

# LoRa Mesh

**MAÎTRISER LES RÉSEAUX SANS FILS MESH :  
STRATÉGIES ET RETOURS D'EXPÉRIENCE**



Au Lab'O à Orléans  
Présentiel & Visio

**CRESITT**  
INDUSTRIE



Le CRT CRESITT est soutenu par :

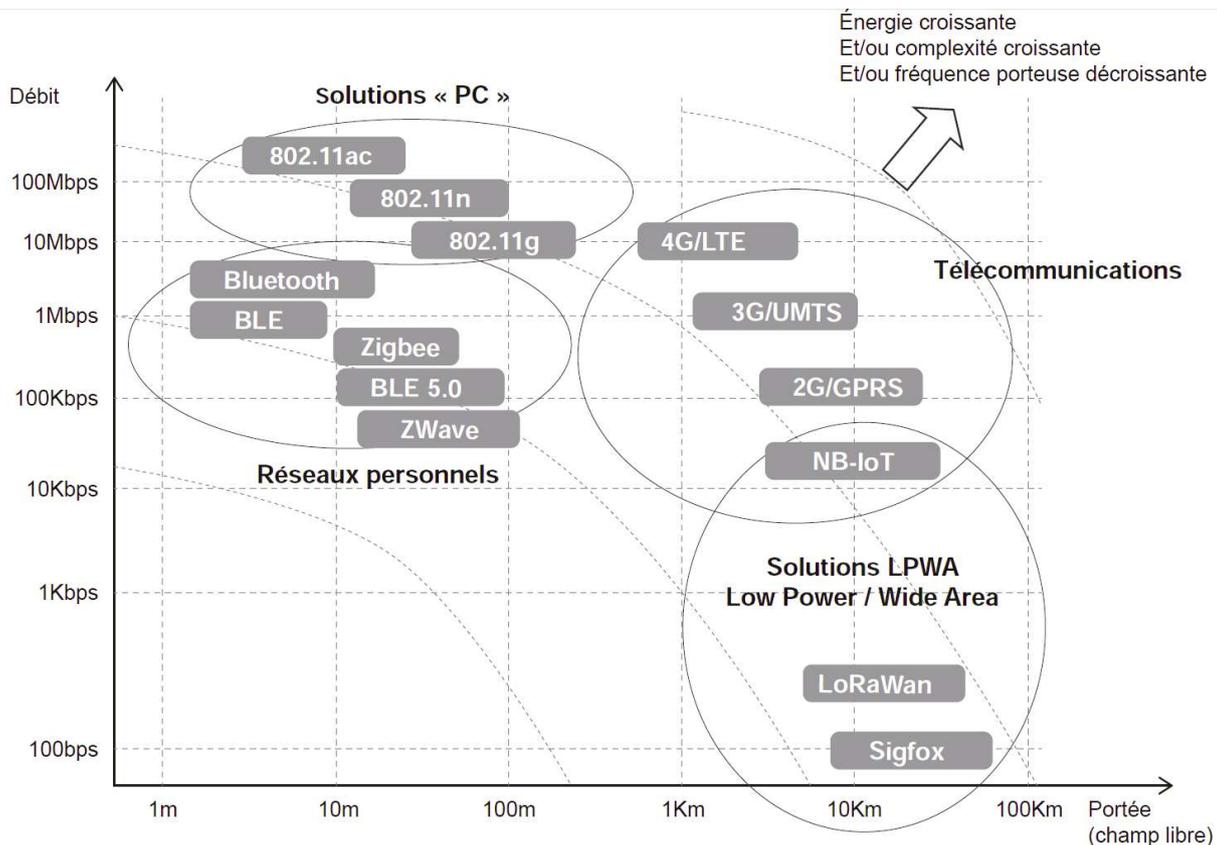


Cofinancé par  
l'Union européenne



L'action de diffusion technologique est cofinancée par l'Union européenne.  
L'Europe s'engage en région Centre-Val de Loire avec le Fonds européen de développement régional.

