



DOCUMENT CHANGE RECORD

Version	Date	Auteur	Changement
V1	18/07/2023	Antoine SENOT-LEPERE	Création du document
V2	TBD	TBD	TBD

SPECIFICATION MATERIELLE IOT

Table des matières

But du document.....	5
Choix des cartes.....	5
Caractéristiques ESP32 (fiche complète).....	5
Caractéristiques Nucléo-LO37RZ (fiche complète).....	5
Features.....	5
Station viticole.....	6
Caractéristiques.....	6
Capteur humidité/température air (GY-21 HTU21) (fiche complète).....	6
Capteur humidité foliaire (fiche complète).....	7
Normes.....	7
Choix du mode de communication LoRa/LoRaWAN.....	8
Longue portée :.....	8
Faible consommation d'énergie :.....	8
Connectivité dans les zones à faible densité :.....	8
Cryptage des données :.....	8
Authentification et intégrité des données :.....	8
Clés de session et clés d'application :.....	8
Gestion des clés de sécurité :.....	8
Représentation schématique d'un réseau LoRaWAN.....	9
Nœuds/Transmetteurs.....	9
Enregistrement des nœuds sur le réseau.....	9
Création d'un paquet LoRa.....	10
Mise en place dans une parcelle.....	10
Passerelle LoRa.....	10
Caractéristiques (fiche complète).....	11
Features.....	11
Annexes.....	12
Figure 1 Schéma technique d'une sonde avec une carte ESP32.....	12
Figure 2 Schéma technique d'une sonde avec une carte Nucleo-LO73RZ.....	13
Figure 3 Exemple d'implémentation dans une parcelle.....	14
.....	14

But du document

Le présent document a pour but d'expliquer et de présenter les choix techniques effectués pour ce projet.

Choix des cartes

Plusieurs modèles de cartes sont possibles pour éviter l'indisponibilité du produit :

- Une station basée sur un modèle ESP32 avec un module LoRa complémentaire (Voir figure 1 en Annexe)
- Une station basée sur un modèle Nucléo-LO37RZ avec module LoRa intégré. (Voir figure 2 en annexe)

Caractéristiques ESP32 ([fiche complète](#))

Microcontrôleur	
Nom:	ESP32
Marque:	Espressif
Caractéristiques	
CPU:	ESP-WROOM-32 (Tensilica Xtensa LX6)
Tension d'alimentation :	7-12V
Tension logic:	3.3V
E/S digitales:	14
Entrées analogiques:	6
Flash:	4000kB
SRAM:	520kB
EEPROM:	448kB
Fréquence d'horloge:	240 MHz
Wifi:	Yes
Bluetooth:	Yes
SD card:	No
Touch:	Yes
UART/SPI/I2C/I2S:	Yes/Yes/Yes/Yes

Caractéristiques Nucléo-LO37RZ ([fiche complète](#))

Features

Common features

- STM32 microcontroller in an LQFP64 or LQFP48 package
- 1 user LED shared with ARDUINO®
- 1 user and 1 reset push-buttons
- 32.768 kHz crystal oscillator
- Board connectors:
 - ARDUINO® Uno V3 expansion connector

- ST morpho extension pin headers for full access to all STM32 I/Os
- Flexible power-supply options: ST-LINK USB VBUS or external sources
- On-board ST-LINK debugger/programmer with USB re-enumeration capability: mass storage, Virtual COM port, and debug port
- Comprehensive free software libraries and examples available with the STM32Cube MCU Package
- Support of a wide choice of Integrated Development Environments (IDEs) including IAR Embedded Workbench®, MDK-ARM, and STM32CubeIDE

Board-specific features

- External SMPS to generate Vcore logic supply
- 24 MHz or 48 MHz HSE
- User USB Device full speed, or USB SNK/UFP full speed
- Cryptography
- Board connectors:
 - External SMPS experimentation dedicated connector
 - USB Type-C®, Micro-B, or Mini-B connector for the ST-LINK
 - USB Type-C® user connector
 - MIPI® debug connector

Station viticole

Une station peut être composée de plusieurs capteurs :

- Capteur d'humidité foliaire (qui permet de déterminer le pourcentage surface humide d'une feuille via un gradient de conductivité électrique.)
- Capteur d'humidité du sol
- Capteur d'humidité de l'air
- Capteur de température de l'air
- Anémomètre

Une station couvre une surface 5 hectares pour une parcelle simple, à savoir principalement plate, sans haies végétales. Le nombre de station peut donc varier en fonction de la topographie des parcelles et des haies présentes en bordure et peut donc augmenter le nombre de stations nécessaires même pour une surface inférieure à 5 hectares.

