

# **CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES**

**Acquisition de capteurs  
météorologiques autonomes avec  
transmission LoRa pour la mesure  
de la température, l'humidité, le  
vent et la température du globe  
noir**

**Marché n° 2136F0099**

## Table des matières

1	Contexte.....	4
2	Chapitre 1 : acquisition d'un capteur autonome température / humidité.....	4
2.1	Caractéristiques des capteurs.....	4
2.1.1	Capteur de température.....	5
2.1.2	Capteur d'humidité.....	5
2.1.3	Abri.....	5
2.2	Unité d'alimentation, d'acquisition et de transmission des données.....	5
2.2.1	Caractéristiques du boîtier.....	5
2.2.2	Caractéristiques de l'unité d'acquisition.....	6
2.2.3	Alimentation du système.....	6
2.2.4	Acquisition des données.....	6
2.2.5	Transmission des données.....	7
2.2.6	Réception des données.....	8
2.2.7	Conditions environnementales de fonctionnement du boîtier.....	8
2.3	Interface de configuration.....	8
2.4	Normes de conformité.....	8
2.5	Documentation.....	9
3	Chapitre 2 : acquisition d'un capteur vent autonome.....	9
3.1	Caractéristiques du capteur.....	9
3.2	Boîtier d'alimentation, d'acquisition et de transmission des données.....	10
3.2.1	Caractéristiques du boîtier.....	10
3.2.2	Caractéristiques de l'unité centrale.....	10
3.2.3	Alimentation du système.....	11
3.2.4	Acquisition des données.....	11
3.2.5	Transmission des données.....	11
3.2.6	Réception des données.....	12
3.2.7	Conditions environnementales de fonctionnement du boîtier.....	12
3.3	Interface de configuration.....	13
3.4	Normes de conformité.....	13
3.5	Interface mécanique.....	13
3.6	Documentation.....	13
4	Chapitre 3 : acquisition d'un capteur autonome Température à Globe noir.....	14
4.1	Caractéristiques du capteur.....	14
4.2	Boîtier d'alimentation, d'acquisition et de transmission des données.....	14
4.2.1	Caractéristiques du boîtier.....	14
4.2.2	Caractéristiques de l'unité centrale.....	15
4.2.3	Alimentation du système.....	15
4.2.4	Acquisition des données.....	15
4.2.5	Transmission des données.....	15
4.2.6	Réception des données.....	17
4.2.7	Conditions environnementales de fonctionnement du boîtier.....	17
4.3	Interface de configuration.....	17
4.4	Normes de conformité.....	17
4.5	Documentation.....	18

## **Table des abréviations**

AES : Advanced Encryption Standard

ADR : Adaptative Data Rate (Date rate adaptatif)

AO : Appel d'Offre

ABP : Adaptation by personnalization

DR : Data Rate (le Data Rate est défini par une valeur de 0 à 15 et fixe le type de modulation, le spreading factor ainsi que la bande passante utilisée)

EMC : Electromagnetic Cimpatibility

EUI : Extended Unique Identifier

Lora : Long Range

LoraWan : Long Range Wide Area Network

OTAA : Over The Air Activation

RED : Radio Equipment Directive

SF : Spreading Factor (facteur d'étalement de spectre)

UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter (émetteur-récepteur asynchrone universel)

USB : Universal Serial Bus (une norme relative à un bus informatique en série qui sert à connecter des périphériques informatiques à un ordinateur ou à tout type d'appareil prévu à cet effet)

UV : Ultra Violet

# 1 Contexte

Pour répondre à un besoin d'observation de certains paramètres météorologiques en milieu urbain Météo-France a décidé de se doter d'une solution technique adaptée à ce contexte.

Les paramètres à prendre en compte sont la température de l'air, la force et la direction du vent, l'humidité de l'air et la température du globe noir.

Cette solution doit répondre à un certain nombre d'exigences déterminées par le contexte.