- Rappel technologie LoRa
- LoRa Mesh
- Meshtastic
- Performances
- Conclusion



Src : <https://www.elektormagazine.fr>  
(mai-juin 2018)

## • Caractéristiques

- Fréquences : 433Mhz, 863-870Mhz, 2.4Ghz
- Largeur de bande (BW) : 125kHz ou 250kHz
- Étalement de spectre (SF) : 7 à 12 (nb bits pendant durée d'un symbole)
- Taux de codage : 4/5, 4/6, 4/7, 4/8 (CR : 1,2,3,4 bit(s) tous les 4bits)
- Débits atteignables en Europe: de 180bps à 50kbps

DR	SF	BW (kHz)	Débit binaire utile en bits/s				Max Payload
			CR=4/5	CR=4/6	CR=4/7	CR=4/8	
DR6	7	250	10938	9115	7812	6836	230
DR5	7	125	5469	4557	3906	3418	230
DR4	8	125	3125	2604	2232	1953	230
DR3	9	125	1758	1465	1256	1099	123
DR2	10	125	977	814	698	610	59
DR1	11	125	537	448	384	336	59
DR0	12	125	293	244	209	183	59
DR7	FSK		50000				230

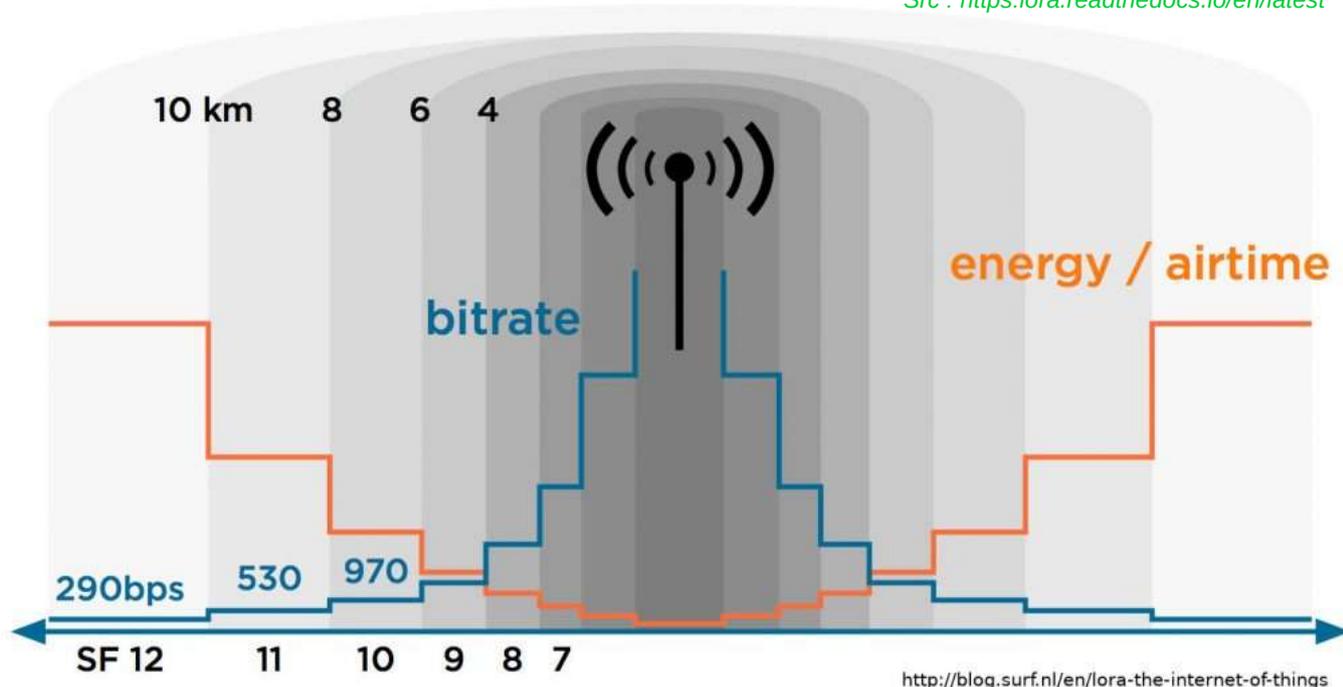
Src : <https://cabanisbrive.scenari-community.org>

