



Paramétrage de la sonde de Qualité de l'Air Atmosphérique en mode LoRa ou LoRaWAN

Le module Lora se branche en lieu et place d'un module Radio EnOcean sans avoir à changer de firmware.

| Ver | Date | Modification / Update |
|-----|------------|---|
| V1 | Initial | Version Initial, Draft provisoire |
| V2 | 09/10/2019 | Gamme température ajustée |
| V3 | 13/11/2019 | Pagination |
| V4 | 18/11/2019 | Addition d'un octet pour la T° |
| V5 | 19/11/2019 | Changement résolution RH et T° (similaire EEP A5 04 02) |
| V6 | 20/02/2020 | Codec Objenius |
| V7 | 22/02/2022 | Nouvel AppEui |
| V8 | 12/09/2022 | Version NG avec NFC |
| V9 | 31/02/2023 | gaz en ppb |
| | | |
| | | |

Sommaire

| | | |
|----------|---|----|
| 1. | Rejoindre un réseau :..... | 3 |
| 2. | Réglage de la cadence d’émission LoRa | 4 |
| 3. | Télégrammes utilisés dans les messages LoRaWAN..... | 5 |
| 3.1. | Contenu des messages LoRaWAN | 5 |
| 3.2. | Format des messages LoRa..... | 5 |
| 3.2.1. | Voie montante | 5 |
| 3.2.1.1. | Horodatage | 7 |
| 3.2.2. | Voie descendante | 8 |
| 4. | Architecture d’un réseau LoRaWAN..... | 8 |
| 5. | Réseaux publics LoRaWAN | 9 |
| 6. | Réseaux privés LoRaWAN | 11 |
| 7. | LoRa | 11 |
| 7.1. | Class | 11 |
| 7.2. | Activation dans un réseau LoRaWAN | 11 |
| 7.2.1. | Activation par la méthode OTAA | 11 |
| 7.3. | Spécificités régionales..... | 12 |
| 8. | Exemple de Codec pour Objenious..... | 13 |

1. Rejoindre un réseau :

Choisir entre mode privé et mode public sur le module radio : Par défaut le module est en mode public. Grâce à un cavalier, le module passe en mode privé. Mettre le cavalier sonde éteinte. Le mode sera appliqué au démarrage. Au démarrage, la LED verte sur le module clignote une fois en mode public et deux fois en mode privé.

Se mettre en mode OTAA dans la page web du réseau LoRaWAN utilisé.

Saisir ces clefs suivantes :

| Key | Bits | Octets | Contenu | Contenu en hexadécimal pour la saisie |
|-----------------|------|--------|----------|---|
| Device EUI | 64 | 8 | “Unique” | Disponible via NFC. |
| Application EUI | 64 | 8 | AAQ-Data | Fournit par le fabricant. (41 41 51 2D 44 61 74 61) |
| Application Key | 128 | 16 | “Unique” | Fournit par le fabricant. |

Les clefs sont confidentielles et disponibles par NFC via l’Application Android.

The screenshot shows the QAA application interface with two main sections: 'DONNÉES' (Data) and 'INFO' (Info).

Données Section:

- Informations Modbus:**
 - Numéro de Série : 70B3D58ED132FFE0
 - Adresse Modbus : 10
 - Parité Modbus : Rien
 - Modbus Stop : 1 STOP
 - Vitesse Modbus : 19200 Bauds
- Informations LoRa:**
 - Dev Eui : 70B3D531D1320104
 - COPY button

Info Section:

- LoRa AppKey : 172FD5DE2B6208E685551553D1A58A04
- LoRa AppEui : 4550353030302D4C
- Lancer jonction LoRa:
- Mode privé LoRa:
- Publique:
- LoRa Mode Confirmé:
- Non Confirmé:
- Informations EnOcean:**
 - EnOcean base ID : 00000000
 - APPAIRAGE ENOCEAN button

At the bottom, there is a 'QAA' logo.

Au démarrage, le module radio sera automatiquement reconnu par le réseau LoRaWAN. Lorsque le module radio est connecté au réseau LoRaWAN, la LED verte du module radio est allumée. Attention l’enregistrement sur un réseau peut nécessiter plusieurs cycles d’émission radio.

2. Réglage de la cadence d'émission LoRa

La cadence d'émission dépend principalement de l'opérateur et du contrat avec celui-ci. Il est généralement autorisé d'émettre en moyenne au maximum toutes les 10 minutes dans un réseau opéré. Dans un réseau privé, la cadence peut être plus rapide.