La station envoie les données récupérées par les capteurs via un transmetteur LoRa.

Voir en annexe la Figure 1

Caractéristiques

Capteur humidité/température air (GY-21 HTU21) ([fiche complète](#))

Maximum Ratings		
V _{cc}	Range	3.3 to 5.5V
V _{max}		<200uA
T _{min}	Minimum Sampling Period	50mS

Operating Ratings		
Humidity	Max Range	0% to 100%RH (± 5%RH)
	Optimum Range	5% to 95%RH (± 2%RH typ)
Temperature	Max Range	-40 to 125°C (±1.6°C)
	Optimum Range	-30 to 90°C (±0.6°C typ)
Dimensions	L x W (PCB)	13.5 x 10.5mm (0.53 x 0.42")

Capteur humidité foliaire ([fiche complète](#))

Principe de mesure	Capacitif
Plage de mesure	0...100% de mouillage foliaire
Précision	± 5%
Alimentation	5...18 Vdc
Consommation	< 1 mA
Sortie	Analogique 0,5...3 V
Température de fonctionnement	-30...+60 °C
Dimension	61 x 115 x 11 mm (câble exclus). épaisseur du capteur 1,6 mm
Câble	4-pôles qui termine avec fils libres, longueur 5 ou 10 m à définir au moment de la commande
Poids	100 g env. (compris le câble de 5 m)
Degré de Protection	IP67

Les capteurs sont implémentés sur un piquet métallique de 2m de haut.

La station sera alimentée par batterie interchangeable.

Normes

Les capteurs devront être capable de résister à des conditions extérieures :

- Exigences de protection IP (Indice de Protection) pour garantir l'étanchéité et la résistance à la poussière et à l'eau des capteurs.

- Résistance aux variations de température, aux intempéries et aux chocs mécaniques.
- Résistance aux radiations UV.

Choix du mode de communication LoRa/LoRaWAN

Nous utiliserons le protocole de transmission LoRa (Long Range) & LoRaWAN pour émettre nos paquets de données.

Cette technologie est largement utilisée. Les fournisseurs sont donc nombreux et le coût matériel est moindre. Il sera possible de changer de fournisseur s'il y a une baisse des disponibilités.

Longue portée :

LoRa permet la transmission de données sur de longues distances. La portée peut aller de plusieurs centaines de mètres à plusieurs kilomètres en champ libre, selon les conditions d'environnement. Cette portée est idéale pour les applications qui nécessitent une couverture étendue, telles que la surveillance agricole.

Faible consommation d'énergie :

Les systèmes LoRa sont conçus pour être très économes en énergie, ce qui les rend adaptés aux appareils alimentés par batterie. Ce qui réduit les coûts de maintenance et permet un déploiement à long terme sans nécessiter de remplacement fréquent des batteries.

Connectivité dans les zones à faible densité :

Il est possible d'installer sa propre infrastructure s'il n'y en pas d'installer dans le secteur concerné. Cela en fait une solution viable pour les applications de surveillance et de collecte de données dans les zones rurales ou isolées, telles que les vignobles situés dans des régions éloignées.

Cryptage des données :

Le réseau prend en charge le cryptage des données pour assurer la confidentialité des informations transmises. Les données sont cryptées de bout en bout, depuis le nœud jusqu'à la passerelle et le serveur d'application, ce qui réduit le risque d'interception et de manipulation des données.

Authentification et intégrité des données :

Les mécanismes d'authentification et de vérification de l'intégrité des données échangées entre les nœuds et les serveurs sont intégrées au protocole. Cela permet de garantir que seuls les nœuds autorisés peuvent accéder au réseau et que les données ne sont pas altérées lors de leur transmission.