- **Caractéristiques**
  - Portée vs Consommation
    - Uplink 25mW (+14dBm)
    - Downlink 0.5W (+27dBm)
    - DC : 0.1% ou 1%

Name	Band (MHz)	Limitations
G	863.0 - 868.0	EIRP<25 mW - duty cycle < 1%
G1	868.0 - 868.6	EIRP<25 mW - duty cycle < 1%
G2	868.7 - 869.2	EIRP<25 mW - duty cycle < 0.1%
G3	869.4 - 869.65	EIRP<500 mW - duty cycle < 10%
G4	869.7 - 870.0	EIRP<25 mW - duty cycle < 1%

Src : <https://lora.readthedocs.io/en/latest>

SF	BW (kHz)	Débit binaire utile en bits/s			
		CR=4/5	CR=4/6	CR=4/7	CR=4/8
7	250	10938	9115	7812	6836
7	125	5469	4557	3906	3418
8	125	3125	2604	2232	1953
9	125	1758	1465	1256	1099
10	125	977	814	698	610
11	125	537	448	384	336
12	125	293	244	209	183



<http://blog.surf.nl/en/lora-the-internet-of-things>

## • Caractéristiques

- Nombre de nœuds : 1 million (théorique)
- Nombre de canaux : 10

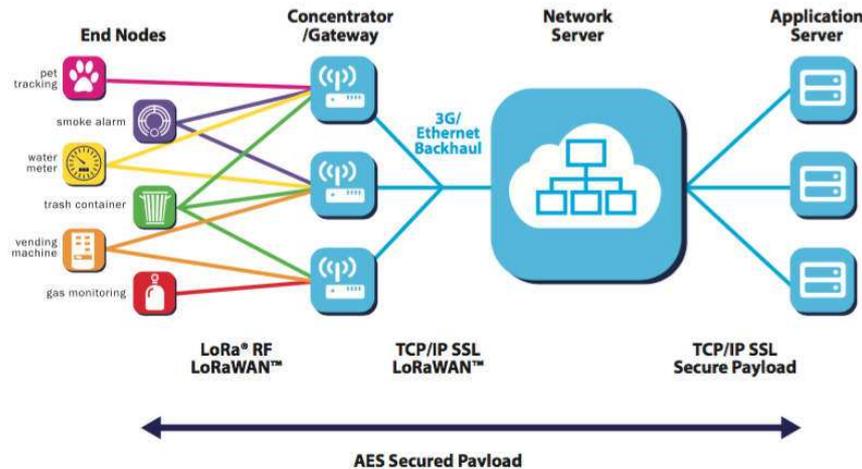
Channel	Uplink freq (MHz)	SPREADING FACTOR & BANDWIDTH RANGE
0	868.1	SF7BW125 to SF12BW125
1	868.3	SF7BW125 to SF12BW125 and SF7BW250
2	868.5	SF7BW125 to SF12BW125
3	867.1	SF7BW125 to SF12BW125
4	867.3	SF7BW125 to SF12BW125
5	867.5	SF7BW125 to SF12BW125
6	867.7	SF7BW125 to SF12BW125
7	867.9	SF7BW125 to SF12BW125
8	868.8	FSK

Download freq (MHz)	SPREADING FACTOR & BANDWIDTH RANGE
869.525	Uplink channels 0-8 (RX1) SF9BW125 (RX2 downlink only)

