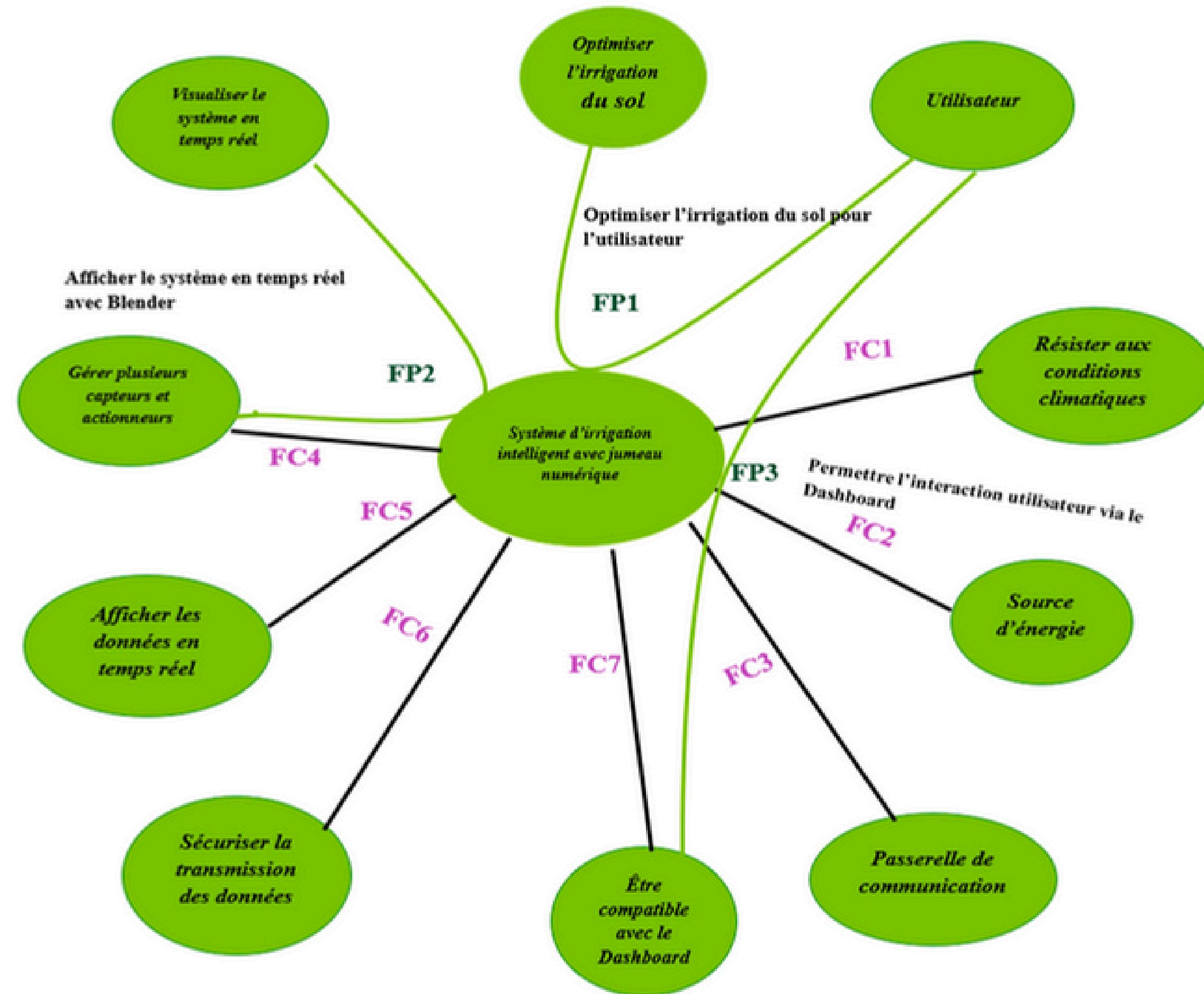


*Dans quel but ?*

*Fournir au système d'irrigation des données environnementales en temps réel pour permettre une irrigation automatisée, optimisée, et visualisée dans un jumeau numérique*



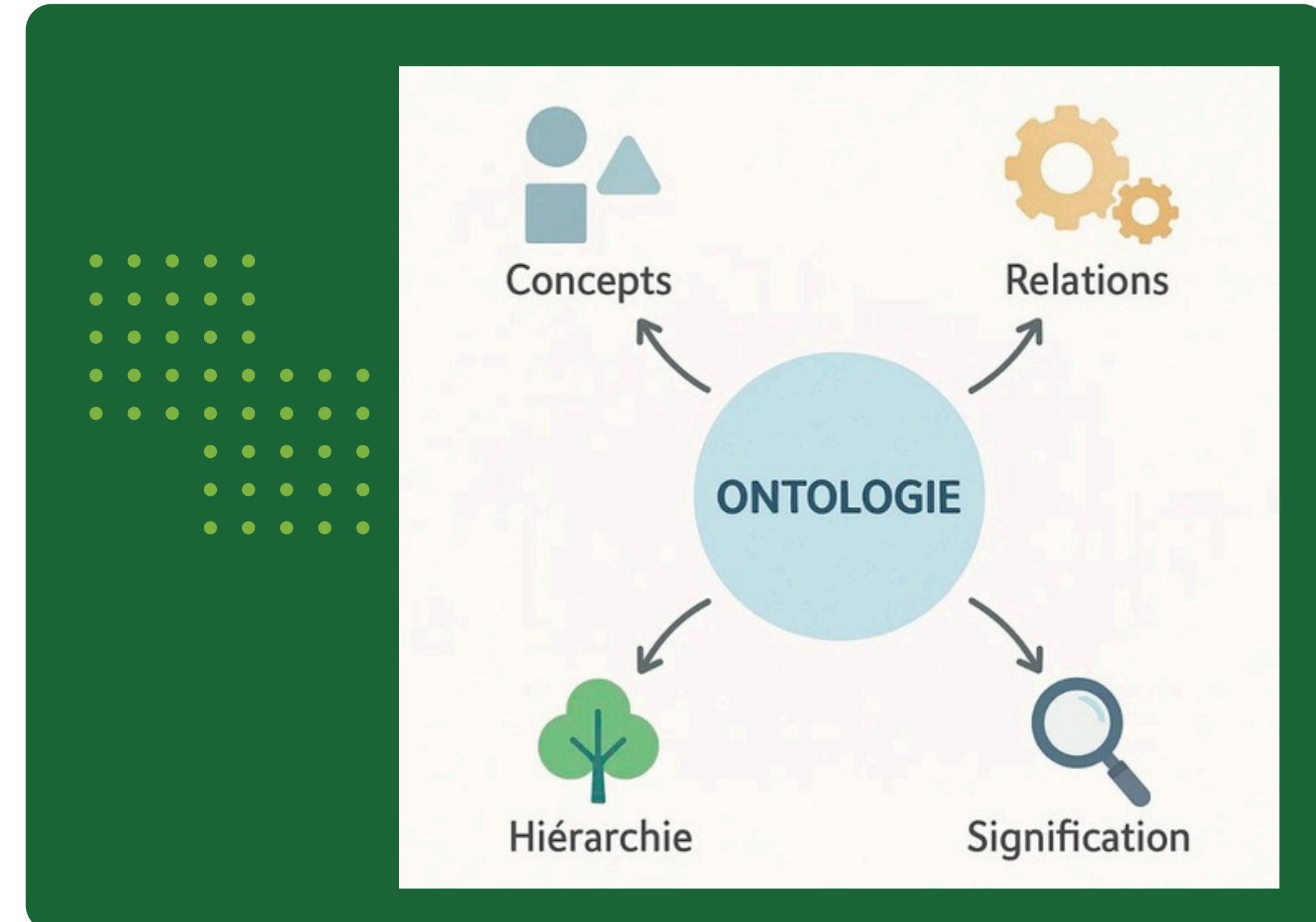
# LE DIAGRAMME DE PIEUVRE



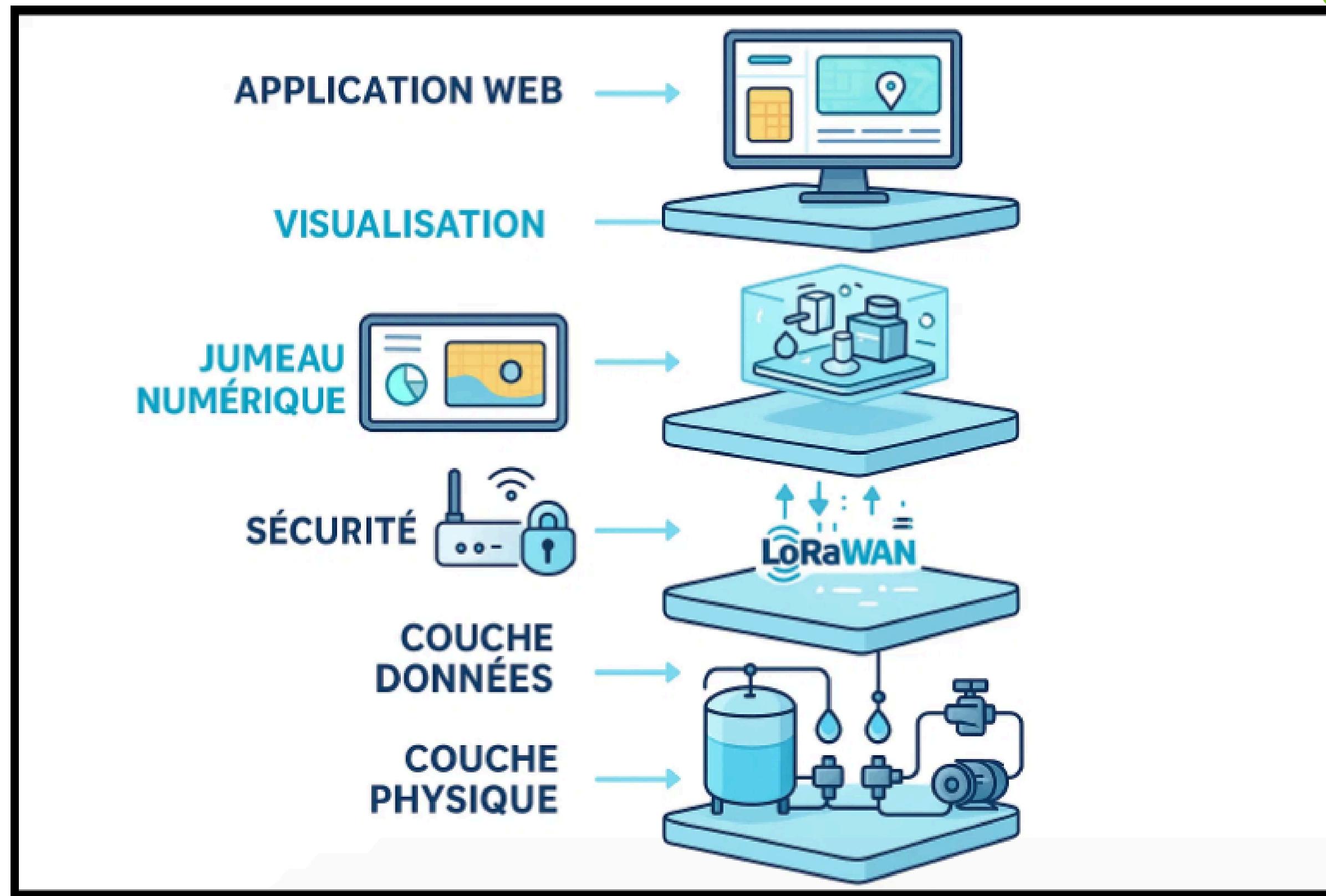


# QU'EST-CE QU'UNE ONTOLOGIE

...



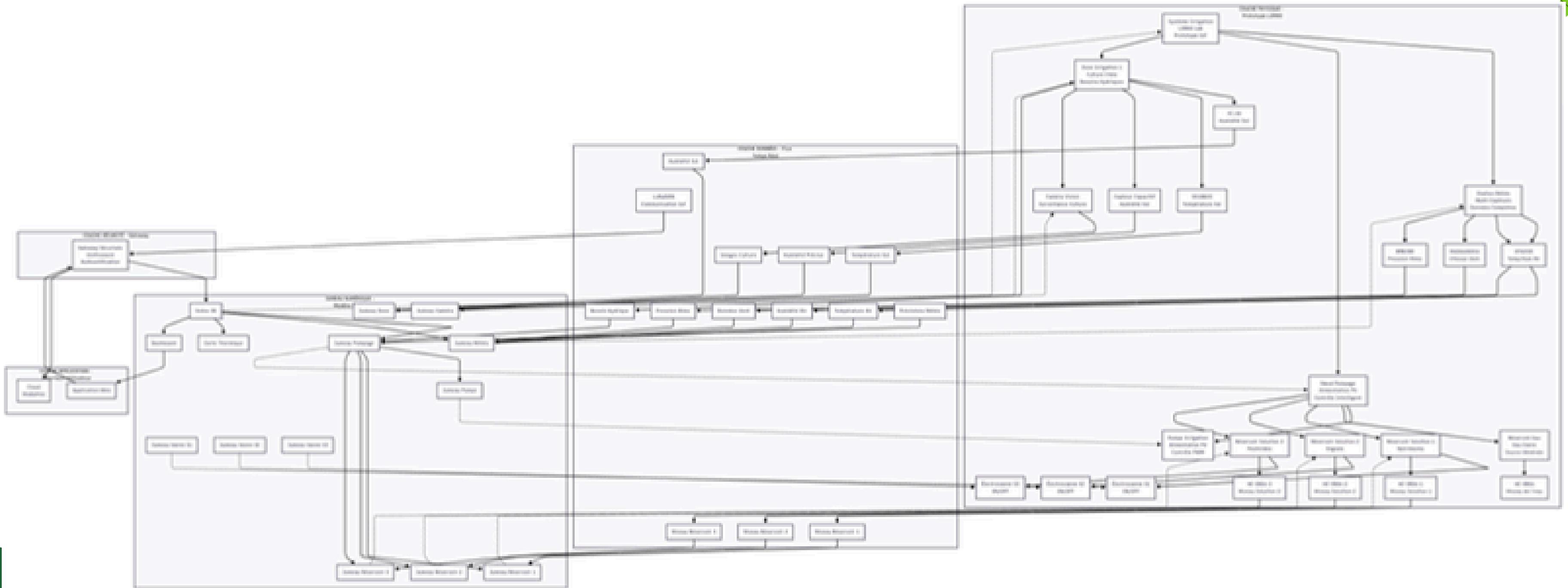
# L'ONTOLOGIE EST DIVISÉE EN 6 COUCHES PRINCIPALES :





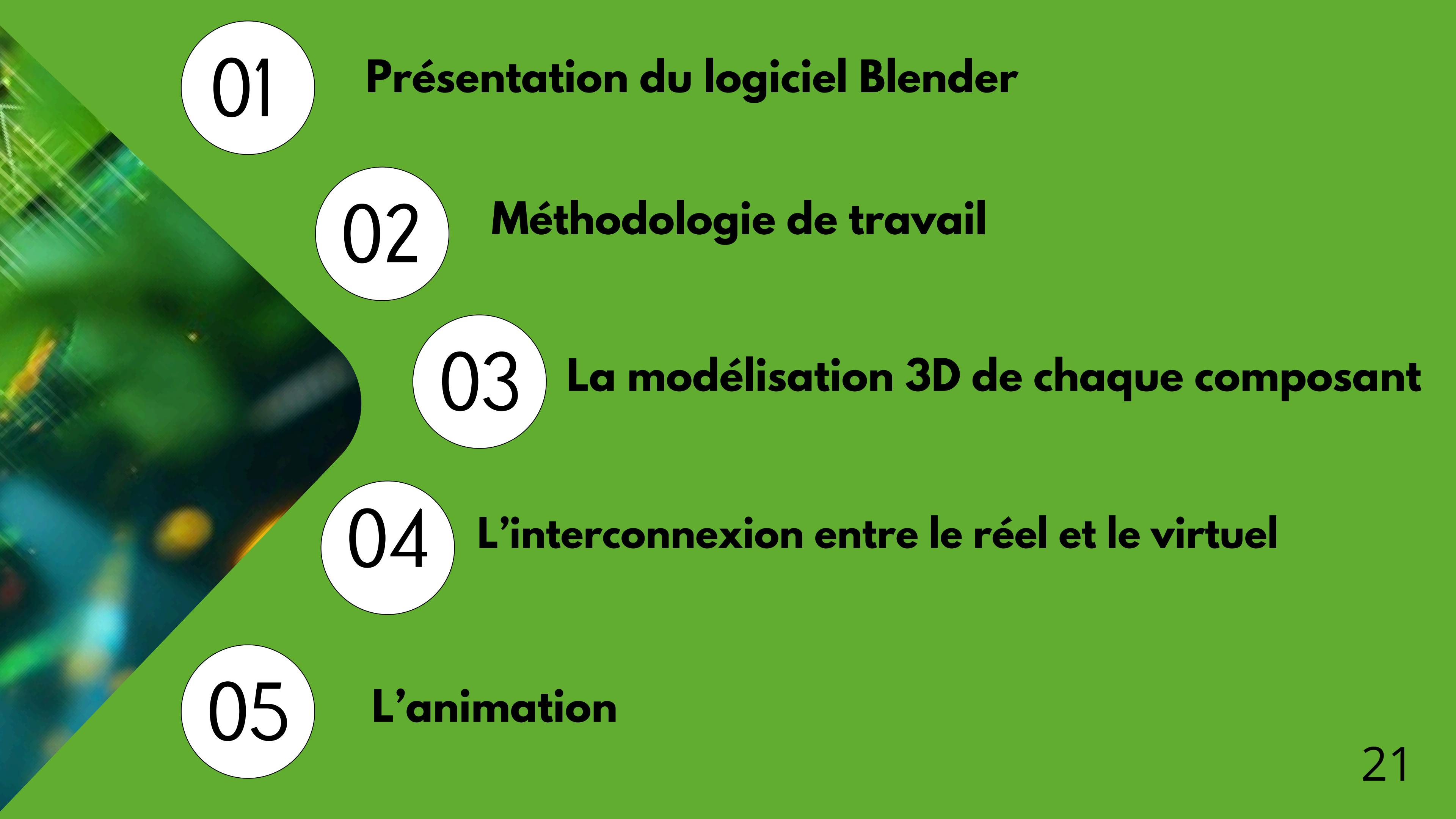
# ONTOLOGIE DE SYSTÈME

...



# **MODÈLE VIRTUEL**

...



01

**Présentation du logiciel Blender**

02

**Méthodologie de travail**

03

**La modélisation 3D de chaque composant**

04

**L'interconnexion entre le réel et le virtuel**

05

**L'animation**

# présentation du logiciel blender



**Blender est un logiciel gratuit et open source utilisé pour créer des images, des animations et des films en 3D**

# Pourquoi Blender dans le Digital Twin?



**Modélisation 3D réaliste du système physique**



**Simulation des comportements physiques**



**Intégration avec des capteurs et données en temps réel**



**Expérimentation, test et validation virtuelle**



**Communication et visualisation pour les parties prenantes**

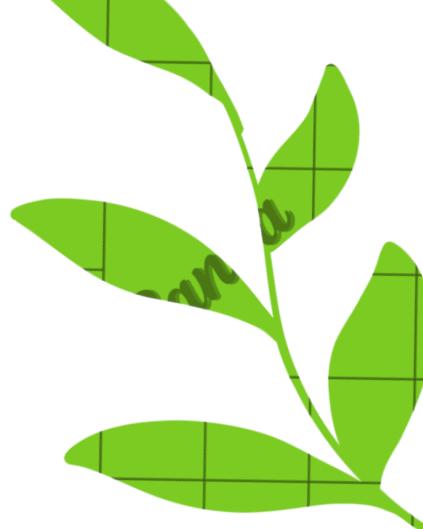


# La modélisation 3D

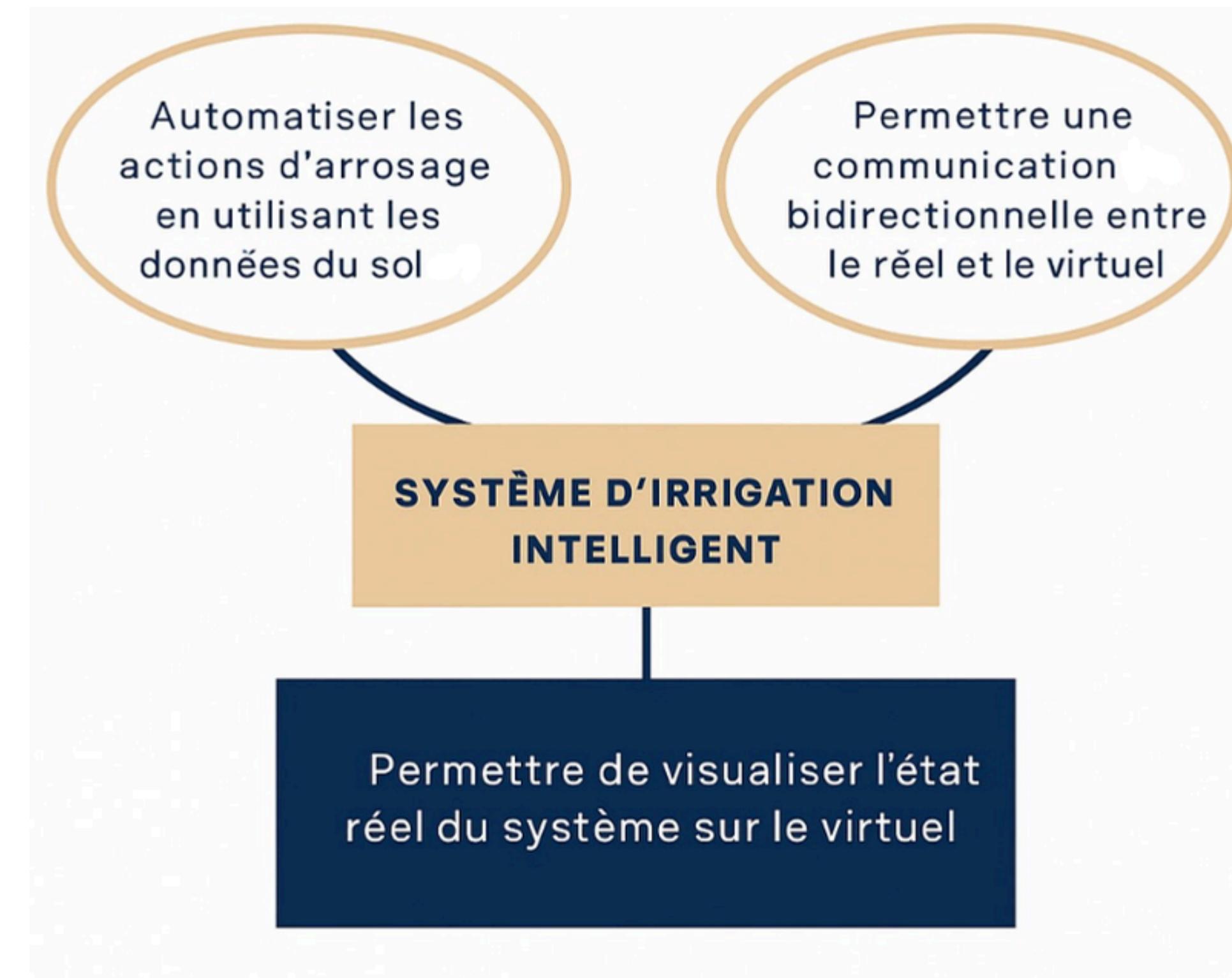
La modélisation 3D sur Blender consiste à créer des objets, des scènes ou des systèmes en trois dimensions



# L'analyse fonctionnelle



## DIAGRAMME BÊTE À CORNES :



# Méthodologie de travail

## Définition

**La méthodologie de travail d'un projet décrit comment le projet sera organisé, planifié, exécuté et contrôlé**

# Méthodologie de travail

## Les étapes

1

**Collecte et préparation des données**

2

**Définition des objectifs de modélisation**

3

**Organisation du projet Blender**

4

**Les Étapes de modélisation sous Blender**

# Méthodologie de travail

4

## Les Étapes de modélisation sous Blender

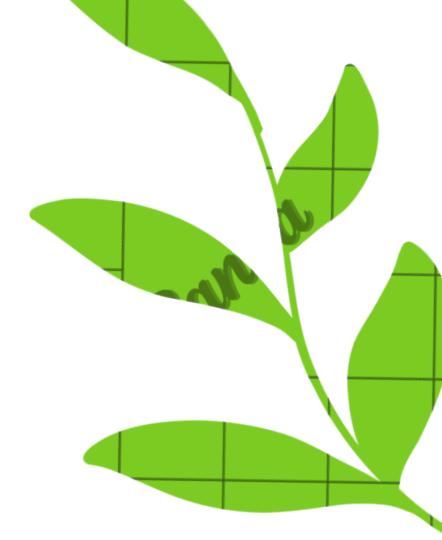
→ **Création des objets de base**

→ **Application des matériaux et textures**

→ **Mise en place des éclairages**

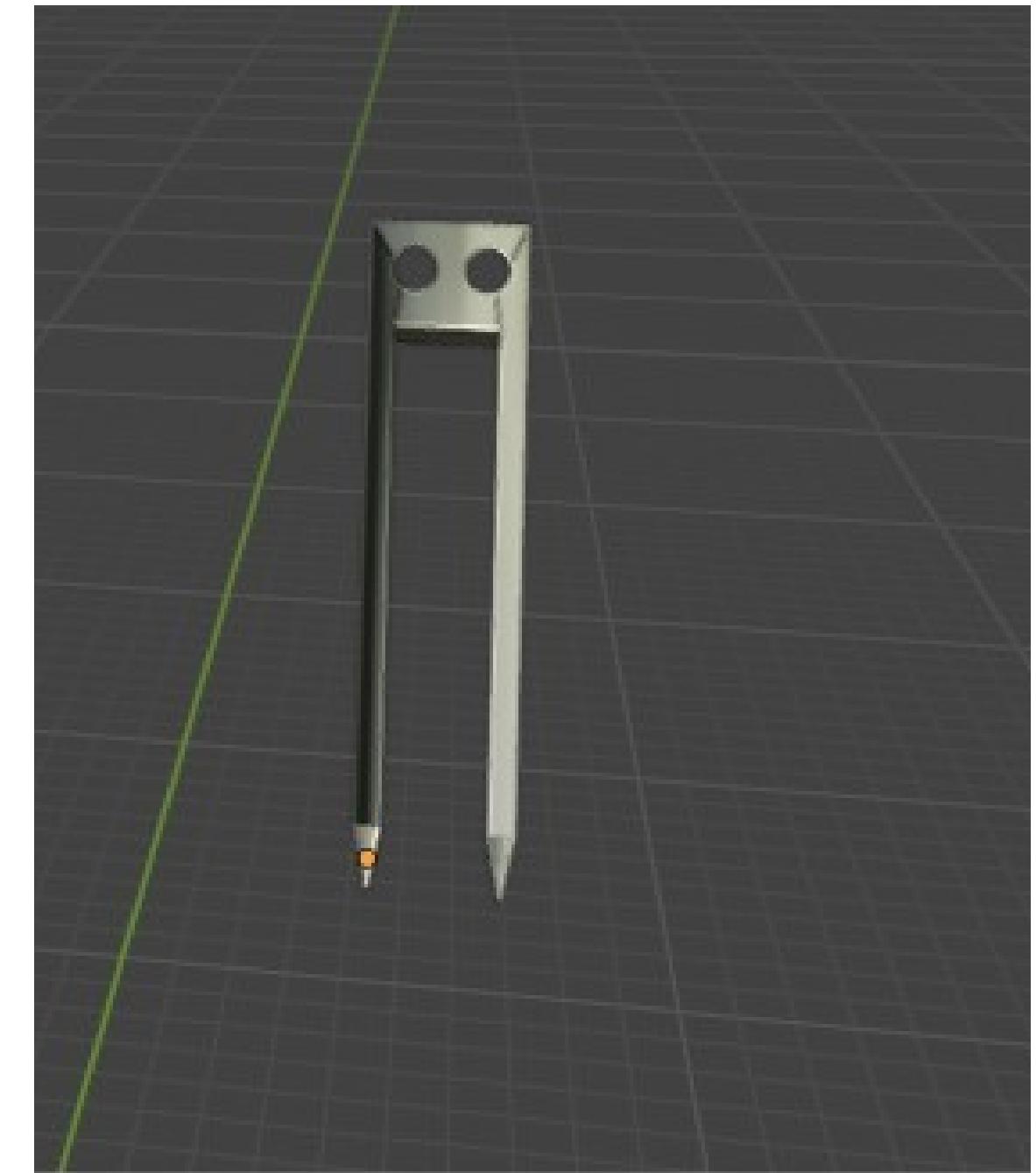
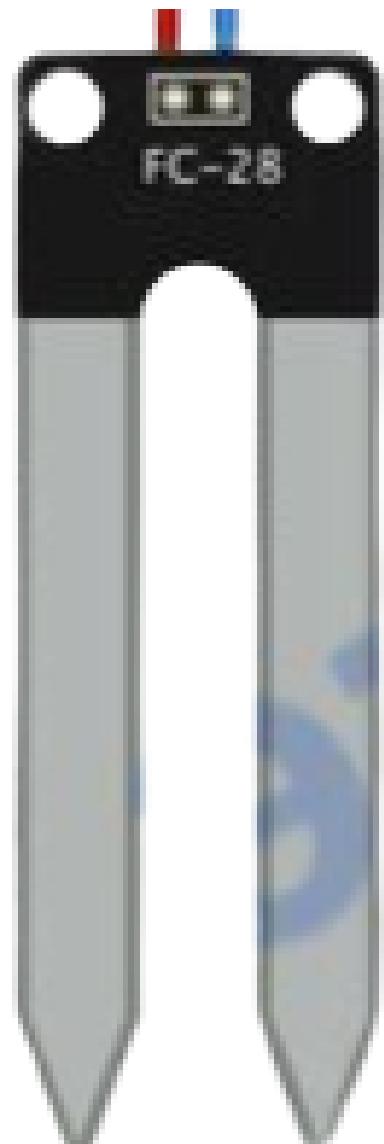
→ **Optimisation**