Par défaut, la cadence du module Radio LoRa est de 10 minutes.

La cadence d'émission est paramétrable par la voie descendante.

Il faut envoyer la commande suivante :

0x01 0xdd 0xdd

0x01 : numéro de la commande pour le changement de temps cycle. (Voir chapitre 6.2.2)

0xdd 0xdd est le délai entre deux trames en minutes, il sera pris en compte après le prochain envoi.

Avec App Android

3. Télégrammes utilisés dans les messages LoRaWAN

3.1. Contenu des messages LoRaWAN

Par défaut, la sonde envoie un message contenant une série de télégrammes toutes les 10 minutes.
Chaque télégramme correspond à un profil (T° +RH, PM, bruit, Gaz 1, Gaz 2, Gaz 3)

Régulièrement, le module LoRa expédie 2 séries de mesures réparties sur sa cadence d’émission. Ce message doit être horodaté à la réception. Il appartient à la base de données qui archive les enregistrements d’horodater les télégrammes.

3.2. Format des messages LoRa

3.2.1. Voie montante

Télégramme QAA LoRa :

| Présence capteurs | Frm QAA | Frm Module LoRa | Cadence émission | Etat batterie | 2x | RH | T° | PM | Bruit | Gaz 1 | Gaz 2 | Gaz 3 |
|-------------------|---------|-----------------|------------------|---------------|----|----|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 1 octet | 1 octet | 1 octet | 2 Octets | 1 octet | | | 1 Octet | 2 Octet | 4 Octets | 3 Octets | 3 Octets | 3 Octets |

Total 44 octets

Détail de l’octet présence capteurs.

| Bit | |
|-----|---------------------|
| 0 | 1 = T°, RH actif |
| 1 | 1 = PM actif |
| 2 | 1 = Bruit actif |
| 3 | 1 = Gaz 1 actif |
| 4 | 1 = Gaz 2 actif |
| 5 | 1 = Gaz 3 actif |
| 6 | 1 = Batterie active |
| 7 | Réservé |

Détail des octets Version Firmware QAA et LoRa

| Version Firmware | | | | | | | |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Bits 4 à 7 : entiers

Bits 0 à 3 : dixièmes

Gamme valide : 1.0 à 16.16

Détail des 2 octets Cadence d’émission

Cadence d’émission en minutes

Par défaut la valeur est à zéro ce qui correspond à une cadence d’émission de 10 minutes. A noter que les valeurs supérieures à 720 correspondent également à la valeur par défaut de 10 minutes.

La gamme va donc de 1 minute à 12h.

Gamme valide : 0-720 minutes (12 heures)

Détail de l'octet état batterie

| Etat batterie | | | | | | | |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Bit 7 : 0 = %, 1 = Heures

Gamme valide : 0 à 100 en %, 0 à 125 en heures

Gamme de mesure : 0 à 100 % ou 0 à 125 heures

Résolution : 1% ou 1 heure / LSB

Détail de l'octet RH

| RH | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Gamme valide : 0/255 LSB

Gamme de mesure 0 à 100%RH

Résolution : 0,39%/LSB

Détail de l'octet Température

| Non utilisé | | | | | | T° | | | | | | | | | |
|-------------|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Gamme valide : 0/1023 LSB

Gamme de mesure -20 à +60°C

Résolution : 0,07°C/LSB

Détail des 4 octets PM :

| PM (high) | | | | | | | | PM (mid high) | | | | | | | | PM (mid low) | | | | | | | | PM (low) | | | | | | | |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---------------|---|---|---|---|---|---|---|--------------|---|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| PM 10 | | | | | | | | PM 2.5 | | | | | | | | PM 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

PM (low) :

- Bit 0 : 0 → PM 1 non active
1 → PM 1 active
- Bit 1 : 0 → PM 2.5 non active
1 → PM 2.5 active
- Bit 2 : 0 → PM 10 non active
1 → PM 10 active

Gamme valide : 0/511 LSB

Gamme de mesure 0 à 511 µg/m³

Résolution : 1 µg/m³/LSB

Détail des 4 octets son :

| Noise (high) | | | | | | | | Noise (mid) | | | | | | | | Noise (low) | | | | | | | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Bruit moyen | | | | | | | | Bruit pic | | | | | | | | Non utilisé | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Gamme valide pic et moyen : 0/1023 LSB