- **Modularité** : les paramètres sont mesurés par des capteurs indépendants entre eux, il y a donc un module par capteur
- **Connectivité** : chaque module est connecté à un réseau pour assurer l'acquisition et la transmission en temps réel vers nos systèmes centraux, la solution LoRaWan étant retenue.
- **Autonomie** : les modules sont autonomes en énergie, l'alimentation électrique est assurée par des piles pour une autonomie d'au moins un an pour chaque module
- **Maniabilité** : chaque module est de dimension et de poids réduit de façon à pouvoir être installé facilement sur n'importe-quel support disponible en milieu urbain (par exemple un lampadaire)

Par ailleurs il est demandé que la solution soit évolutive, d'autres capteurs peuvent être intégrés au-delà des quatre demandés dans le cadre de cette AO. Chaque module est donc constitué d'un composant (unique pour tous les modules) d'acquisition/transmission et d'un capteur associé.

Les différents modules sont :

- Un module température / humidité permettant la mesure, l'acquisition et la transmission des données de température et humidité.
- Un module vent permettant la mesure, l'acquisition et la transmission des données de vitesse et direction du vent.
- Un module température Globe noir permettant la mesure, l'acquisition et la transmission des données de température du Globe noir.

## 2 Chapitre 1 : acquisition d'un capteur autonome température / humidité

Ce chapitre est dédié à l'acquisition d'un module mesurant la température de l'air et l'humidité de l'air sous abri. Ce module effectue l'acquisition ainsi que la transmission de ces données via un réseau LoraWan.

### 2.1 Caractéristiques des capteurs

Le module de mesure de température et humidité de l'air est résistant à des températures comprises entre -20°C et +50°C et à des humidités pouvant varier entre 0 et 100 %, avec ruissellement. Il fonctionne

durablement, sans intervention humaine en environnement extérieur difficile (intempéries, fort ensoleillement...).

Les mesures de température et d'humidité sont effectuées grâce à un unique capteur ou par deux capteurs indépendants placés dans un même abri et reliés à la même unité d'alimentation, d'acquisition et de transmission des données. Il s'agit de sondes ou de composants électroniques.

### *2.1.1 Capteur de température*

Le capteur de température :

- utilise l'unité de mesure du degré Celsius °C ;
- effectue des mesures à minima sur la gamme [-20°C ; +50°C] ;
- affiche une résolution de 0,01°C ;
- présente une incertitude de mesure de  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  maximum sur la gamme [+20°C ; +50°C], et de  $\pm 0,2^\circ\text{C}$  sur le reste de la gamme [-20°C ; +20°C].

### *2.1.2 Capteur d'humidité*

Le capteur d'humidité :

- exprime sa mesure d'humidité en % ;
- effectue des mesures sur la gamme [0 % ; 100 %] ;
- affiche une résolution de 0,01 % ;
- présente une incertitude de mesure de  $\pm 2$  % maximum sur toute la gamme de mesure.

### *2.1.3 Abri*

Un abri de couleur blanche stabilisé aux UV protège les capteurs de température et d'humidité du rayonnement solaire tout en permettant une ventilation naturelle. Les dimensions de cet abri n'excèdent pas 160 x 120 x 100 mm et ne pèse pas plus de 300 grammes.

## **2.2 Unité d'alimentation, d'acquisition et de transmission des données**

Un boîtier est présent et intègre l'unité d'acquisition. Cette unité comprend le dispositif permettant l'acquisition des données des capteurs, la transmission des données via un réseau LoRaWan et l'alimentation des différents éléments.

### *2.2.1 Caractéristiques du boîtier*

Les dimensions du boîtier ne dépassent pas 150 x 100 x 90 millimètres.

Le poids du boîtier ne dépasse pas 700 grammes.

Le boîtier est en polycarbonate.

Le boîtier est peint en blanc.

Le boîtier résiste aux intempéries ainsi qu'au rayonnement UV. Le boîtier possède un indice de protection IP66 ou au-dessus.

### *2.2.2 Caractéristiques de l'unité d'acquisition*

L'unité présente à l'intérieur du boîtier se compose d'une source d'alimentation pour l'ensemble du module, d'un dispositif effectuant l'acquisition des données des capteurs et d'un modem LoRa chargé de la transmission des données.