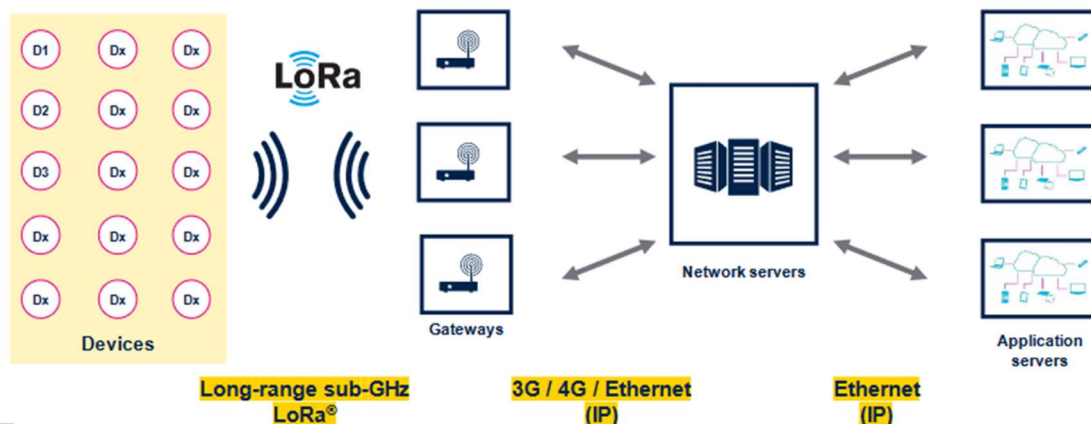
Clés de session et clés d'application :

Le réseau LoRaWAN utilise des clés de session et des clés d'application pour sécuriser les communications. Les clés de session sont utilisées pour l'authentification et l'établissement d'une connexion sécurisée entre le nœud et le réseau, tandis que les clés d'application permettent de chiffrer les données spécifiques à une application.

Gestion des clés de sécurité :

Le protocole LoRaWAN inclut des mécanismes de gestion des clés de sécurité pour garantir leur renouvellement régulier et empêcher leur compromission. Cela contribue à maintenir l'intégrité du réseau et à réduire les risques liés à des clés de sécurité obsolètes ou compromises.

Représentation schématique d'un réseau LoRaWAN



Nœuds/Transmetteurs

Les capteurs récoltent les données locales et les transmettent via le protocole LoRa à la passerelle LoRaWAN la plus proche.

L'émission de paquet de données peut avoir lieu selon une fréquence définie entre quelques minutes à plusieurs heures.

Enregistrement des nœuds sur le réseau

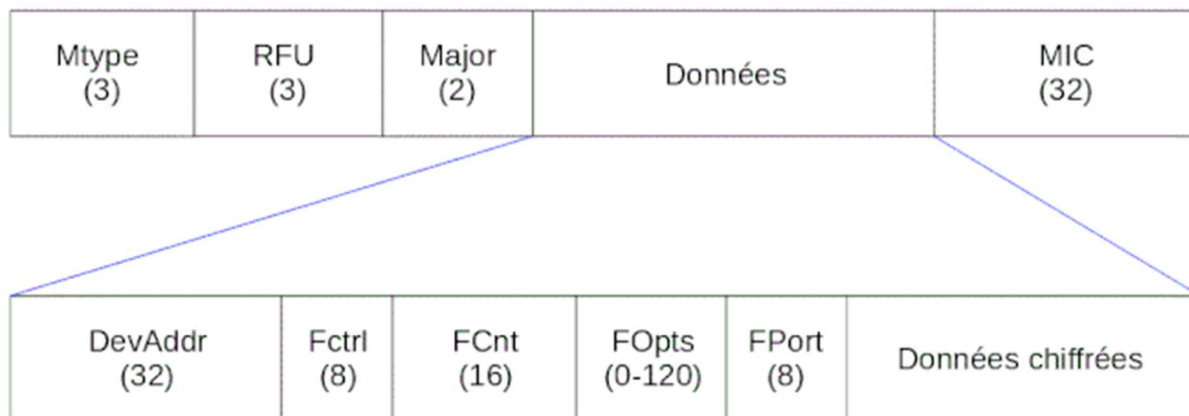
Deux procédures d'activation sont possibles :

- Activation By Personalization (ABP) : Les clefs de chiffrement sont stockées dans les équipements;
- Over The Air (OTAA) : Les clefs de chiffrement sont obtenues par un échange avec le réseau.
- Le tableau ci-dessous synthétise les informations transmises par l'équipement d'extrémité durant la procédure d'activation.