Gamme de mesure 17.7 à 120 dBa

Résolution : 0,1 dBa

Détail des 3 octets gaz :

| Concentration (high) | | | | | | | | Concentration (low) | | | | | | | | Gaz ID | | | | | | | |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Concentration du gaz | | | | | | | | | | | | | | | | Identification du gaz | | | | | | | |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Concentration :

Gamme valide : 0/65535 LSB

Gamme de mesure 0 à 65535 ppb ou ppm

Résolution : 1ppb ou 1ppm / LSB

Identification des gaz

| Valeur | Gaz |
|--------|-----------------|
| 0 | Pas de capteur |
| 1 | NOX |
| 2 | NO2 |
| 3 | O3 |
| 4 | H2S |
| 5 | SO2 |
| 6 | Ammoniac en ppm |
| ... | Reserved |
| 255 | Reserved |

Ozone : 1 ppb = 1.9957 µg/m³.

NO2 : 1 ppb = 1.9125 µg/m³

3.2.1.1. Horodatage

L'écart entre les 2 mesures envoyées dépend de la cadence d'émission, par exemple :

- Pour 2 minutes toutes les minutes
- Pour 10 minutes toutes les 5 minutes (valeur par défaut)
- Pour 20 minutes toutes les 10 minutes
- Pour 40 minutes toutes les 20 minutes

Il appartient à la passerelle qui reçoit le télégramme d'horodater les mesures sachant que l'ordre des 2 mesures successives va de la plus ancienne à la plus récente.

Exemple :

| Cycle | 9h00 | 9h02.30 | 9h05 | 9h07.30 | 9h10 |
|---------------------|------|---------|------|---------|------|
| Mesure à | | 9h02.30 | 9h05 | 9h07.30 | 9h10 |
| # de Mesures | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Emission | 9h00 | | | | 9h10 |

3.2.2. Voie descendante

La transmission des données de configuration se fait sur le port 2.

| Octet 1 | Octet 2 | Octet 3 |
|------------------|-------------------------------|---------|
| Code de commande | | |
| 0x01 | Cadence d’émission en minutes | |
| 0x02 | réservé | réservé |

Total 6 octets

Commande de cadence d’émission 0x01

Cette commande permet de régler la cadence d’émission.

Les deux octets de cadence sont un délai entre deux trames exprimé en minutes, il sera pris en compte après le prochain envoi.

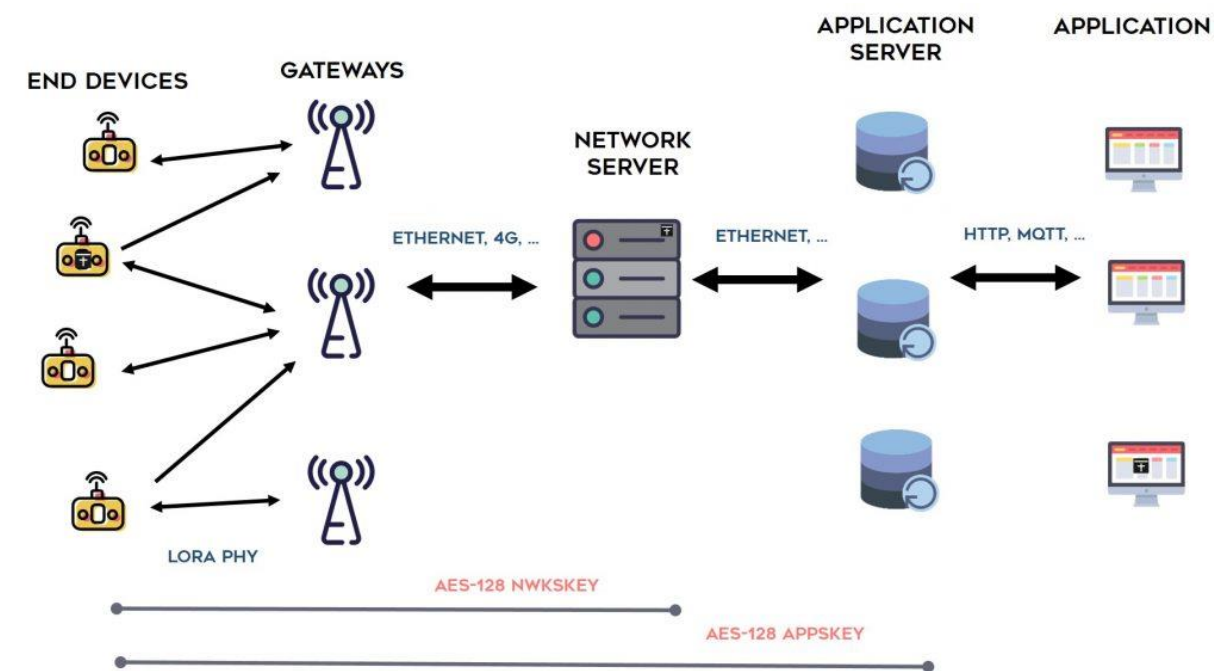
Par défaut la valeur est à zéro ce qui correspond à une cadence d’émission de 10 minutes. A noter que les valeurs supérieures à 720 correspondent également à la valeur par défaut de 10 minutes.