L'unité présente à minima 3 modes de fonctionnement :

- Un mode actif. Ce mode permet la mesure périodique des paramètres ainsi que la transmission des données.
- Un mode sommeil. Ce mode permet de ne plus faire d'acquisition des paramètres et de ne plus transmettre les données.
- Un mode test. Ce mode permet l'acquisition et la transmission des données à un rythme plus rapide que le mode actif.

### *2.2.3 Alimentation du système*

Le boîtier possède une source d'alimentation permettant le fonctionnement du capteur de température, du capteur d'humidité et du modem LoRa.

Le type d'alimentation est une pile ou plusieurs piles alcaline de type C pour des raisons d'absence de dangerosité pendant le transport. La pile est remplaçable facilement.

La/les pile(s) alimente(nt) l'ensemble (capteur + modem) sur une durée d'au moins une année avec une acquisition des données au pas de temps 10 minutes et une transmission LoraWan à une fréquence de 10 minutes.

### *2.2.4 Acquisition des données*

Le boîtier comprend un dispositif permettant l'acquisition des données en provenance des capteurs d'humidité et de température. L'acquisition des données des capteurs est effectuée à une fréquence configurable de 1 minute à 3 heures à minima. Il est possible de faire l'acquisition de plusieurs données sans les transmettre directement.

Une carte sd ou micro-sd peut (souhaitable) être insérée dans l'appareil afin d'effectuer une sauvegarde des données mesurées.

## 2.2.5 Transmission des données

Le boîtier comprend un modem Lora capable de transmettre les données via un réseau LoraWan sur la bande de fréquence 868 MHz (version européenne).

Le modem Lora est de classe A.

Le modem Lora se connecte au réseau LoraWan avec une fonctionnalité OTAA (over the air activation), ADR (Data rate adaptatif).

Le type de modulation, le spreading factor (SF), ainsi que la bande passante utilisée sont configurables.

Le data rate (DR) associé à la transmission Lora est configurable de 0 à 5 suivant les caractéristiques précisées dans le tableau ci-dessous.

Data Rate (DR)	Modulation	Spreading Factor (SF)	Bande Passante	Débit Physique (bit/s)
0	LoRa	SF12	125 kHz	250
1	LoRa	SF11	125 kHz	440
2	LoRa	SF10	125 kHz	980
3	LoRa	SF9	125 kHz	1 760
4	LoRa	SF8	125 kHz	3 125
5	LoRa	SF7	125 kHz	5 470

Tableau 1 : Data Rates pour la bande 863-70 MHz (bande européenne).

Le boîtier possède une antenne omnidirectionnelle intégrée à l'intérieur du boîtier.

Le rayon d'émission de la transmission Lora est de minimum 1,5 kilomètres en zone urbaine et 10 kilomètres en zone de campagne.

La fréquence de transmission des données est configurable.

Les données sont chiffrées dynamiquement avec AES-128 (Advanced encryption standard).

Chaque matériel fourni est associé à trois identifiants OTAA :

- DevEUI (Extended Unique Identifier) : identifiant unique de l'appareil
- AppEUI : identifiant unique
- AppKey : clé de chiffrement des messages entre la source et la destination du message. Ce paramètre est unique pour chaque appareil.

Les données sont envoyées dans une trame au format ascii. Les données suivantes sont présentes dans la trame :

- Version de l'unité centrale
- Identifiant de l'appareil fourni par le fabricant

- Température de l'air mesurée par le capteur, en °C
- L'humidité relative de l'air mesurée par le capteur en %
- La tension batterie (optionnel)
- La température interne de l'appareil (optionnel)

### 2.2.6 Réception des données

L'appareil doit pouvoir recevoir des messages au travers de messages descendants (en provenance de l'opérateur Lora).

### 2.2.7 Conditions environnementales de fonctionnement du boîtier

Les éléments présents dans le boîtier fonctionnent sur la plage de température [-20 ; +50] °C.

Les éléments présents dans le boîtier fonctionnent sur la plage d'humidité [1 ; 100] %.

## 2.3 Interface de configuration

L'ensemble du système est configuré via une interface « ligne de commande » permettant d'envoyer des commandes au dispositif via une connexion série (UART – USB).