# Modélisation de laboratoire



# Modélisation du prototype 3D dans Blender

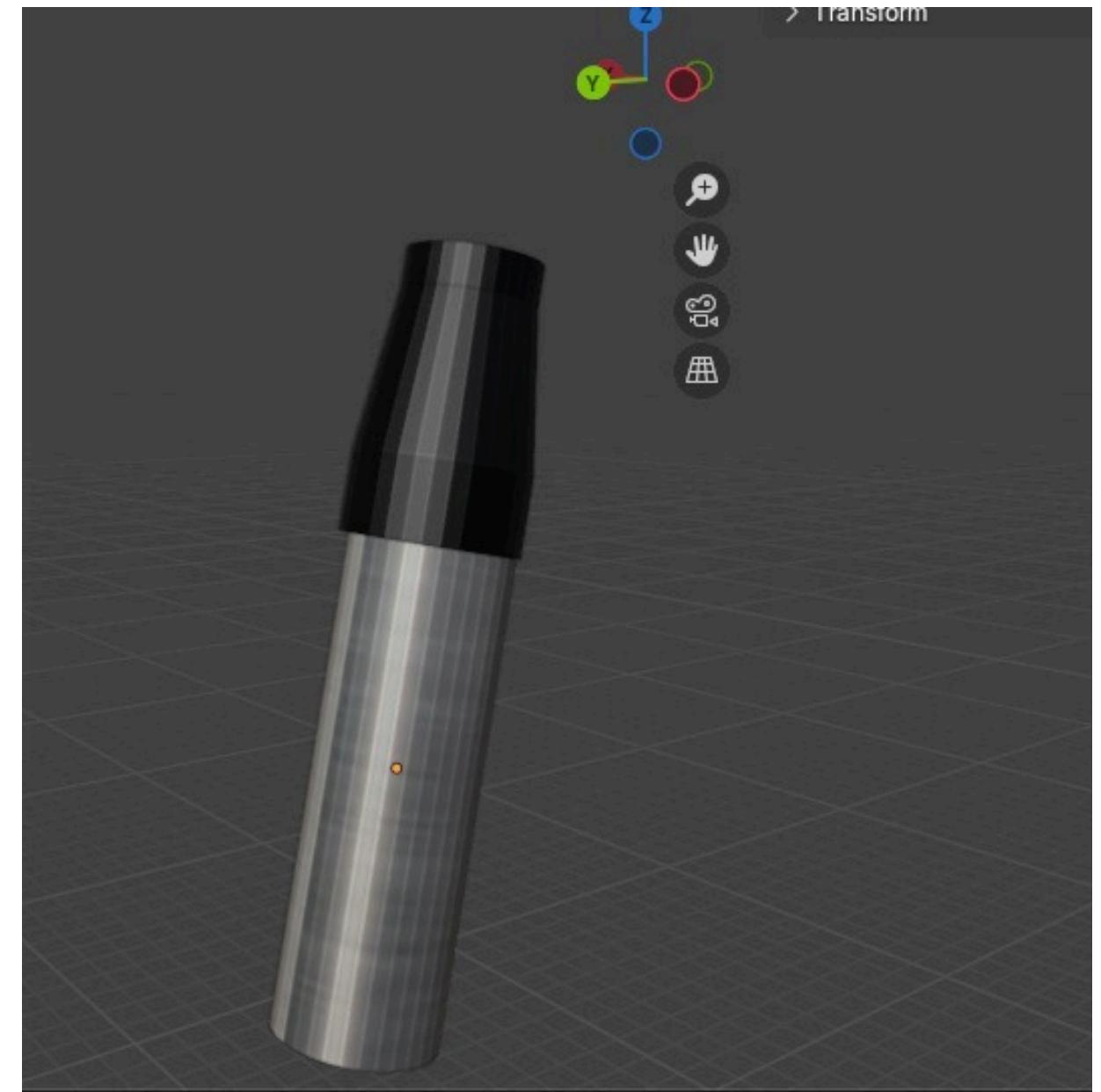
## Capteur d'humidité



# Modélisation des capteurs

# Modélisation du prototype 3D dans Blender

## Capteur de température



# Modélisation des capteurs

# Modélisation du prototype 3D dans Blender

## Les Ultrasons



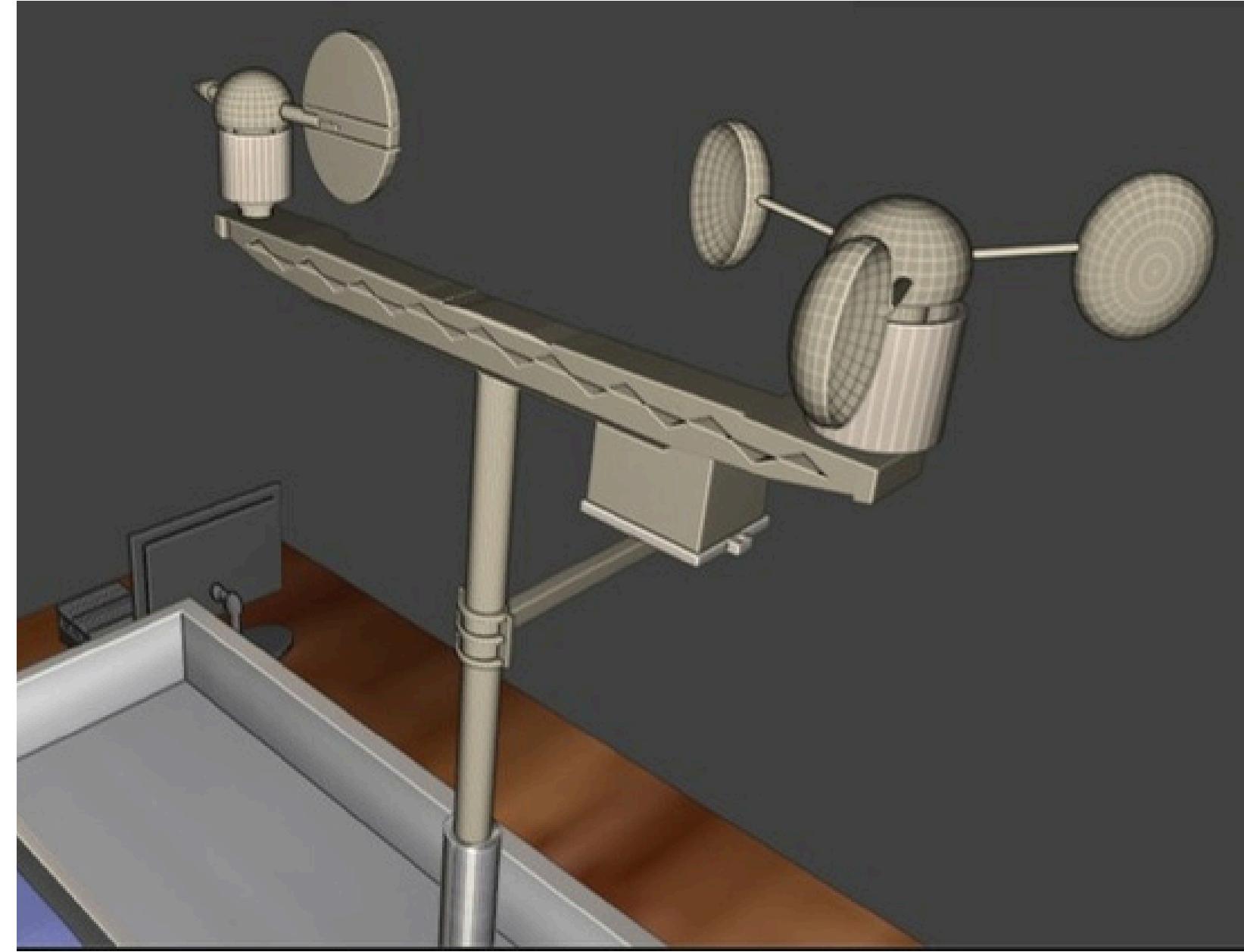
# Modélisation des capteurs

# Modélisation du prototype 3D dans Blender

## Station de météo



# Modélisation des capteurs

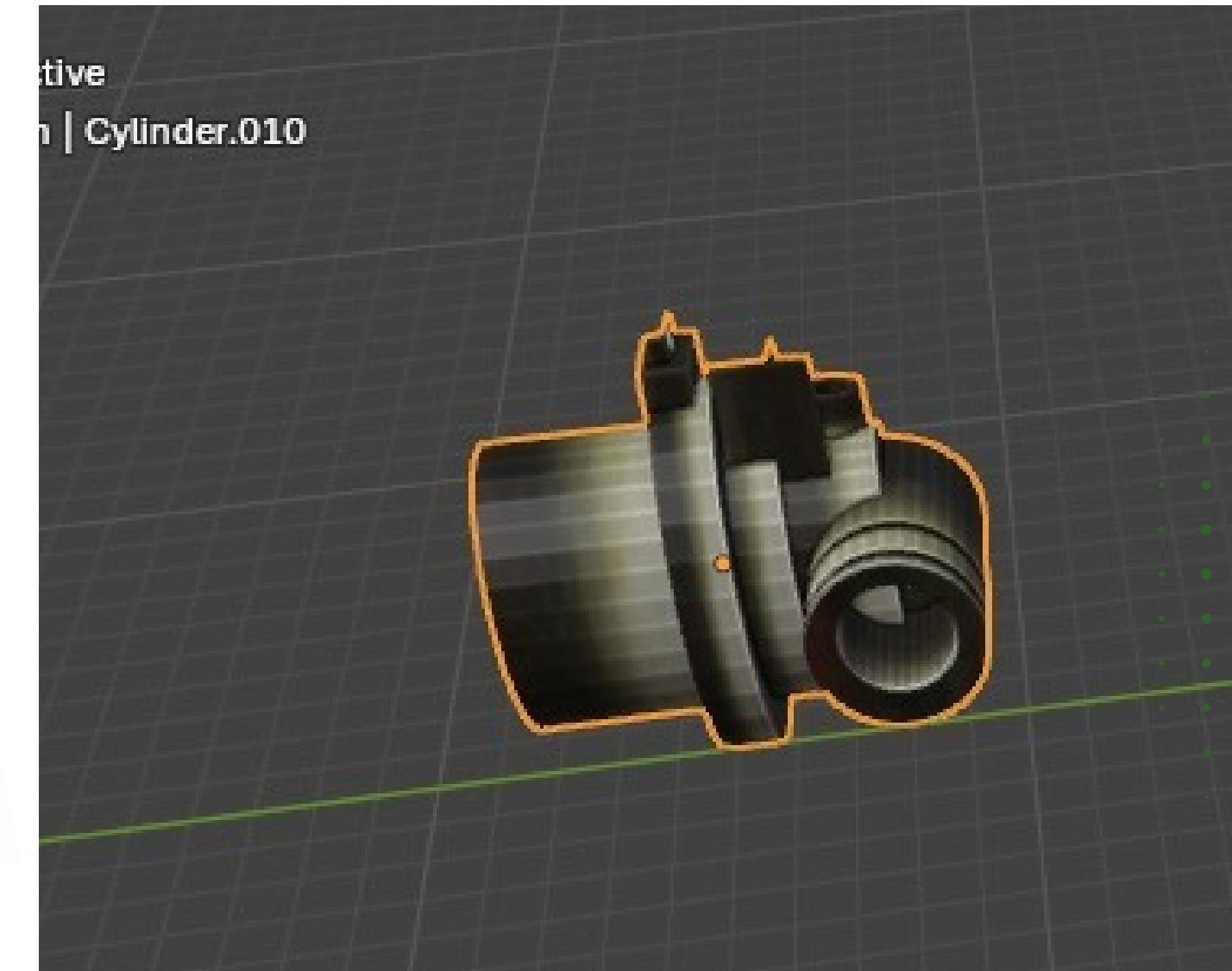


# Modélisation du prototype 3D dans Blender

la pompe

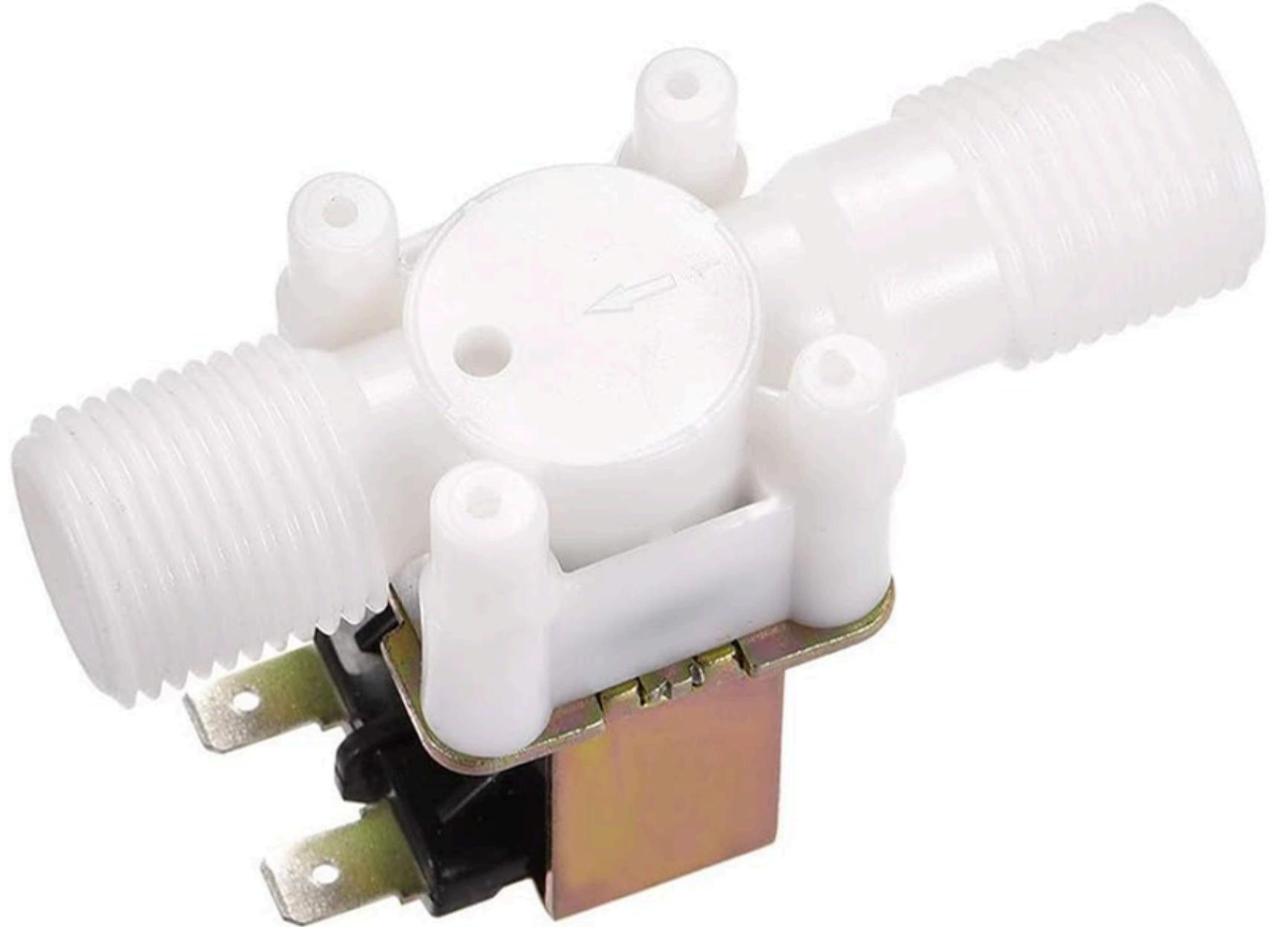


# Modélisation des actionneurs

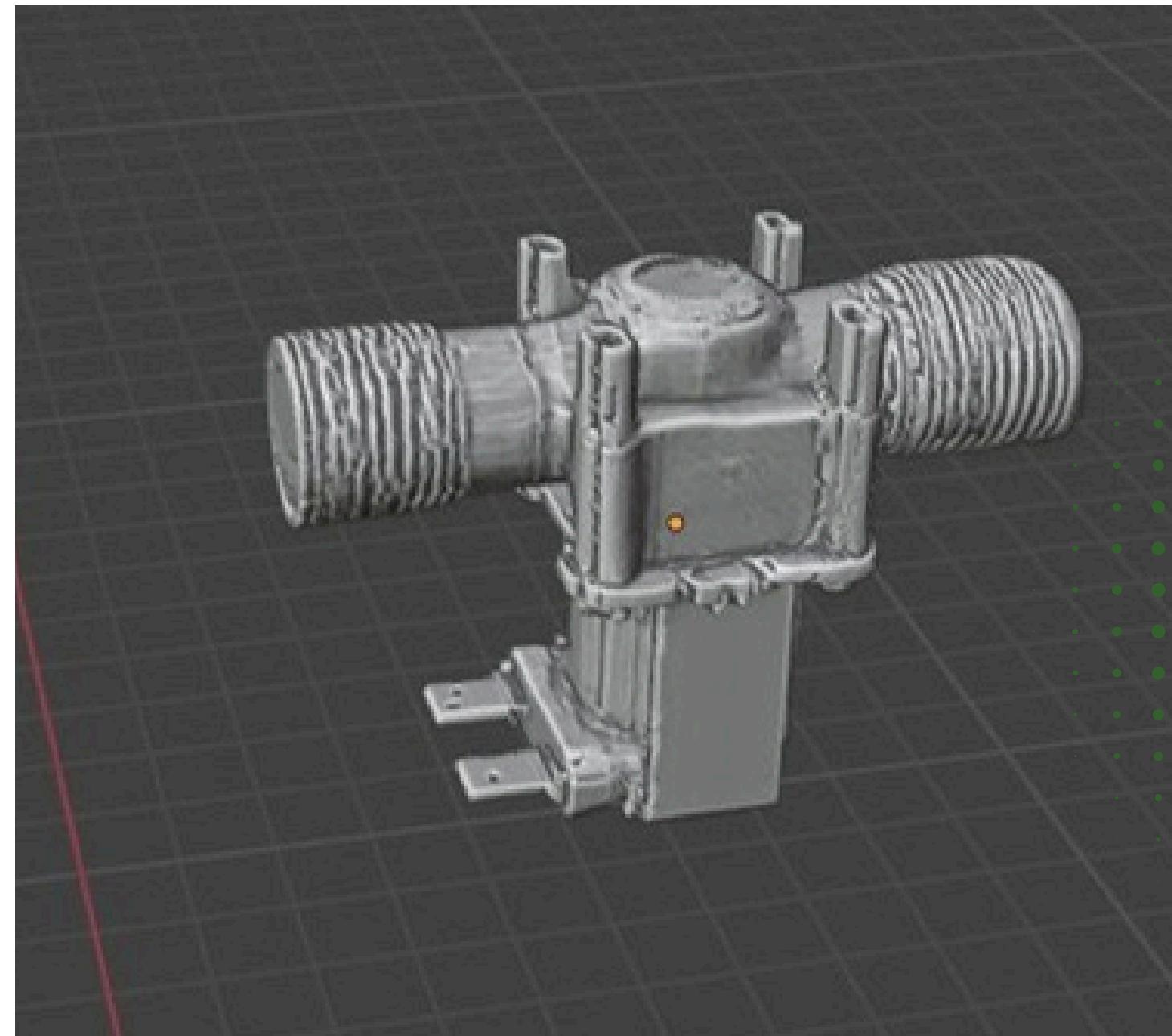


# Modélisation du prototype 3D dans Blender

## Les électrovannes

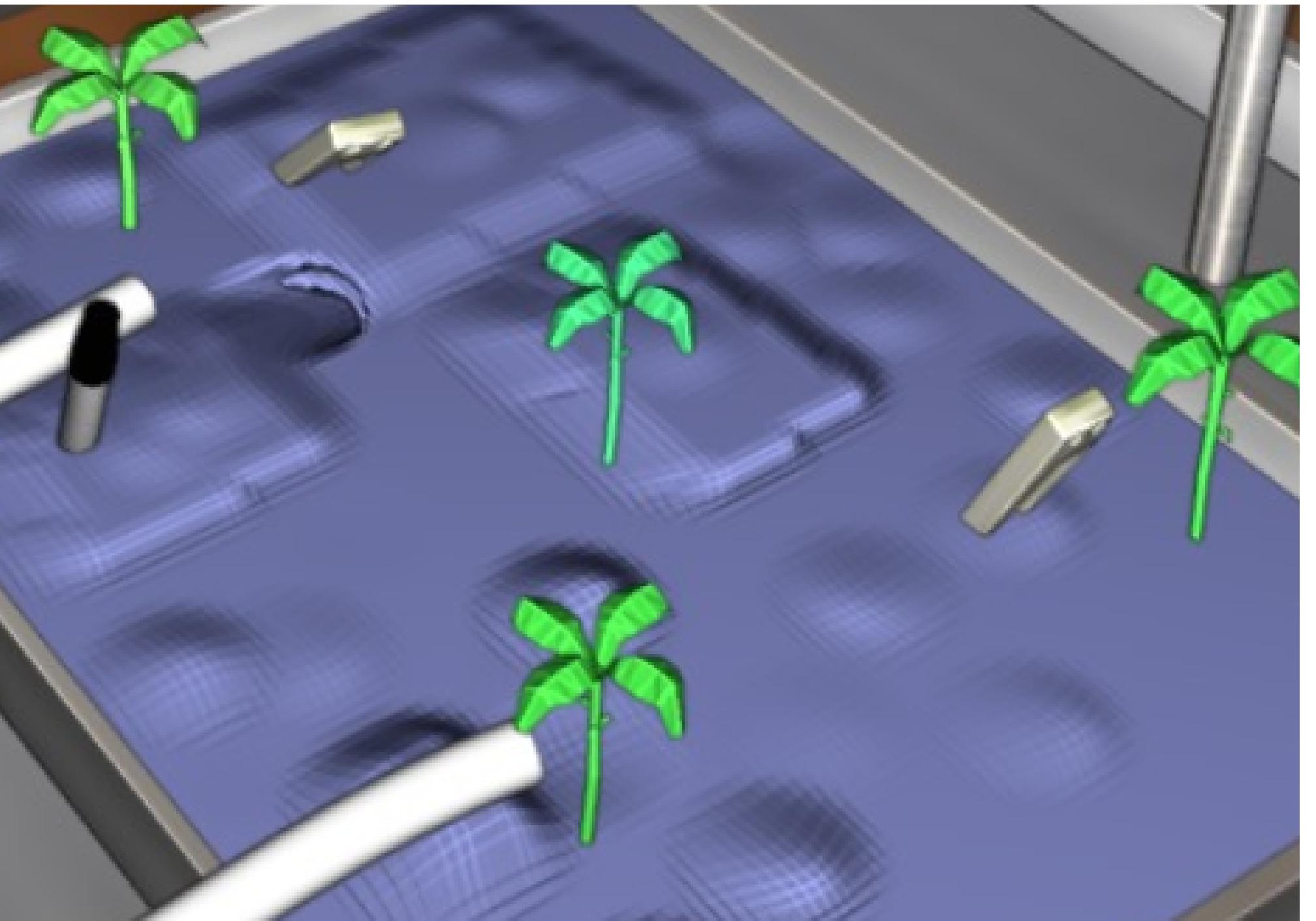


# Modélisation des actionneurs



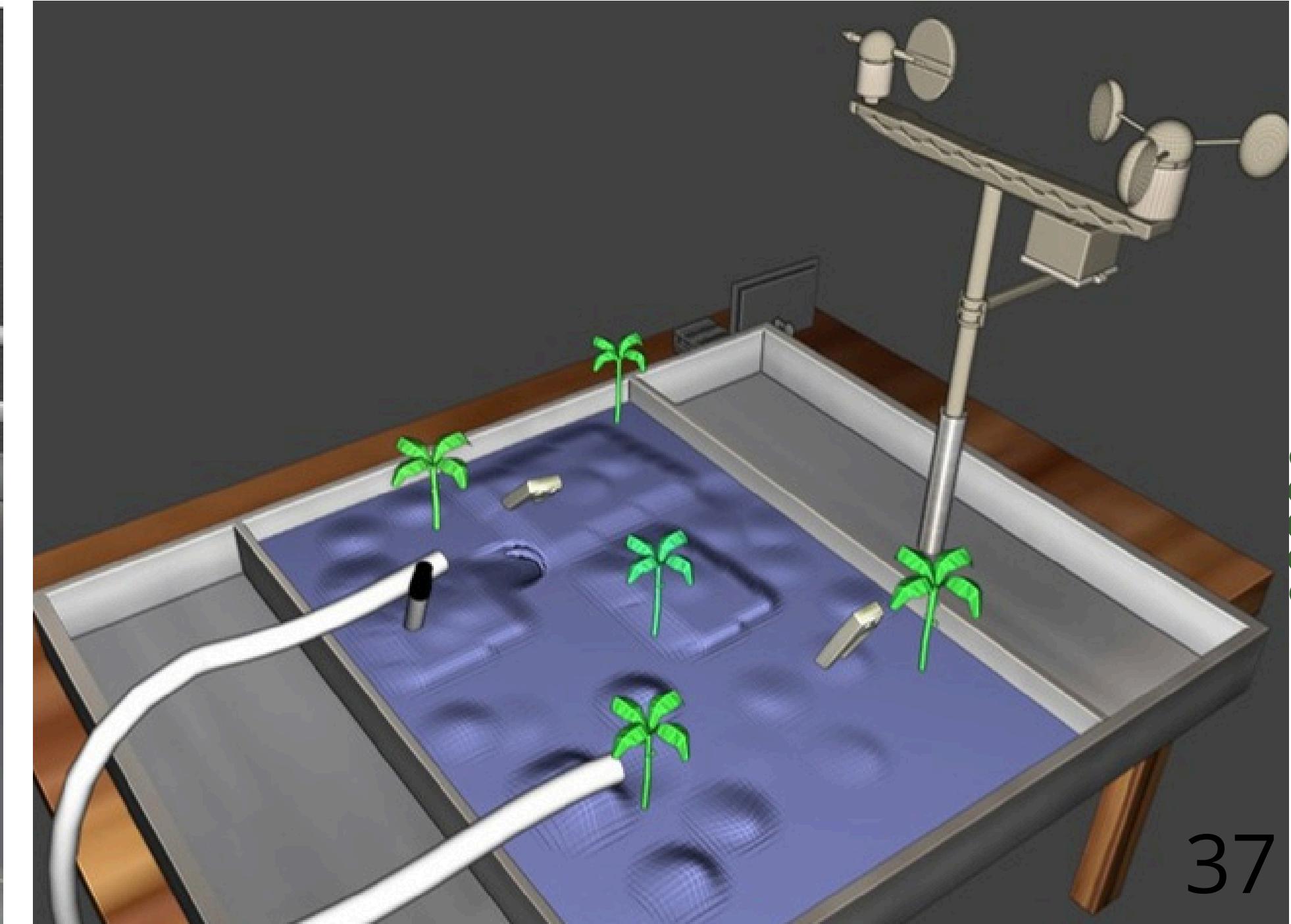
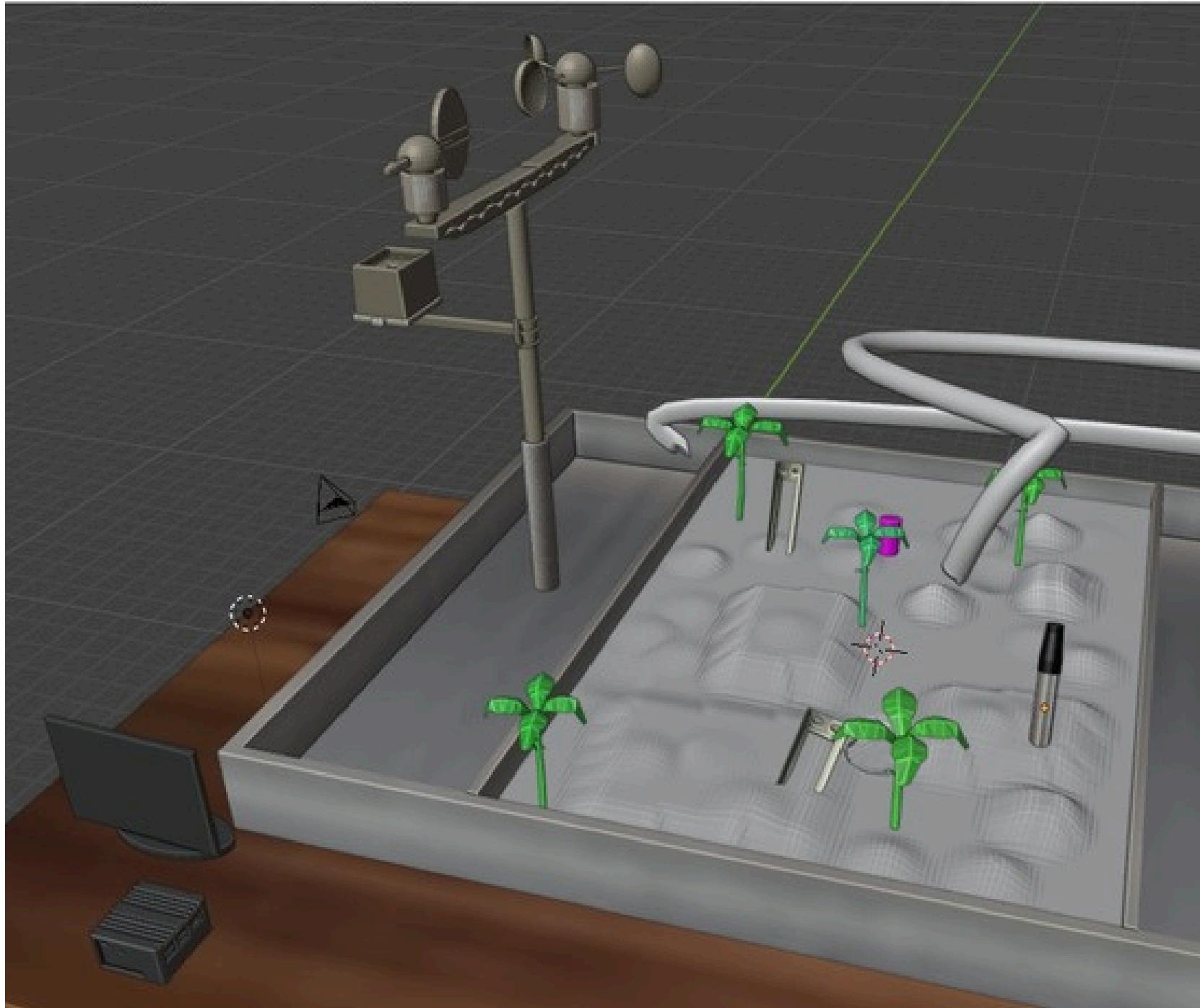
# Modélisation du prototype 3D dans Blender

## La plante



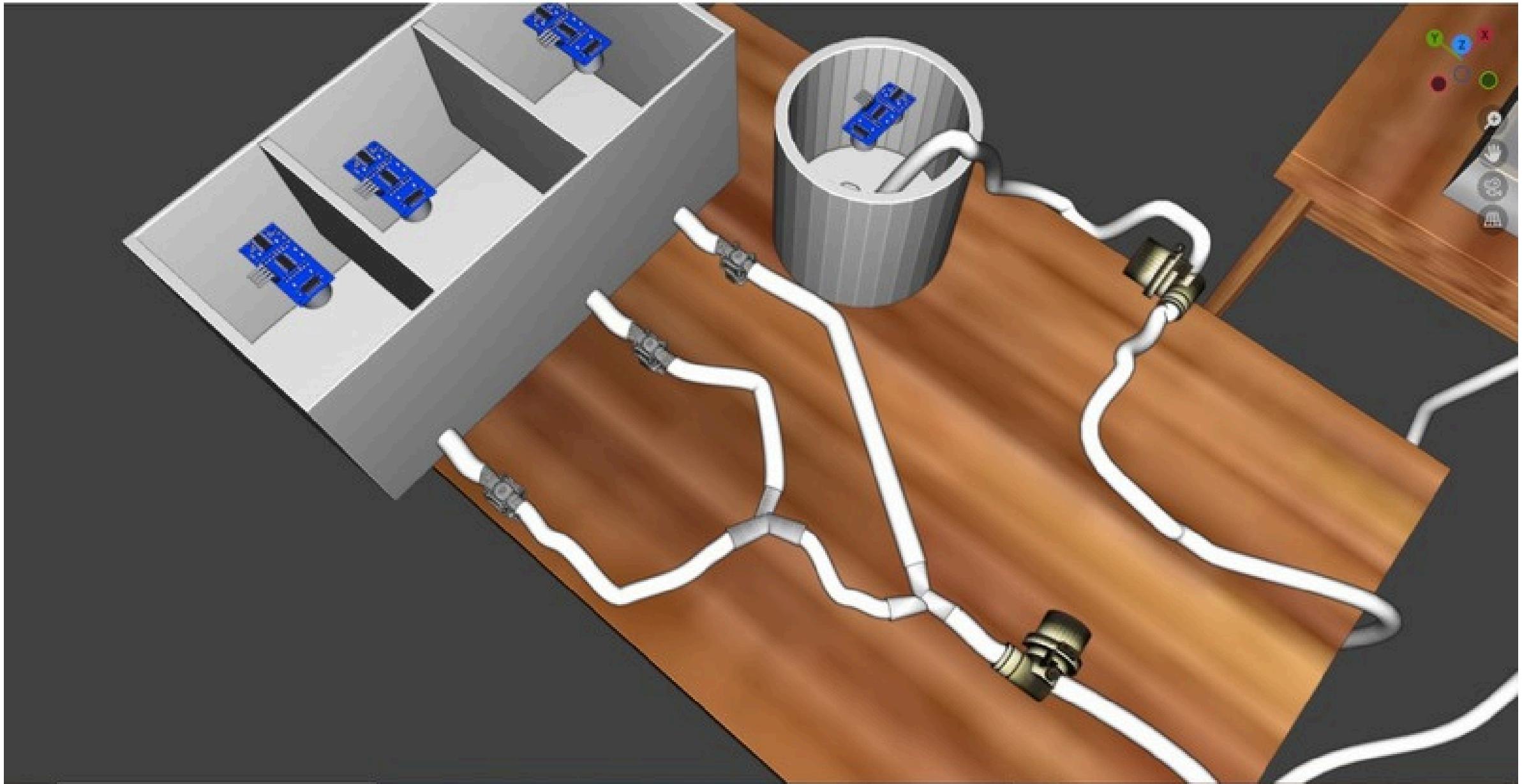
# Modélisation du prototype 3D dans Blender

## Système d'irrigation



# Modélisation du prototype 3D dans Blender

## Système hydraulique



# L'interconnexion entre le réel et le virtuel

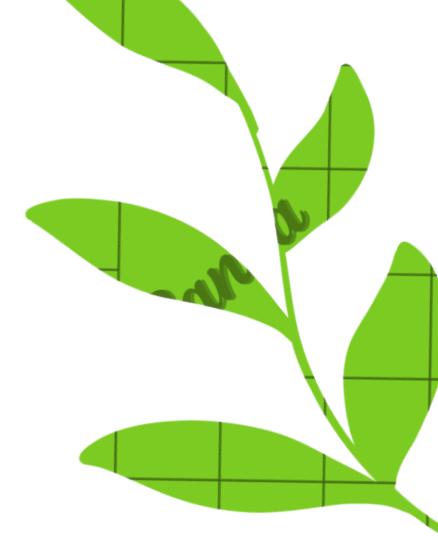
## objectif

 **Transmettre les données des capteurs physiques vers une modélisation numérique**

 **Assurer une communication pour la supervision**

 **Action de correction**

# L'interconnexion entre le réel et le virtuel



## Les protocoles utilisés

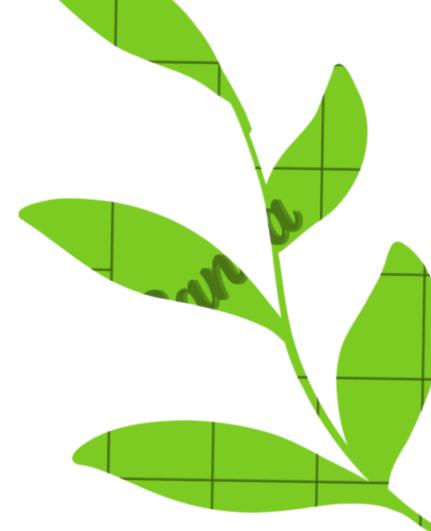


**LORAWAN → Activation sécurisée via OTAA**

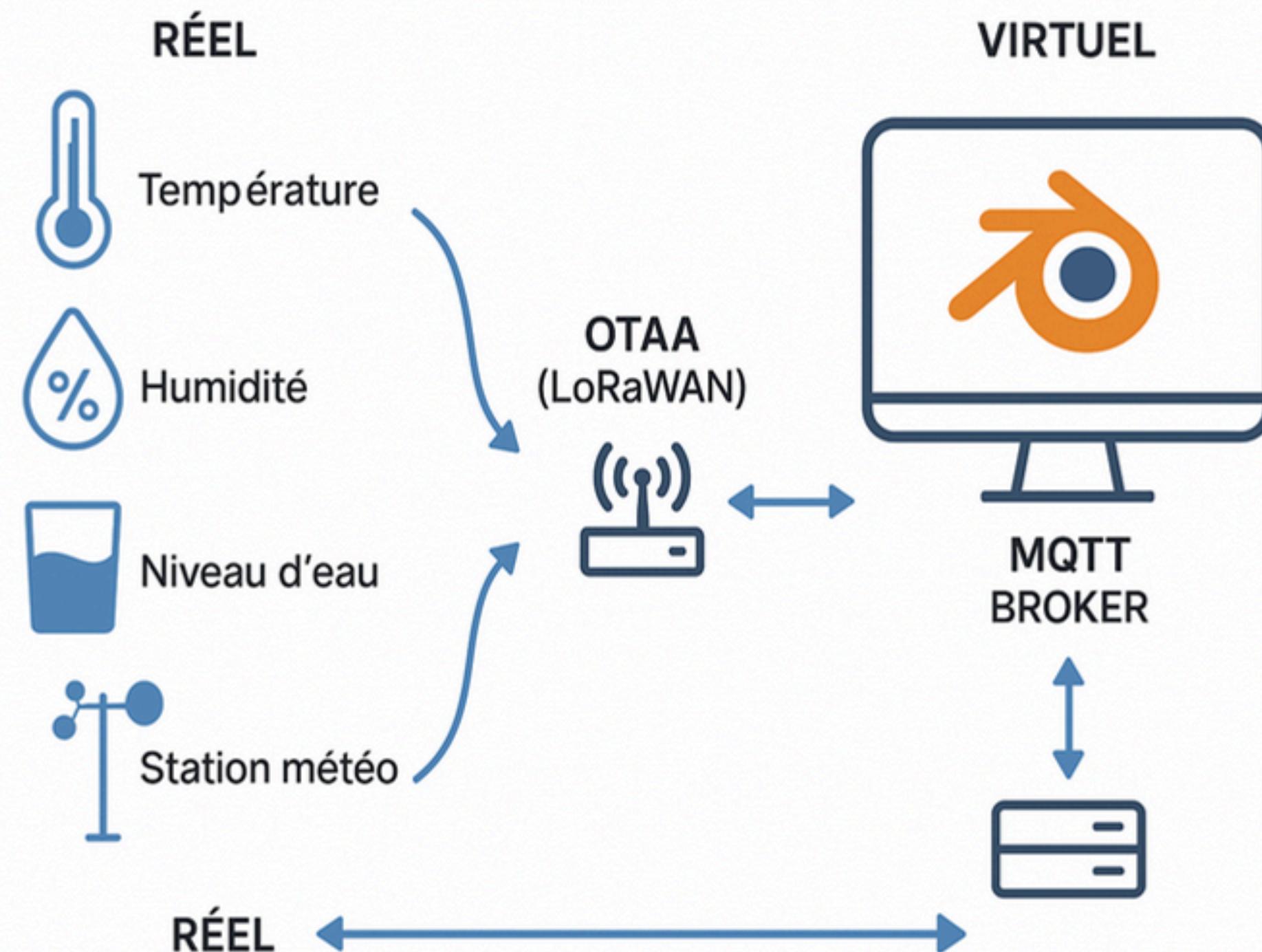


**MQTT → Protocole léger pour échanger les données entre la gateway et le modèle 3D**

# L'interconnexion entre le réel et le virtuel



## Schéma d'interconnexion



## Topic

# L'animation

L'adresse IP

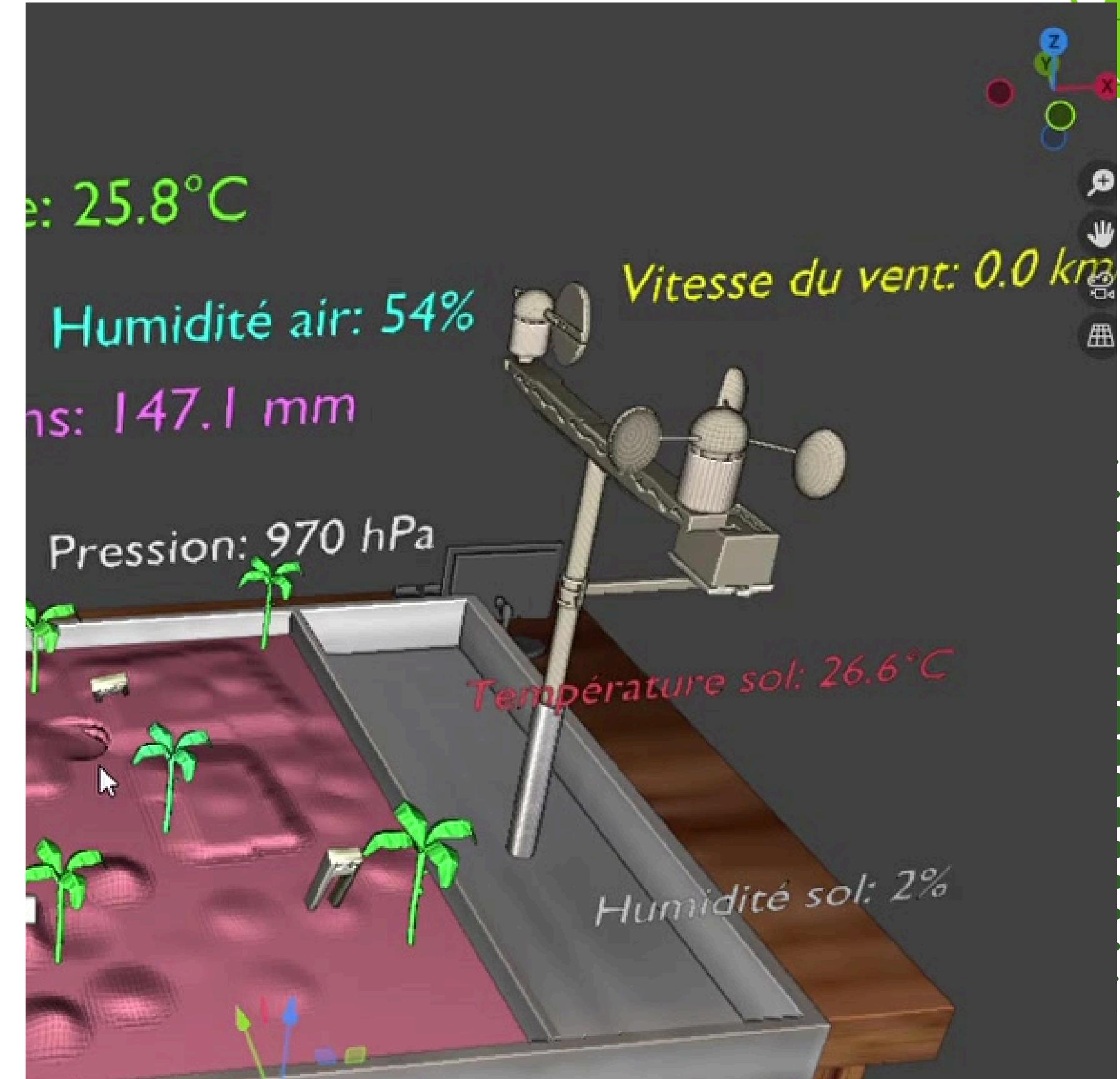
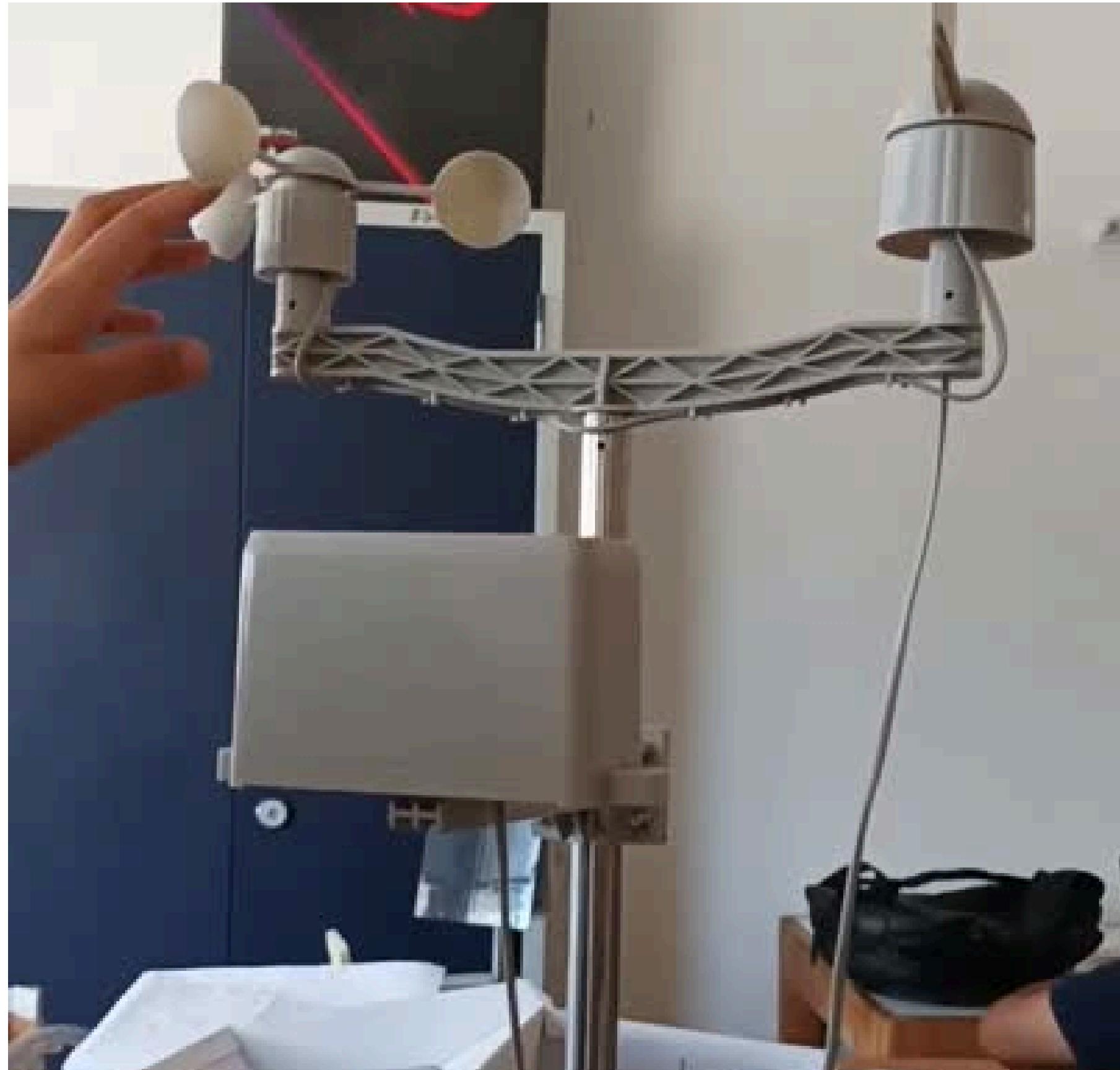
Nom des objets