La gamme va donc de 1 minute à 12h.

4. Architecture d’un réseau LoRaWAN

La topologie d’un réseau LoRaWAN est en étoile : les équipements d’extrémité – appelés *end-devices* – communiquent en LoRa avec des concentrateurs – appelés *gateways*. Ces concentrateurs centralisent les messages pour les transmettre au serveur de gestion du réseau. La liaison entre les concentrateurs et le serveur de gestion du réseau s’appuie sur des technologies très haut débit (Ethernet, 4G,...).

Toute l’intelligence, à savoir la gestion du débit adaptatif, de la sécurité des données ou encore de la redondance des données reçues, est assurée par le serveur du réseau. Enfin, ce dernier communique avec un ou plusieurs serveurs applicatifs au travers desquels les fournisseurs d’applications exploitent les données de leur(s) équipement(s).



Architecture d’un réseau LoRaWAN

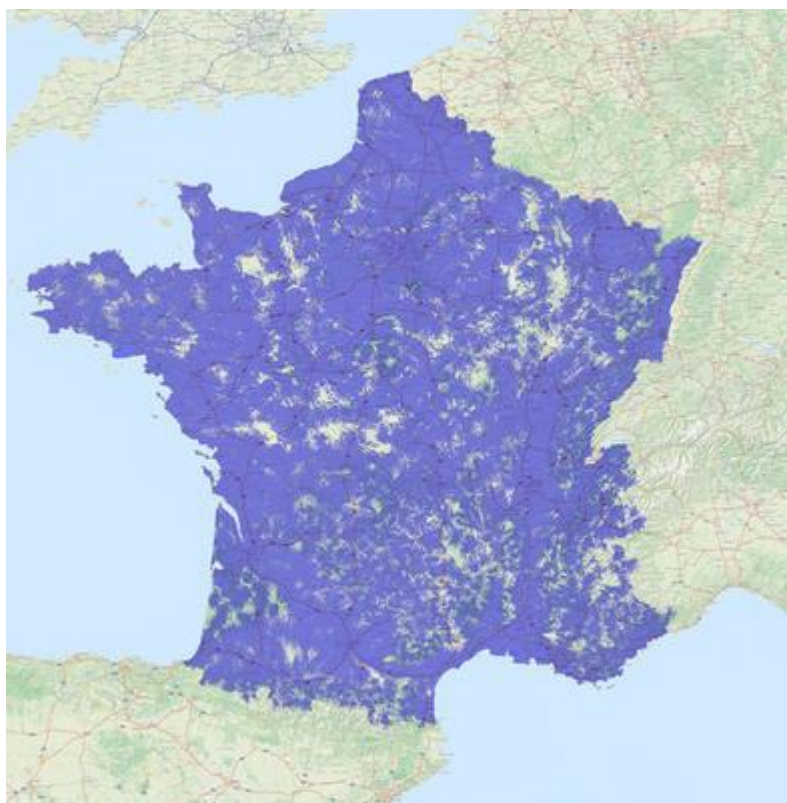
Car en effet, une des particularités d'un réseau LoRaWAN, est qu'un équipement ne communique pas exclusivement à travers un concentrateur. Tous les concentrateurs couvrant l'équipement peuvent recevoir les données transmises par ce dernier.