L'unité centrale répond à minima aux commandes suivantes :

- redémarrage du système
- récupérer le numéro de version firmware du dispositif
- configuration de la fréquence d'acquisition
- configuration de la fréquence de transmission
- sélection du mode d'activation (OTAA, ABP)
- réglage du rythme de transmission
- récupérer la version du module
- activer ou désactiver le data rate adaptatif (ADR)
- récupérer la valeur du data rate

## 2.4 Normes de conformité

Le matériel respecte les normes suivantes :

- RED (Radio Equipement Directive) 2014/53/EU
- EMC (Electromagnetic Compatibility) Directive 2014/30/EU

## **2.5 Documentation**

Une documentation technique rédigée en français ou en anglais est fournie avec le dispositif. Cette documentation présente entre autres la configuration de l'unité centrale.

# **3 Chapitre 2 : acquisition d'un capteur vent autonome**

Ce chapitre est dédié à l'acquisition d'un module mesurant la vitesse et la direction du vent. Ce module effectue l'acquisition ainsi que la transmission de ces données via un réseau LoraWan.

## **3.1 Caractéristiques du capteur**

La vitesse du vent dont il est question dans ce cahier des clauses techniques particulières est systématiquement sa composante horizontale. La vitesse verticale n'est pas demandée. Il en est de même pour la direction verticale.

Le capteur de vent peut fonctionner sous des températures variant entre -20°C et +50°C ainsi qu'une humidité de l'air entre 0 et 100 %, avec ruissellement.

Ses dimensions n'excèdent pas 200 x 100 x 100 mm et il ne pèse pas plus de 800 grammes.

Le capteur anémomètre/girouette utilise la technologie ultrasonique pour mesurer la vitesse et la direction du vent moyen ainsi que la vitesse maximale du vent. Ainsi le capteur ne possède pas de partie mécanique en mouvement. Il fonctionne durablement, sans intervention humaine en environnement extérieur difficile (intempéries, fort ensoleillement...).

Pour la vitesse du vent, le capteur :

- utilise l'unité de mesure du mètre par seconde m/s ;
- effectue des mesures de vent sur la gamme [0 m/s ; 30 m/s] ;
- a une résolution de 0,01 m/s ;
- présente une incertitude de mesure maximale ne dépassant pas  $\pm 0.3$  m/s ou  $\pm 3$  % de la valeur mesurée.

Pour la direction du vent, le capteur :

- utilise l'unité de mesure du degré ° ;

- effectue des mesures de vent sur la gamme [0° ; 359°] ;
- a une résolution de 1° ;
- présente une incertitude de mesure maximale ne dépassant pas  $\pm 5^\circ$  ;
- présente une indication du Nord et un niveau à bulle.

Afin de faciliter la maintenance et le contrôle du bon fonctionnement du module, l'inclinaison peut (souhaitable) aussi être mesurée en degré par ce capteur entre 90° et 90°, avec une résolution de 0,1° et une précision de  $\pm 1^\circ$ .

## **3.2 Boîtier d'alimentation, d'acquisition et de transmission des données**

Un boîtier est présent et intègre une unité centrale. Cette unité comprend le dispositif permettant l'acquisition des données des capteurs, la transmission des données via un réseau LoraWan et l'alimentation des différents éléments.

### *3.2.1 Caractéristiques du boîtier*

Les dimensions du boîtier ne dépassent pas 150 x 100 x 90 millimètres.

Le poids du boîtier ne dépasse pas 700 grammes.

Le boîtier est en polycarbonate.

Le boîtier est peint en blanc.

Le boîtier résiste aux intempéries ainsi qu'au rayonnement ultra-violet. Le boîtier possède un indice de protection IP66 ou au-dessus.

### *3.2.2 Caractéristiques de l'unité centrale*

L'unité centrale présente à l'intérieur du boîtier se compose d'une source d'alimentation pour l'ensemble du module, d'un dispositif effectuant l'acquisition des données des capteurs et d'un modem Lora chargé de la transmission des données.