- Technologie exclusive brevetée par Semtech Corporation

## • Protocole LoRaWan

- Point à point
- Écosystème répandu LPWAN ( Low Power Wide Area Network)
- Bande ISM (863Mhz-870Mhz)
- Large gamme de capteurs supportée
- Connexion à Internet par une passerelle
- LoRa Alliance (consortium d'industriels & opérateurs)



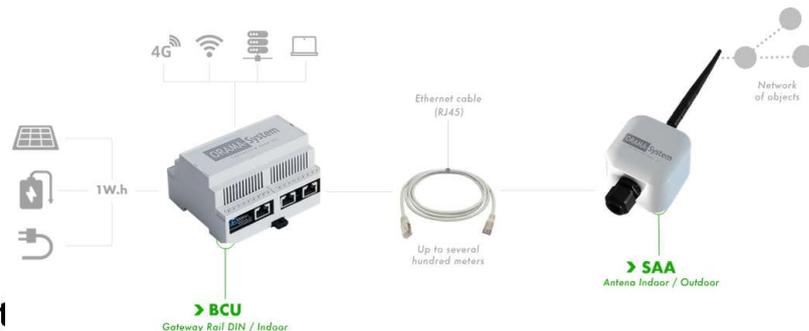
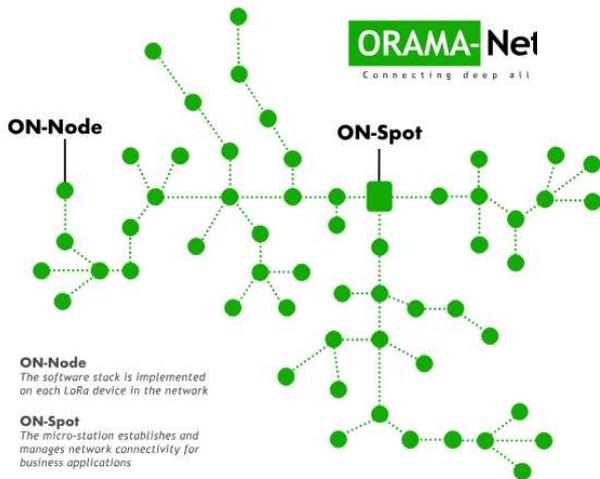


## Solutions

- Orama-Net (<https://orama-system.com>)
  - Orama System (Meyreuil (13))

Objects are  
and build  
the network

 <p><b>1 km</b> between each object</p>	 <p><b>9 jumps</b> from the micro-station</p>
<p><b>25000</b> hectares of coverage</p>	<p><b>65000</b> objects in the network</p>



## • Solutions

- Orama-Net (<https://orama-system.com>)
  - Low Power Wireless Sensor Network (LPWSN)
  - Pile propriétaire sous licence
  - Micro-station + nœuds (868Mhz)
  - Communication bi-directionnelle chiffrée (AEDA 256)
  - 1.76Kbps < < 18.75Kbps
  - Payload <240 bytes
  - +14dBm
  - RAK3172 + pile propriétaire ON-Node
  - Kit d'évaluation (info température / batterie)
  - Passerelle ON-Spot



Nœud du kit



ON-Spot

- ## Solutions

- ### Arduino DIY - ESP32

- <https://github.com/nootropicdesign/lora-mesh> Utilise carte arduino avec module LoRa sur Moteino (868Mhz ou 433Mhz – modules semtech ex : SX1276)
- <https://github.com/DSG-UPC/Arduino-LoRa-Mesh> Thèse : Towards LoRa mesh networks for the IoT (Pueyo Centelles Roger 2021) + LoRaMesher
  - Carte LiLYGO TTGO ESP32 LoRa32 (semtech ex: SX1278) + FloRa mesh
- <https://github.com/spleenware/ripple> lot LoRa mesh sur Carte LiLYGO TTGO LoRa32, Heltec LoRa32, adafruit Feather M0 RFM96, Seed Xiao. Envoi message depuis un smartphone...vers un endpoint
  - Pager/Messenger (USB-OTG)/Bluetooth, Repeater, Sensor, GPS tracker, Qwerty pager..