5. Réseaux publics LoRaWAN

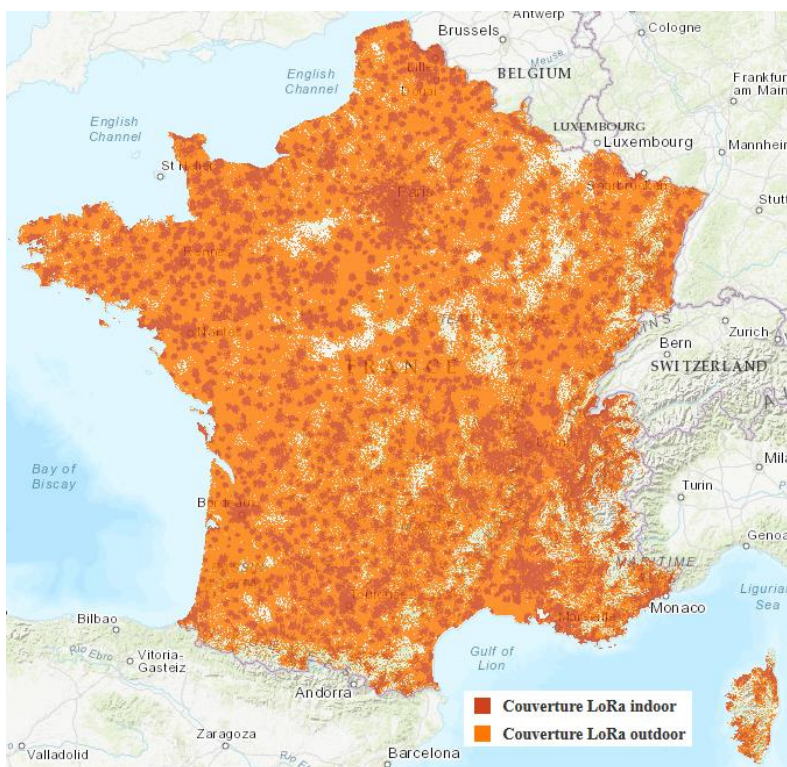
En France deux opérateurs de télécommunications ont déployé des réseaux LoRaWAN :

- **Objenious**, le réseau de Bouygues Telecom. Créé en février 2016, c'est actuellement le premier réseau français avec une couverture de plus de 93 % de la population. Plus de 4000 antennes ont été déployées sur le territoire. De plus des accords de roaming sont déjà conclus avec Senet (US), Digimondo (Allemagne) et Proximus (Belgique). L'entreprise offre également une plateforme web de gestion des objets, *SPOT* et une grande variété de capteurs compatibles.
- **Orange**, dont le réseau couvre actuellement plus de 4000 communes et sites industriels sur le territoire (chiffres juin 2017) vise la couverture nationale complète pour 2018.

La carte ci-dessous présente la couverture française du réseau Objenious.



La carte suivante présente la couverture française du réseau Orange a fin 2018



6. Réseaux privés LoRaWAN

Il est possible pour les particuliers, entreprises non opérateurs, ou encore les collectivités territoriales de déployer leur propre réseau LoRaWAN à peu de frais.

Attention ne pas confondre réseau privé et mode privé. En effet des passerelles privées peuvent fonctionner en mode public ou en mode privé.

7. LoRa

LoRa utilise uniquement le protocole de couche liaison et convient parfaitement aux communications point à point entre nœuds. Le module LoRa de la sonde QAA est compatible LoRa et LoRaWAN.

7.1. Class

Le protocole définit 3 classes d'équipements (A, B et C). La classe A doit être implémentée dans tous les équipements par souci de compatibilité. Certains équipements peuvent changer de classe en cours de fonctionnement.

Classe A : Cette classe a la consommation énergétique la plus faible. Lorsque l'équipement a des données à envoyer il le fait sans contrôle puis il ouvre 2 fenêtres d'écoute successives pour d'éventuels messages provenant du serveur, les durées recommandées sont de 1 puis 2 secondes. Ces 2 fenêtres sont les seules durant lesquelles le serveur peut envoyer à l'équipement les données qu'il a précédemment stockées à son attention. La sonde E4000NG fonctionne en classe A uniquement

Classe B : Cette classe permet un compromis entre la consommation énergétique et le besoin en communication bidirectionnelle. Ces équipements ouvrent des fenêtres de réception à des intervalles programmés par des messages périodique envoyés par le serveur.