Identifiant	Propriété	Obtention
DevAddr	Identité de l'équipement d'extrémité (32bits)	Générée en OTAA, configurée en ABP
DevEUI	Identité de l'équipement d'extrémité (64bits)	Configurée
AppEUI	Identité de l'application (rend unique le propriétaire de l'équipement d'extrémité)	Configurée
NwkSKey	Clef utilisée par le serveur et l'équipement d'extrémité pour calculer et vérifier le champ MIC	Générée en OTAA, configurée en ABP
AppSKey	Clef utilisée par le serveur et l'équipement d'extrémité pour chiffrer et déchiffrer les données des paquets	Générée en OTAA, configurée en ABP
AppKey	Clef utilisée par l'équipement d'extrémité lors de la procédure OTAA	Générée en OTAA*, inexistant en ABP

Création d'un paquet LoRa

Le format des paquets LoRaWAN est décrit dans le schéma ci-dessous. Les tailles des champs sont indiquées en bits.



Format des paquets LoRaWAN

Voici la définition des différents champs contenus dans un paquet LoRaWAN15 :

Mtype	Ce champ indique le type du message (montant ou descendant).
RFU	Ce champ est réservé pour usage futur.
Major	Ce champ indique la version du protocole utilisée.
MIC	Ce champ permet le calcul d'intégrité du paquet afin de détecter s'il a été altéré durant son transport.
DevAddr	Ce champ contient l'adresse de l'équipement.
FCtrl	Ce champ permet l'adaptation du débit et les acquittements. Il indique la présence de paquets supplémentaires ainsi que la longueur du champ FOpts.
FCnt	Ce champ est un compteur de trame (incrément à chaque envoi).
FOpts	Ce champ permet de passer des commandes MAC (contrôle de connectivité par un équipement par exemple).
FPort	Ce champ contient le port de l'application ou du service auquel est adressé le paquet.

Mise en place dans une parcelle

La mise en place d'une ou plusieurs sondes dans la parcelle, sera dépendant de la configuration de celle-ci : parcelle avec un dénivelé, présence végétations sur les bordures, exposition solaire uniforme ou non...

L'installation de la passerelle LoRa, sera conditionnée à un accès au réseau électrique ainsi qu'à une couverture réseau (WiFi ou mobile).

Voir en annexe Figure 3.

Passerelle LoRa

La passerelle réceptrice sera installée en extérieur de la passerelle où un réseau mobile ou une communication WiFi sécurisée est disponible, ainsi qu'un accès au réseau électrique pour l'alimentation.

La passerelle récupèrera les données des capteurs selon les règles de sécurités définies et les fera suivre au serveur dédié mis en place via l'adresse IP.

Caractéristiques ([fiche complète](#))

Features

Common features

- STM32 microcontroller in an LQFP144 package
- 3 user LEDs
- 2 user and reset push-buttons
- 32.768 kHz crystal oscillator
- Board connectors:
 - SWD
 - ST Zio expansion connector including ARDUINO® Uno V3
 - ST morpho expansion connector
- Flexible power-supply options: ST-LINK USB VBUS, USB connector, or external sources
- On-board ST-LINK debugger/programmer with USB re-enumeration capability: mass storage, Virtual COM port, and debug port
- Comprehensive free software libraries and examples available with the STM32Cube MCU Package
- Support of a wide choice of Integrated Development Environments (IDEs) including IAR Embedded Workbench®, MDK-ARM, and STM32CubeIDE