- ### Meshtastic

- Meshtastic

- Librairie Open Source (**LGPL V3.0**) : <https://github.com/meshtastic>
- Propagation testée jusqu'à 331 Km
- Réseau décentralisé
- Faible consommation
- Technologie radio LoRa
- Support matériel :
  - RAKwireless Technology : RAK19007+RAK4631 ou WisMesh (pocket V2) (SX1262 + nrf52840)...
  - Seeed Studio : SenseCAP Card Tracker T1000-E (LR1110 + nrf52840)
  - HELTEC LoRa32 V3 (SX1262 + ESP32-S3FN8)
  - Nano G2 Ultra (SX1262 + nrf52840)
  - Station G2 (SX1262 + ESP32-S3 WROOM-1)
  - LILYGO LoRa T3-S3 (SX1262/76/80 /LR1110 + ESP32-S3)
  - Etc.
- Communication chiffrée (AES256-CT) (sauf header)
- Protection anti-rejeu depuis la V2.5.0
- Tout le monde peut envoyer des messages sur les channels



- Meshtastic
  - 8 configurations radio de pré-configurer

Radio Preset	Alt Preset Name	Data-Rate	SF / Symbols	Coding Rate	Bandwidth	Link Budget
Short Range / Turbo	Short Turbo	21.88 kbps	7 / 128	4/5	500 kHz <sup>1</sup>	140dB
Short Range / Fast	Short Fast	10.94 kbps	7 / 128	4/5	250 kHz	143dB
Short Range / Slow	Short Slow	6.25 kbps	8 / 256	4/5	250 kHz	145.5dB
Medium Range / Fast	Medium Fast	3.52 kbps	9 / 512	4/5	250 kHz	148dB
Medium Range / Slow	Medium Slow	1.95 kbps	10 / 1024	4/5	250 kHz	150.5dB
Long Range / Fast	Long Fast	1.07 kbps	11 / 2048	4/5	250 kHz	153dB
Long Range / Moderate	Long Moderate	0.34 kbps	11 / 2048	4/8	125 kHz	156dB
Long Range / Slow	Long Slow	0.18 kbps	12 / 4096	4/8	125 kHz	158.5dB

Src : <https://meshtastic.org>

- Meshtastic

- Utilisation des fréquences 869.4Mhz 869.65Mhz pour les échanges de données
- Puissance maximale de la bande (+27dBm)
- Duty cycle maximum (10%)

Name	Band (MHz)	Limitations
G	863.0 - 868.0	EIRP<25 mW - duty cycle < 1%
G1	868.0 - 868.6	EIRP<25 mW - duty cycle < 1%
G2	868.7 - 869.2	EIRP<25 mW - duty cycle < 0.1%
G3	869.4 - 869.65	EIRP<500 mW - duty cycle < 10%
G4	869.7 - 870.0	EIRP<25 mW - duty cycle < 1%

Src : <https://meshtastic.org>

Permitted Frequency Band	Maximum effective radiated power, e.r.p.	Channel access and occupation rules (e.g. Duty cycle or LBT + AFA)	Maximum occupied bandwidth	Maximum Channel spacing
○ 869,400 MHz to 869,650 MHz	500 mW e.r.p.	≤ 10 % duty cycle or polite spectrum access	250 kHz	

Src : <https://www.etsi.org/>

- Meshtastic

- Échange de messages
- Datas < 237 Bytes
- Communication dans un canal logique
  - Même nom
  - Même clef de chiffrement associée
  - Default : « name » clef : AQ==
- Maximum de 8 canaux par nœud
- Relais du message avec décrétement nb de saut (Hop)
- 7 jumps (Hop) maximum
- Stocke 30 paquets (FIFO) si pas connecté à un client
- Version V2.6.7.2 (may 2025)