Classe C : Cette classe a la plus forte consommation énergétique mais permet des communications bidirectionnelles n'étant pas programmées. Les équipements ont une fenêtre d'écoute permanente.

7.2. Activation dans un réseau LoRaWAN

Avant toute communication à travers un réseau LoRaWAN, les équipements doivent obtenir les clés de session, en suivant une procédure d'activation au choix parmi deux méthodes : Over-The-Air Activation (OTAA) ou Activation By Personalization (APB). Le module radio de la QAA ne gère pas le mode ABP.

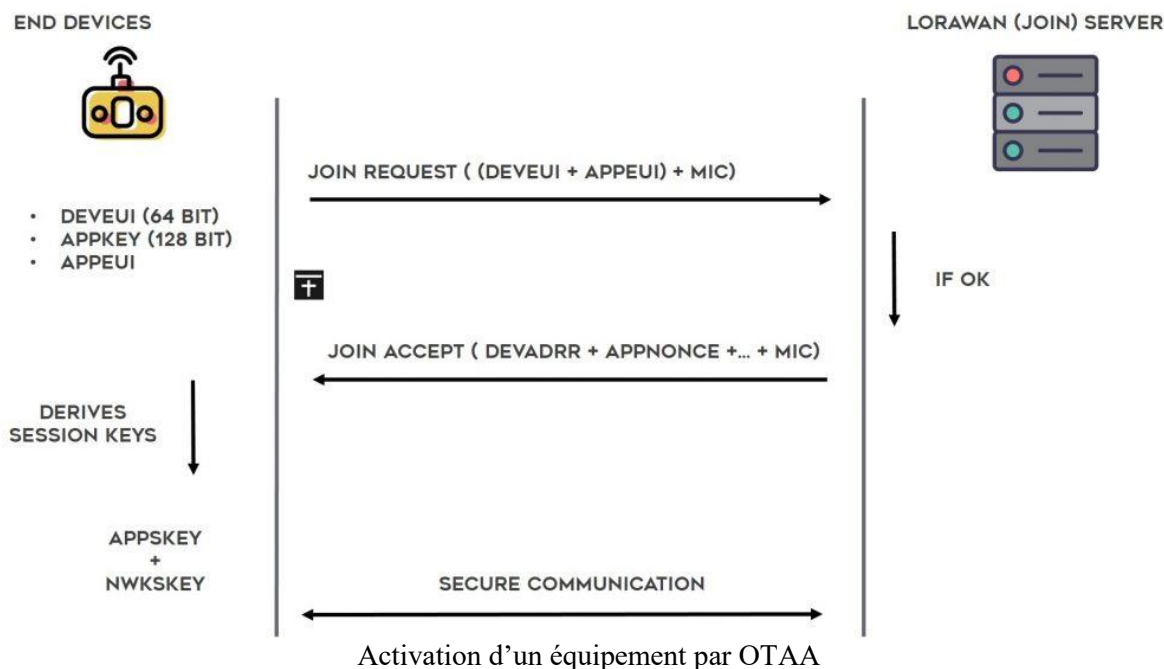
7.2.1. Activation par la méthode OTAA

Pour activer un équipement sur le réseau par la méthode OTAA, l'équipement doit transmettre au réseau une demande d'accès : *join request*. Pour ce faire, celui-ci doit être en possession de trois paramètres :

- Le DevEUI, identifiant unique (de type EUI 64) de l'équipement.
- AppEUI, identifiant du fournisseur de l'application (EUI 64).
- AppKey, clef AES 128 déterminée par le fournisseur de l'équipement.

L'équipement envoie, à travers le réseau, la requête *join request*, contenant DevEUI, AppEUI ainsi qu'un MIC calculé via la clé AppKey. Cette requête est transmise au serveur d'enregistrement qui vérifie le MIC via la clé AppKey (qui lui a été communiquée au préalable). Si l'équipement est autorisé par le serveur d'enregistrement, la requête *join accept* est transmise en réponse à l'équipement.

Cette réponse contient des données à partir desquelles l’équipement va pouvoir calculer les clés de session (réseau et applicative). Parmi les données contenues dans cette réponse, se trouve également l’adresse – Device Address (*DevAddr*) sur 32 bits – qu’utilisera l’équipement pour communiquer sur le réseau.



A chaque nouvelle session, les clés de session sont renouvelées.