Mesures

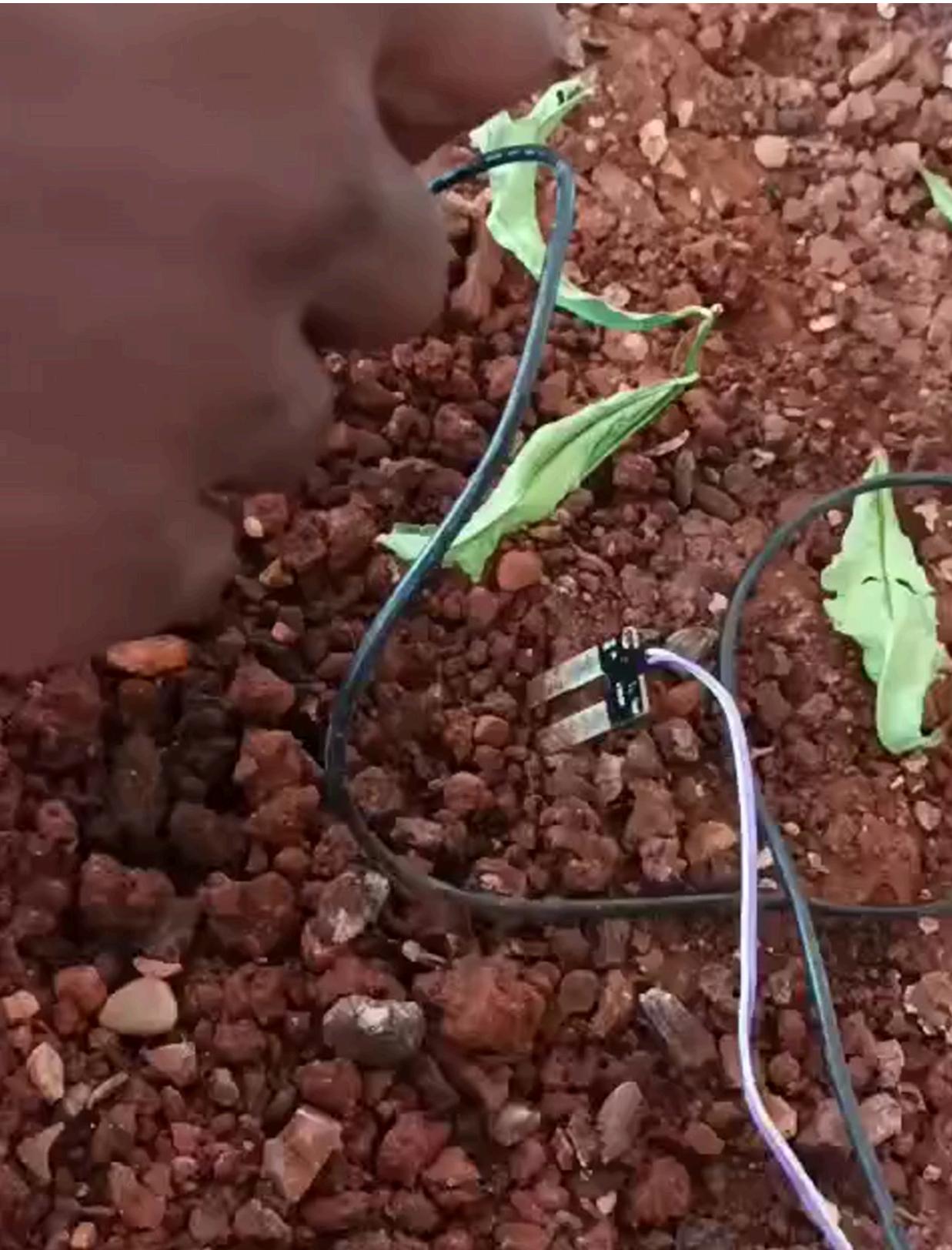
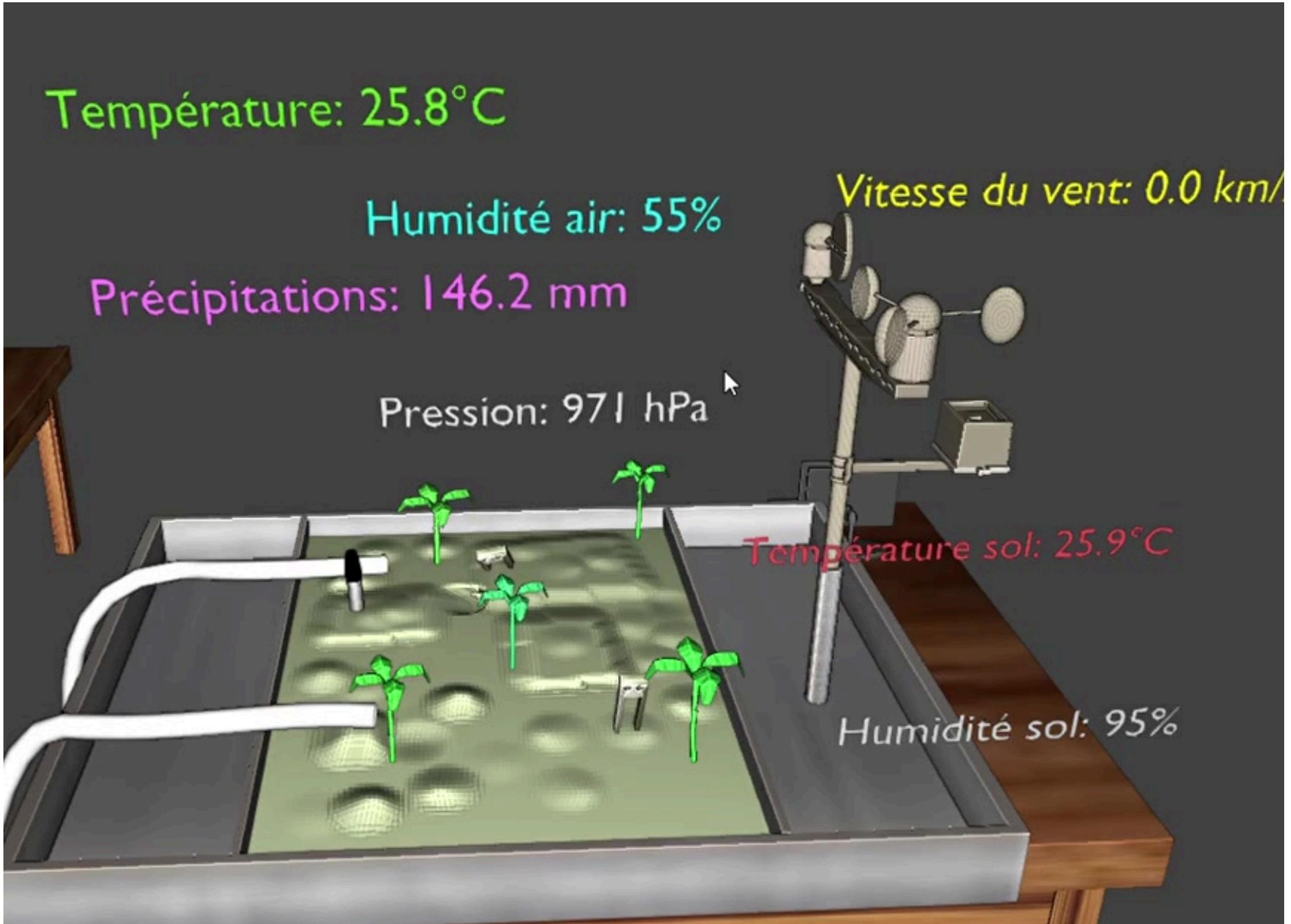
```
# Configuration MQTT
MQTT_BROKER = "192.168.230.1"
TOPIC = "application/3/device/70b3d57ed004c7dc/rx"
TARGET_OBJECT = "Cube" # Nom de l'objet 3D à faire tourner
SOL_OBJECT = "Sol" # Nom de l'objet sol pour le changement de coul
UPDATE_INTERVAL = 0.0166 # Intervalle de mise à jour (~60 FPS)

# Noms des objets texte pour chaque donnée
TEXT_OBJECTS = {
    'wind_speed': 'Vitesse_Vent_display',
    'wind_direction': 'Direction_Vent_display',
    'temperature': 'Temperature_display',
    'humidity': 'Humidite_Air_display',
    'soil_temperature': 'Temperature_Sol_display',
    'soil_humidity': 'Humidite_Sol_display',
    'pressure': 'Pression_display',
    'rainfall': 'Precipitation_display'
```

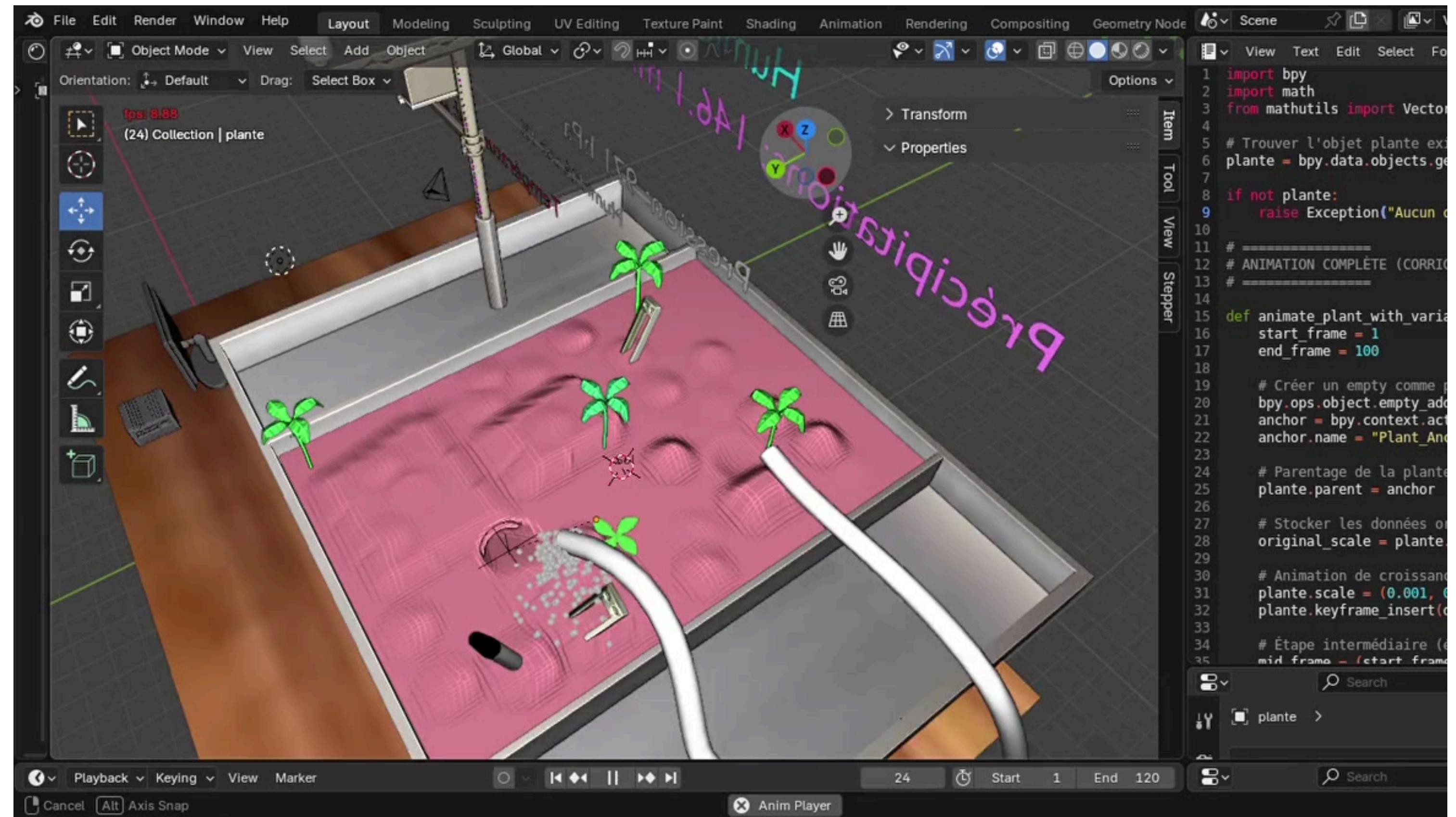
# L'animation



# L'animation

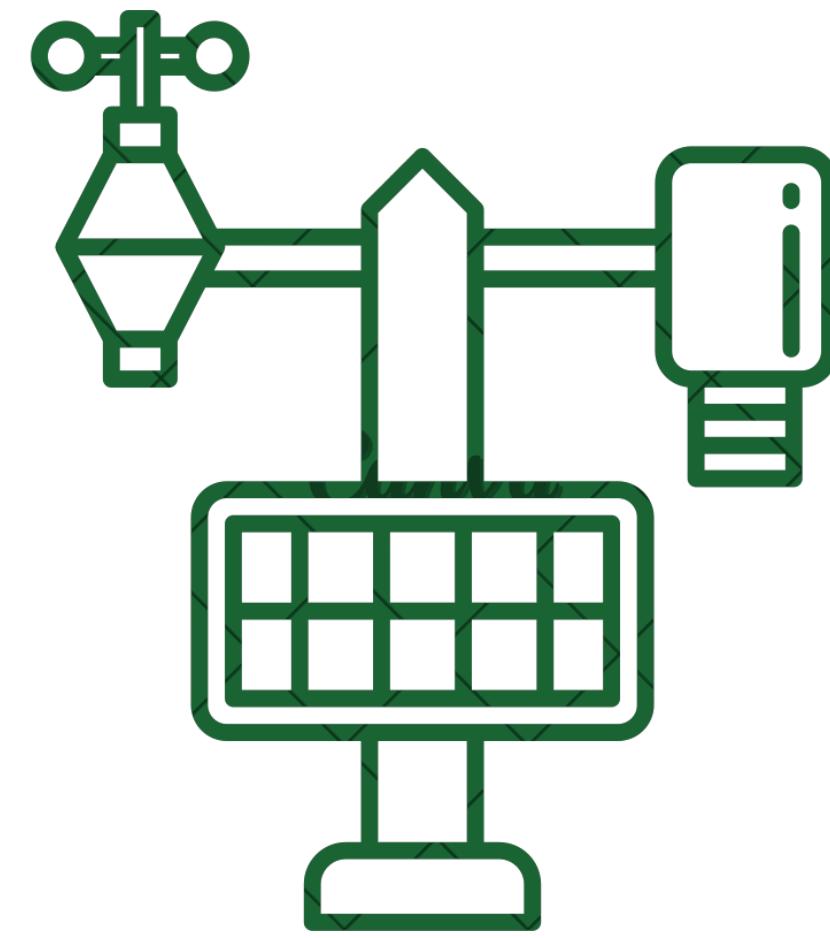


# L'animation



# LES NŒUDS

...



# Nœud 1

## STATION MÉTÉOROLOGIQUE

# Objectif



## ✓ Collecter des données météorologiques complètes

- Température de l'air
- Humidité relative
- Pression atmosphérique
- Vitesse du vent
- Direction du vent
- Hauteur de pluie (rainfall)

✓ Transmettre ces données via LoRa en utilisant OTAA.

✓ Partager les informations avec les autres sous-systèmes de la serre

✓ Publier les données dans un MQTT broker via ChirpStack.

# Importance d'une station météorologique



## Prévision météorologique locale

Permet de prévoir les conditions climatiques (pluie, vent, température, etc.) avec précision pour une zone spécifique.



## Prévention des risques naturels

Aide à anticiper les événements extrêmes (orages, inondations, sécheresse) et à protéger les personnes, les cultures et les infrastructures.



## Soutien à l'agriculture intelligente

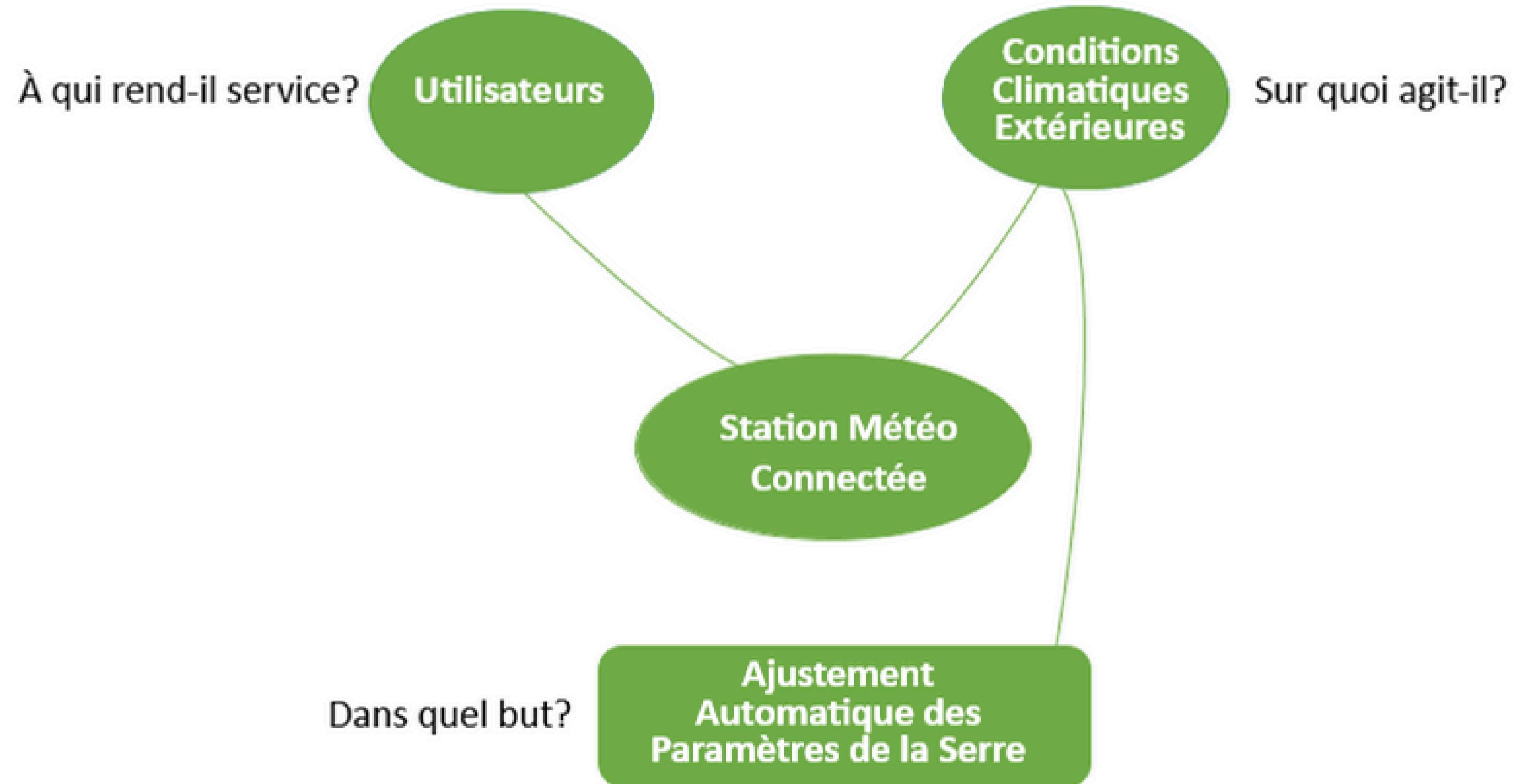
Fournit des données essentielles pour optimiser l'irrigation, les semis et les récoltes, améliorant ainsi le rendement et la durabilité.



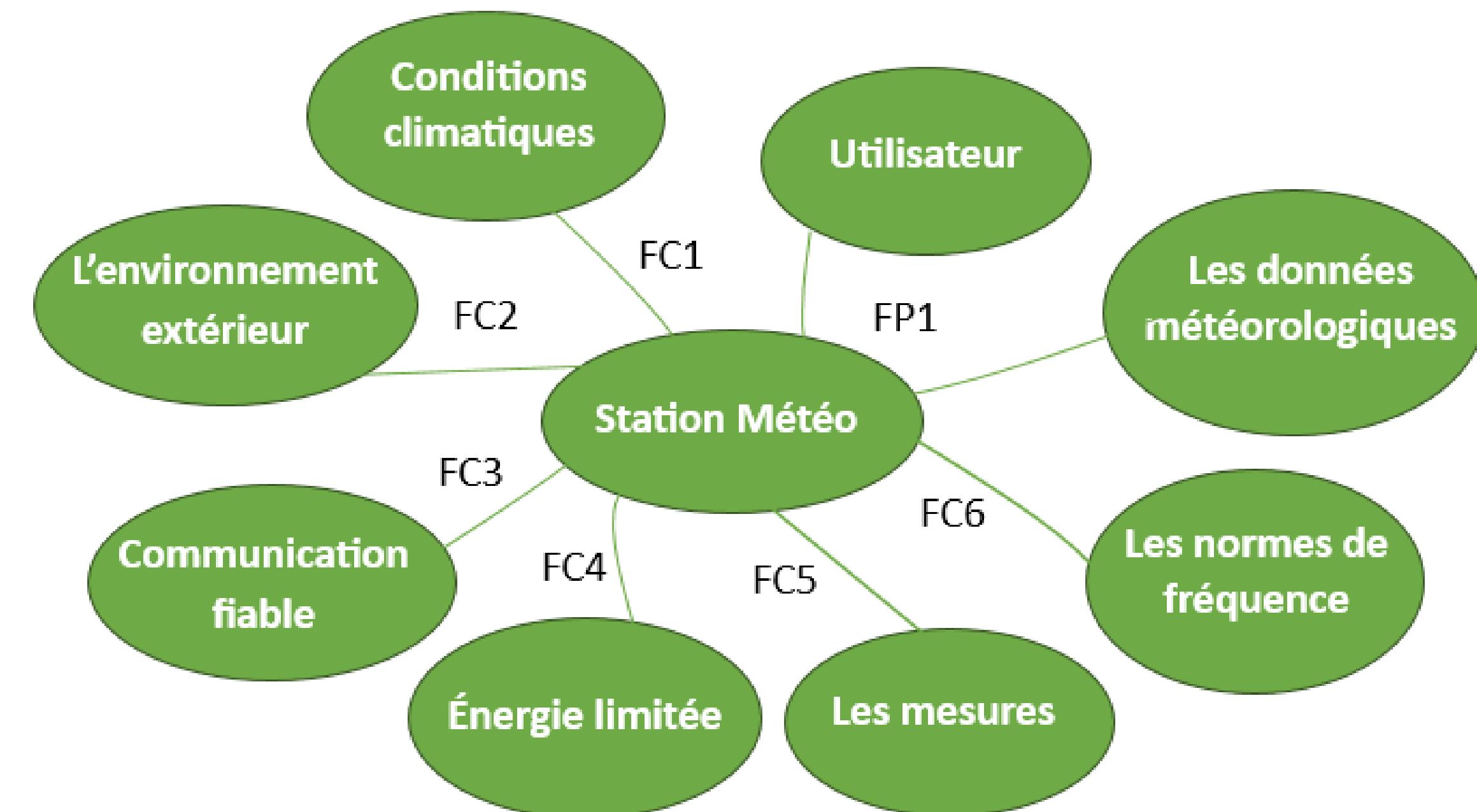
## Études environnementales et climatiques

Contribue à la recherche sur les changements climatiques, la qualité de l'air et la préservation de l'environnement.

# Analyse fonctionnelle externe : Bête à cornes



# Diagramme de pieuvre

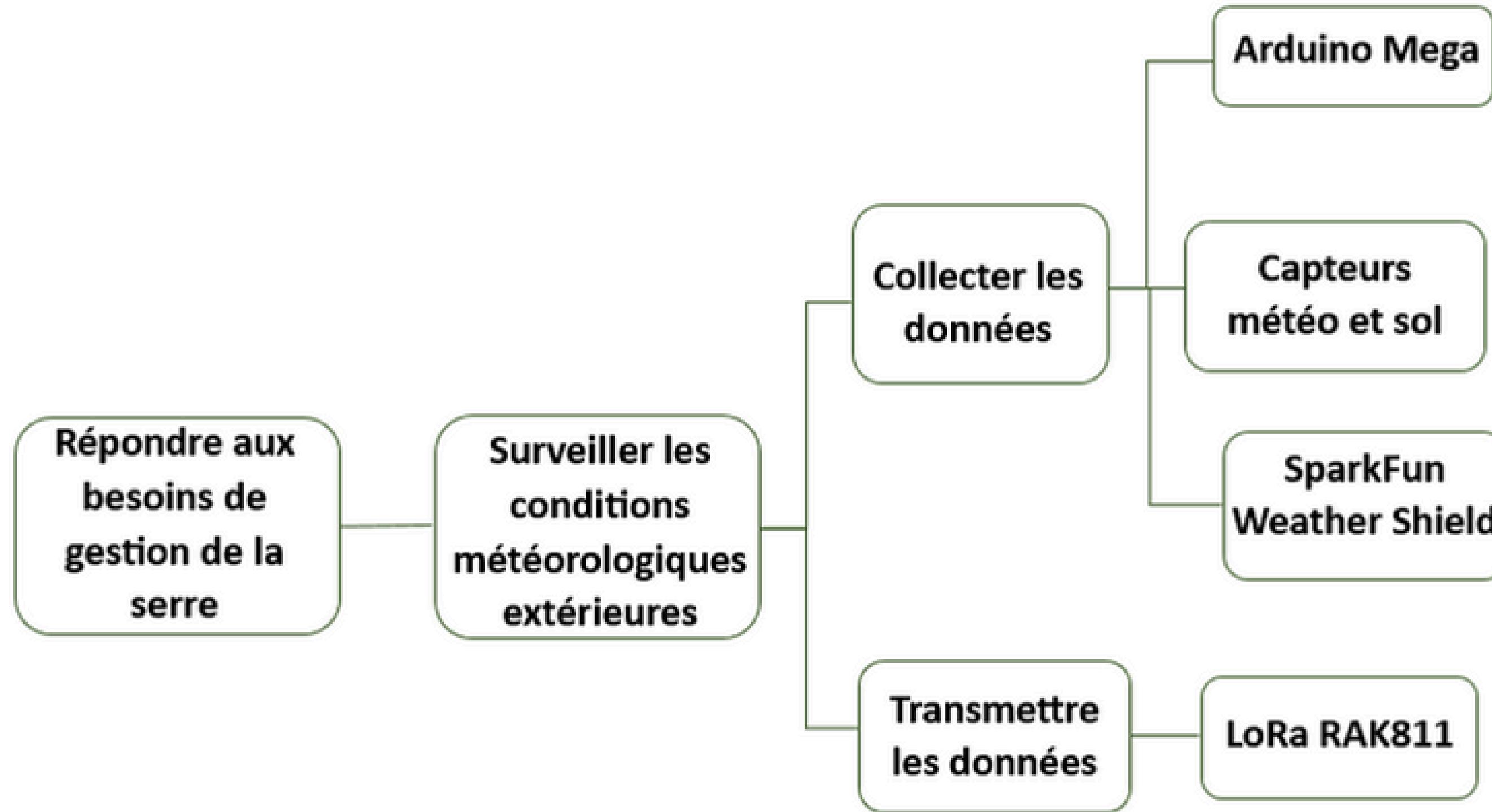


FP1: Collecter les données météorologiques

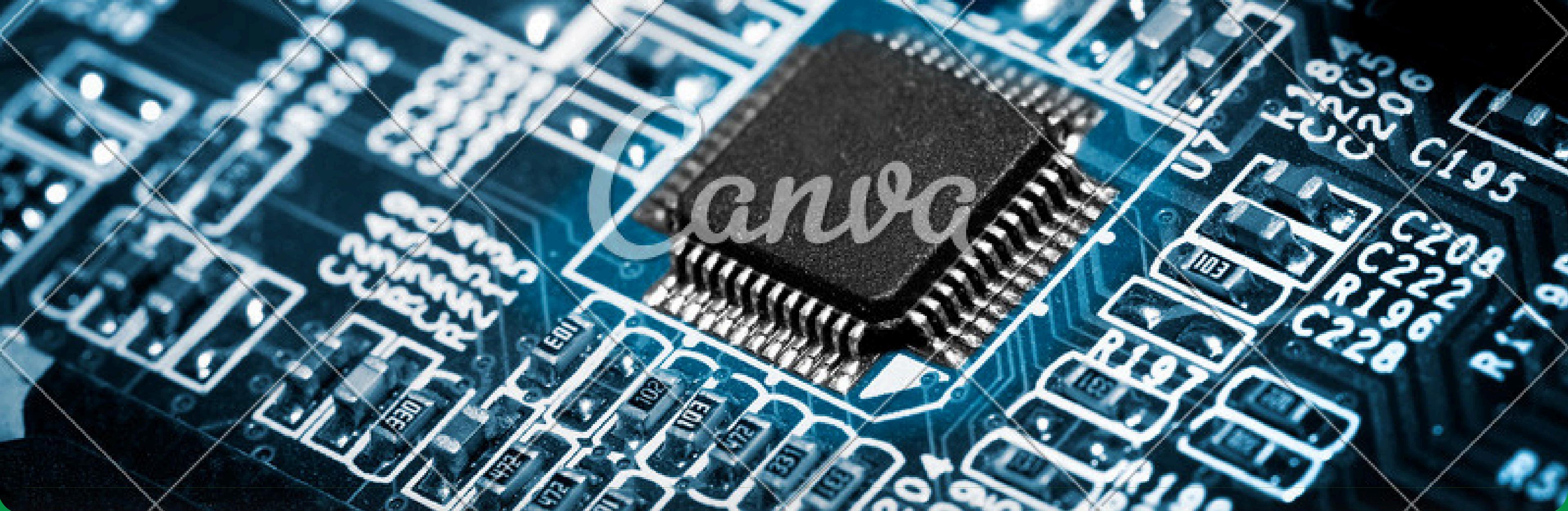
- FC1: S'adapter aux conditions climatiques
- FC2: Résister à l'environnement extérieur
- FC3: Assurer une communication fiable
- FC4: Fonctionner sur énergie limitée
- FC5: Fiabiliser les mesures
- FC6: Respecter les normes de fréquence

