

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

DOCUMENT CHANGE RECORD

**SPECIFICATION MATERIELLE IOT**

Table des matières

[But du document 5](#_Toc141196247)

[Choix des cartes 5](#_Toc141196248)

[Caractéristiques ESP32 (fiche complète) 5](#_Toc141196249)

[Caractéristiques Nucléo-LO37RZ (fiche complète) 5](#_Toc141196250)

[Features 5](#_Toc141196251)

[Station viticole 6](#_Toc141196252)

[Caractéristiques 6](#_Toc141196253)

[Capteur humidité/température air (GY-21 HTU21) (fiche complète) 6](#_Toc141196254)

[Capteur humidité foliaire (fiche complète) 7](#_Toc141196255)

[Normes 7](#_Toc141196256)

[Choix du mode de communication LoRa/LoRaWAN 8](#_Toc141196257)

[Longue portée : 8](#_Toc141196258)

[Faible consommation d'énergie : 8](#_Toc141196259)

[Connectivité dans les zones à faible densité : 8](#_Toc141196260)

[Cryptage des données : 8](#_Toc141196261)

[Authentification et intégrité des données : 8](#_Toc141196262)

[Clés de session et clés d'application : 8](#_Toc141196263)

[Gestion des clés de sécurité : 8](#_Toc141196264)

[Représentation schématique d’un réseau LoRaWAN 9](#_Toc141196265)

[Nœuds/Transmetteurs 9](#_Toc141196266)

[Enregistrement des nœuds sur le réseau 9](#_Toc141196267)

[Création d’un paquet LoRa 10](#_Toc141196268)

[Mise en place dans une parcelle 10](#_Toc141196269)

[Passerelle LoRa 11](#_Toc141196270)

[Caractéristiques (fiche complète) 11](#_Toc141196271)

[Features 11](#_Toc141196272)

[Annexes 12](#_Toc141196273)

[Figure 1 Schéma technique d’une sonde avec une carte ESP32 12](#_Toc141196274)

[Figure 2 Schéma technique d’une sonde avec une carte Nucleo-LO73RZ 13](#_Toc141196275)

[Figure 3 Exemple d’implémentation dans une parcelle 14](#_Toc141196276)

[14](#_Toc141196277)

# 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](https://docs.rs-online.com/e252/0900766b81637ba4.pdf))

|  |  |
| --- | --- |
| **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](https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-l073rz.html?rt=db&id=DB4005#documentation))

### 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](https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=showdoc&DocId=Data+Sheet%7FHPC199_6%7FA6%7Fpdf%7FEnglish%7FENG_DS_HPC199_6_A6.pdf%7FCAT-HSC0004))

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Maximum Ratings** |  |  |
| Vcc | Range | 3.3 to 5.5V |
| Vmax |  | <200uA |
| Tmin | 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](https://www.c2ai.com/fichiers/FT_HD3901_Capteur_mouillage_folaire.pdf))

|  |  |
| --- | --- |
| **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 definir 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

Une image contenant diagramme, texte, capture d’écran, Plan

Description générée automatiquement

# 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.

[Une image contenant texte, ligne, capture d’écran, Police

Description générée automatiquement](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:En-tete_lorawan.gif?uselang=fr)Format des paquets LoRaWAN

Voici la définition des différents champs contenus dans un paquet LoRaWAN[15](https://fr.wikipedia.org/wiki/LoRaWAN#cite_note-Augustin2016p11-15) :

|  |  |
| --- | --- |
| 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](https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-f746zg.html?rt=db&id=DB4005#documentation))

### 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

Une image contenant texte, diagramme, capture d’écran, Plan

Description générée automatiquement

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

Une image contenant texte, capture d’écran, diagramme, Police

Description générée automatiquement

## Figure 3 Exemple d’implémentation dans une parcelle

# Une image contenant capture d’écran, Rectangle, enveloppe, conception Description générée automatiquement