Tous ces mécanismes sont gérés par les serveurs de gestion et d’enregistrement. Les concentrateurs, pour leur part, relaient toutes les données transmises par les équipements présents dans leur zone de couverture, qu’ils soient activés ou non.

7.3. Spécificités régionales

Bien que les bandes de fréquences industrielles, scientifiques et médicales (ISM) soient des fréquences sans licence, chaque pays ou région a des exigences spécifiques. La spécification LoRaWAN varie légèrement d'une région à l'autre. Les marchés européens, nord-américains et asiatiques ont des attributions de spectre et des exigences réglementaires différentes. Voir le tableau suivant pour plus de détails:

| Région | Supporté | Fréquence [MHz] | Rapport cyclique | Puissance émise |
|---------|----------|-----------------|--|-----------------|
| EU | Oui | 868 | <1 % | +14 dBm |
| EU | Oui | 433 | <1 % | +10 dBm |
| US & CA | Oui | 915 | <2 % (LB<250 kHz) or <4 % (LB>=250 kHz) temps de transmission < 0.4 s | +20 dBm |
| CN | Oui | 779 | <0.1 % | +10 dBm |
| AS | Oui | 923 | <1 % | +16 dBm |
| IN | Oui | 865 | Non | +20 dBm |
| KR | Oui | 920 | Non | +10 dBm |
| RU | Oui | 868 | <1 % | +16 dBm |

La pile logiciel LoRa prend en charge diverses régions mais ne peut pas s'adapter automatiquement. Une étiquette sur le module Radio indiquera le pays pour lequel le logiciel a été compilé en utilisant le code

pays ISO2 comme indiqué dans le tableau ci-dessus. Bien préciser le pays à la commande (Europe 868Mhz par défaut).

Afin d'optimiser les performances, l'antenne fournie est, autant que possible, adaptée au spectre régional.

8. Exemple de Codec pour Objenious

```
{
"attributes": {

"sensor_dummy" : {
"type": "bool",
"length": 1,
"hidden": true
},

"sensor_Open_Calc" : {
"type": "bool",
"length": 1
},

"sensor_Presence_Calc" : {
"type": "bool",
"length": 1
},
"sensor_Open_Sensor" : {
"type": "bool",
"length": 1
},

"sensor_Presence_Sensor" : {
"type": "bool",
"length": 1
},

"sensor_PM" : {
"type": "bool",
"length": 1
},

"sensor_VOC" : {
"type": "bool",
"length": 1
},

"sensor_CO2" : {
```

```
"type": "bool",
"length": 1
},

"CO2_Value": {
"type": "uint",
"length": 8,
"divide": 255,
"multiply": 5000
},
"humidity": {
"type": "uint",
"length": 8,
"divide": 2
},
"temperature": {
"type": "uint",
"length": 8,
"divide": 5
},
"CO2_Dummy1": {
"type": "uint",
"length": 1,
"hidden": true
},

"CO2_BatAutonomy": {
"type": "uint",
"length": 3
},

"CO2_Dummy2": {
"type": "uint",
"length": 4,
"hidden": true
},

"VOC_Value": {
"type": "uint",
"length": 16,
"multiply": 10
},

"PM10_Value": {
"type": "uint",
"length": 9
```

```
},
"PM2_5_Value": {
  "type": "uint",
  "length": 9
},
"PM1_Value": {
  "type": "uint",
  "length": 9
},
"PM_Dummy": {
  "type": "uint",
  "length": 5,
  "hidden": true
},
"State_Dummy": {
  "type": "uint",
  "length": 6,
  "hidden": true
},
"State_Window": {
  "type": "uint",
  "length": 1
},
"State_Occupancy": {
  "type": "uint",
  "length": 1
}
},
"format": [
{"attributes": ["sensor_dummy", "sensor_Open_Calc", "sensor_Presence_Calc", "sensor_Open_Sensor", "sensor_Presence_Sensor", "sensor_PM", "sensor_VOC", "sensor_CO2"]},
{
  "repeat":
  [
    {
      "attributes": [
        "CO2_Value", "humidity", "temperature",
        "CO2_Dummy1", "CO2_BatAutonomy",
        "CO2_Dummy2",
        "VOC_Value",
```

```
"PM10_Value","PM2_5_Value","PM1_Value",  
"PM_Dummy",  
"State_Dummy",  
"State_Window","State_Occupancy"  
  
],  
"time_offset": "(-loop_index-1)*150"  
}  
]  
}  
  
]  
}
```