# Analyse fonctionnelle interne

## Diagramme FAST

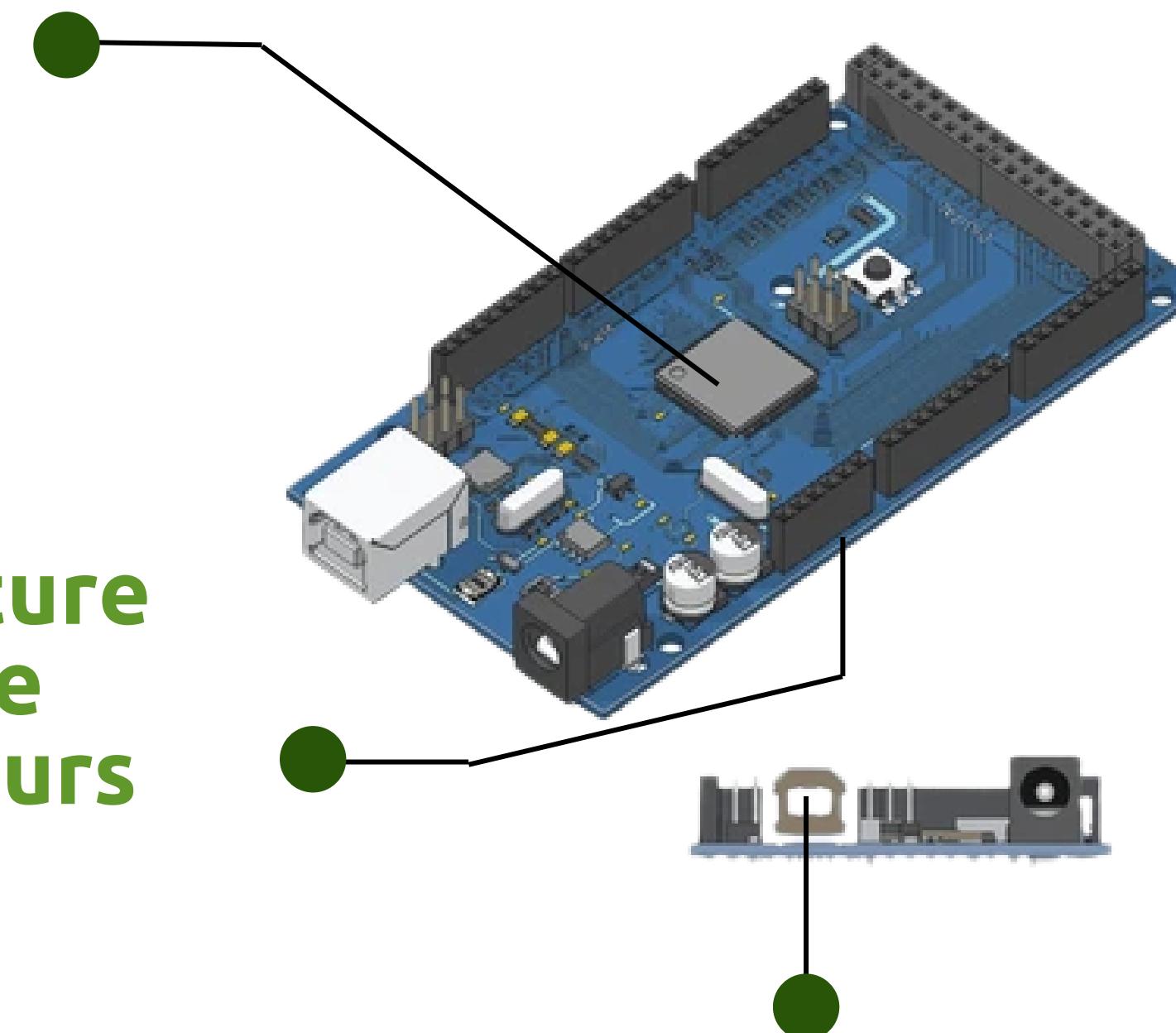


# Matériel utilisé

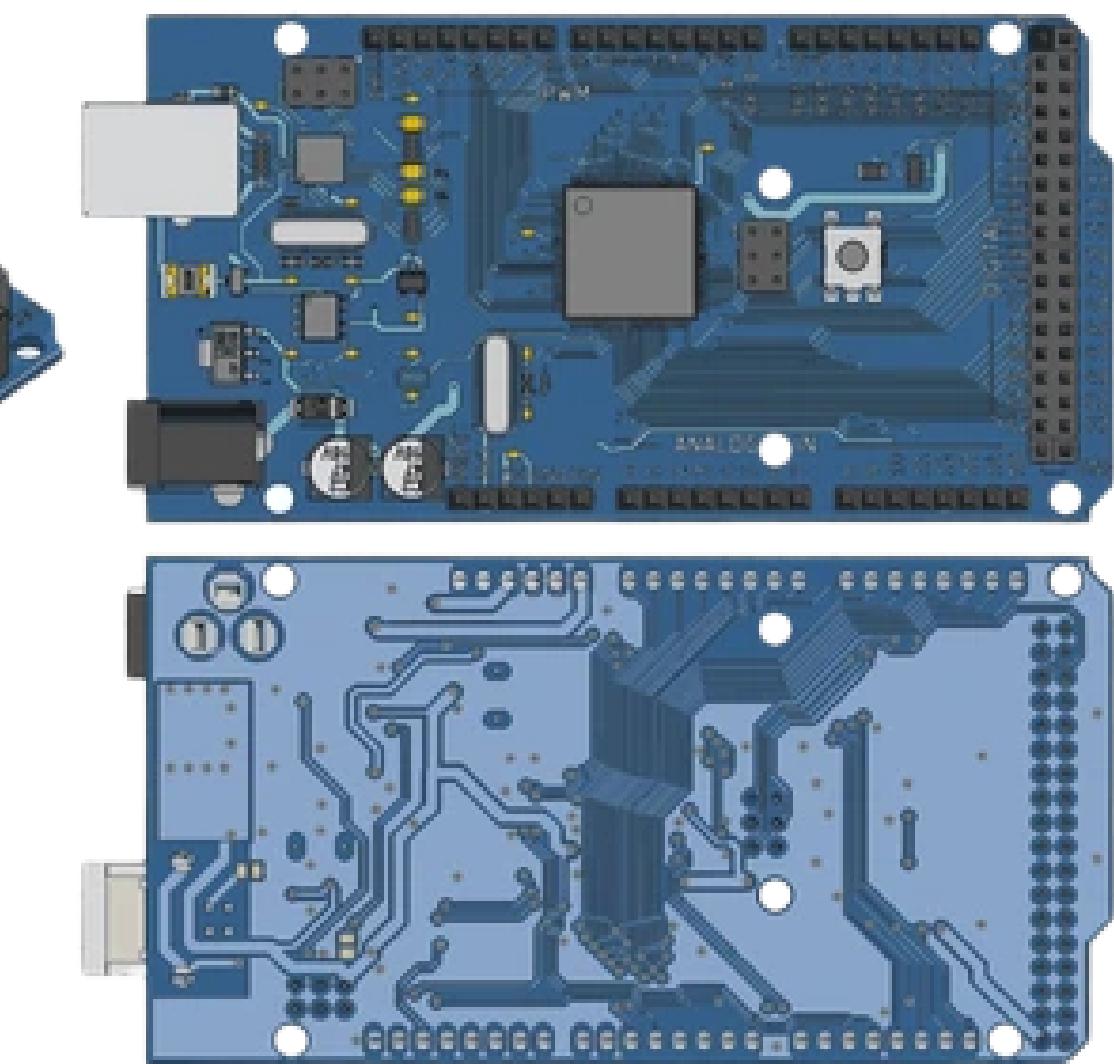


# Arduino Mega 2560

Unité centrale de traitement

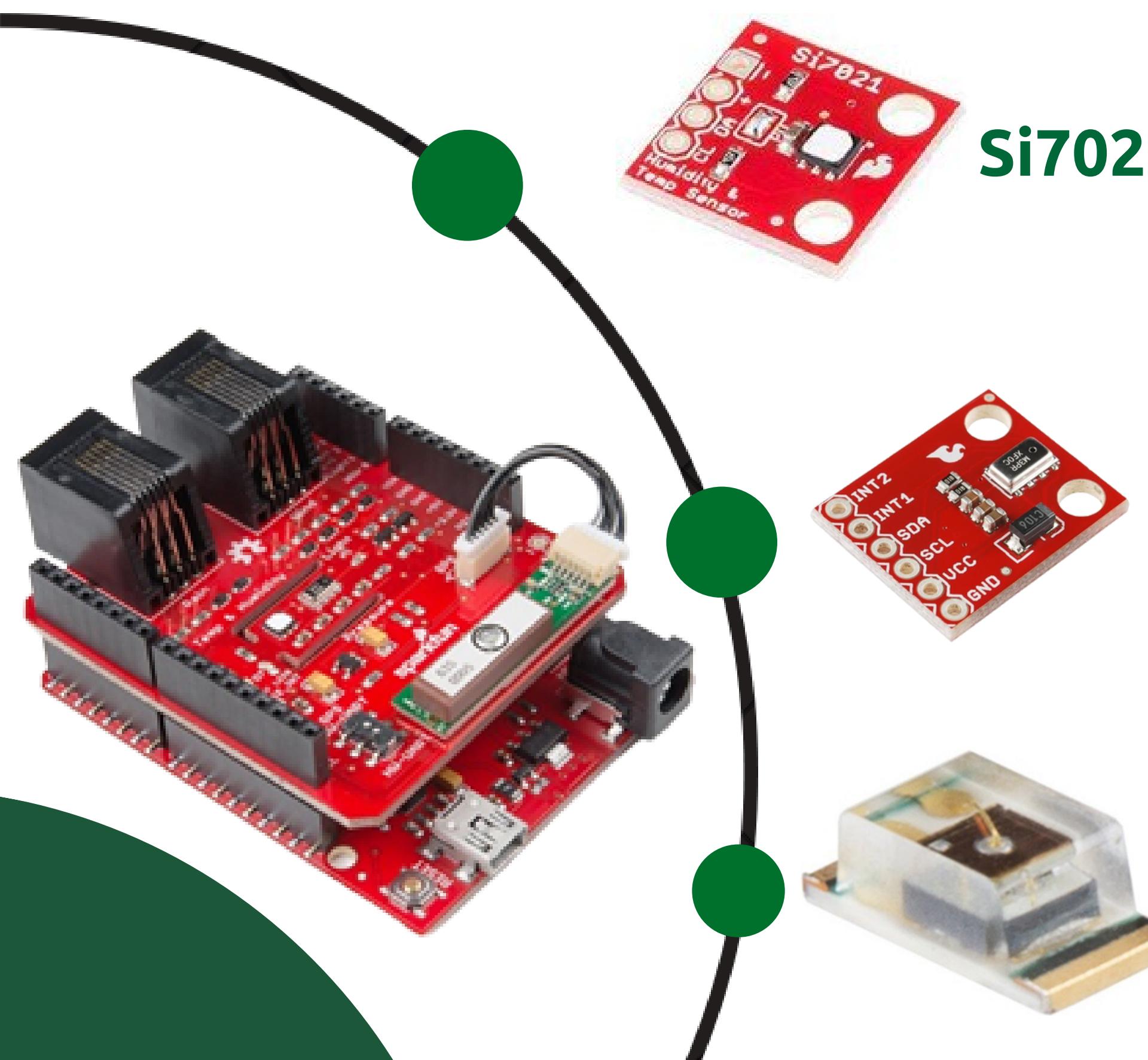


Adapté à la lecture simultanée de plusieurs capteurs



Traitement et Transmission des Données Climatiques via SparkFun Weather Shield et Module LoRa

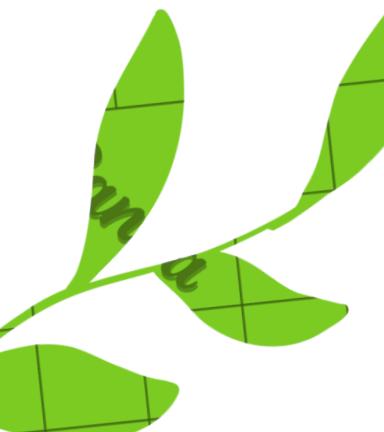
# Carte météo: SparkFun Weather Shield



**Si7021** : mesure la température de l'air et l'humidité relative.

**MPL3115A2** : capteur de pression barométrique.

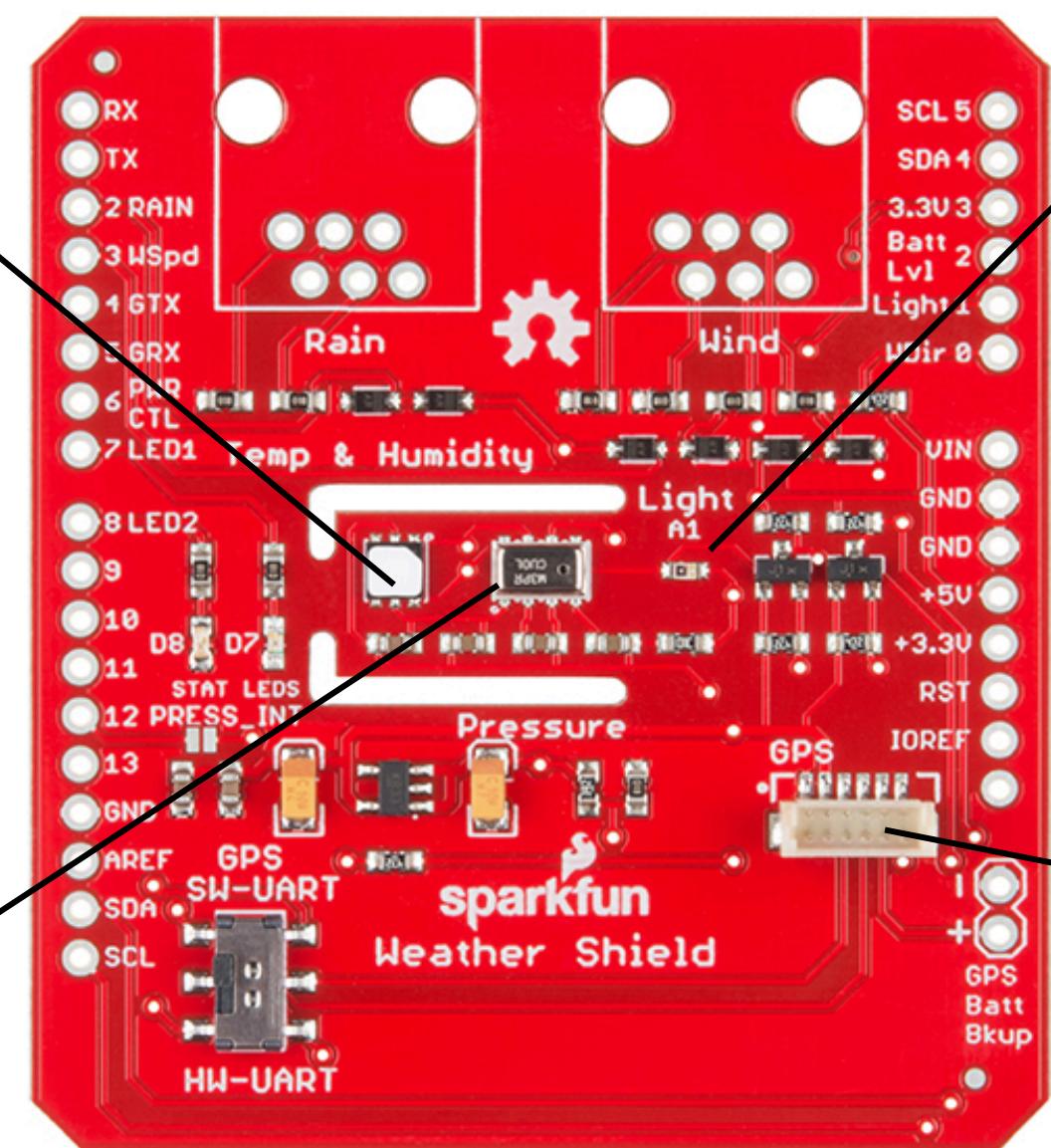
**ALS-PT19** : capteur de luminosité (optionnel selon version).



# SparkFun Weather Shield

Capteur Si7021 de  
température et  
l'humidité

Capteur MPL3115A2  
de pression



Capteur de  
luminosité

Capteur GPS

# Station météo

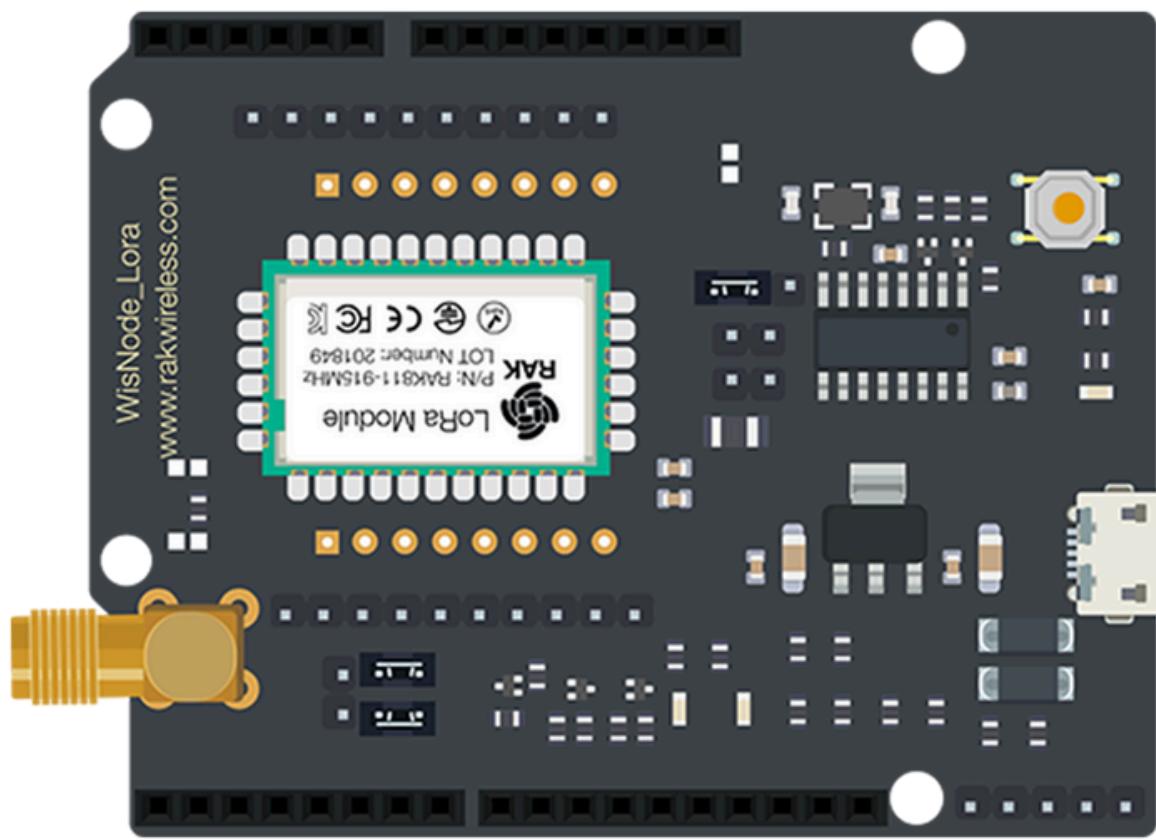
**Une Girouette:**  
**Capteur de Direction**  
**du vent**

**Un Anémomètre:**  
**Capteur de**  
**Vitesse du vent**

**Un Pluviomètre**



# Module de communication

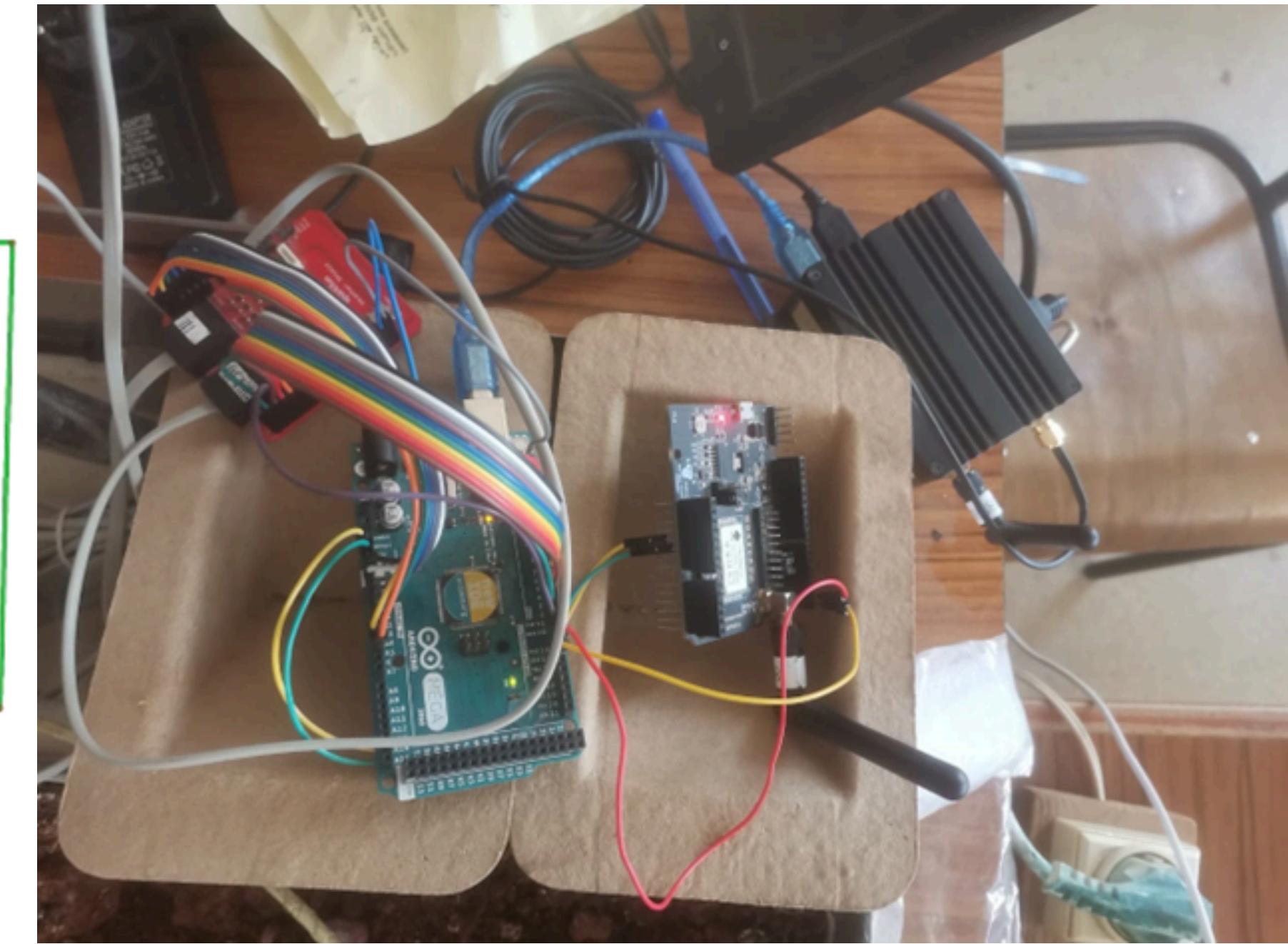
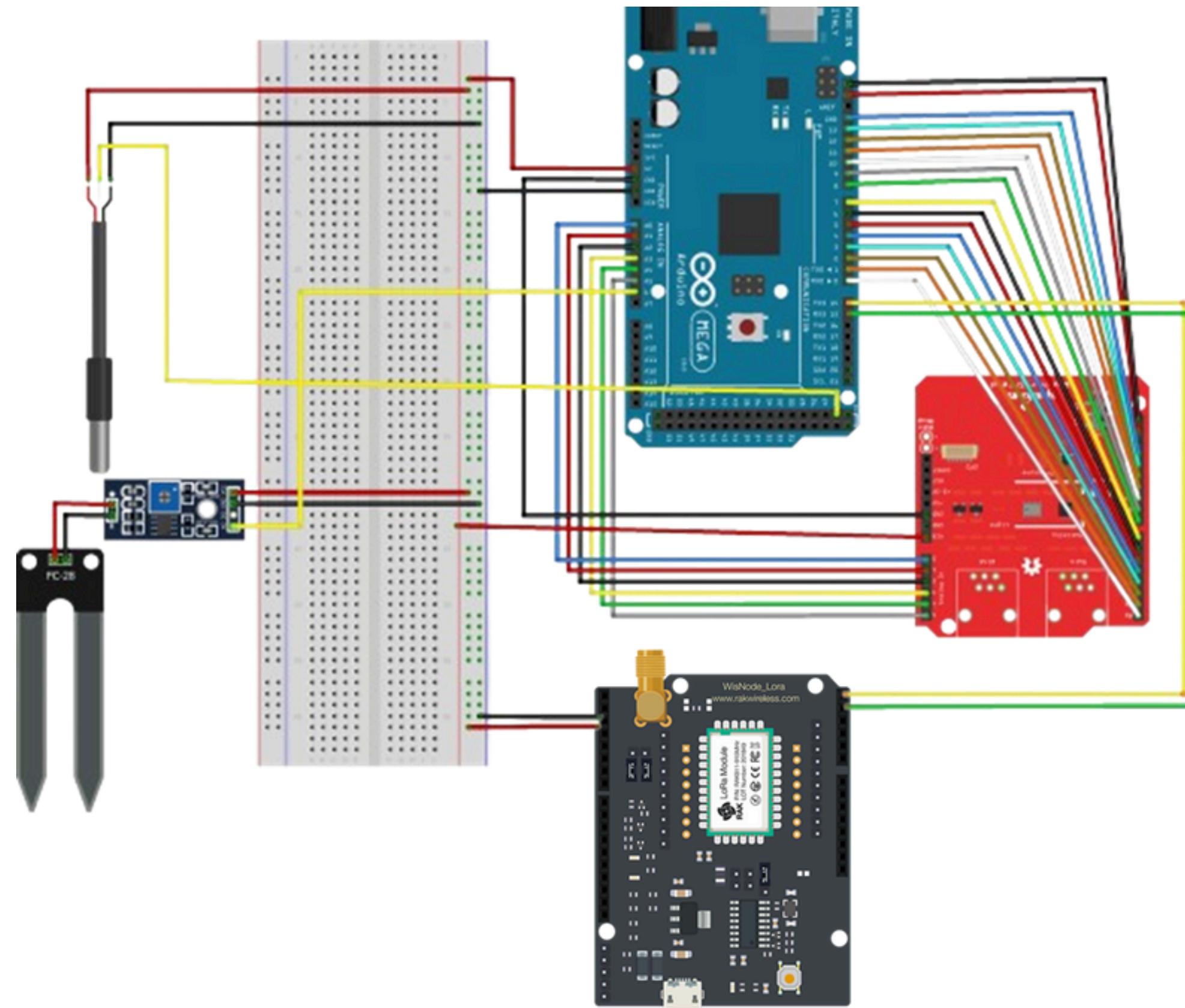


Lora RAK811

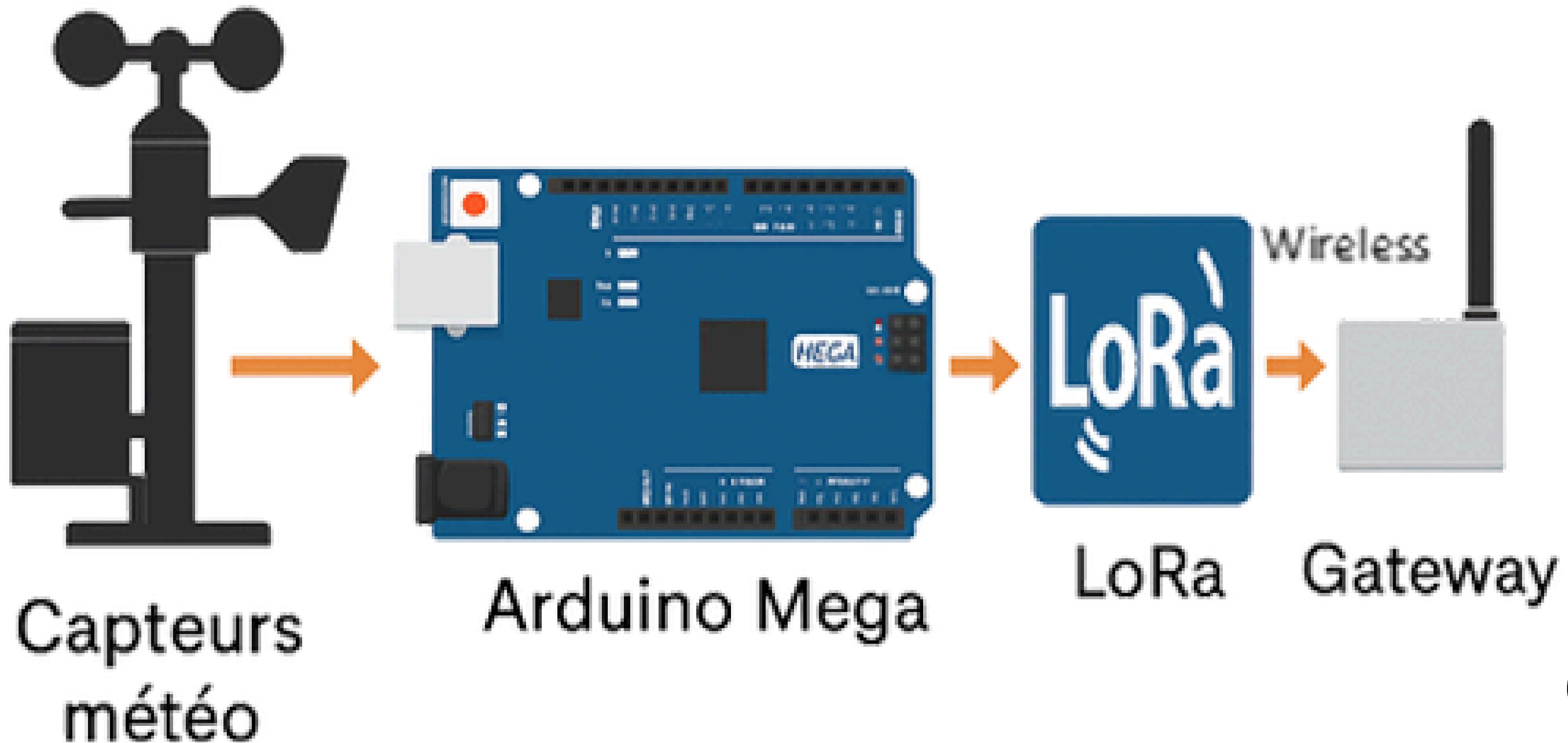


**RAK**<sup>®</sup>  
IoT Made Easy

# Brochage du matériel



# Architecture de Transmission des Données



# Partie logicielle Configuration RAK811

Utilise Protocole OTAA  
pour communication

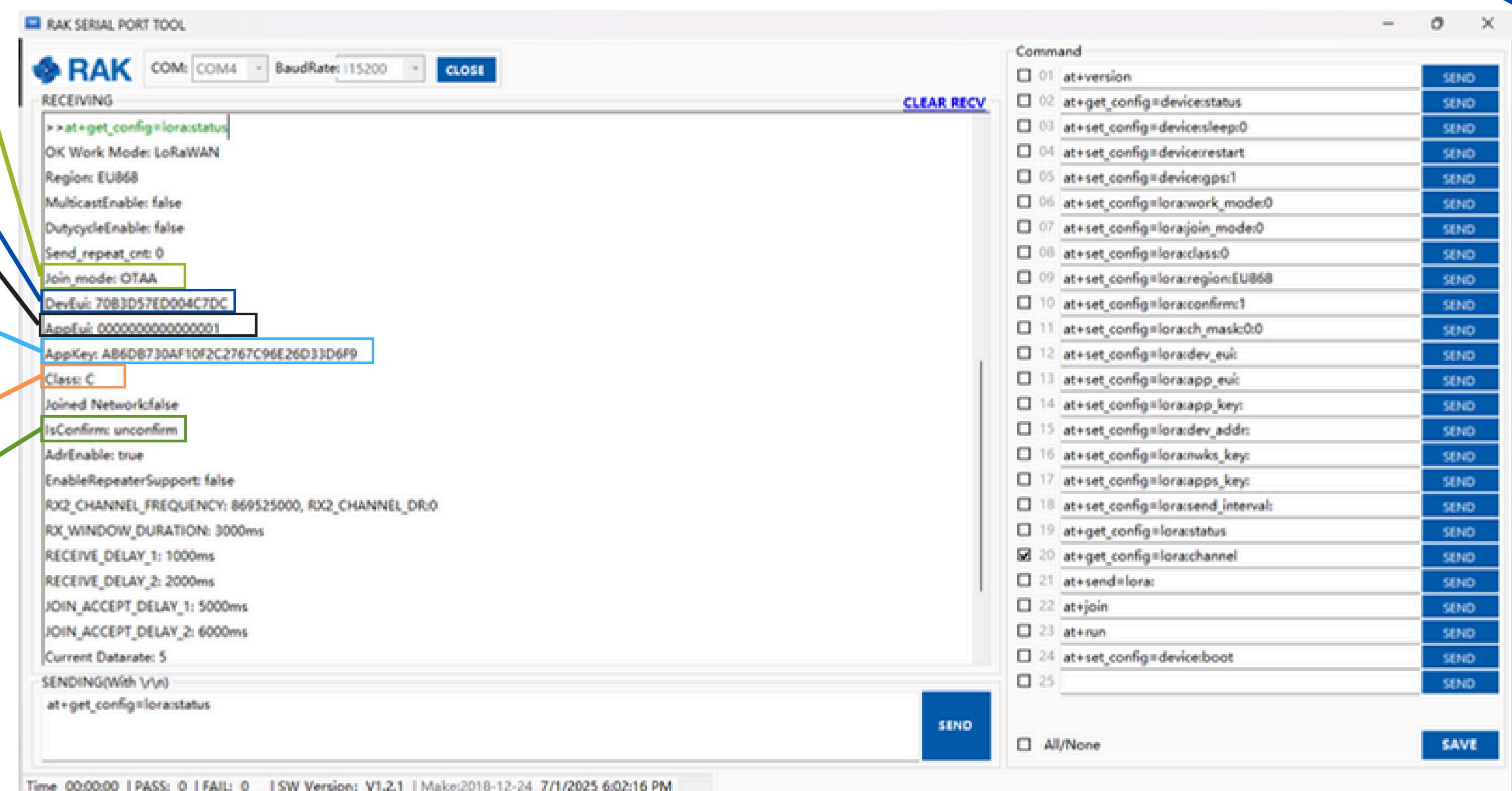
Configure DevEui

Configure AppEui

Changement de  
l'AppKey basé sur la  
configuration dans  
Chirpstack

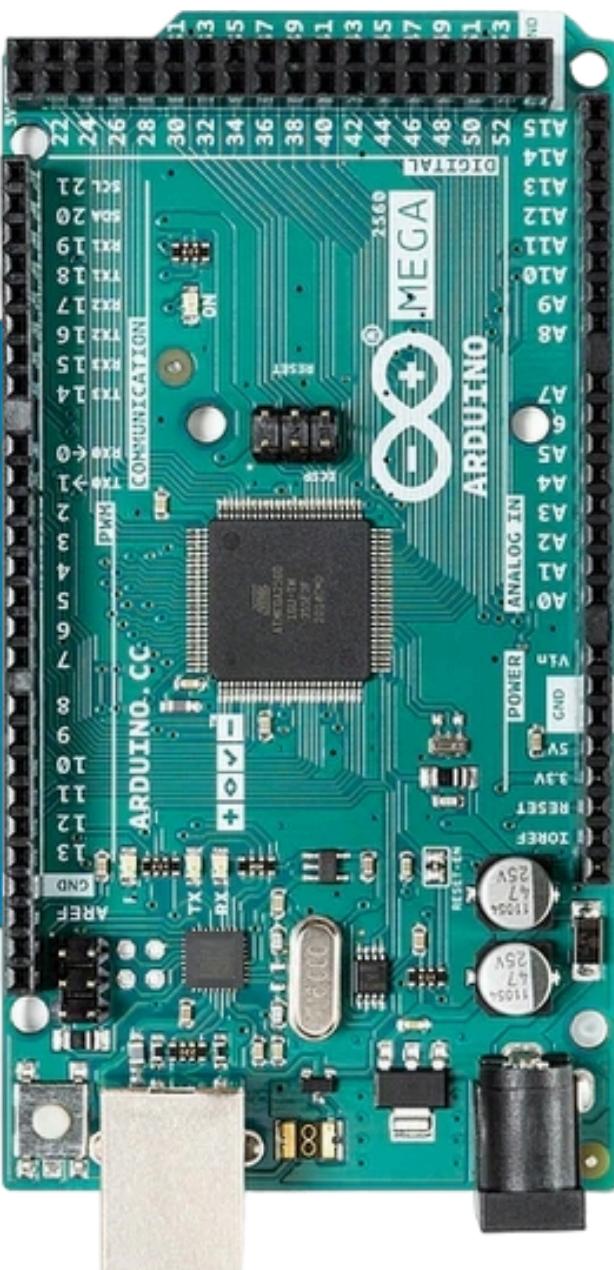
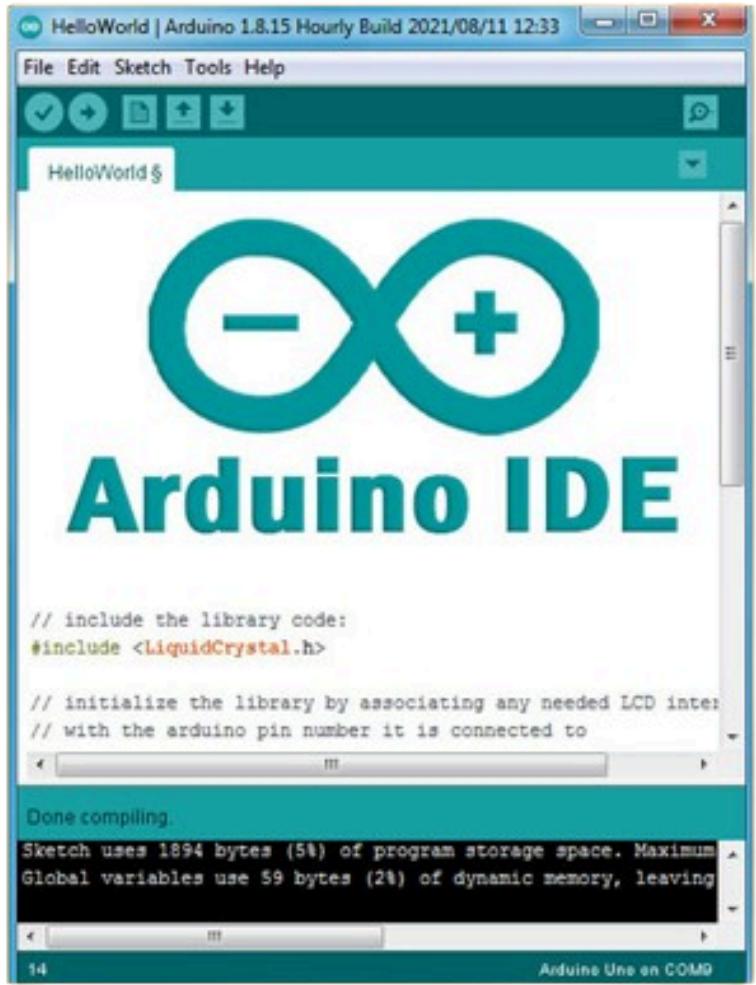
Changement la class de  
A à C