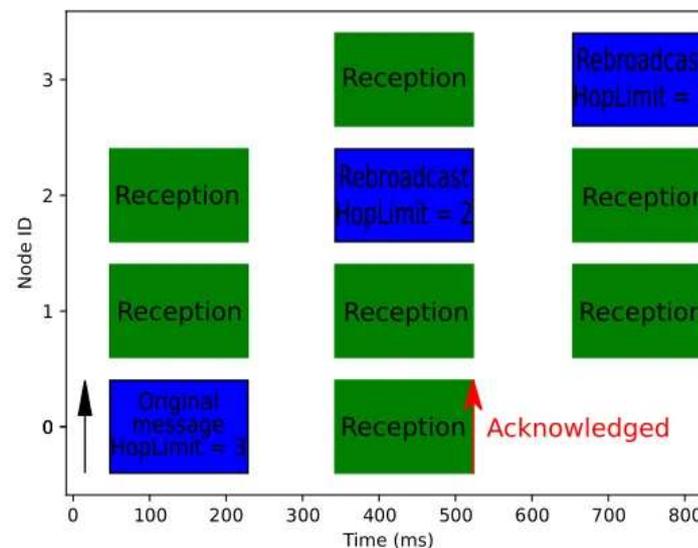
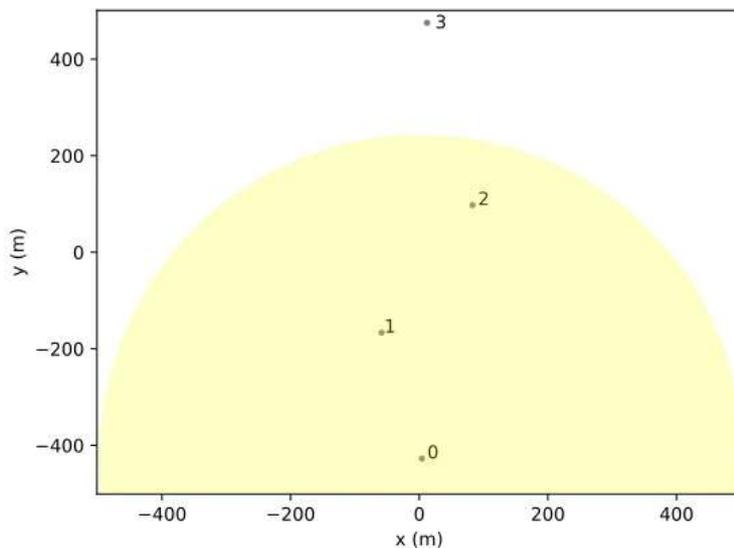


## • Rôles

Rôle	Description technique	Cas d'usage recommandé
<b>CLIENT</b>	Appareil autonome ou connecté à une application. Réémet les paquets si aucun autre nœud ne l'a fait.	Usage général pour les utilisateurs souhaitant communiquer sur le réseau Meshtastic avec une appli cliente.
<b>CLIENT_MUTE</b>	Ne relaie pas les paquets provenant d'autres appareils.	Cas où l'appareil doit participer au réseau sans relayer, afin de réduire la charge réseau.
<b>CLIENT_HIDDEN</b>	N'émet que lorsque nécessaire, pour des raisons de discrétion ou d'économie d'énergie. ( <i>pas stable</i> )	Utilisation dans des déploiements discrets ou pour réduire la consommation d'énergie / le trafic radio.
<b>TRACKER</b>	Diffuse prioritairement sa position GPS.	Pour le suivi en temps réel d'individus ou d'objets, avec des mises à jour efficaces.
<b>LOST_AND_FOUND</b>	Émet régulièrement sa position sur le canal par défaut pour faciliter sa récupération.	Utilisé pour retrouver un appareil perdu ou égaré.
<b>SENSOR</b>	Diffuse prioritairement des paquets de télémétrie.	Pour collecter des données environnementales ou capteurs de manière fréquente et économe.
<b>TAK</b>	Optimisé pour le système ATAK, limite les émissions de routine.	Intégration avec le système ATAK (via plugin), dans des opérations tactiques ou coordonnées.
<b>TAK_TRACKER</b>	Active la diffusion automatique PLI pour ATAK, avec émissions limitées.	Intégration PLI autonome avec ATAK pour le suivi d'unité en contexte tactique.
<b>REPEATER</b>	Nœud d'infrastructure relayant systématiquement les paquets (une fois), sans apparaître dans la topologie.	Placé à des points stratégiques pour étendre la couverture, sans être visible dans la liste des nœuds.
<b>ROUTER</b>	Nœud d'infrastructure relayant systématiquement les paquets (une fois), visible dans la topologie.	Placé à des endroits fixes pour maximiser la couverture du réseau.
<b>ROUTER_LATE</b>	Même rôle que ROUTER, mais relaie les paquets en dernier recours, pour renforcer des clusters locaux.	Idéal pour couvrir des zones mortes ou renforcer un petit groupe de nœuds. Visible dans la topologie.