L'unité centrale présente à minima 3 modes de fonctionnement :

- Un mode actif. Ce mode permet la mesure périodique des paramètres ainsi que la transmission des données.
- Un mode sommeil. Ce mode permet de ne plus faire d'acquisition des paramètres et de ne plus transmettre les données.
- Un mode test. Ce mode permet l'acquisition et la transmission des données à un rythme plus rapide que le mode actif.

### 3.2.3 Alimentation du système

Le boîtier possède une source d'alimentation permettant le fonctionnement du capteur de température, du capteur d'humidité et du modem Lora.

Le type d'alimentation est une pile ou plusieurs piles alcaline de type C pour des raisons d'absence de dangerosité pendant le transport. La pile est remplaçable facilement.

La/les pile(s) alimente(nt) l'ensemble (capteur + modem) sur une durée d'au moins une année avec une acquisition des données au pas de temps 10 minutes et une transmission LoraWan à une fréquence de 10 minutes.

### 3.2.4 Acquisition des données

Le boîtier comprend un dispositif permettant l'acquisition des données en provenance du capteur vent. L'acquisition des données des capteurs est effectuée à une fréquence configurable de 1 minute à 3 heures à minima. Il est possible de faire l'acquisition de plusieurs données sans les transmettre directement.

Une carte sd ou micro-sd peut (souhaitable) être insérée dans l'appareil afin d'effectuer une sauvegarde des données mesurées.

### 3.2.5 Transmission des données

Le boîtier comprend un modem Lora capable de transmettre les données via un réseau LoraWan sur la bande de fréquence 868 MHz (version européenne).

Le modem Lora est de classe A.

Le modem Lora se connecte au réseau LoraWan avec une fonctionnalité OTAA (over the air activation), ADR (Data rate adaptatif).

Le type de modulation, le spreading factor, ainsi que la bande passante utilisée sont configurables.

Le data rate (DR) associé à la transmission Lora est configurable de 0 à 5 suivant les caractéristiques précisées dans le tableau ci-dessous.

Data Rate (DR)	Modulation	Spreading Factor (SF)	Bande Passante	Débit Physique (bit/s)
0	LoRa	SF12	125 kHz	250
1	LoRa	SF11	125 kHz	440
2	LoRa	SF10	125 kHz	980
3	LoRa	SF9	125 kHz	1 760
4	LoRa	SF8	125 kHz	3 125
5	LoRa	SF7	125 kHz	5 470

Tableau 2 : Data Rates pour la bande 863-70 MHz (bande européenne).

Le boîtier possède une antenne omnidirectionnelle intégrée à l'intérieur du boîtier.

Le rayon d'émission de la transmission Lora est de minimum 1,5 kilomètres en zone urbaine et 10 kilomètres en zone de campagne.

La fréquence de transmission des données est configurable.

Les données sont chiffrées dynamiquement avec AES-128 (Advanced encryption standard).

Chaque matériel fourni est associé à trois identifiants OTAA :

- DevEUI (Extended Unique Identifier) : identifiant unique de l'appareil
- AppEUI : identifiant unique
- AppKey : clé d'encryption des messages entre la source et la destination du message. Ce paramètre est unique pour chaque appareil.

Les données sont envoyées dans une trame au format ascii. Les données suivantes sont présentes dans la trame :

- Version de l'unité centrale
- Identifiant de l'appareil fourni par le fabricant
- Vitesse du vent
- Direction du vent
- Vitesse maximum du vent
- La tension batterie (optionnel)
- La température interne de l'appareil (optionnel)

### 3.2.6 Réception des données

L'appareil peut recevoir des messages au travers de messages descendants (en provenance de l'opérateur Lora).

### 3.2.7 Conditions environnementales de fonctionnement du boîtier

Les éléments présents dans le boîtier fonctionnent :

- sur la plage de température [-20 ; +50] °C.
- sur la plage d'humidité [1 ; 100] %.

### **3.3 Interface de configuration**

L'ensemble du système est configuré via une interface « ligne de commande » permettant d'envoyer des commandes au dispositif via une connexion série (UART – USB).