Utilise *Unconfirm*



RAK SERIAL PORT TOOL

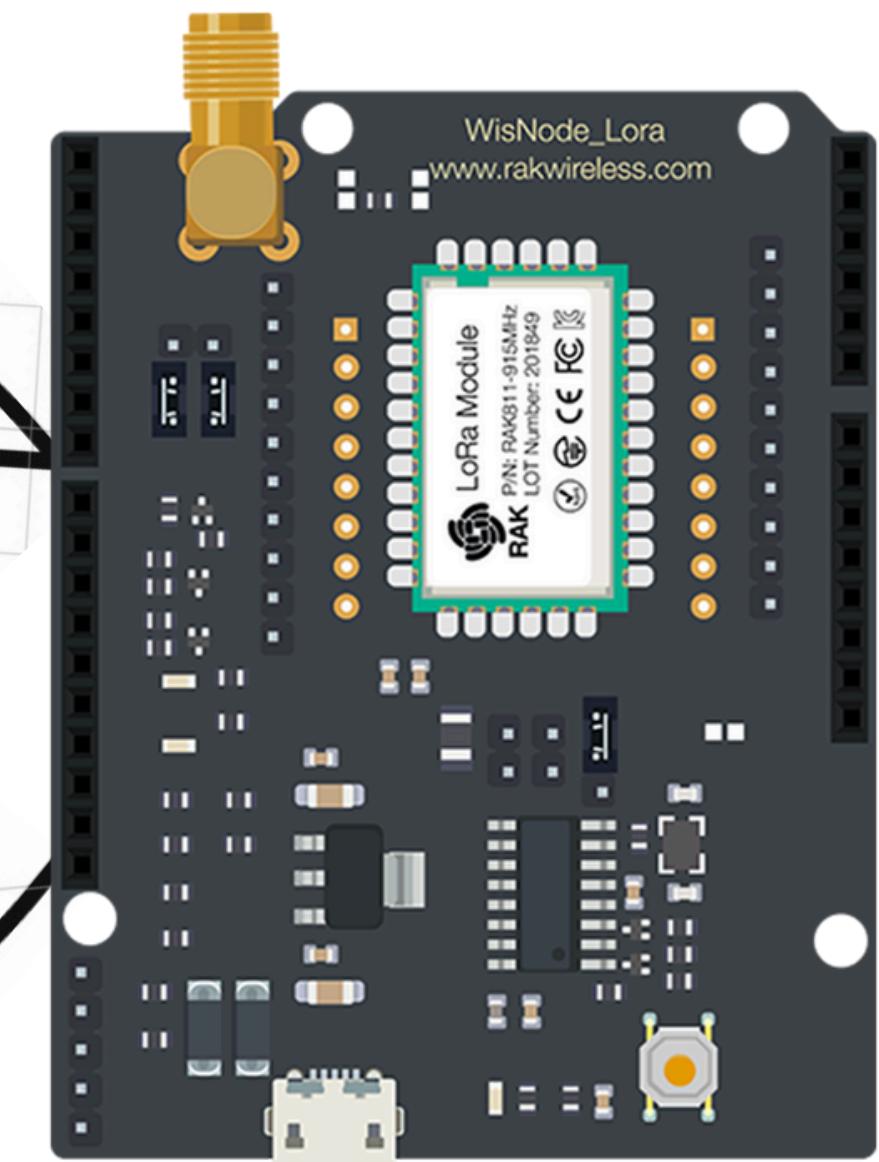
# Partie logicielle code



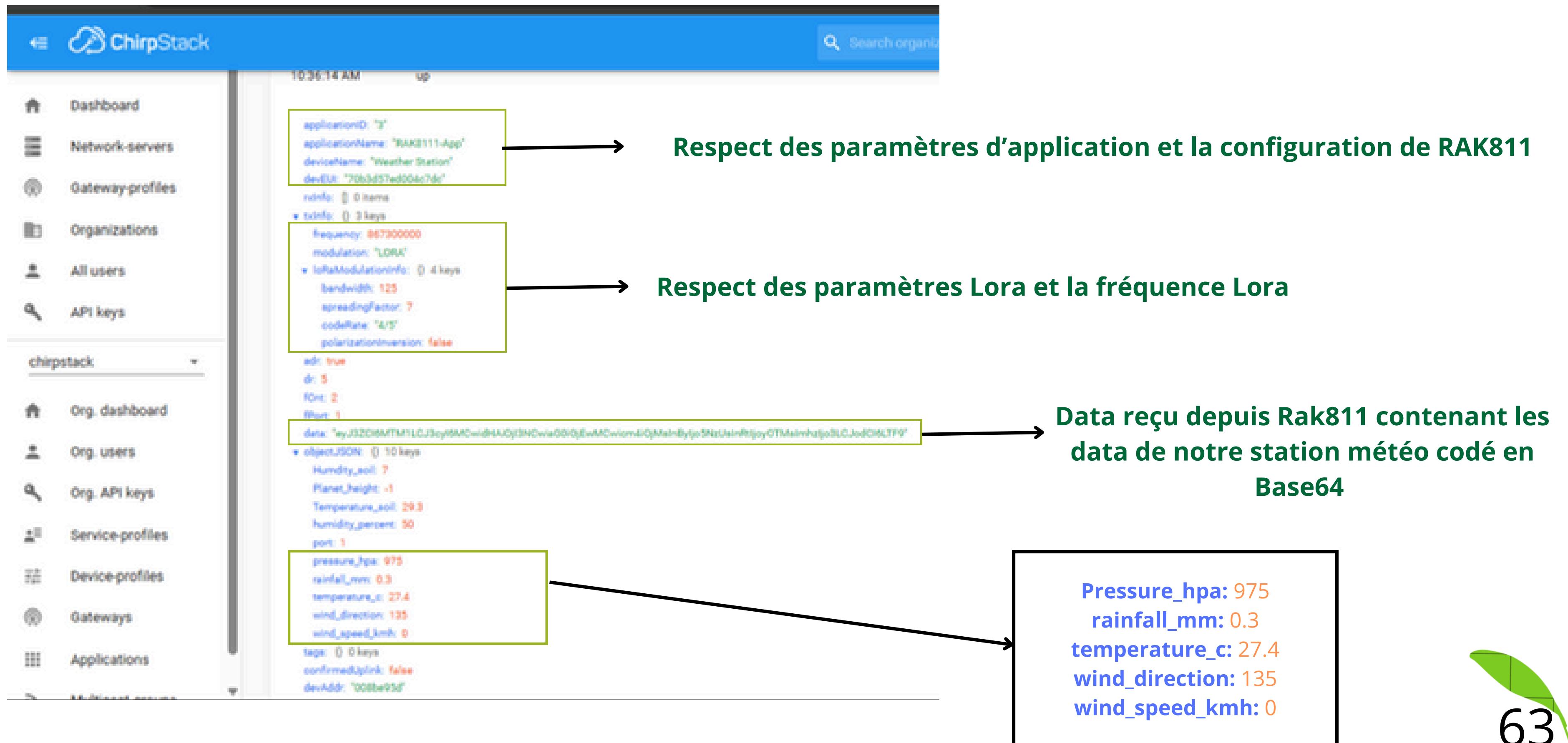
bibliothèques

SoftwareSerial.h

RAK811.h



# Réception du message



# Résultat

Température: 25.8°C

Humidité air: 55%

Précipitations: 146.6 mm

Vitesse du vent: 0.0 km/h

Pression: 970 hPa

The screenshot shows a weather station interface with the following data:

- Temperature: 25.3°C (last update 18:01:17)
- Humidity: 45.5% (last update 18:01:17)
- Wind Speed: 6Kmh (last update 18:01:17)
- Wind Direction: North (last update 18:01:17)
- Pressure: 97200 (last update 20-Jun 18:01:17)
- Rain Fall: 8.3mm/h (last update 18:01:17)

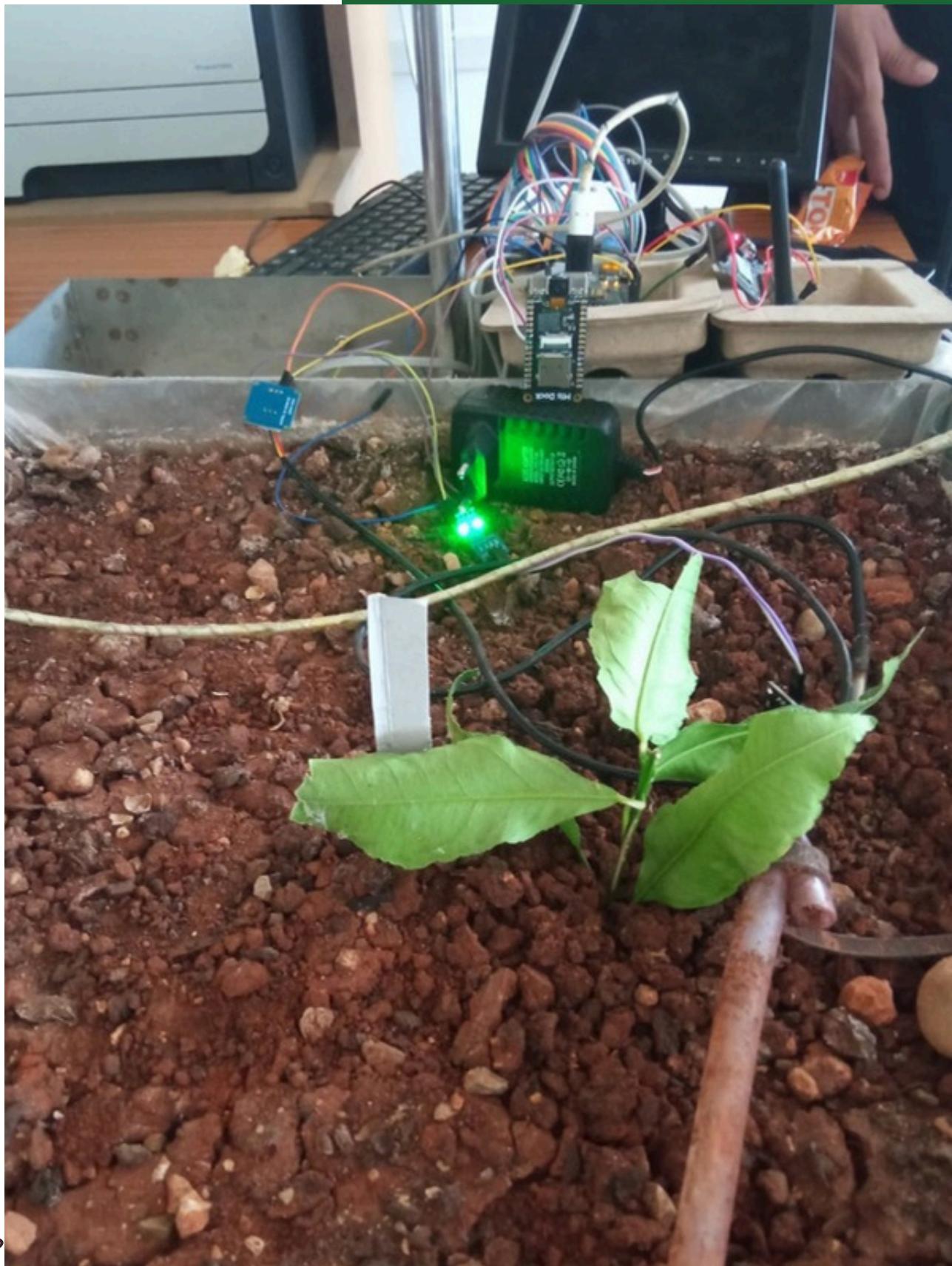
Gestion des Capteurs

Capteur	Type de mesure	Unité	Valeur	Statut
wind_speed_kmh	Wind Speed	Kmh	0	EN LIGNE
TEMPERATURE DE LAIR	Temperature	°C	25.3	EN LIGNE
Humidity de laire	Humidity	%	54.5	EN LIGNE
wind_direction	Wind Direction	km/h	135	EN LIGNE

Icons and buttons visible include: Inwi/Orange signal strength, 4G/LTE signal strength, 446 K/S download speed, 18:23 timestamp, Weather station menu, Sort/Filter icon, More options icon, Export Excel, Graphiques, Ajouter, and various sensor configuration icons.



## NŒUD 2 - MONITORING DU SOL





01

**Etude Fonctionnelle**

02

**Matériel et logiciel**

03

**Traitement des données**

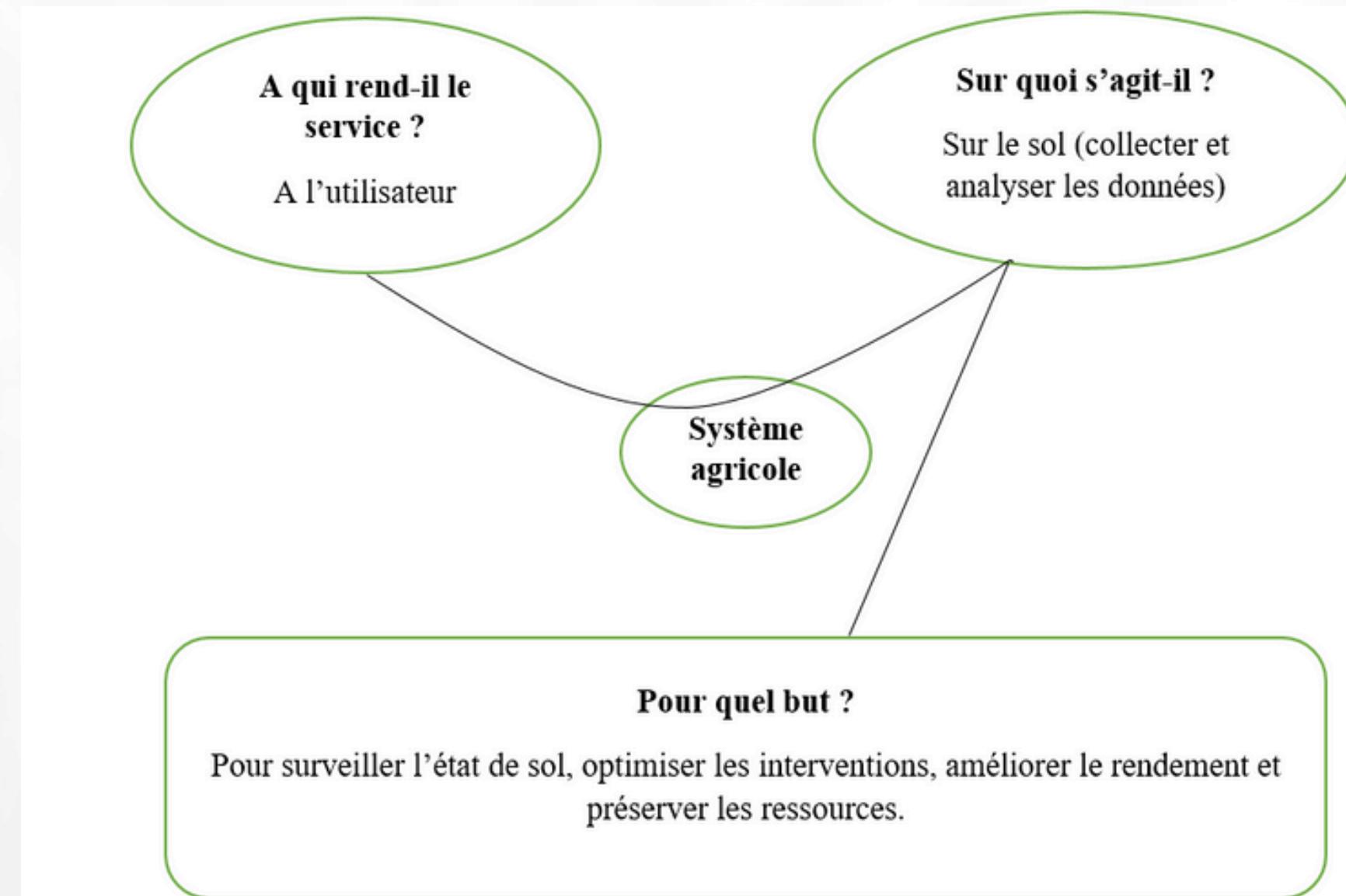
04

**Monde reel-virtuel-plateforme**

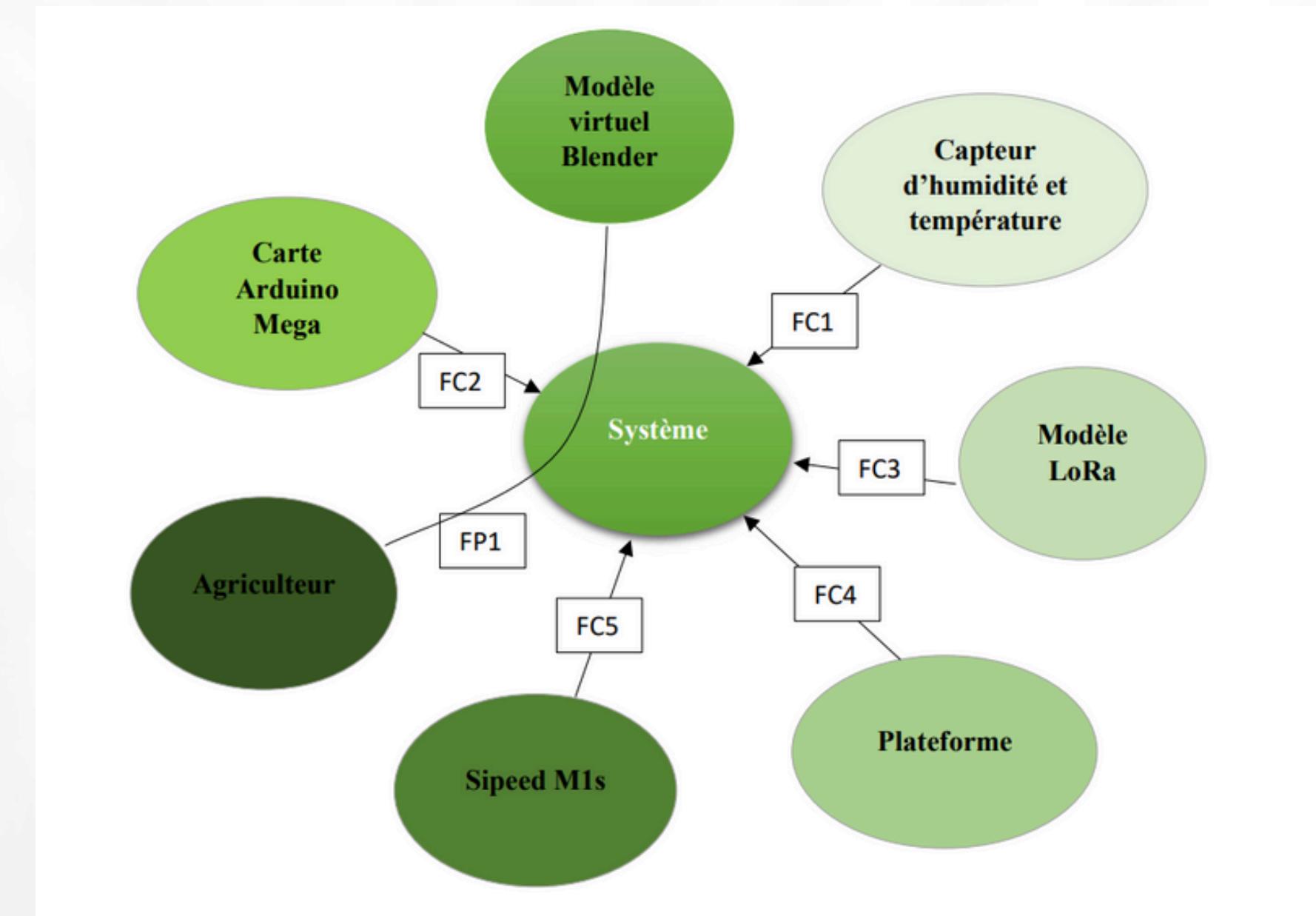
05

**Integration-communication**

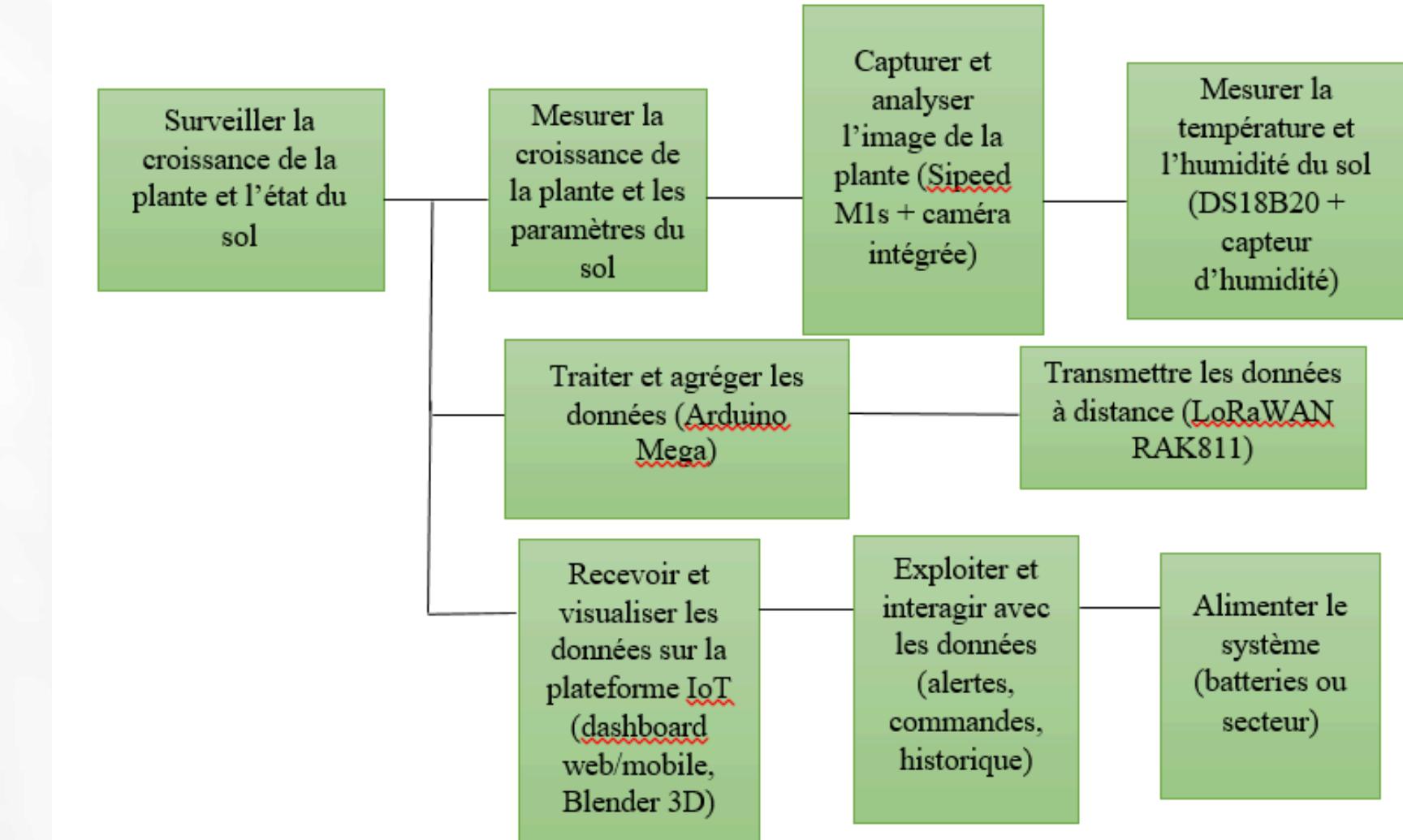
# Diagramme de la Bête à Cornes



# Diagramme de la Pieuvre

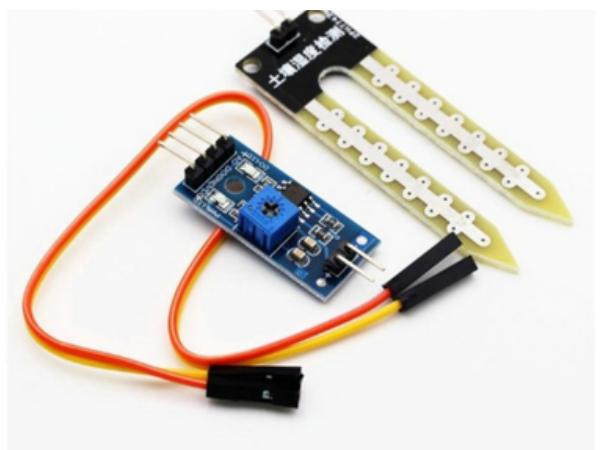


# Diagramme FAST



# Le matériel

Capteur  
d'humidité du sol



Capteur de  
température



fils de connexion



# Le matériel

Carte Sipeed M1s Dock



Carte Arduino Mega



RAK 811



# Les logiciels

Blender



Arduino IDE



Linux/Ubuntu



# Traitement des données

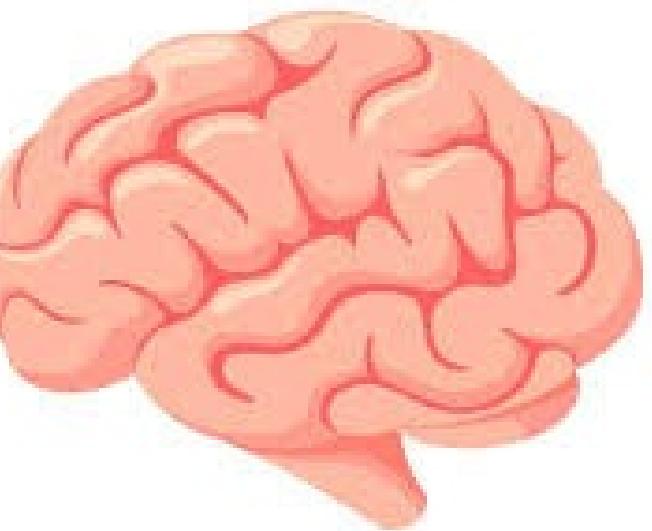
Le Cerveau de la Vision :  
Pourquoi le Sipeed M1s ?



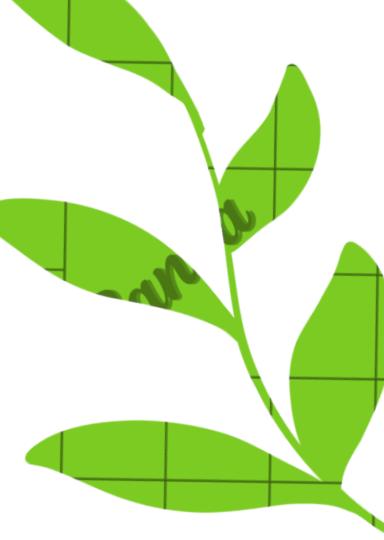
Elimination de  
ESP32-CAM



Sipeed M1s Dock

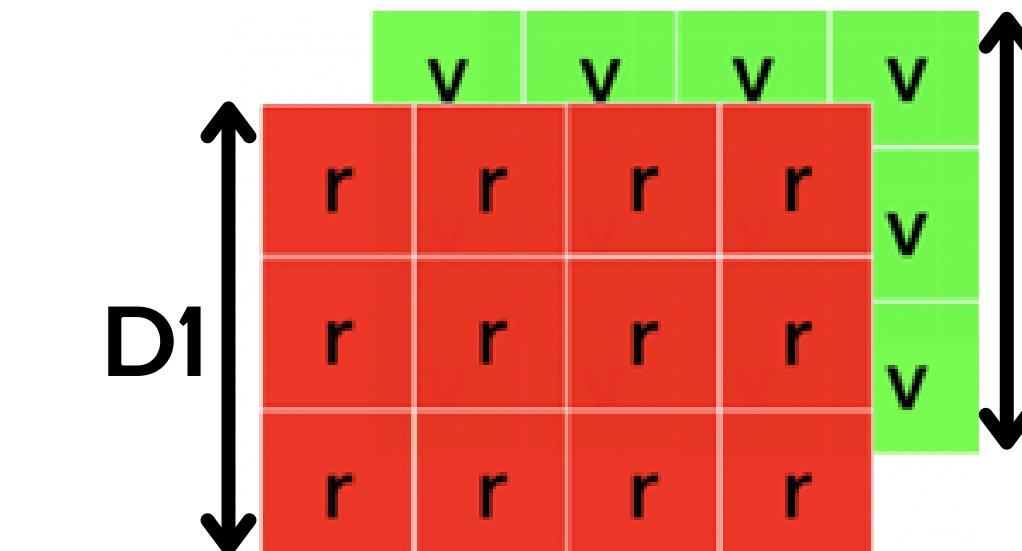
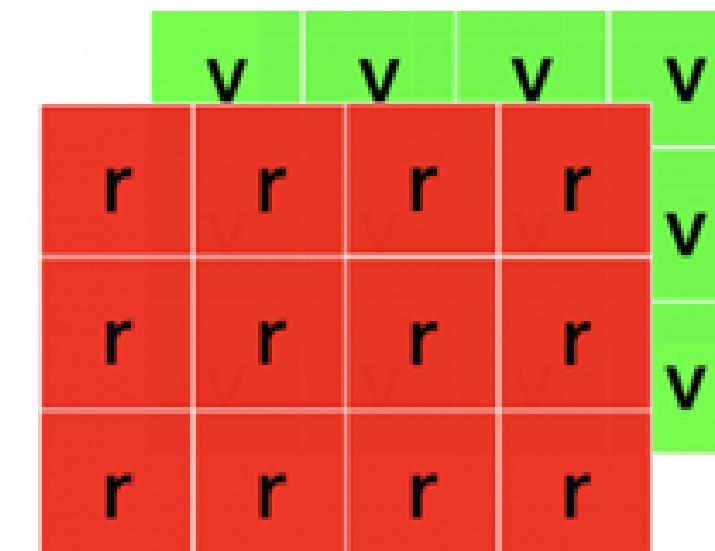
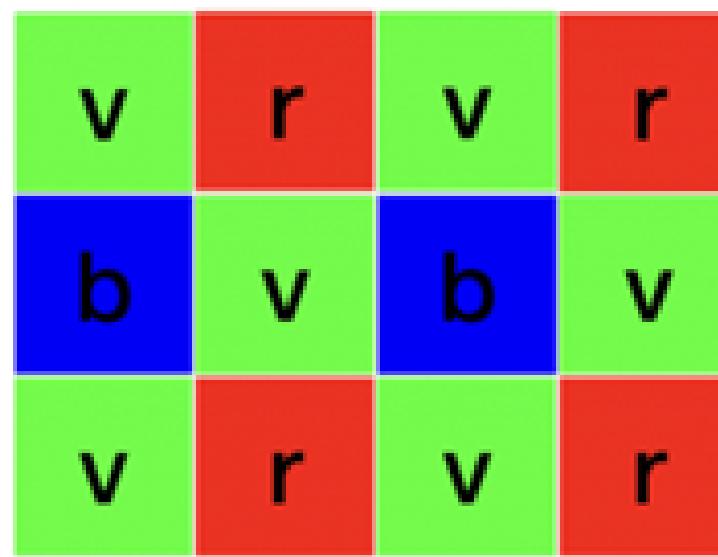


Cerveau de la  
Vision



# Traitement des données

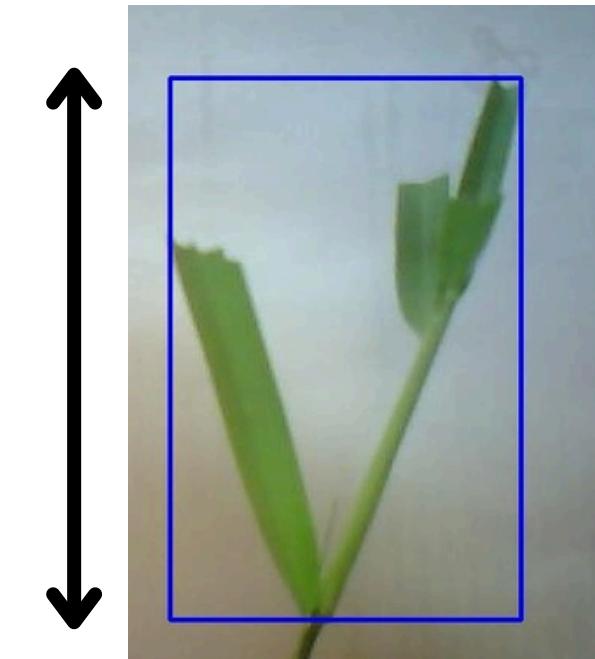
Du Pixel au Centimètre :  
L'Analyse Embarquée



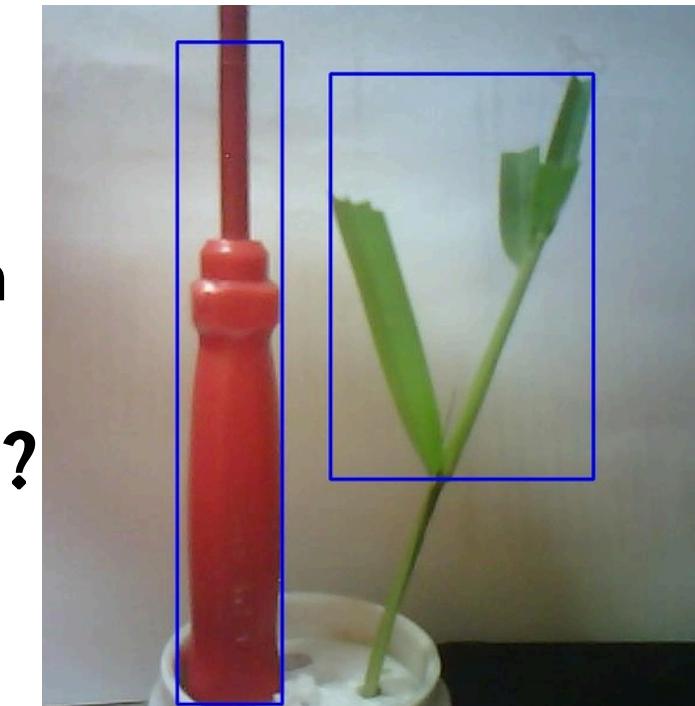
Mesure la hauteur en pixel

Filtrage des couleurs

Résultat :  
Mesure de la  
hauteur par  
règle de trois  
 $H = (D1 \times 15)/D2$



$D1 = 180 \text{ pixels} \rightarrow 15\text{cm}$   
 $D2 = 165 \text{ pixels} \rightarrow \text{en cm ?}$

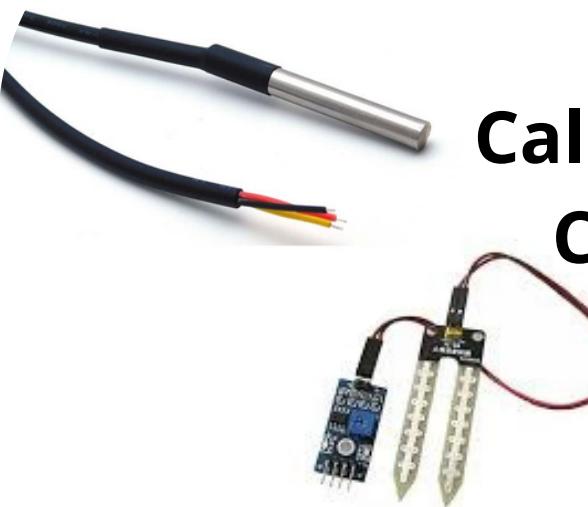


# Traitement des données

De la Donnée à l'Action : Le Rôle du Concentrateur Arduino



Mesure de la hauteur

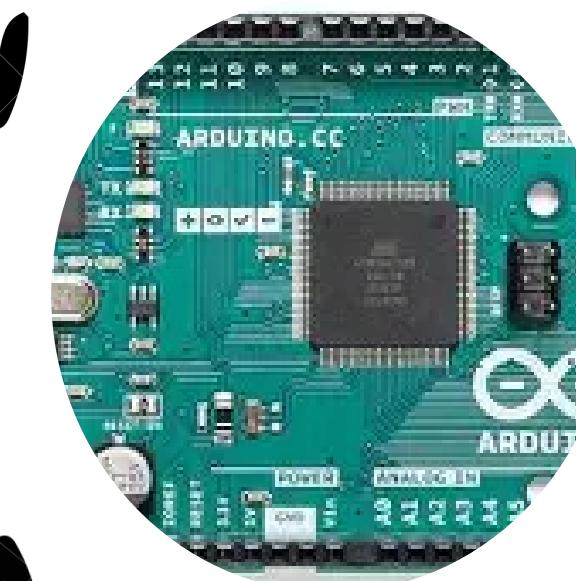


Calibrage des Capteurs

Communication  
Série avec Baud

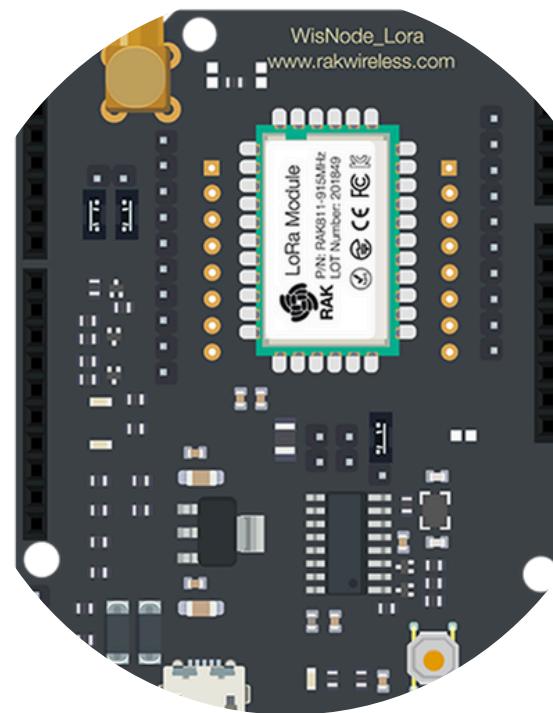
Rate élevé

Pin Numériue /  
Analogique



Concentrateur

Communication  
Série avec Baud  
Rate normale



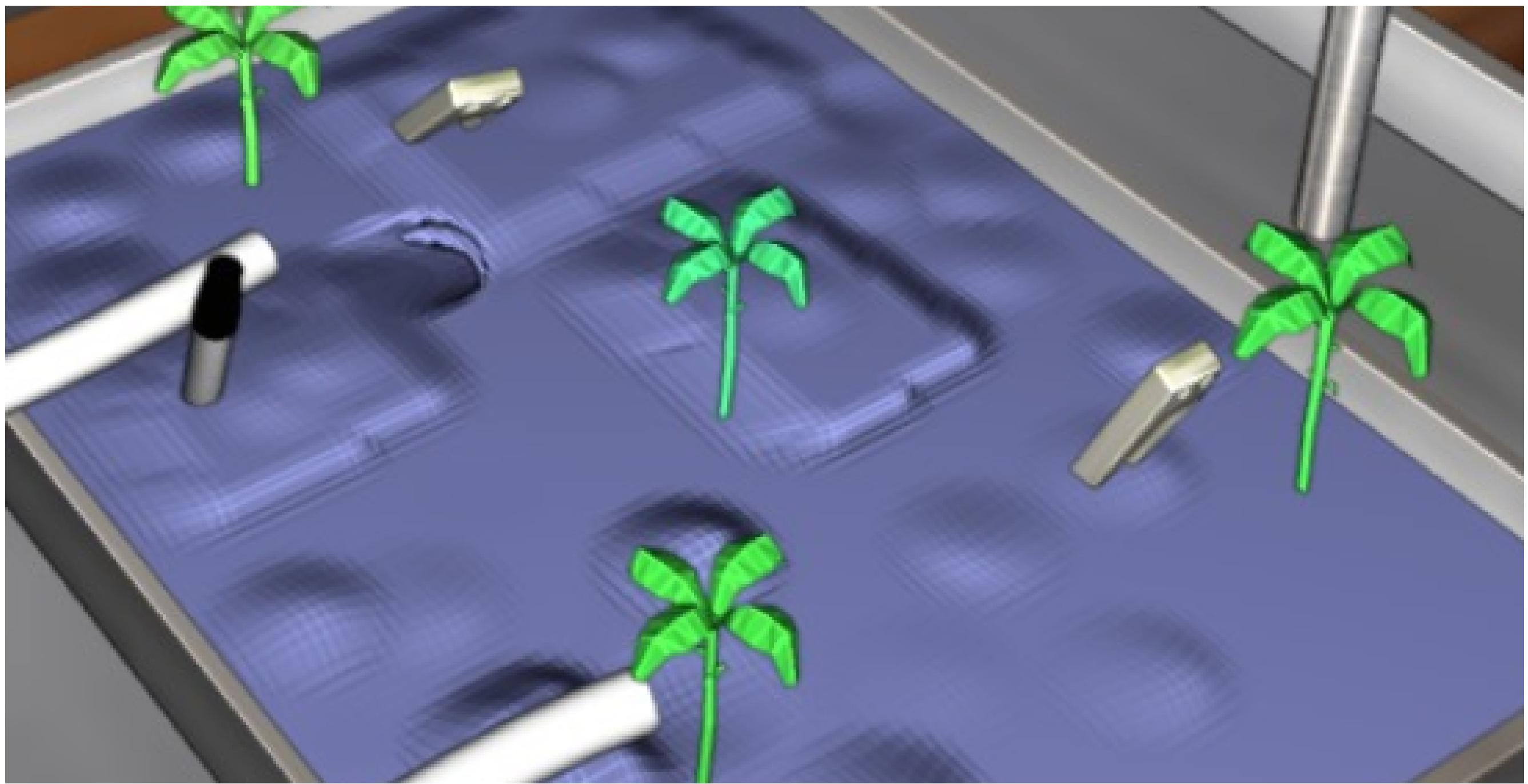
# Monde reel-virtuel-plateforme

Environnement agricole



# Monde reel-virtuel-plateforme

Modèle 3D réalisé avec Blender



# Monde réel-virtuel-plateforme

plateforme

Station ChirpStack PRO

Gestion des Capteurs ChirpStack

Export Excel Graphiques Ajouter

Capteur	Type de donnée	Valeur	Unité
wind_speed_kmh	application/3/device/70b3c57ed004c7dc/m	0	km/h
TEMPERATURE DE LAIR	application/3/device/70b3c57ed004c7dc/m	25.6	°C
Humidity de laire	application/3/device/70b3c57ed004c7dc/m	57	%
wind_direction	application/3/device/70b3c57ed004c7dc/m	135	km/h