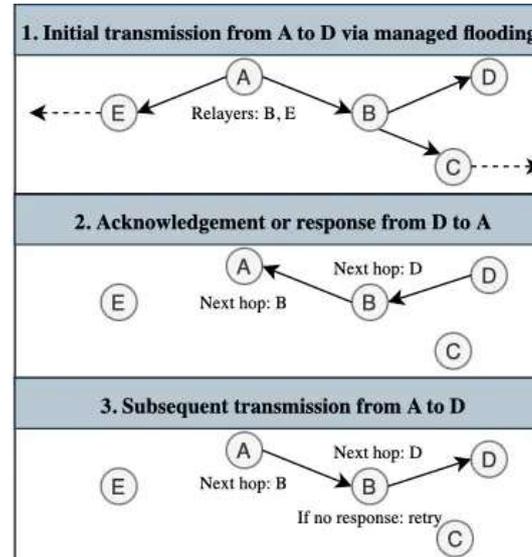
- Message

- Unreliable : No ack
- Reliable 0 hop : Ack (sauf en broadcast), 3 renvois si pas ACK
- Reliable multi-hop : algorithme de « managed flooding »
  - Listen before talk (temps d'écoute proportionnel SNR)
  - Rediffusion rapide pour les répéteurs, puis pour les clients les plus éloignés



Src : <https://meshtastic.org>

- Message
  - Unreliable : No ack
  - Reliable 0 hop : Ack (sauf en broadcast), 3 renvois si pas ACK
  - Reliable multi-hop : algorithme de « managed flooding »
  - Message Direct : « Next-Hop routing »
    - 1) Flooding
    - 2) Sélection relais optimal
    - 3) Repli sur flooding si next-hop impossible  
chiffré + authentifié (>V2.5.0)



Src : <https://meshtastic.org>

- Mise en œuvre

## Wio-WM1110 Development Kit (x4)

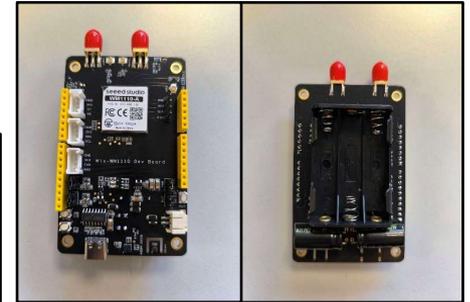
1x **Dev Board** intégrant :

- Un module Wio-WM1110 constitué d'une puce **Semtech LR1110** (LoRa, GNSS, Wi-Fi) et une puce **Nordic nRF52840** (traitement de données, Bluetooth).
- Capteur environnemental (TH Sensor SHT41).
- Accéléromètre axial (LIS3DHTR).