L'unité centrale répond à minima aux commandes suivantes :

- redémarrage du système
- récupérer le numéro de version firmware du dispositif
- configuration de la fréquence d'acquisition
- configuration de la fréquence de transmission
- sélection du mode d'activation (OTAA, ABP)
- réglage du rythme de transmission
- récupérer la version du module
- activer ou désactiver le data rate adaptatif (ADR)
- récupérer la valeur du data rate

### **3.4 Normes de conformité**

Le matériel respecte les normes suivantes :

- RED (Radio Equipment Directive) 2014/53/EU
- EMC (Electromagnetic Compatibility) Directive 2014/30/EU

### **3.5 Interface mécanique**

Le capteur vent présente une interface mécanique adaptable permettant d'être fixé au sommet d'un poteau de montage d'un diamètre compris entre 31,8 et 50,8 mm.

### **3.6 Documentation**

Une documentation technique rédigée en français ou en anglais est fournie avec le dispositif. Cette documentation présente entre autres la configuration de l'unité centrale.

## 4 Chapitre 3 : acquisition d'un capteur autonome Température à Globe noir

Ce chapitre est dédié à l'acquisition d'un module mesurant la température du globe noir. Ce module effectue l'acquisition ainsi que la transmission de ces données via un réseau LoraWan.

### 4.1 Caractéristiques du capteur

Un capteur de température du globe noir mesure la température rayonnante nécessaire au calcul de l'indice WBGT (Wet-Bulb Globe Temperature) permettant d'évaluer le stress thermique. Il résiste donc à des températures extrêmes de -50°C à +100°C. Il fonctionne durablement, sans intervention humaine en environnement extérieur difficile (intempéries, fort ensoleillement...).

Il ne s'agit pas d'un capteur manuel.

Le capteur de température du globe noir :

- est composé d'une thermistance placée à l'intérieur d'une sphère de cuivre qui a été peinte en noir mat, de diamètre compris entre 15 et 15,5 cm ;
- possède un câble résistant aux rayons ultra-violets et conditions critiques en termes de température et d'humidité ;
- utilise l'unité de mesure du degré Celsius °C ;
- effectue des mesures sur la gamme [-5°C ; +95°C] ;
- présente une incertitude de mesure maximale ne dépassant pas  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  sur la gamme [0°C ; +90°C] et  $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$  en dehors de celle-ci.

### 4.2 Boîtier d'alimentation, d'acquisition et de transmission des données

Un boîtier est présent et intègre une unité centrale. Cette unité comprend le dispositif permettant l'acquisition des données des capteurs, la transmission des données via un réseau LoraWan et l'alimentation des différents éléments.

#### 4.2.1 *Caractéristiques du boîtier*

Les dimensions du boîtier ne dépassent pas 150 x 100 x 90 millimètres.

Le poids du boîtier ne dépasse pas 700 grammes.

Le boîtier est en polycarbonate.

Le boîtier est peint en blanc.

Le boîtier résiste aux intempéries ainsi qu'au rayonnement ultra-violet. Le boîtier possède un indice de protection IP66 ou au-dessus.

#### 4.2.2 *Caractéristiques de l'unité centrale*

L'unité centrale présente à l'intérieur du boîtier se compose d'une source d'alimentation pour l'ensemble du module, d'un dispositif effectuant l'acquisition des données des capteurs et d'un modem Lora chargé de la transmission des données.

L'unité centrale présente à minima 3 modes de fonctionnement :

- Un mode actif. Ce mode permet la mesure périodique des paramètres ainsi que la transmission des données.
- Un mode sommeil. Ce mode permet de ne plus faire d'acquisition des paramètres et de ne plus transmettre les données.
- Un mode test. Ce mode permet l'acquisition et la transmission des données à un rythme plus rapide que le mode actif.

#### 4.2.3 *Alimentation du système*

Le boîtier possède une source d'alimentation permettant le fonctionnement du capteur de température, du capteur d'humidité et du modem Lora.

Le type d'alimentation est une pile ou plusieurs piles alcaline de type C pour des raisons d'absence de dangerosité pendant le transport. La pile est remplaçable facilement.