Board-specific features

- External or internal SMPS to generate Vcore logic supply
- Ethernet compliant with IEEE-802.3-2002
- USB OTG full speed or SNK/UFP (full-speed or high-speed mode), depending on the USB connector type
- Board connectors:
 - USB with Micro-AB or USB Type-C®
 - Ethernet RJ45

Annexes

Figure 1 Schéma technique d'une sonde avec une carte ESP32

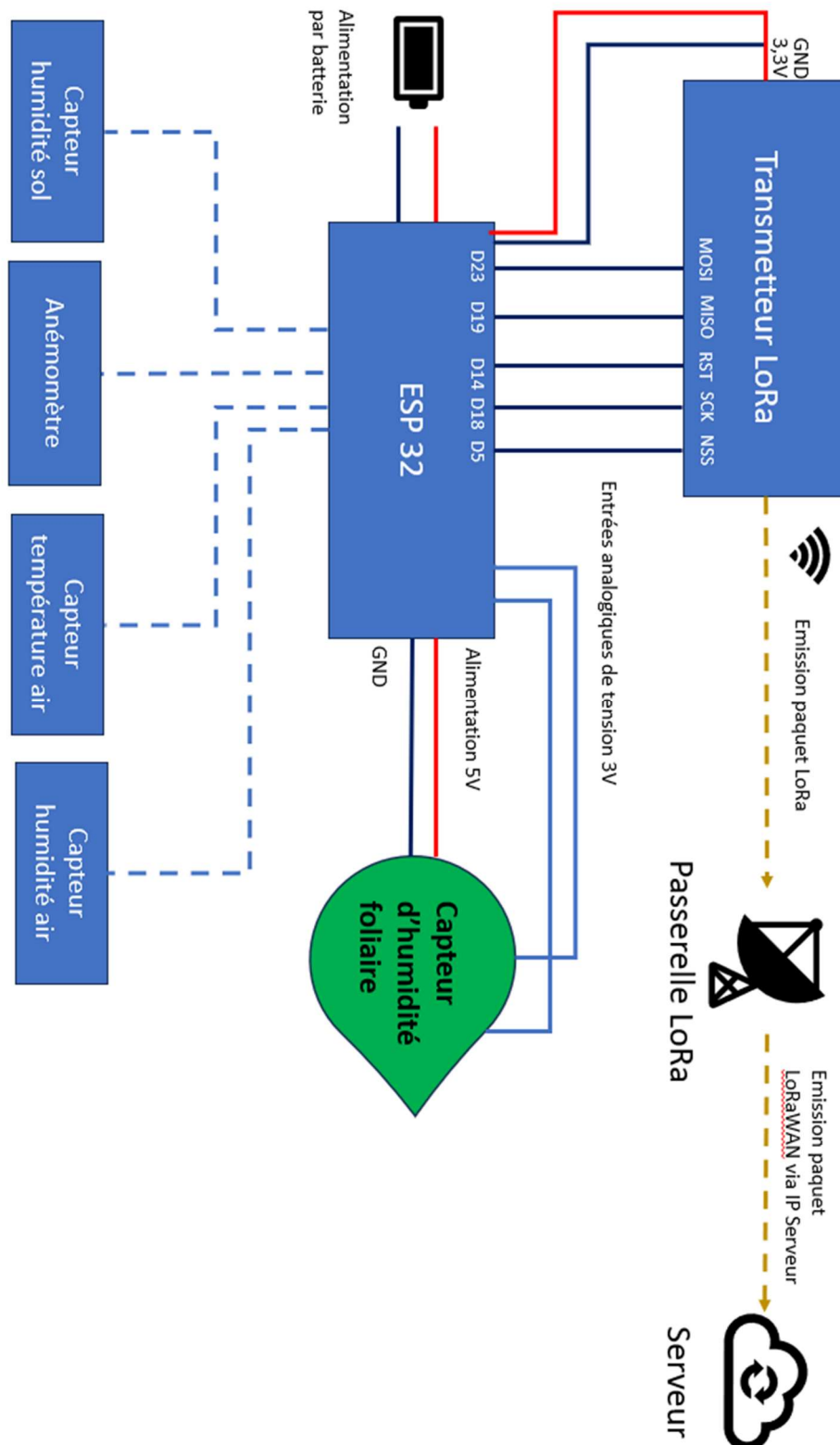


Figure 2 Schéma technique d'une sonde avec une carte Nucleo-LO73RZ

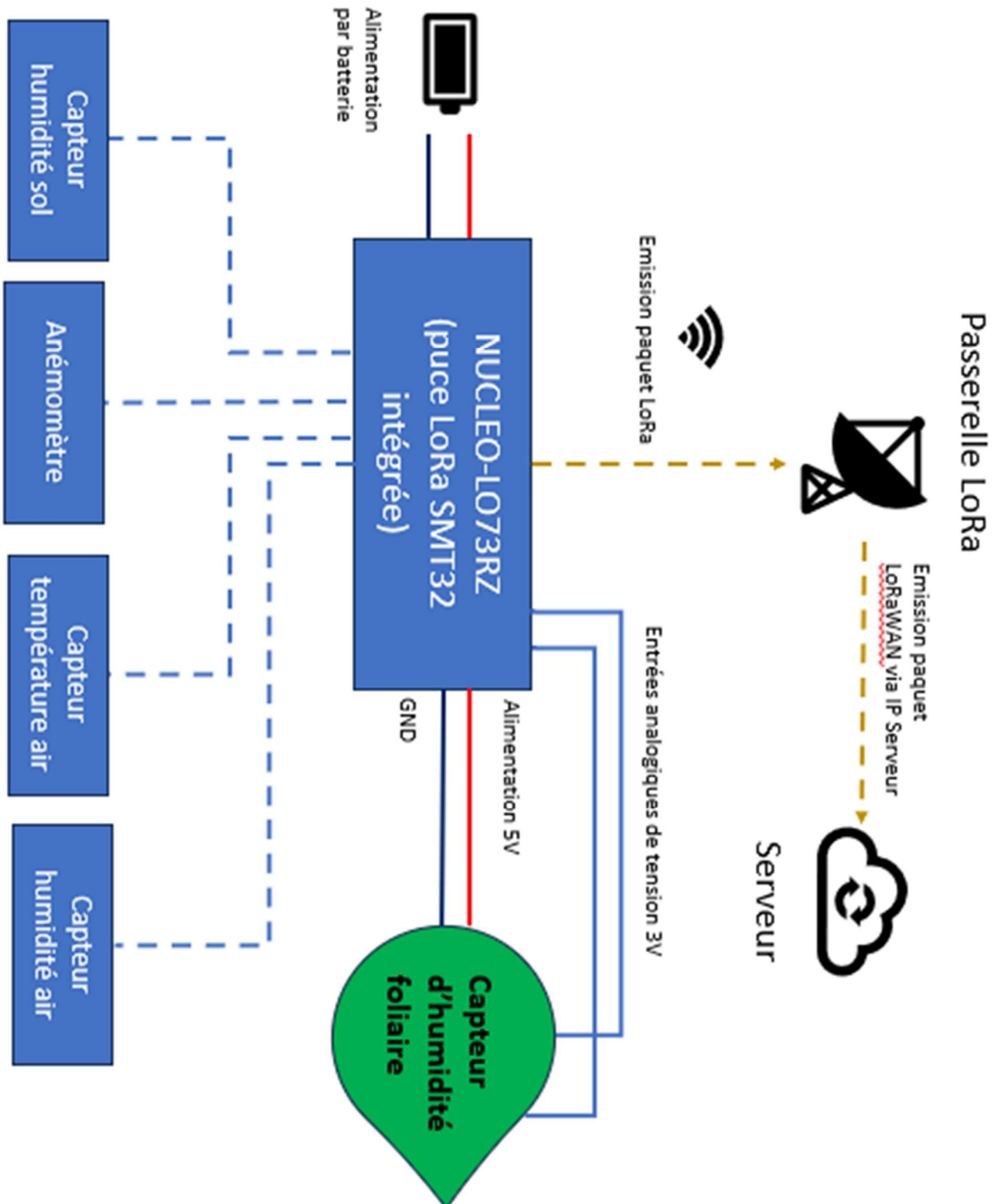


Figure 3 Exemple d'implémentation dans une parcelle