EN LIGNE A l'instant Négo A l'instant EN LIGNE A l'instant EN LIGNE A l'instant EN LIGNE A l'instant

ChirpStack Reception

ChirpStack Reception

ChirpStack Reception

ChirpStack Reception

# Integration-Communication

Traitements d'image

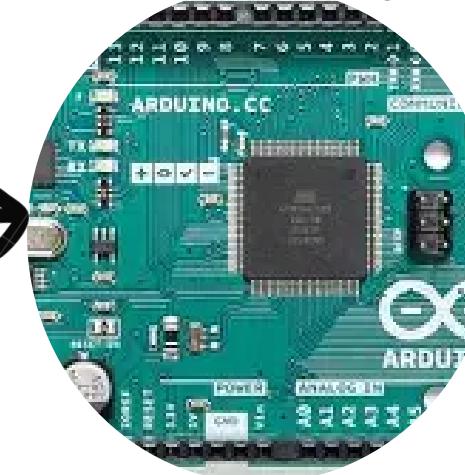


Arduino  
Mega

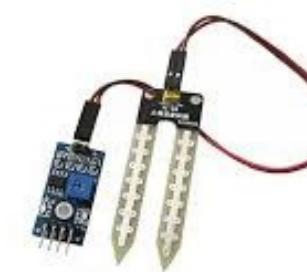
RAK811



Température de sol



Humidité de sol



Humidity\_soil: 7  
Planet\_height: -1 (pas de plante)  
temperature\_soil : 29.3  
Humidity\_percent: 50



Gateway



Dashboard  
Network-servers  
Gateway-profiles  
Organizations  
All users  
API keys

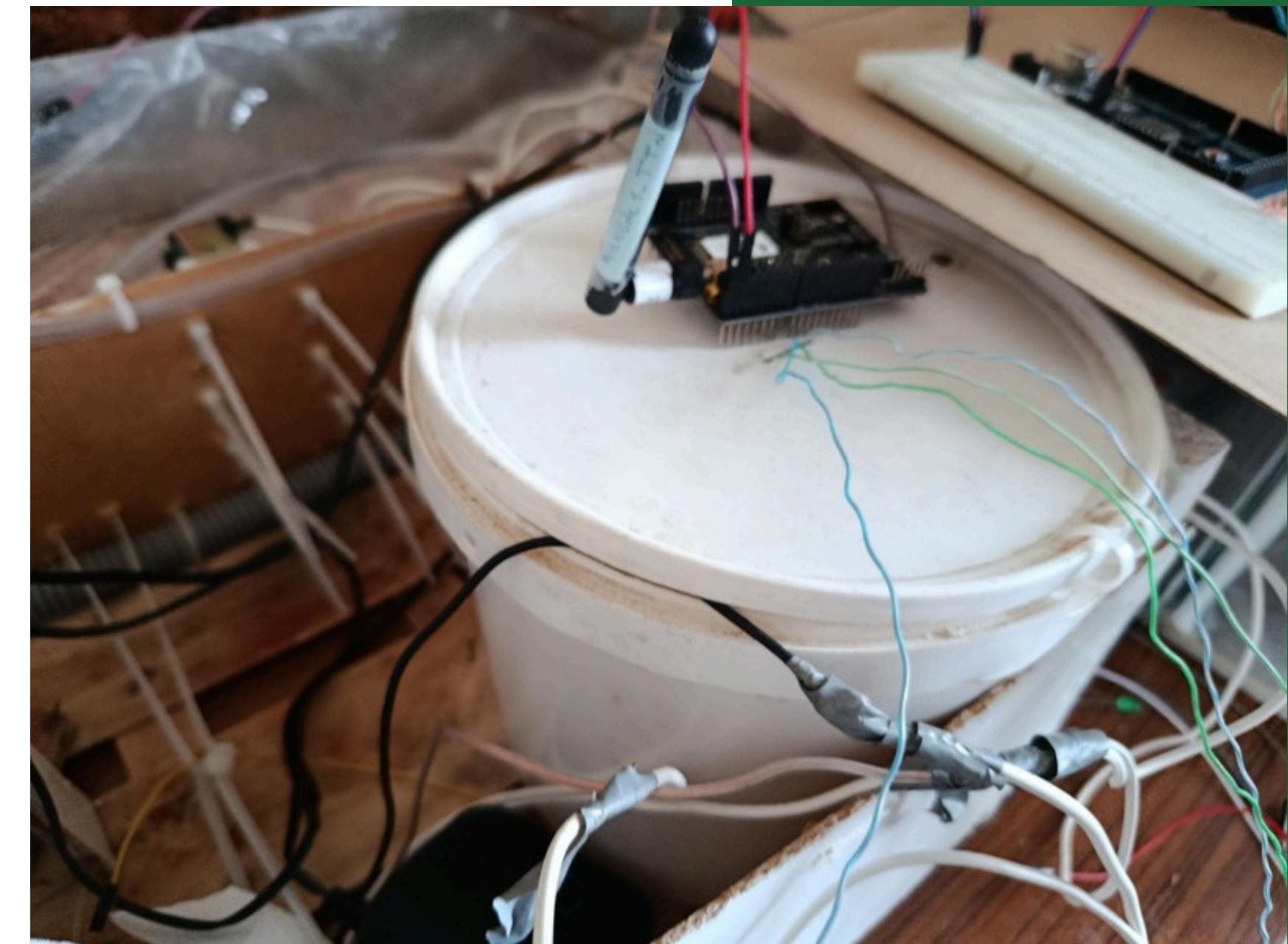
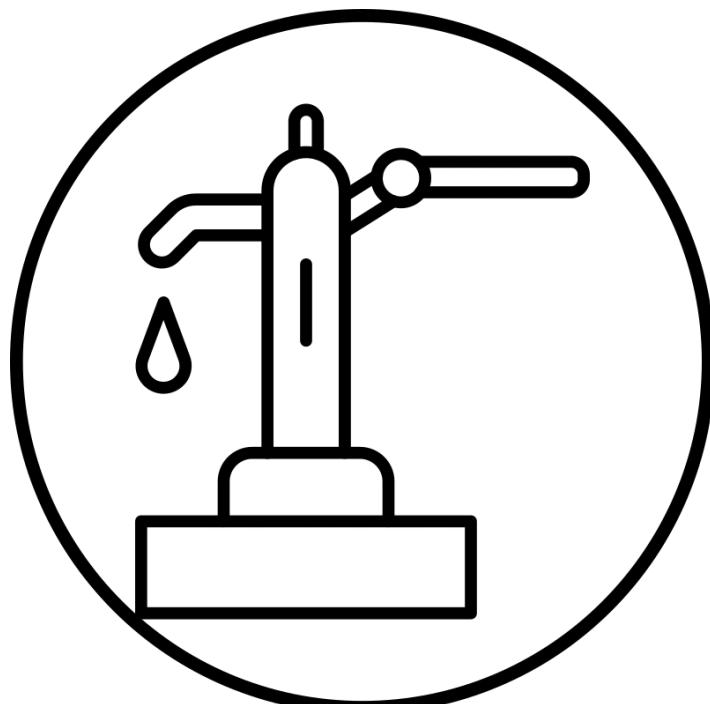
chirpstack  
Org. dashboard  
Org. users  
Org. API keys  
Service-profiles

applicationId: "7"  
applicationName: "RAK811-App"  
deviceName: "Weather Station"  
devEUI: "70B3457e0004c7de"  
radio: 0 items  
topics: 0 keys  
frequency: #47300000  
modulation: "LORA"  
\* txRssiModulationInfo: 0 keys  
bandwidth: 125  
spreadingFactor: 7  
codeRate: "4/5"  
polarizationInversion: false  
adr: true  
dr: 0  
fCnt: 0  
fPort: 1  
data: "temp:29.3,soil\_hum:50,soil\_temp:29.3,soil\_moisture:7,plant\_height:-1"  
\* objectJSON: 0 keys  
Humidity\_soil: 7  
Planet\_height: -1  
Temperature\_soil: 29.3  
humidity\_percent: 50



# NŒUD 3 - SYSTÈME DE POMPAGE

...



**01**

**Analyse fonctionnelle**

**02**

**Matériel & Logiciel**

**03**

**Processus de traitement et exploitation des données**

**04**

**Intéraction entre le monde réel via la plateforme**

# Diagramme de la Bête à Cornes :

Qui a besoin du système ?

L'agriculteur

Sur quoi agit le système ?

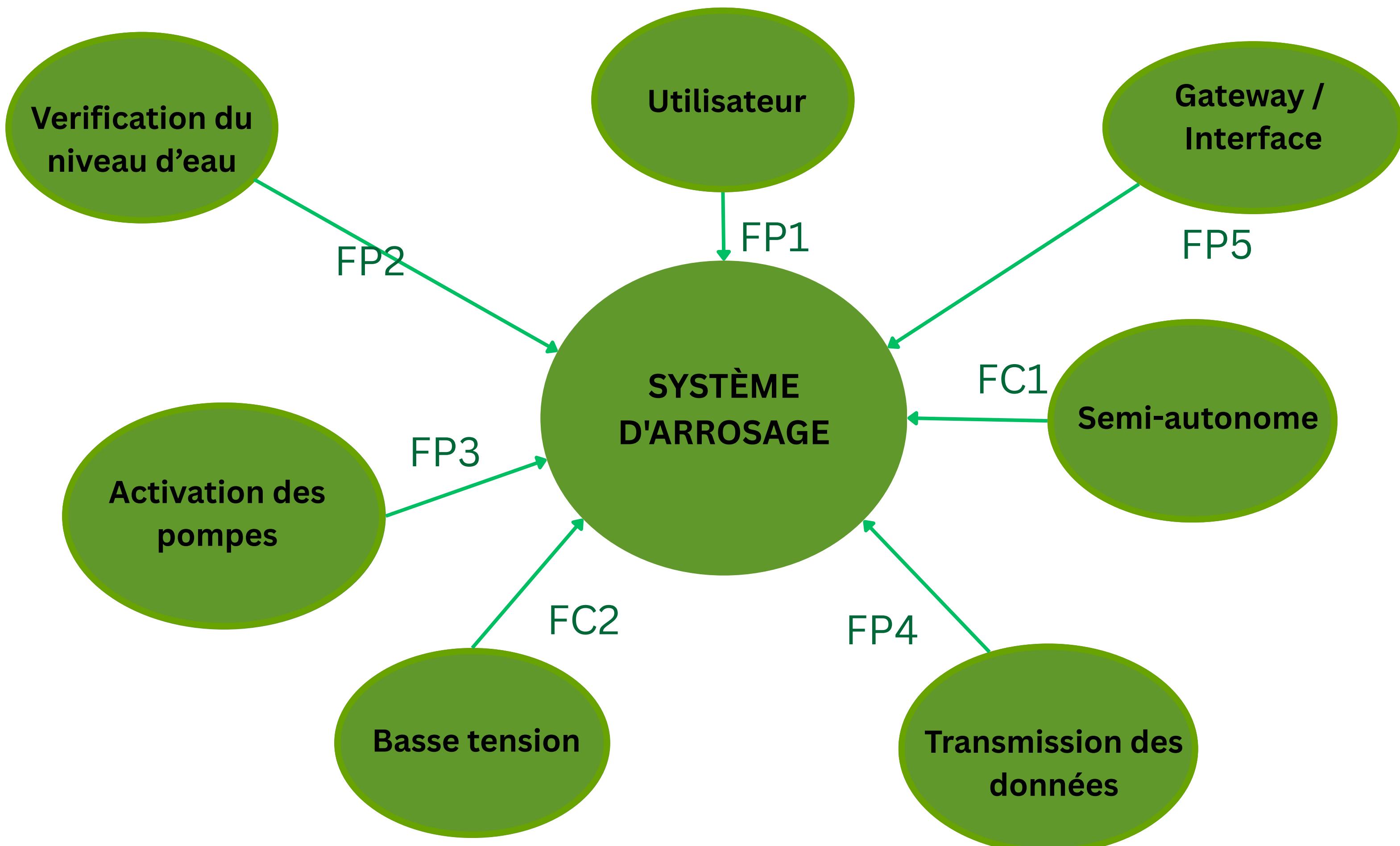
Sur l'arrosage automatique des plantes en fonction du niveau d'eau et de l'humidité du sol

Système  
d'arrosage

Dans quel but ?

Pour automatiser et optimiser l'irrigation, économiser l'eau, éviter les gaspillages, et assurer une irrigation intelligente même à distance

# Diagramme de Pieuvre :



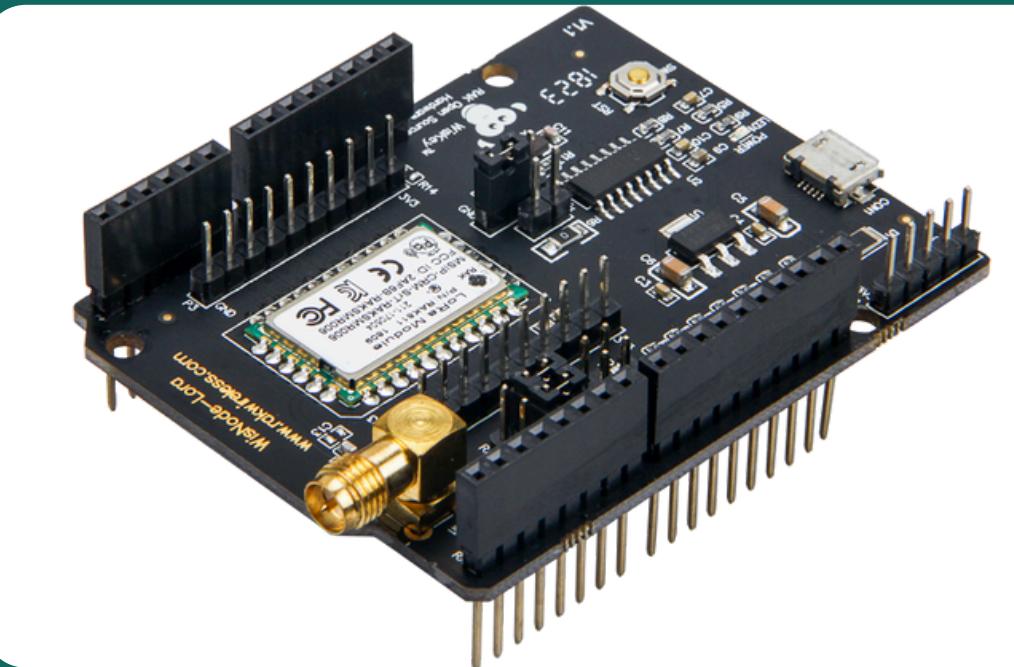
# Matériels :



Arduino méga



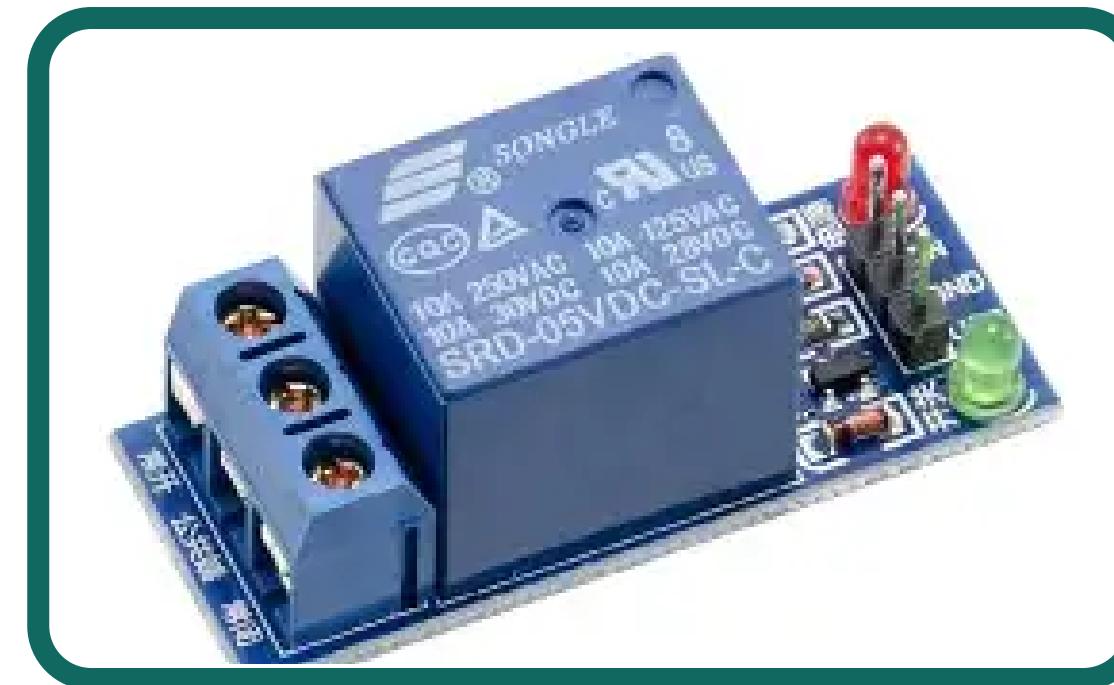
Pompe à eau



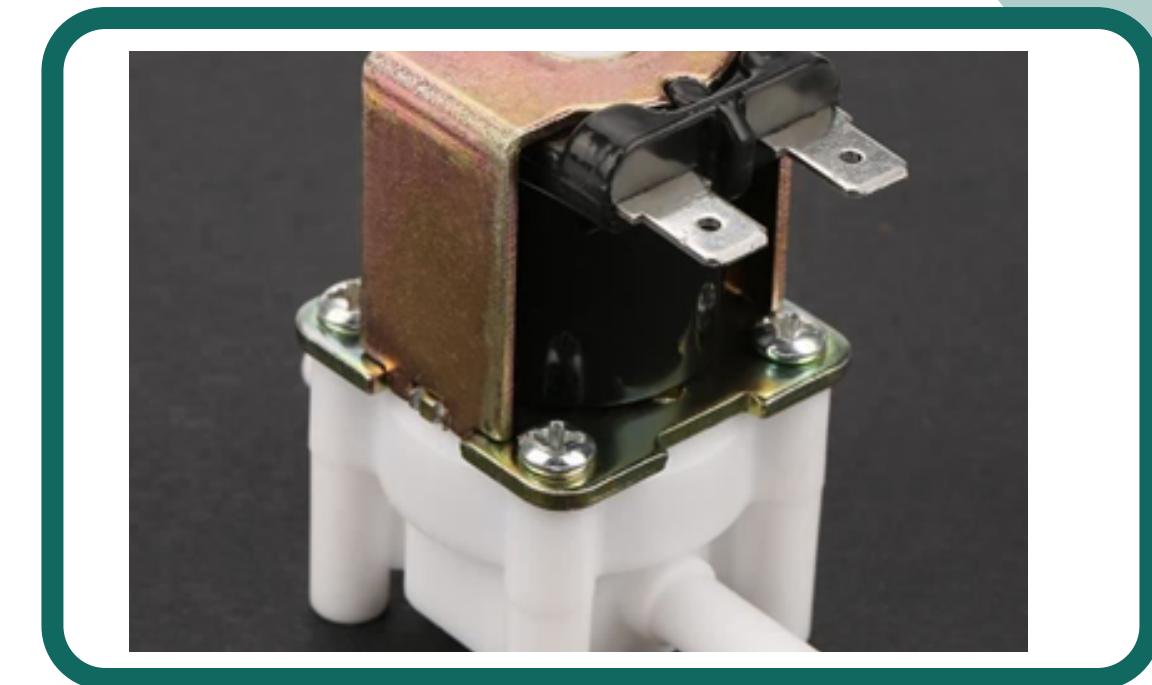
RAK 811



**Capteur ultrason**



**Relais 5V**



**Electrovanne**



**Alimentation 12V**



**Fils de connexion**

# Logiciels

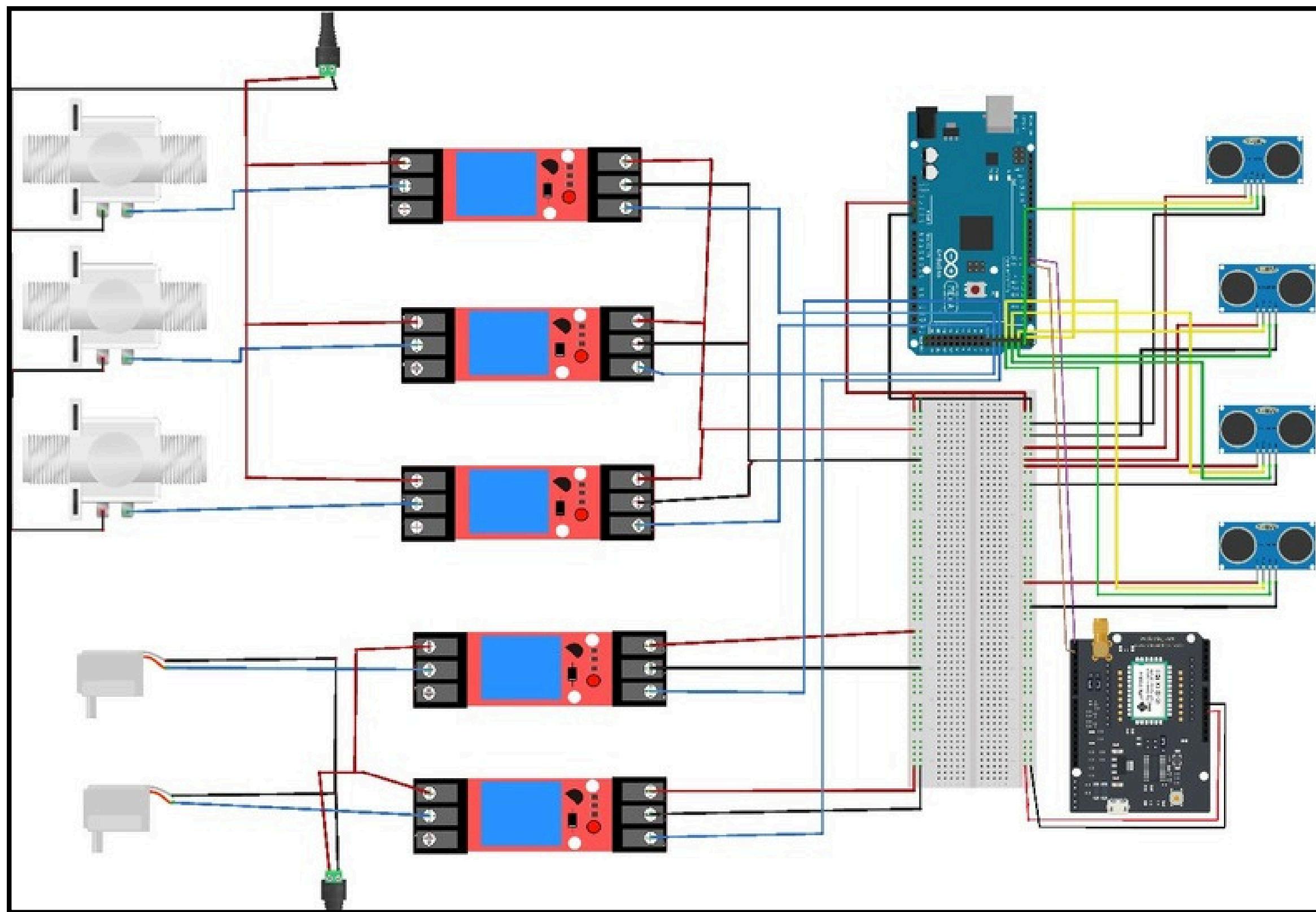


Arduino IDE



RAK WIRELESS

# Schéma de câblage:



# Brochage du matériel :



électrovannes

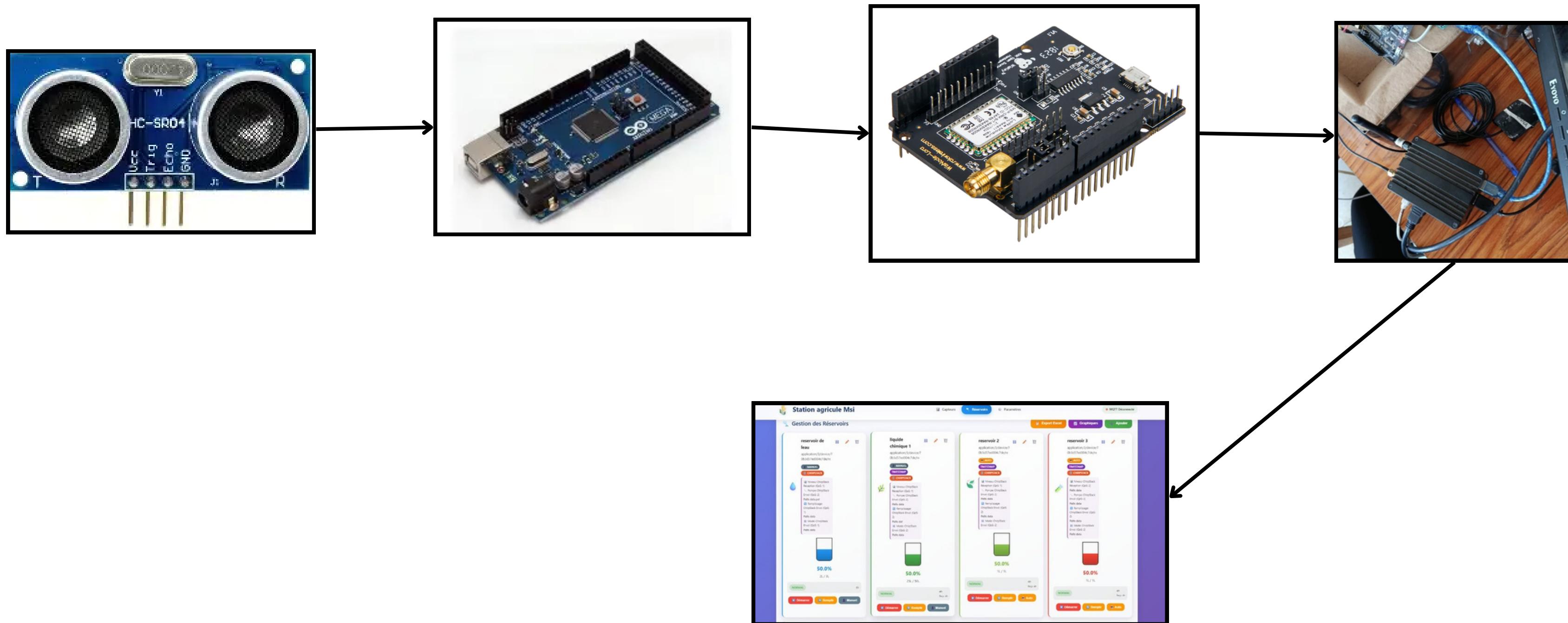
Pompe a eau

Arduino mega

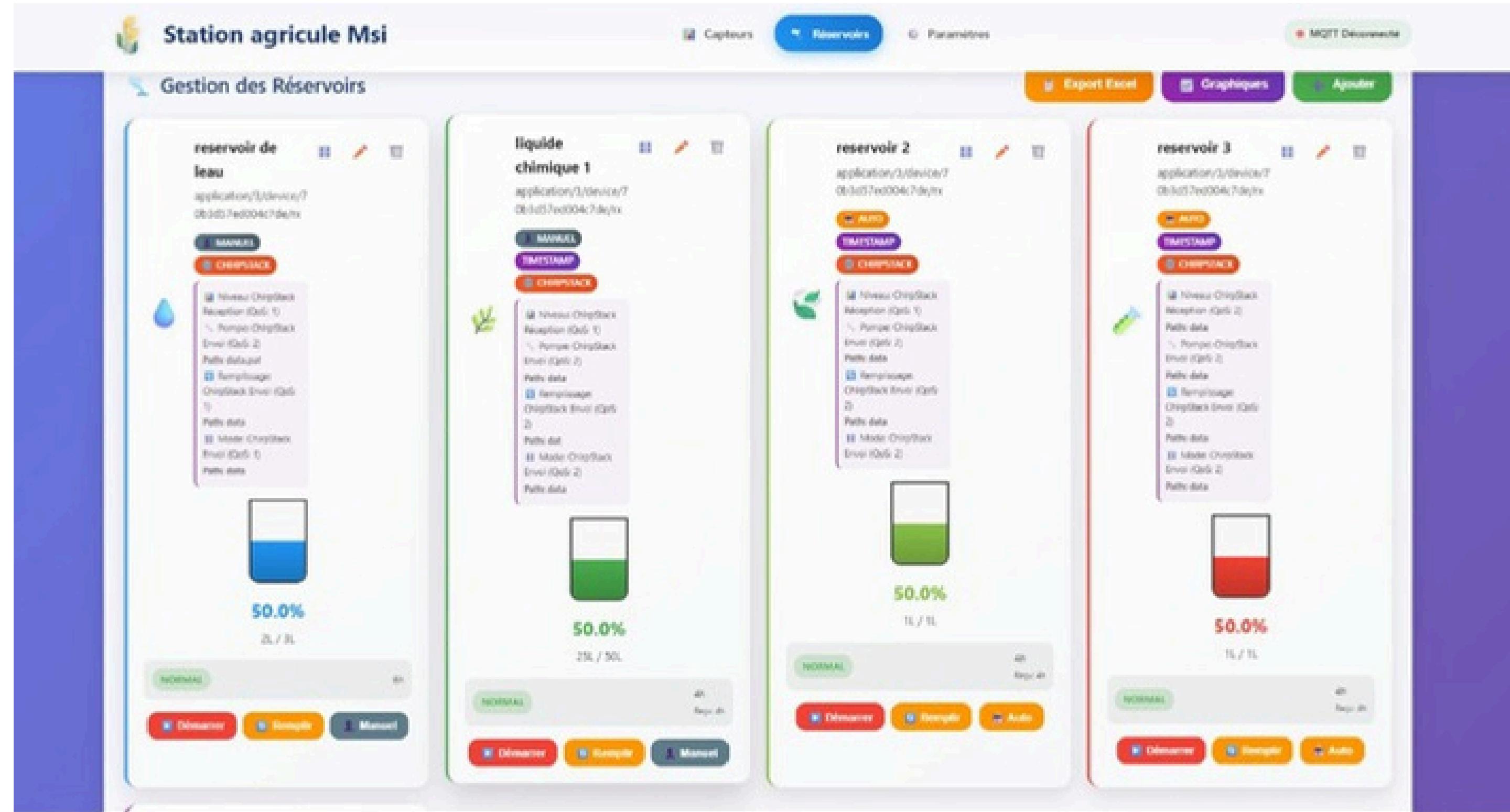
Rak 811

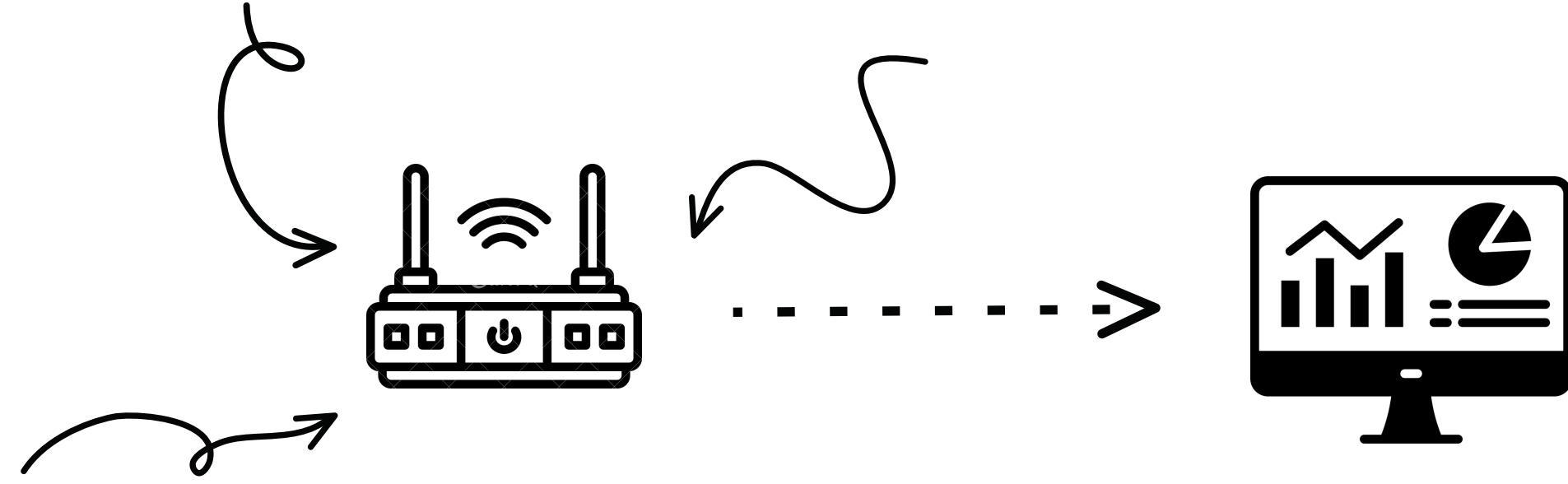
Capeur ultrason

# Transmission des données

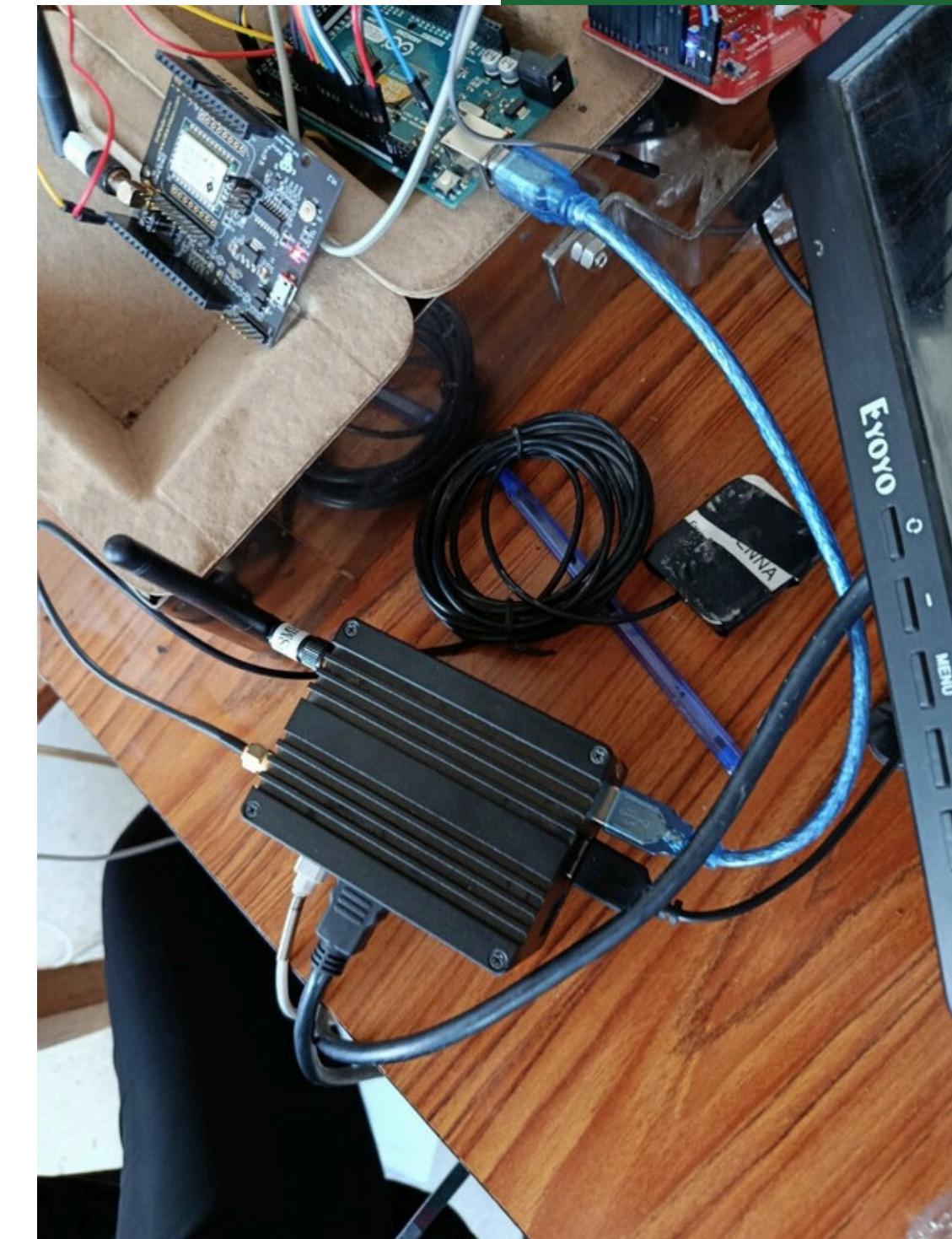


# Plateforme





## NŒUD 4 PASSERELLE & DASHBOARD VISION FONCTIONNELLE

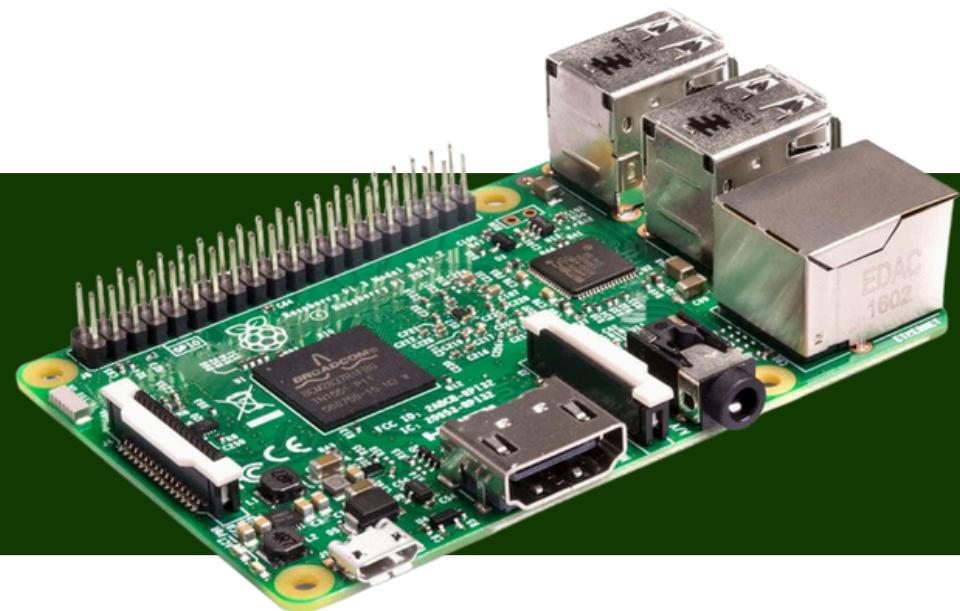




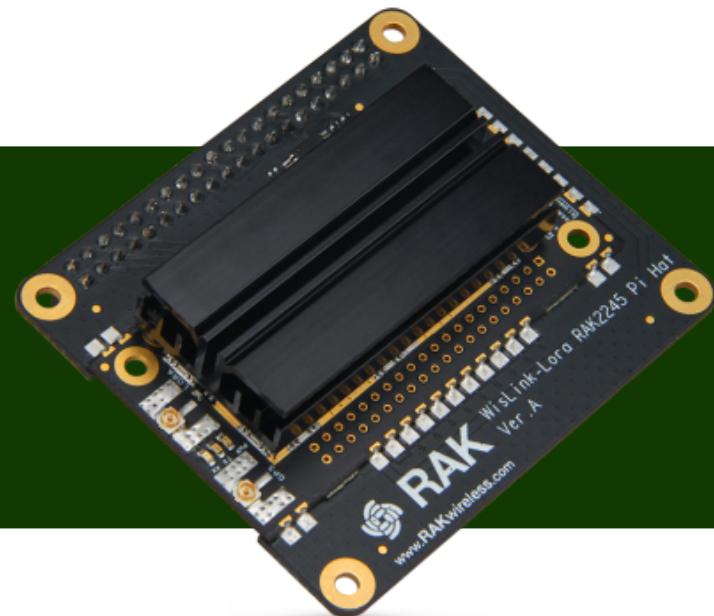
- 1** Etude fonctionnelle
- 2** Flux de données entre les composants du projet
- 3** DASHBOARD
- 4** Conclusion