La/les pile(s) alimente(nt) l'ensemble (capteur + modem) sur une durée d'au moins une année avec une acquisition des données au pas de temps 10 minutes et une transmission LoraWan à une fréquence de 10 minutes.

#### 4.2.4 *Acquisition des données*

Le boîtier comprend un dispositif permettant l'acquisition des données en provenance du capteur de température Globe noir. L'acquisition des données des capteurs est effectuée à une fréquence configurable de 1 minute à 3 heures à minima. Il est possible de faire l'acquisition de plusieurs données sans les transmettre directement.

Une carte sd ou micro-sd peut (souhaitable) être insérée dans l'appareil afin d'effectuer une sauvegarde des données mesurées.

#### 4.2.5 *Transmission des données*

Le boîtier comprend un modem Lora capable de transmettre les données via un réseau LoraWan sur la bande de fréquence 868 MHz (version européenne).

Le modem Lora est de classe A.

Le modem Lora se connecte au réseau LoraWan avec une fonctionnalité OTAA (over the air activation), ADR (Data rate adaptatif).

Le type de modulation, le spreading factor, ainsi que la bande passante utilisée sont configurables.

Le data rate (DR) associé à la transmission Lora est configurable de 0 à 5 suivant les caractéristiques précisées dans le tableau ci-dessous.

Data Rate (DR)	Modulation	Spreading Factor (SF)	Bande Passante	Débit Physique (bit/s)
0	LoRa	SF12	125 kHz	250
1	LoRa	SF11	125 kHz	440
2	LoRa	SF10	125 kHz	980
3	LoRa	SF9	125 kHz	1 760
4	LoRa	SF8	125 kHz	3 125
5	LoRa	SF7	125 kHz	5 470

Tableau 3 : Data Rates pour la bande 863-70 MHz (bande européenne).

Le boîtier possède une antenne omnidirectionnelle intégrée à l'intérieur du boîtier.

Le rayon d'émission de la transmission Lora est de minimum 1,5 kilomètres en zone urbaine et 10 kilomètres en zone de campagne.

La fréquence de transmission des données est configurable.

Les données sont chiffrées dynamiquement avec AES-128 (Advanced encryption standard).

Chaque matériel fourni est associé à trois identifiants OTAA :

- DevEUI (Extended Unique Identifier) : identifiant unique de l'appareil
- AppEUI : identifiant unique
- AppKey : clé d'encryption des messages entre la source et la destination du message. Ce paramètre est unique pour chaque appareil.

Les données sont envoyées dans une trame au format ascii. Les données suivantes sont présentes dans la trame :

- Version de l'unité centrale
- Identifiant de l'appareil fourni par le fabricant
- Température du globe noir, en °C
- La tension batterie (optionnel)
- La température interne de l'appareil (optionnel)

#### 4.2.6 Réception des données

L'appareil peut recevoir des messages au travers de messages descendants (en provenance de l'opérateur Lora).

#### 4.2.7 Conditions environnementales de fonctionnement du boîtier

Les éléments présents dans le boîtier fonctionnent :

- sur la plage de température [-20 ; +50] °C.
- sur la plage d'humidité [1 ; 100] %.

### 4.3 Interface de configuration

L'ensemble du système est configuré via une interface « ligne de commande » permettant d'envoyer des commandes au dispositif via une connexion série (UART – USB).

L'unité centrale répond à minima aux commandes suivantes :

- redémarrage du système
- récupérer le numéro de version firmware du dispositif
- configuration de la fréquence d'acquisition
- configuration de la fréquence de transmission
- sélection du mode d'activation (OTAA, ABP)
- réglage du rythme de transmission
- récupérer la version du module
- activer ou désactiver le data rate adaptatif (ADR)
- récupérer la valeur du data rate

### 4.4 Normes de conformité

Le matériel respecte les normes suivantes :

- RED (Radio Equipment Directive) 2014/53/EU
- EMC (Electromagnetic Compatibility) Directive 2014/30/EU

## 4.5 Documentation

Une documentation technique rédigée en français ou en anglais est fournie avec le dispositif. Cette documentation présente entre autres la configuration de l'unité centrale.