# Matériel utilisé

Raspberry Pi 3 Model B v1.2



Raspberry Pi 3 Model B v1.2 + RAK 7243



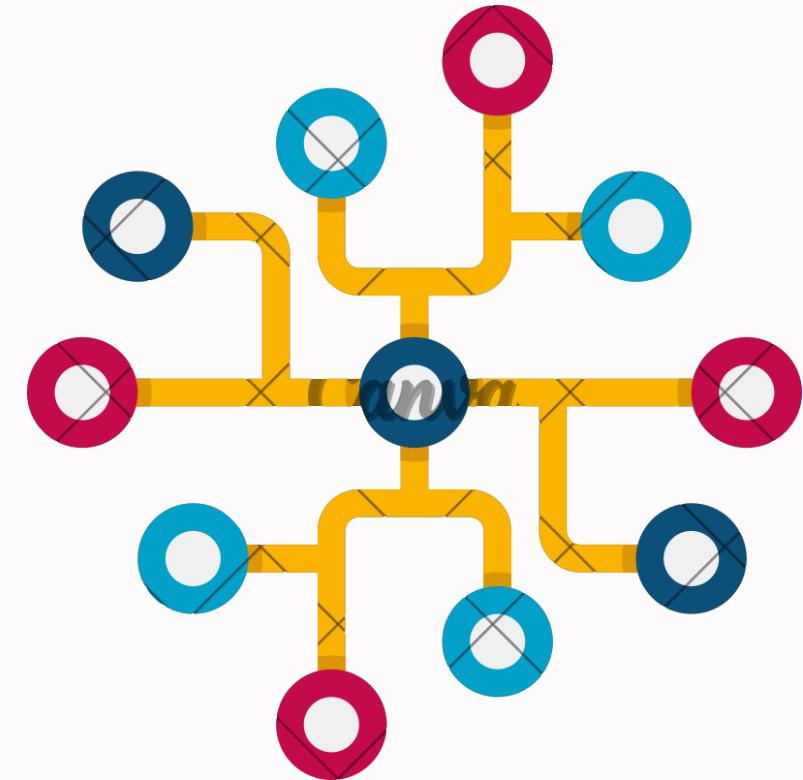
concentrateur RAK2245



GPS antenna + power supply + LoRa antenna

# Position et objectif de notre bloc dans le projet

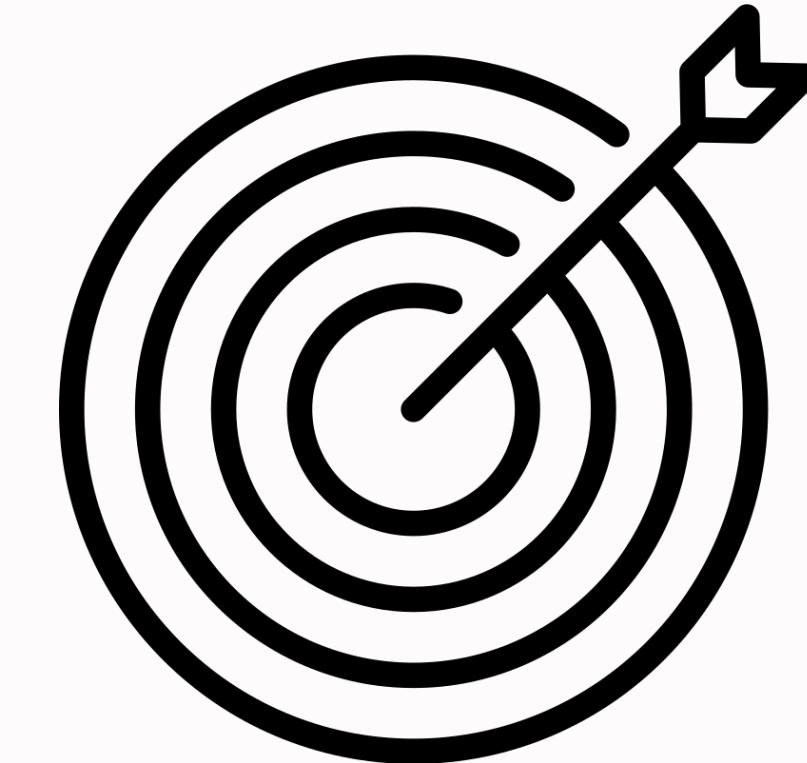
4 nœuds connectés



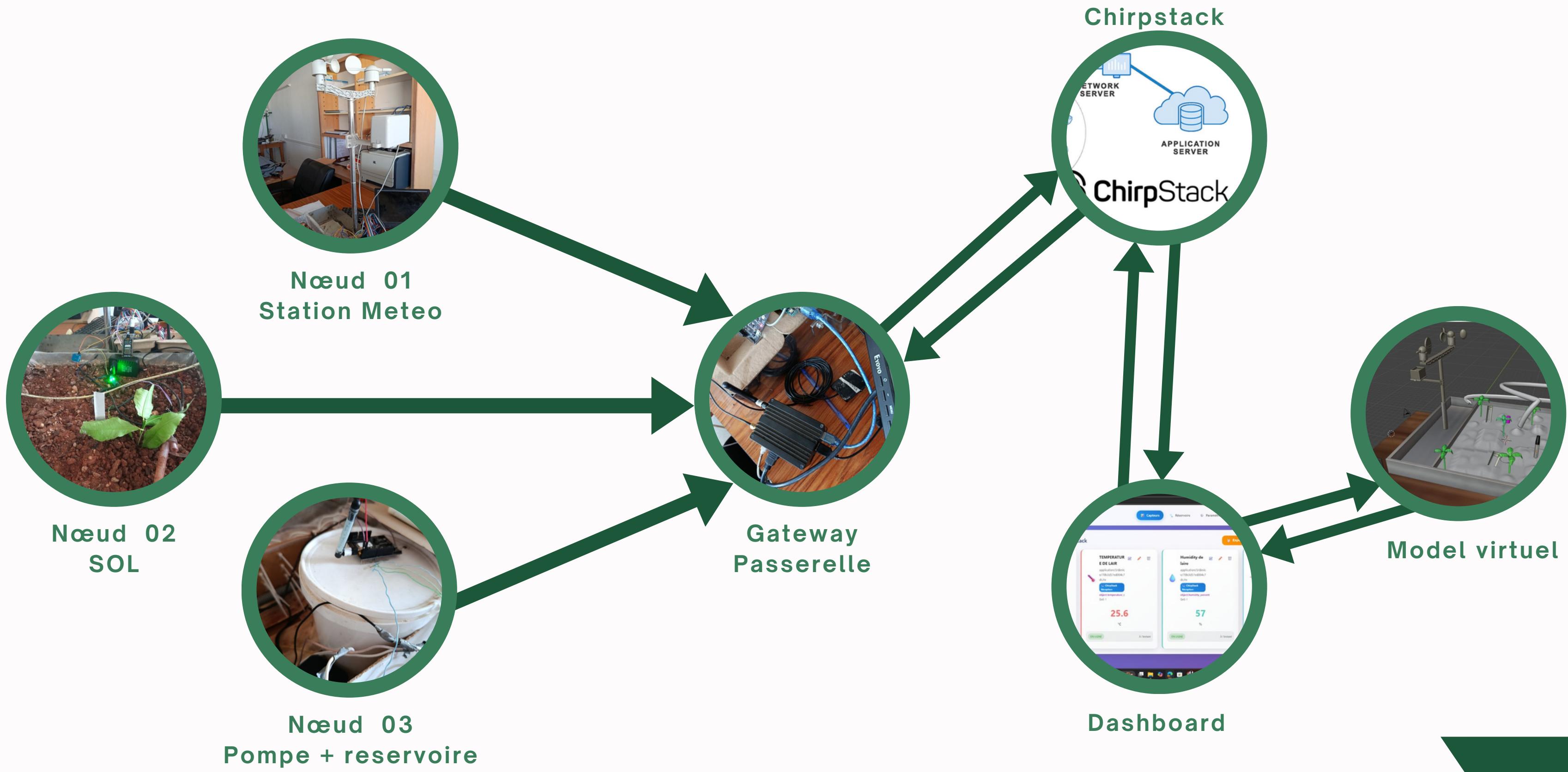
Gateway LoRaWAN +  
dashboard pour afficher les  
données



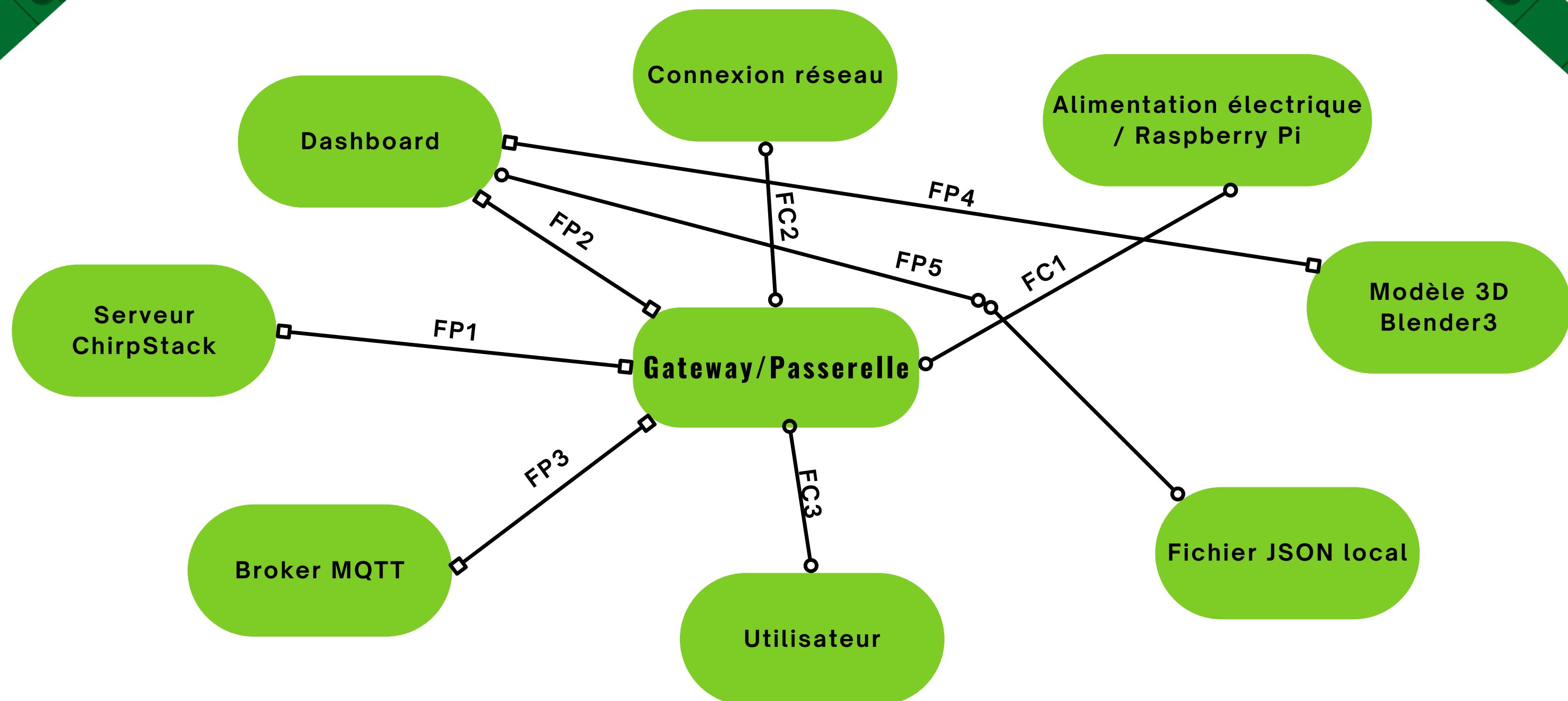
Objectif : faire le pont entre  
les capteurs terrain et le  
jumeau numérique



# Étude fonctionnelle simplifiée



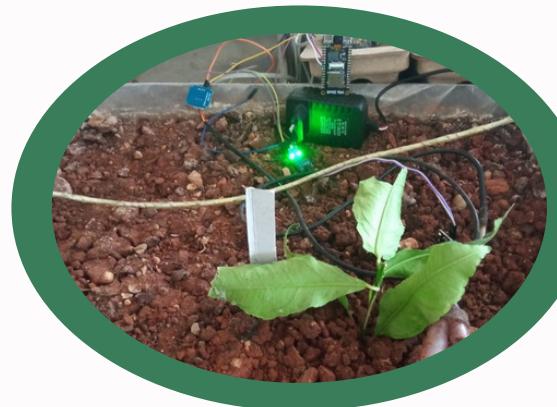
## SCHÉMA DE LA PIEUVRE (REPRÉSENTATION DES INTERACTIONS EXTERNES)



# Flux de données entre les composants du projet



# Communication : Nœuds RAK811 → Passerelle RAK7243

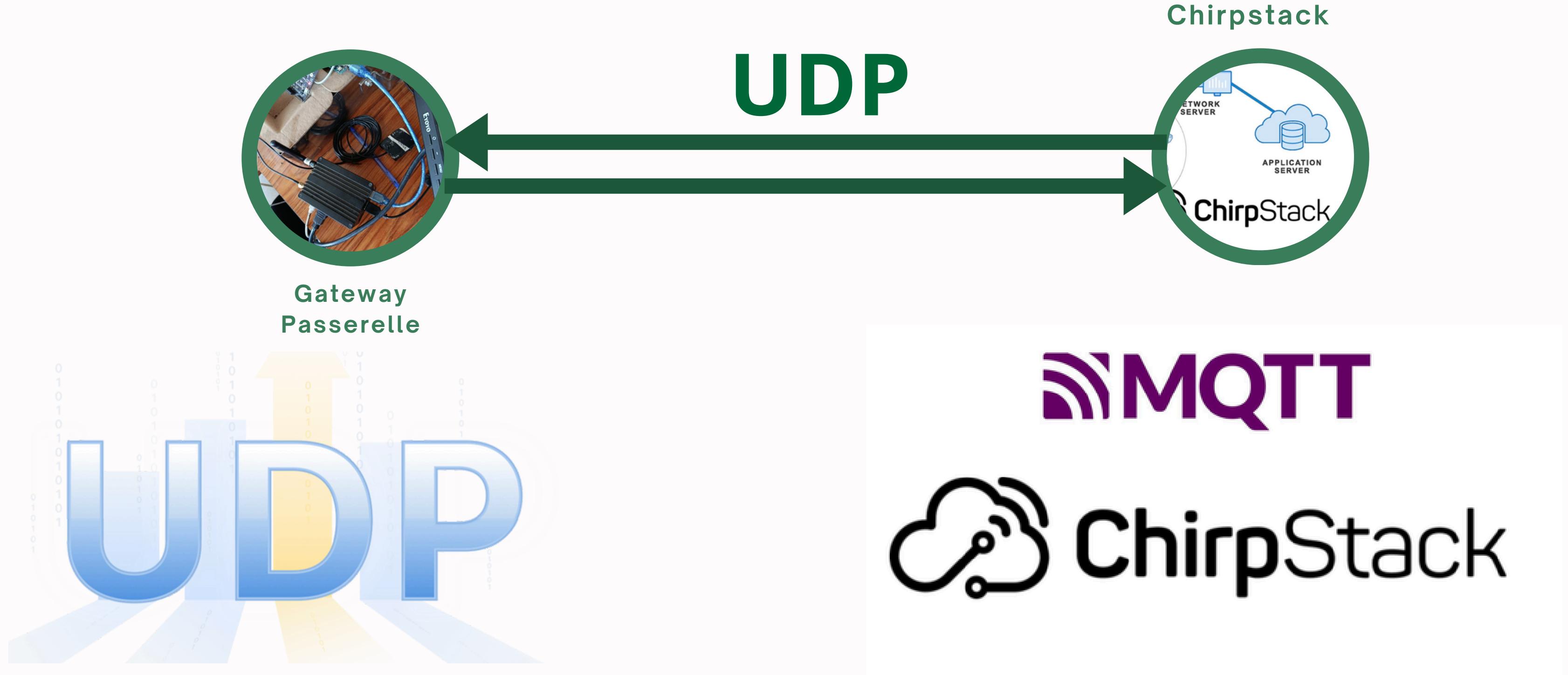


Les nœuds  
avec Rak811

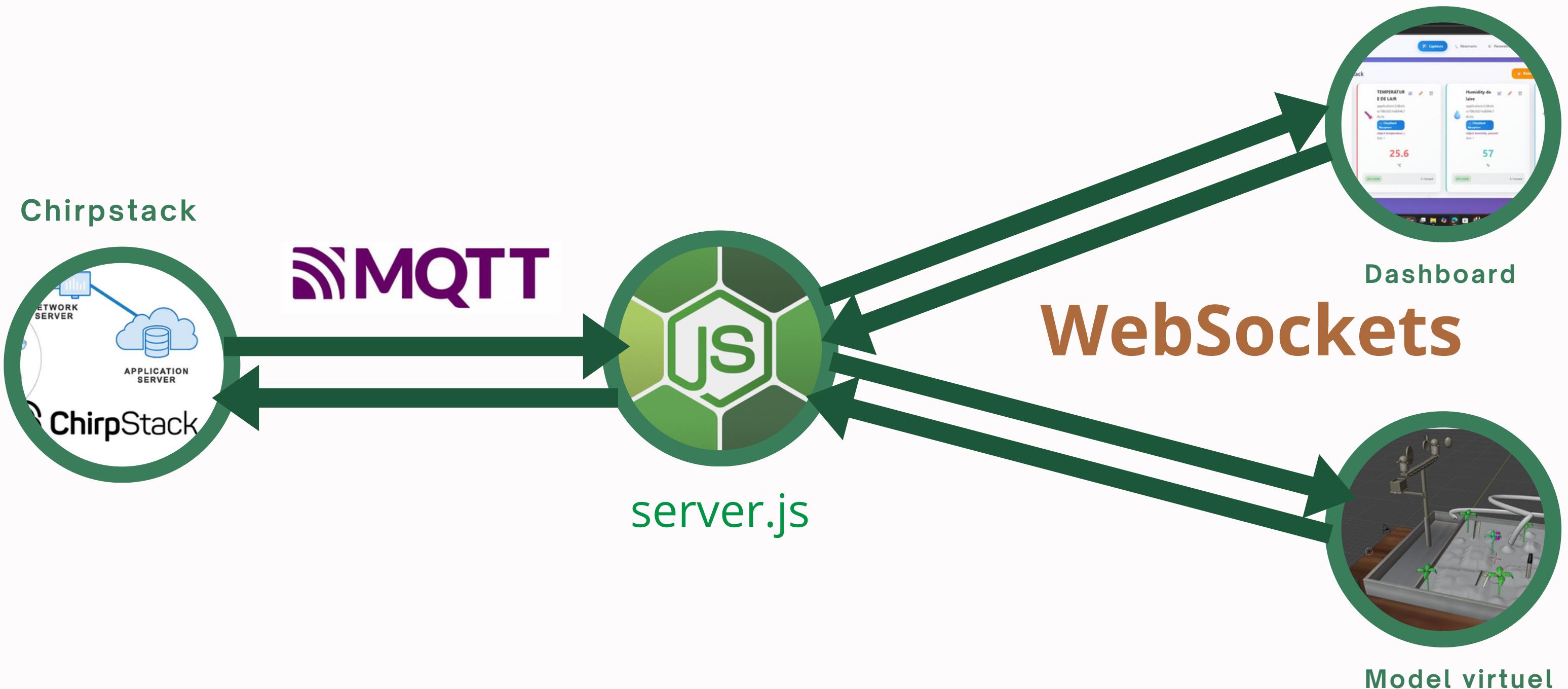


Gateway  
Passerelle  
avec Rak7243

# Communication : Nœuds RAK811 → Passerelle RAK7243



# Communication : ChirpStack → Dashboard & Digital Twin



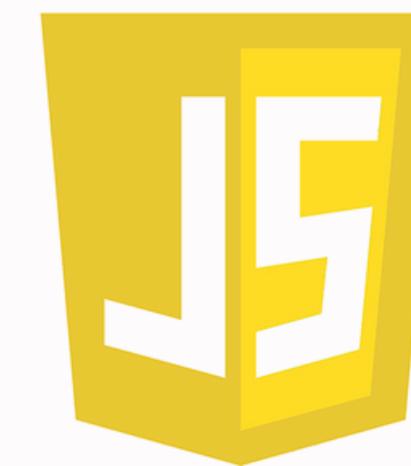
**HTML**



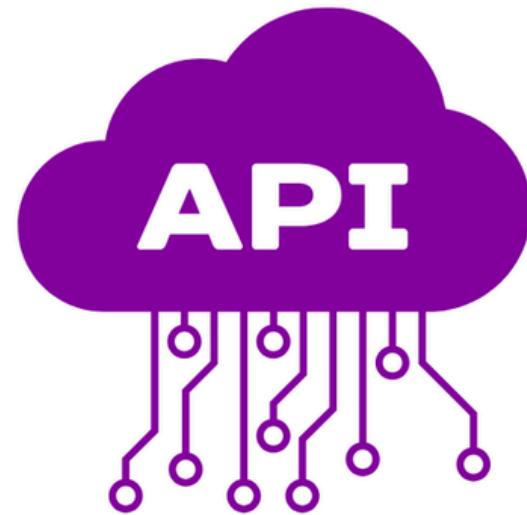
**CSS**



**JS**

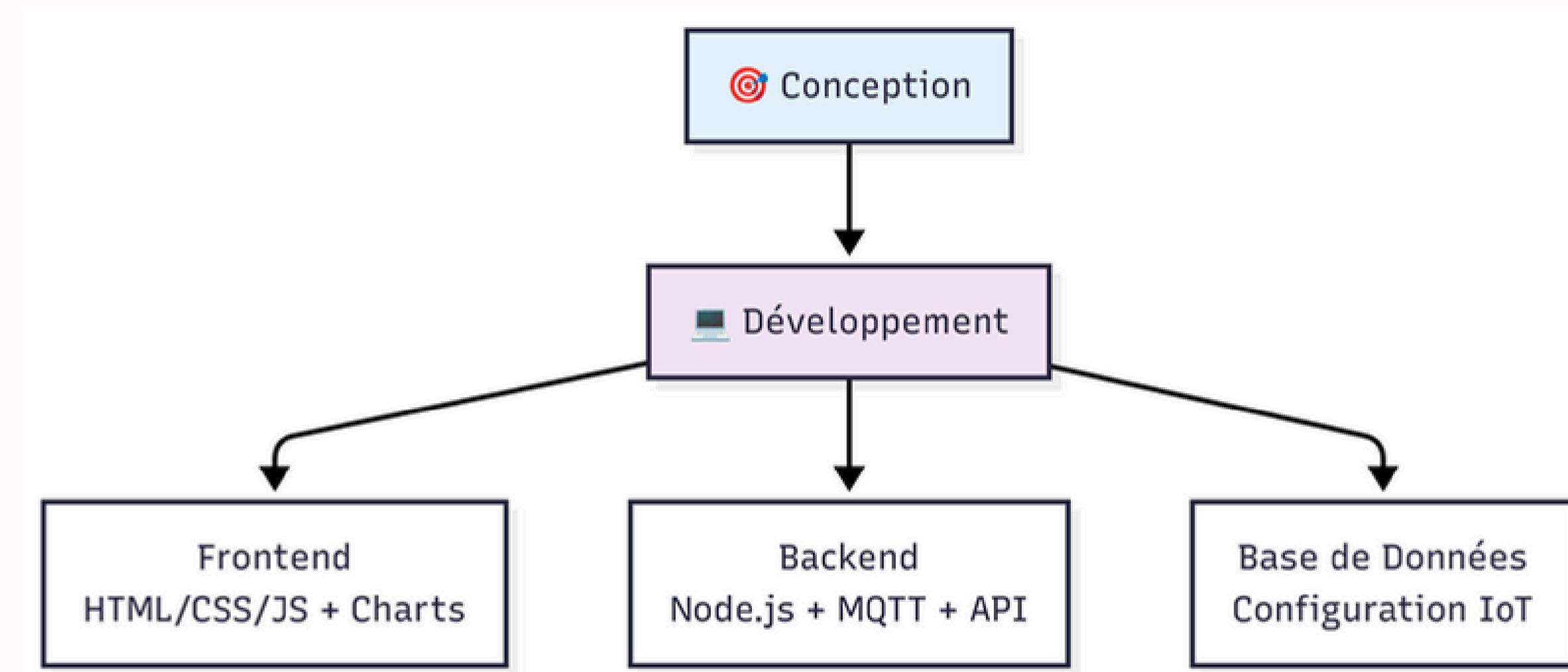


# DASHBOARD

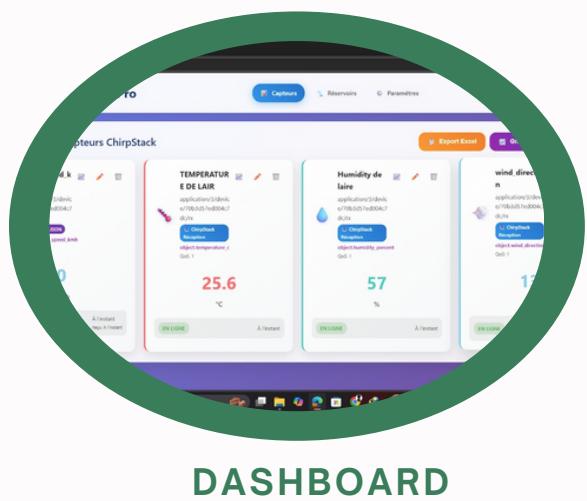


**EXPRESS** **Js**

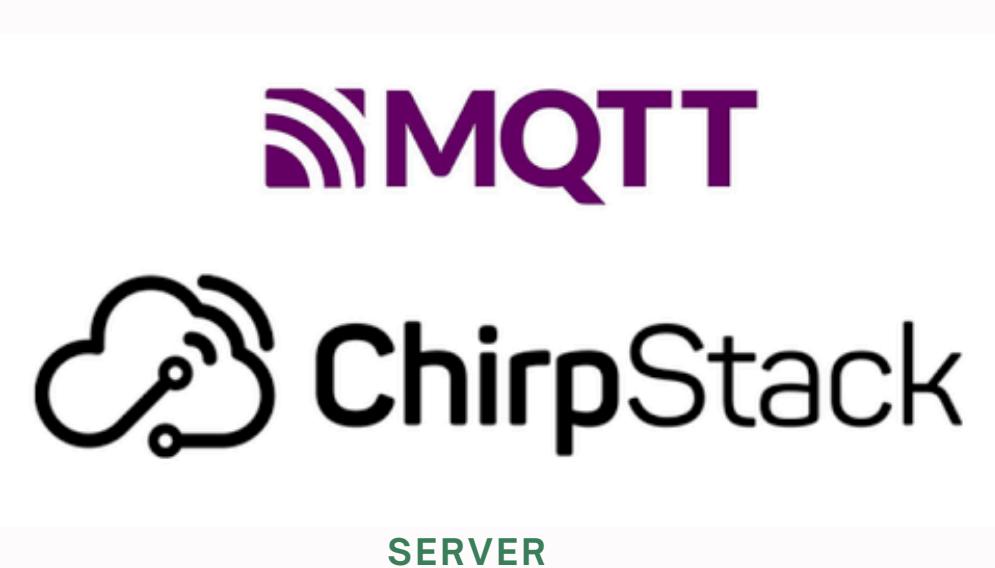
# creation et déploiement de dashboard



# Communication bi : server et dashboard



DASHBOARD



# Configuration des capteur sur le dashboard

Station agricule Msi

Capteurs Réservoirs Paramètres ChirpStack Temps Réel

Gestion des Capteurs

Export Excel Graphiques Ajouter

Capteur	Valeur	Unité	Dernière lecture	Fréquence
wind_speed_kmh	0	km/h	EN LIGNE	40min Regr. 40min
TEMPERATURE DE LAIR	25.3	°C	EN LIGNE	40min
Humidity de laire	54.5	%	EN LIGNE	40min
wind_direction	135	km/h	EN LIGNE	40min Regr. 40min
pressure_pa				

Simple JSON object.wind\_speed\_kmh  
application/3/devicce/70b3d57ed004c7dc/rx  
QoS: 1

ChirpStack Reception object.temperature\_c  
application/3/devicce/70b3d57ed004c7dc/rx  
QoS: 1

ChirpStack Reception object.humidity\_percent  
application/3/devicce/70b3d57ed004c7dc/rx  
QoS: 1

ChirpStack Reception object.wind\_direction  
application/3/devicce/70b3d57ed004c7dc/rx  
QoS: 1

# Configuration des capteur sur le dashboard

## Modifier le Capteur ChirpStack

Nom du capteur:  
Humidity de laire

Topic MQTT ChirpStack:  
application/3/device/70b3d57ed004c7dc/rx

Configuration du Payload ChirpStack

Le payload est au format JSON

Format JSON:  
 ChirpStack Réception

JSONPath pour extraire la valeur:  
object.humidity\_percent

Afficher le timestamp de réception

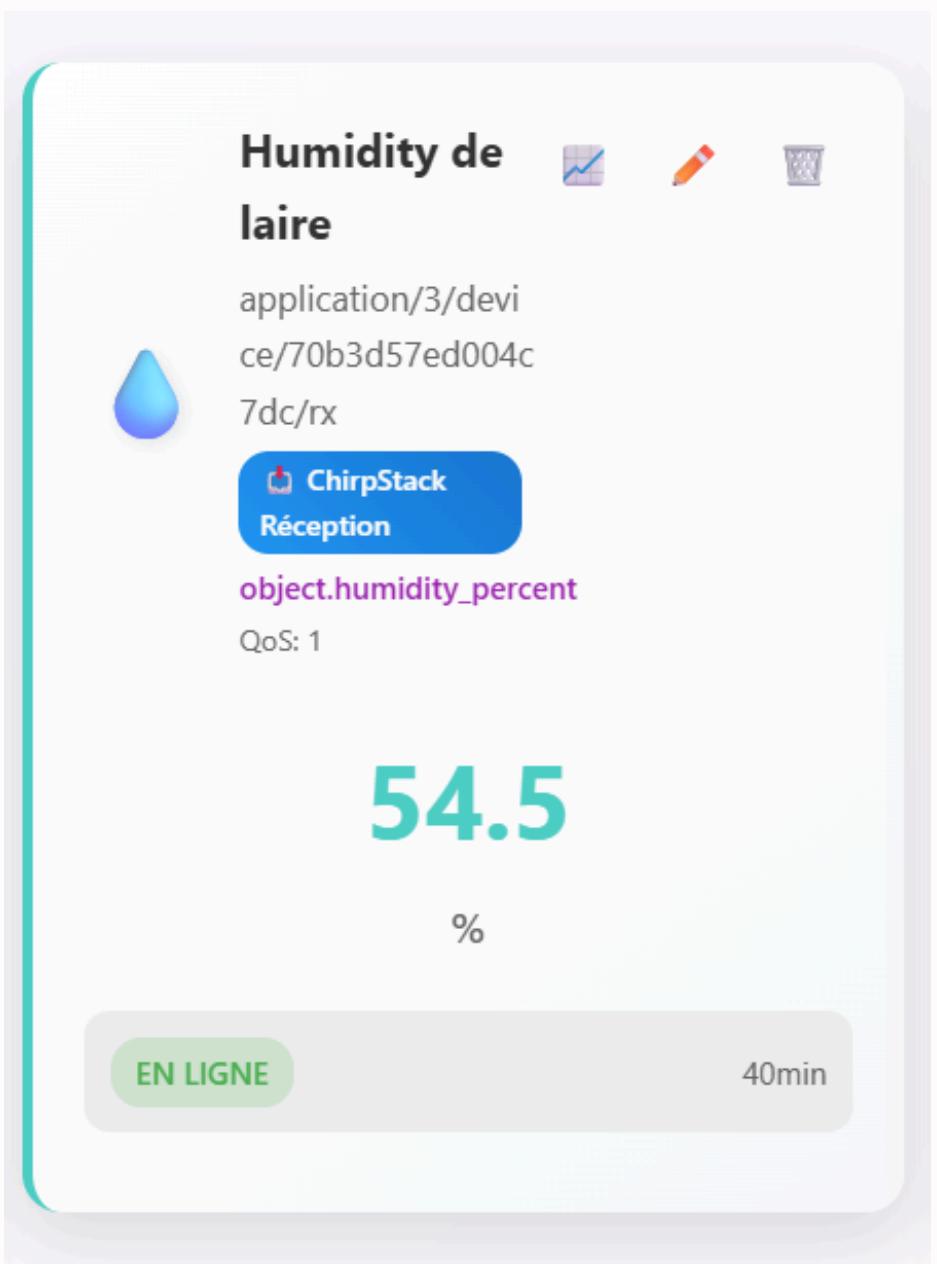
QoS MQTT:  
1 - Au moins une fois

Unité: % Couleur:

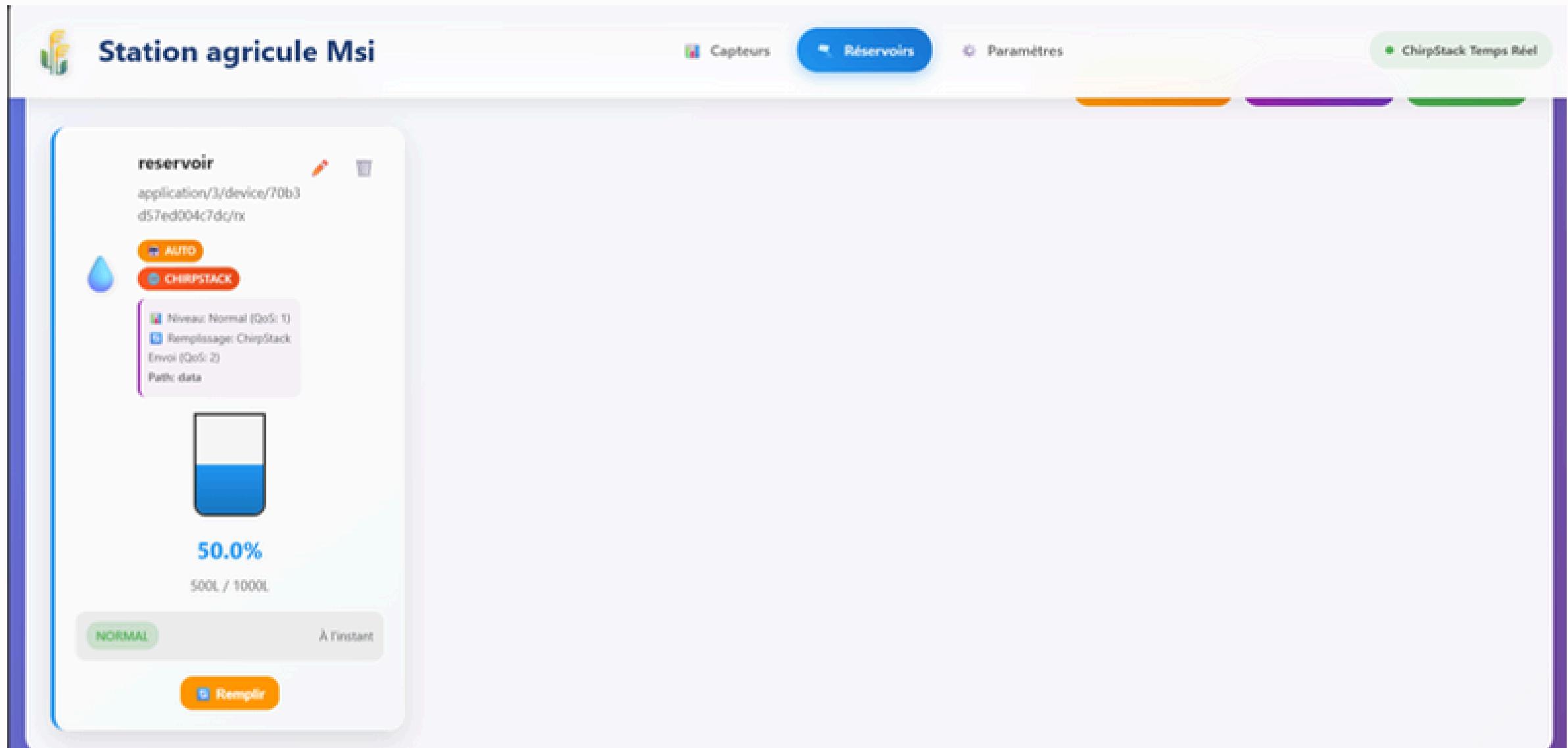
Valeur min (alarme): Valeur max (alarme):

Sauvegarder

# Configuration des capteur sur le dashboard



# Configuration les actionneur sur le dashboard



# Configuration les actionneur sur le dashboard

### Modifier le Réservoir ChirpStack

Nom du réservoir:

Capacité totale (L): 1000 Couleur:

Configuration du Payload ChirpStack

Afficher le timestamp de réception

Configuration des Topics MQTT ChirpStack

Topic Niveau (obligatoire)

Topic MQTT niveau: application/3/device/70b3d57ed004c7dc/rx

Payload JSON pour le niveau

QoS MQTT niveau: 1 - Au moins une fois

### Topic Pompe (optionnel)

Topic MQTT pompe:

Payload JSON pour la pompe

QoS MQTT pompe: 1 - Au moins une fois

### Topic Remplissage (optionnel)

Topic MQTT remplissage: application/3/device/001d851df9ade734/tx-

Payload JSON pour le remplissage

Format JSON remplissage: ChirpStack Envoi

JSONPath pour lire l'état remplissage: data

QoS MQTT remplissage:

# Configuration les actionneur sur le dashboard

**Topic Mode Manuel/Automatique (optionnel)**

Topic MQTT mode:  
application/3/device/001d851df9ade734/tx-

Payload JSON pour le mode

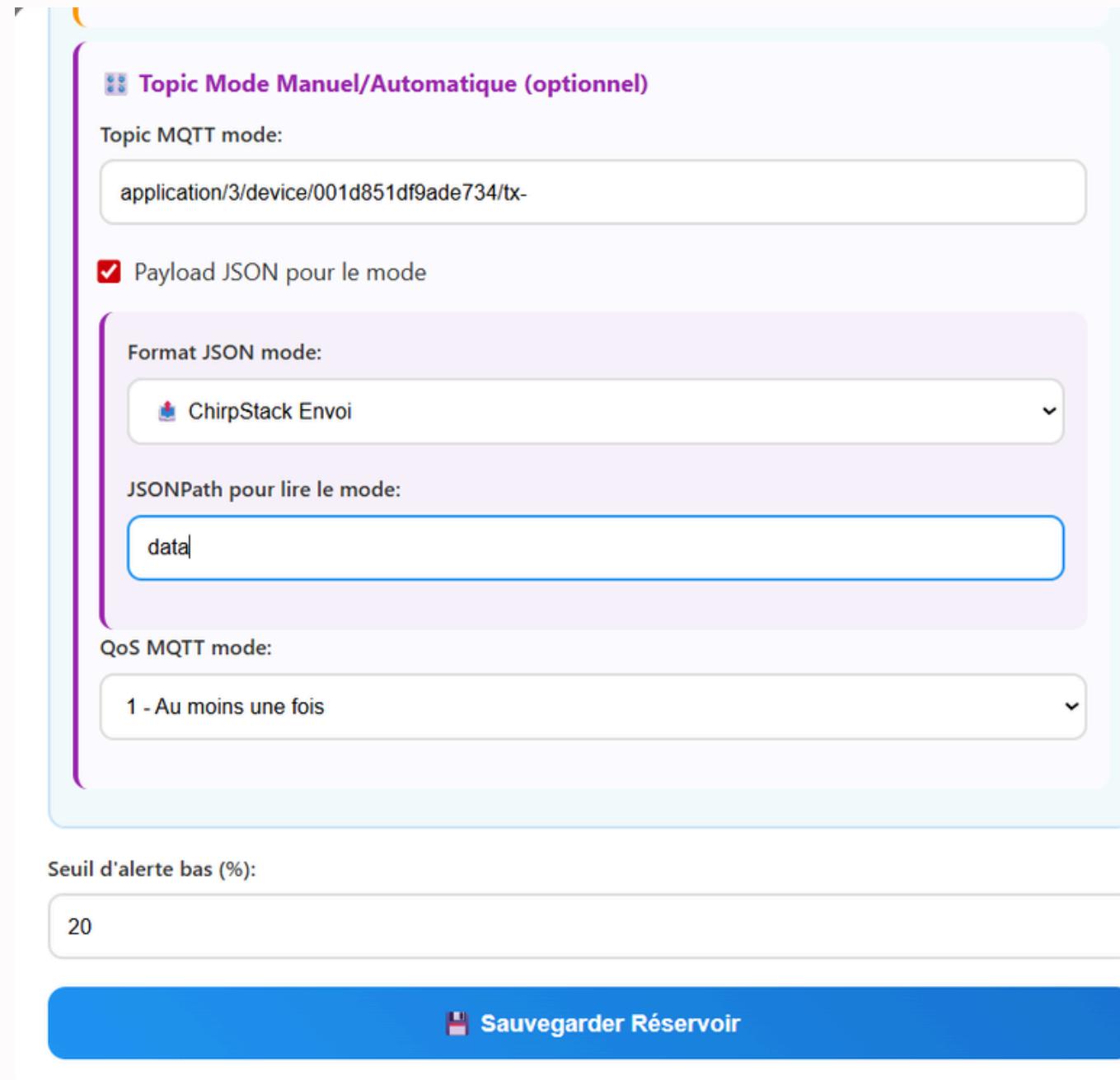
Format JSON mode:  
ChirpStack Envoi

JSONPath pour lire le mode:  
data

QoS MQTT mode:  
1 - Au moins une fois

Seuil d'alerte bas (%):  
20

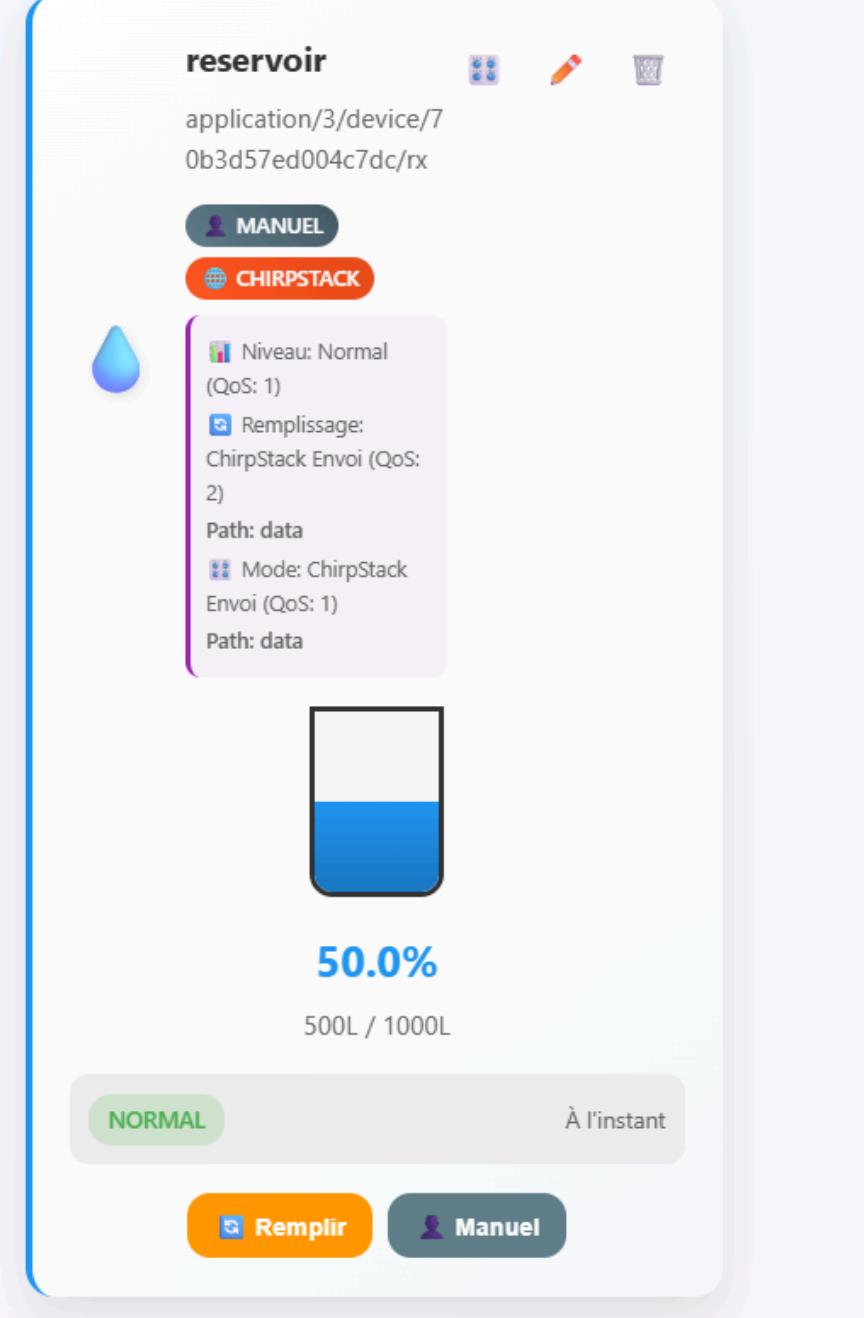
**Sauvegarder Réservoir**



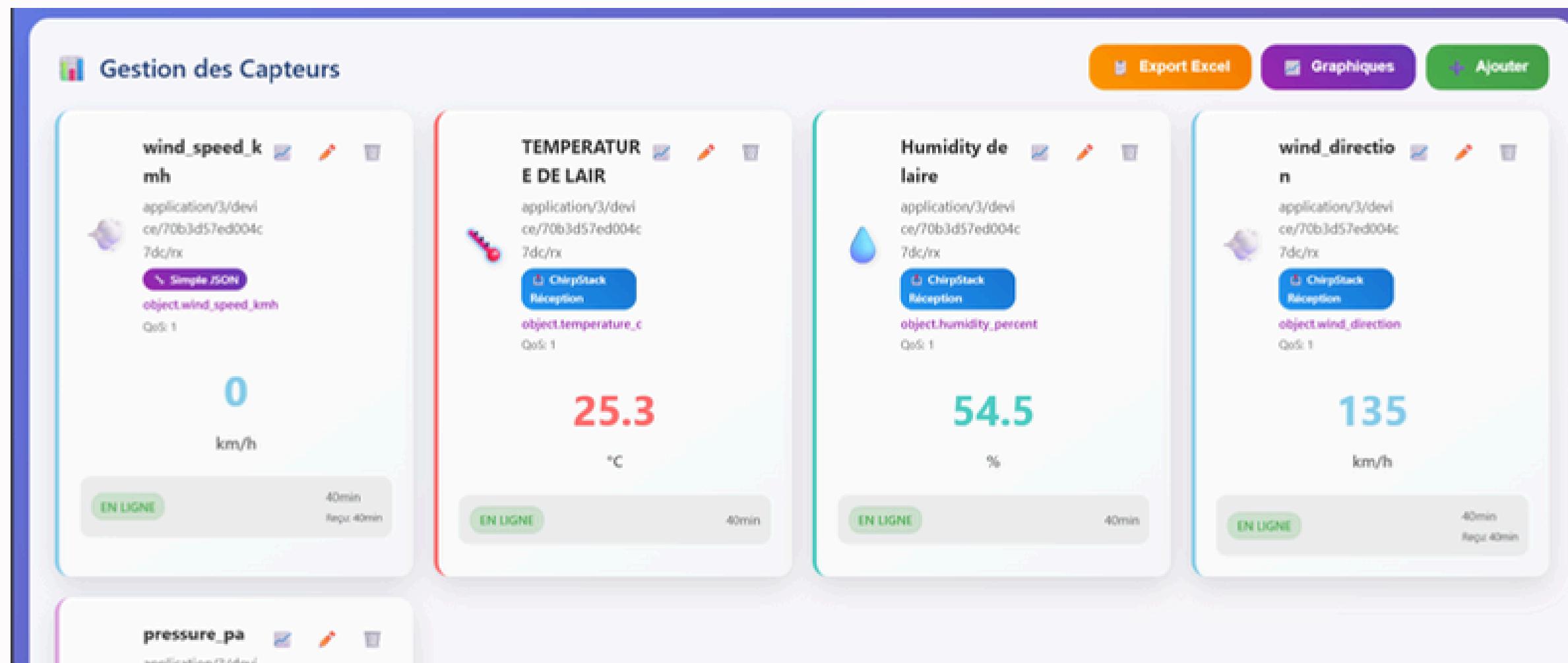
**reservoir** application/3/device/70b3d57ed004c7dc/rx

**MANUEL** **CHIRPSTACK**

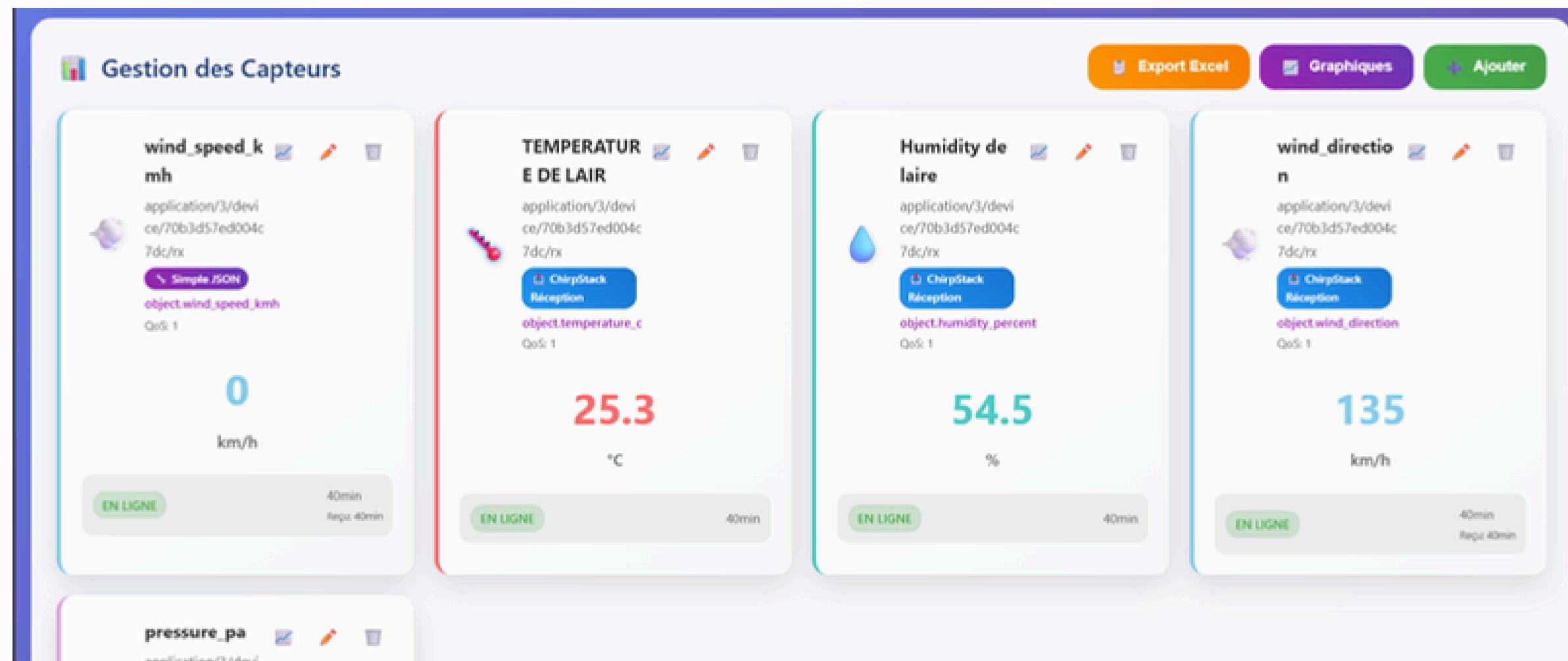
Niveau: Normal (QoS: 1)  
Remplissage: ChirpStack Envoi (QoS: 2)  
Path: data  
Mode: ChirpStack Envoi (QoS: 1)  
Path: data



# vue sur les fonctionalites de dashboard



# vue sur les fonctionalites de dashboard



# les graphes



obtenue les donne des capteur se forme  
fichier excel

**Gestion des Capteurs**

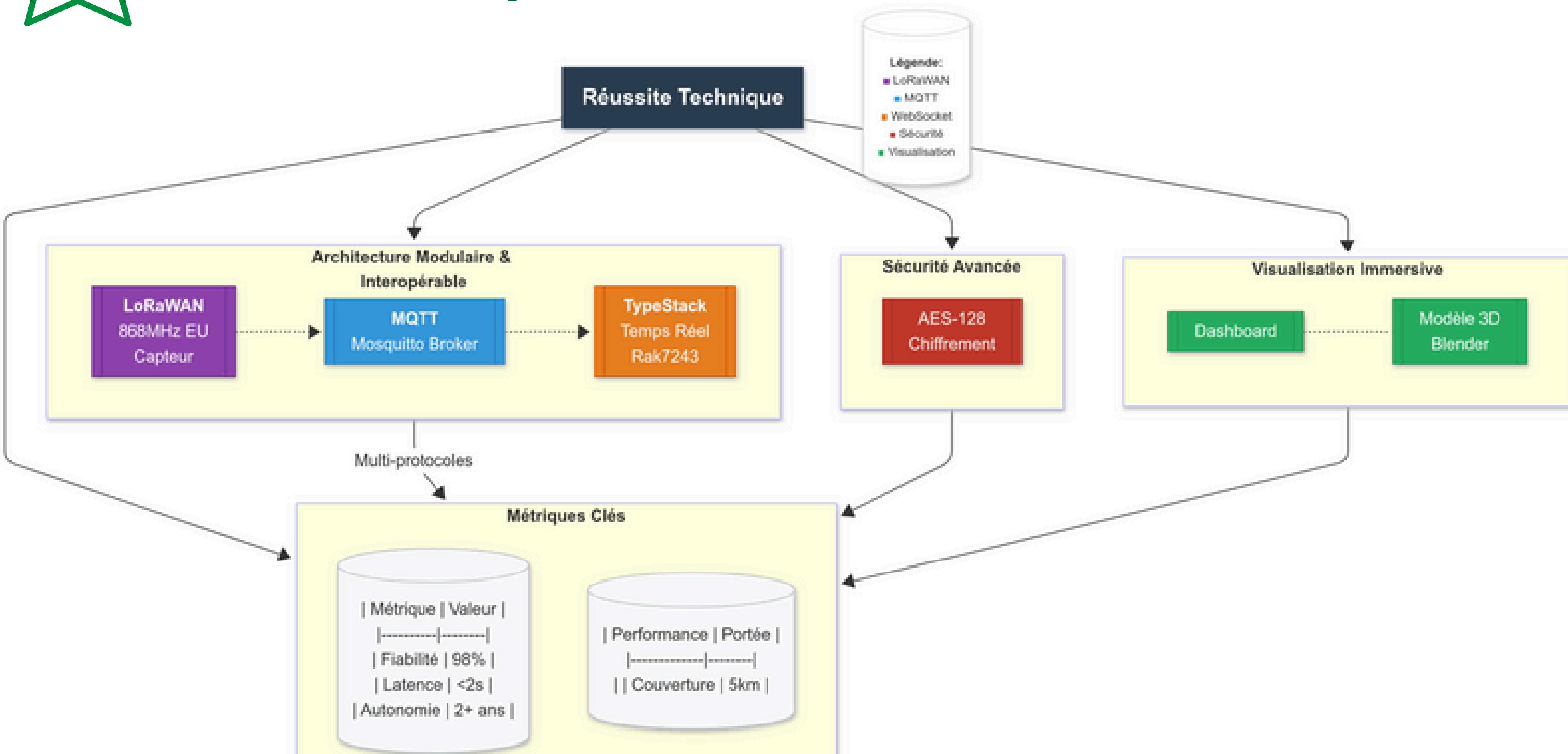
Capteur	Type	Topic	Valeur Act. Unité	Statut	JSON	Format	JSONPath	QoS	Dernière Mise à Jour
wind_speed	wind	application/3/device/7	0 km/h	En ligne	Oui	Simple	object.wind	1	7/8/2025, 11:39:37 AM
TEMPERATURE	temperature	application/3/device/7	25.3 °C	En ligne	Oui	ChirpStack	object.temperature	1	7/8/2025, 11:39:37 AM
Humidity	humidity	application/3/device/7	54.5 %	En ligne	Oui	ChirpStack	object.humidity	1	7/8/2025, 11:39:37 AM
wind_direction	wind	application/3/device/7	135 km/h	En ligne	Oui	ChirpStack	object.wind_direction	1	7/8/2025, 11:39:37 AM
pressure	pressure	application/3/device/7	970 Pa	En ligne	Oui	ChirpStack	object.pressure	1	7/8/2025, 11:39:37 AM

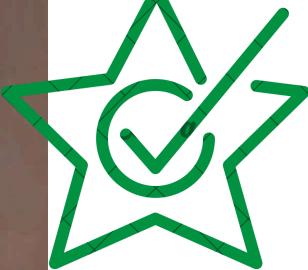
# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

...

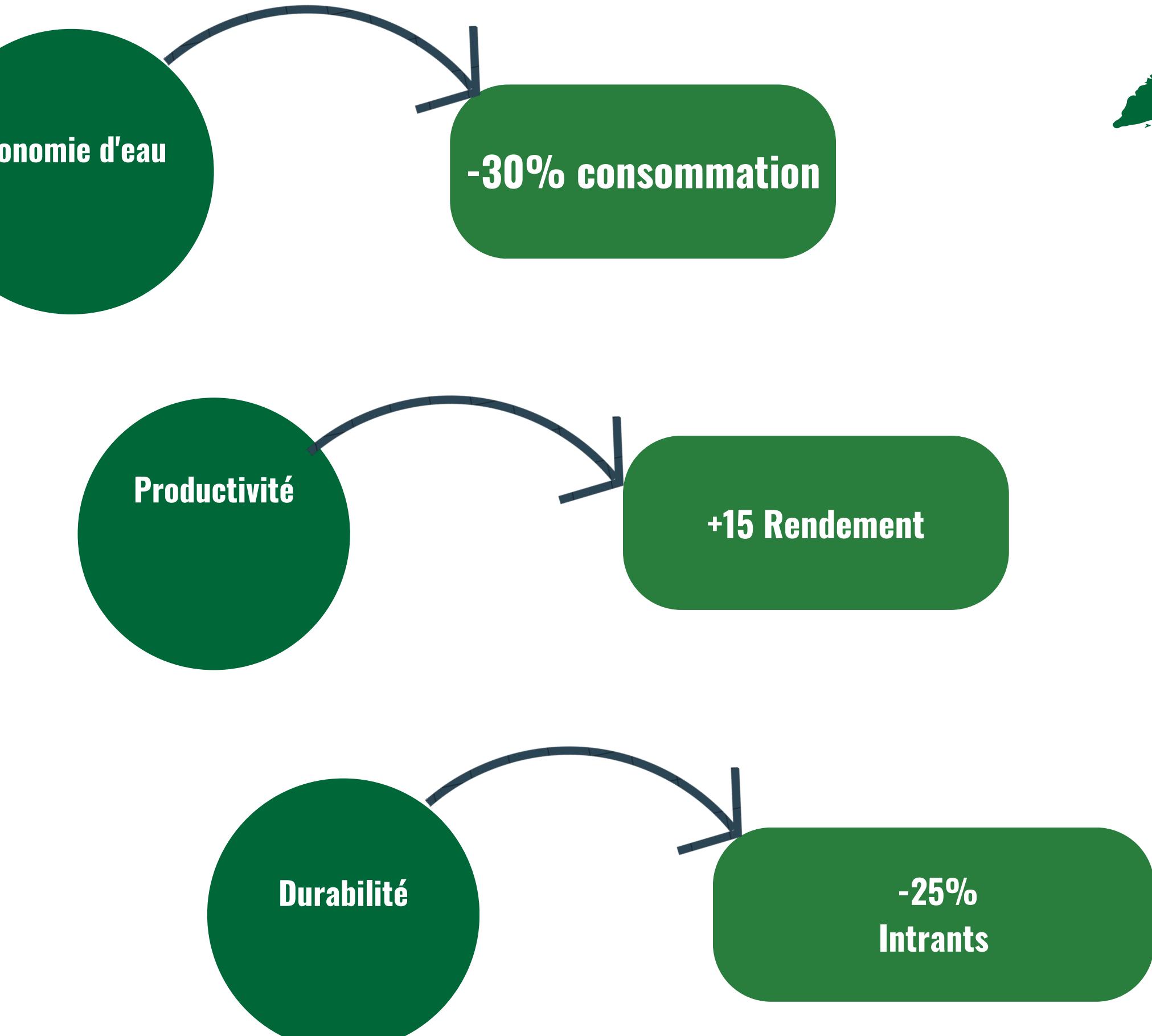


# Réussite Technique

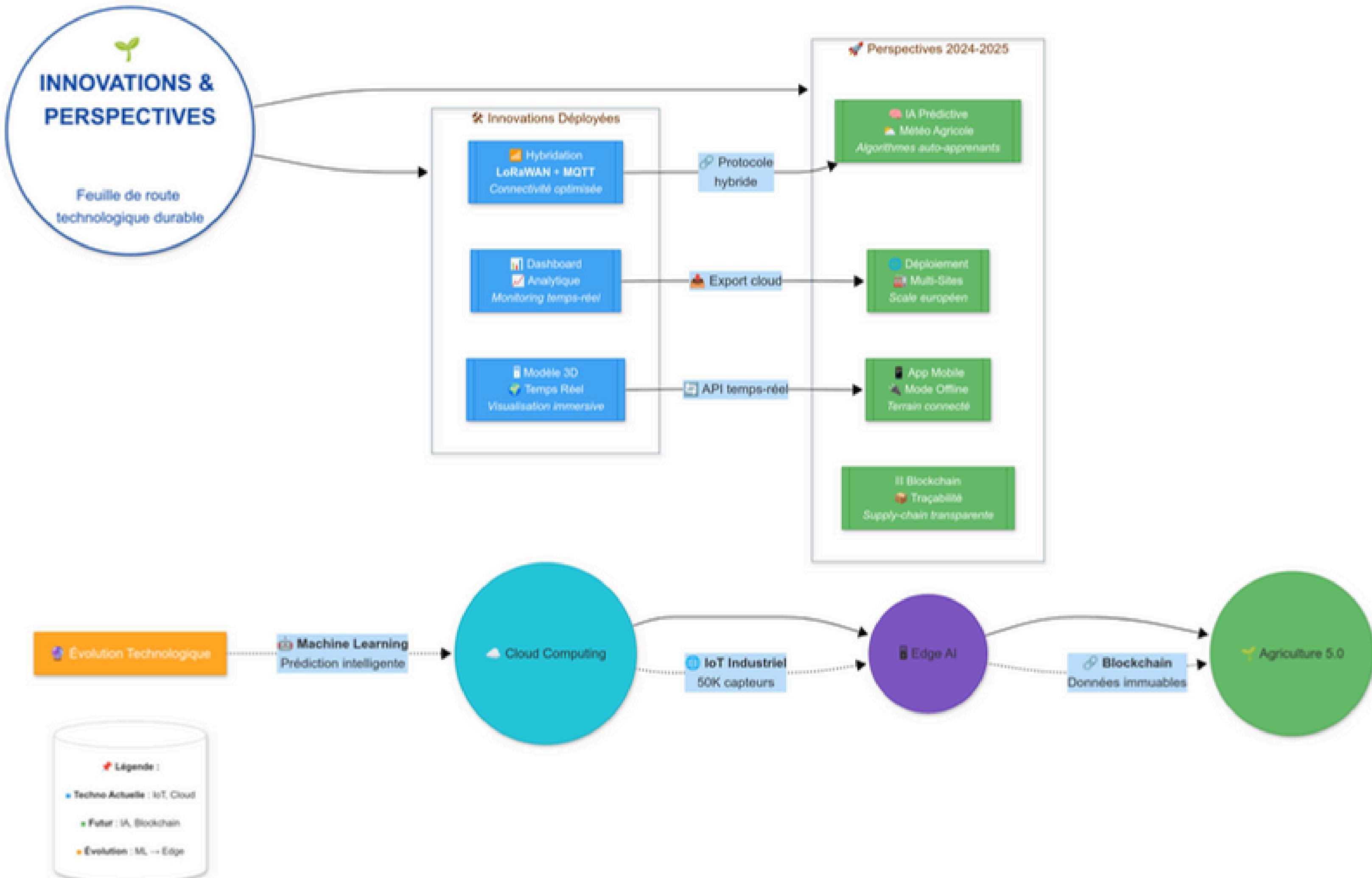




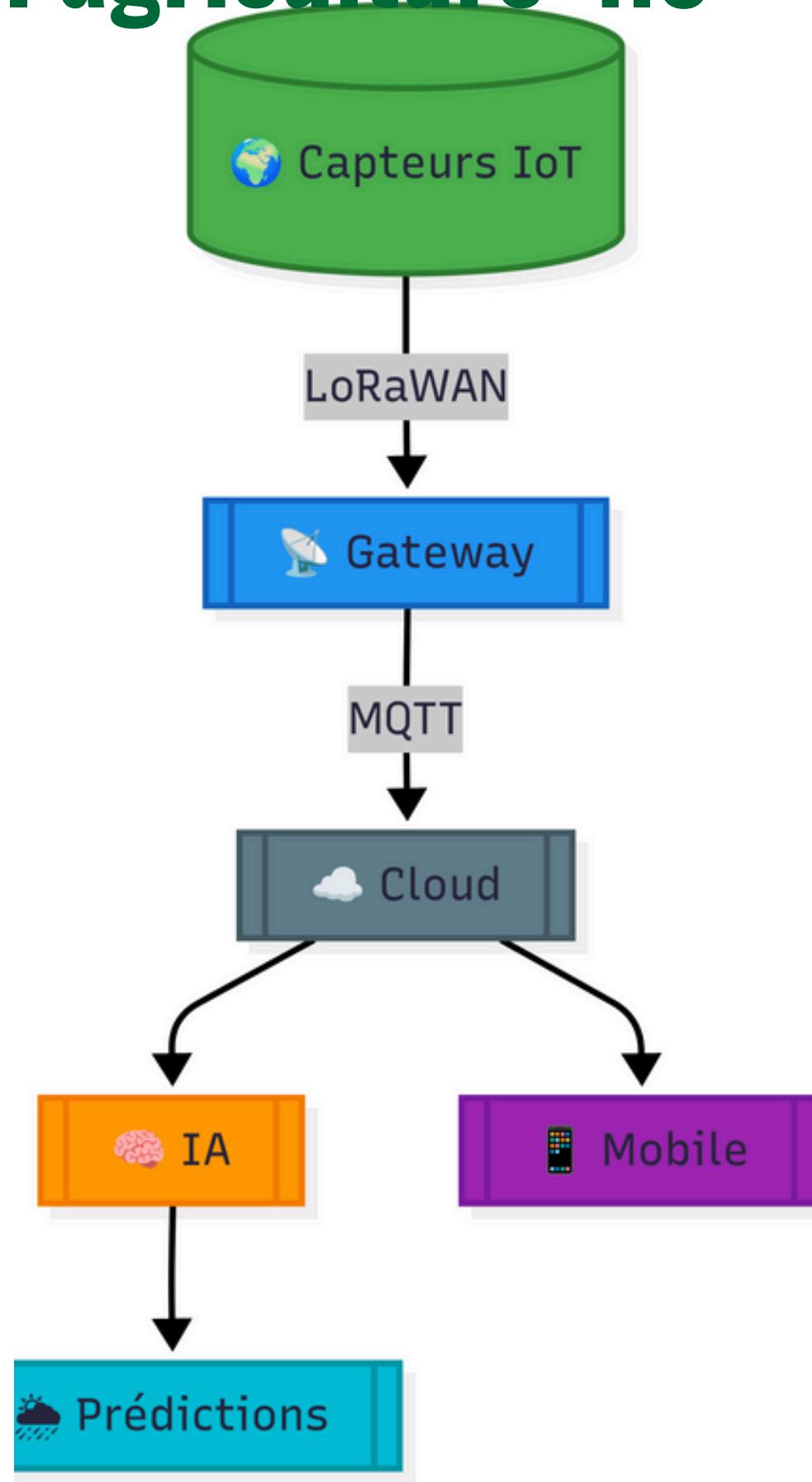
# Impact Agricole

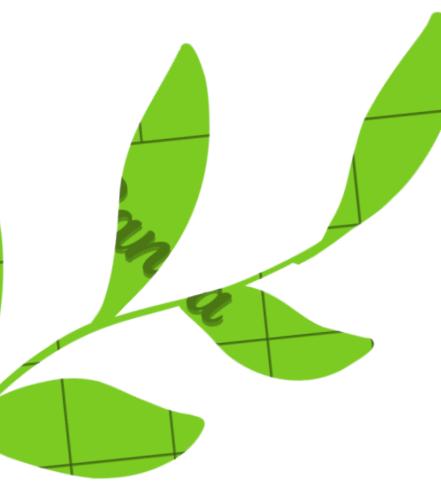


**IMPACT**

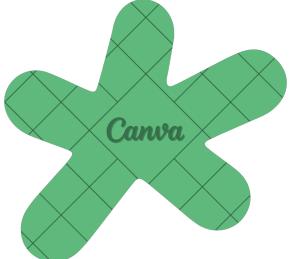


# Utilisation de l'IA ET le CLOUD pour ouvre la voix à l'agriculture 4.0





# Synthèse



**DE LA DONNÉE BRUTE À LA DÉCISION INTELLIGENTE :**  
notre Digital Twin transforme l'agriculture traditionnelle en écosystème connecté et optimisé.



**MERCI POUR VOTRE  
ATTENTION**