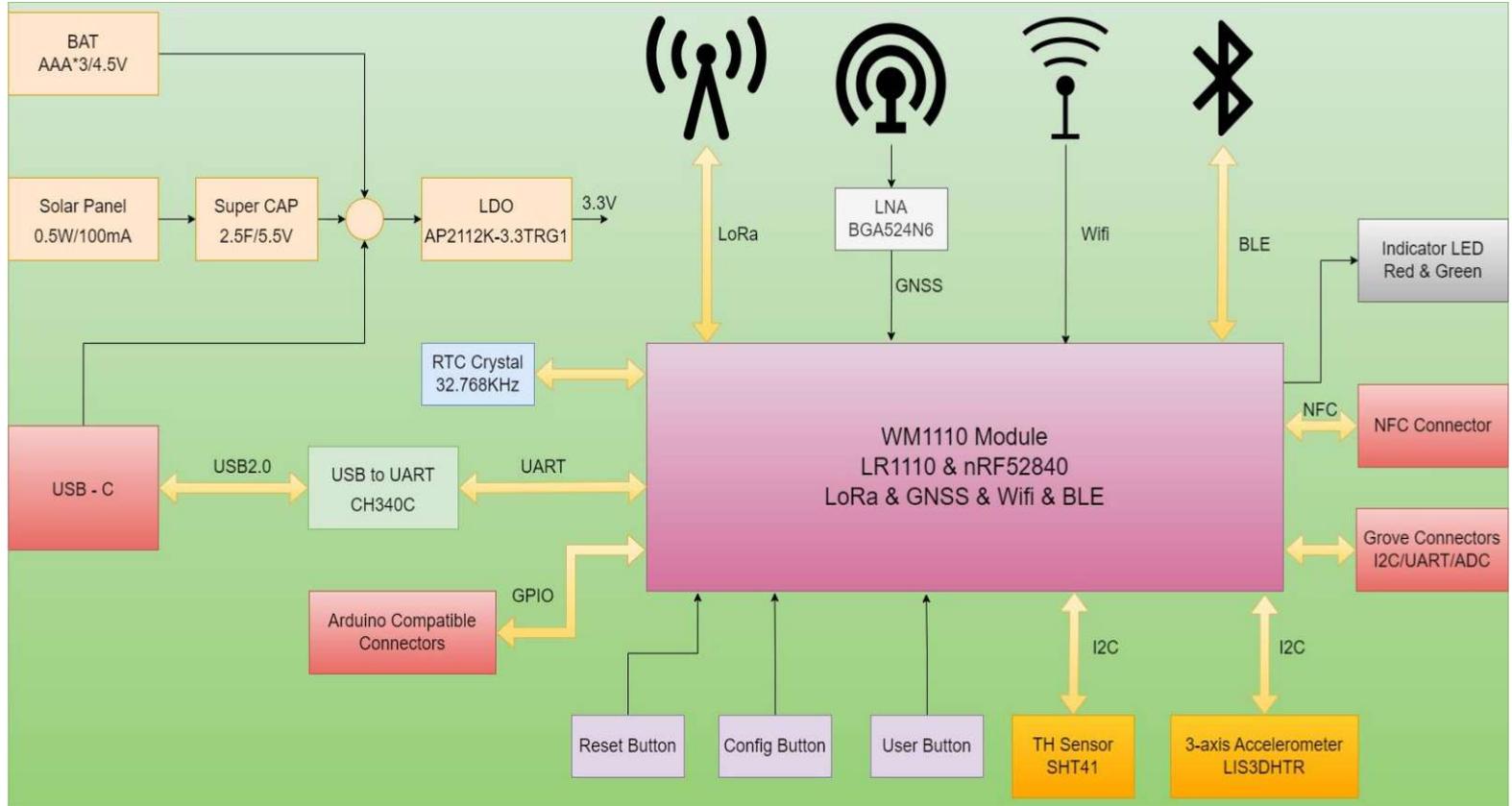
1x **Antenne LoRa** (868-915 MHz).

1x **Antenne GPS**

1x **Panneau solaire**



- Wio-WM1110 Development Kit**



Src : WM1110DEVKITV12\_SCH.pdf

- Wio-WM1110 Development Kit**

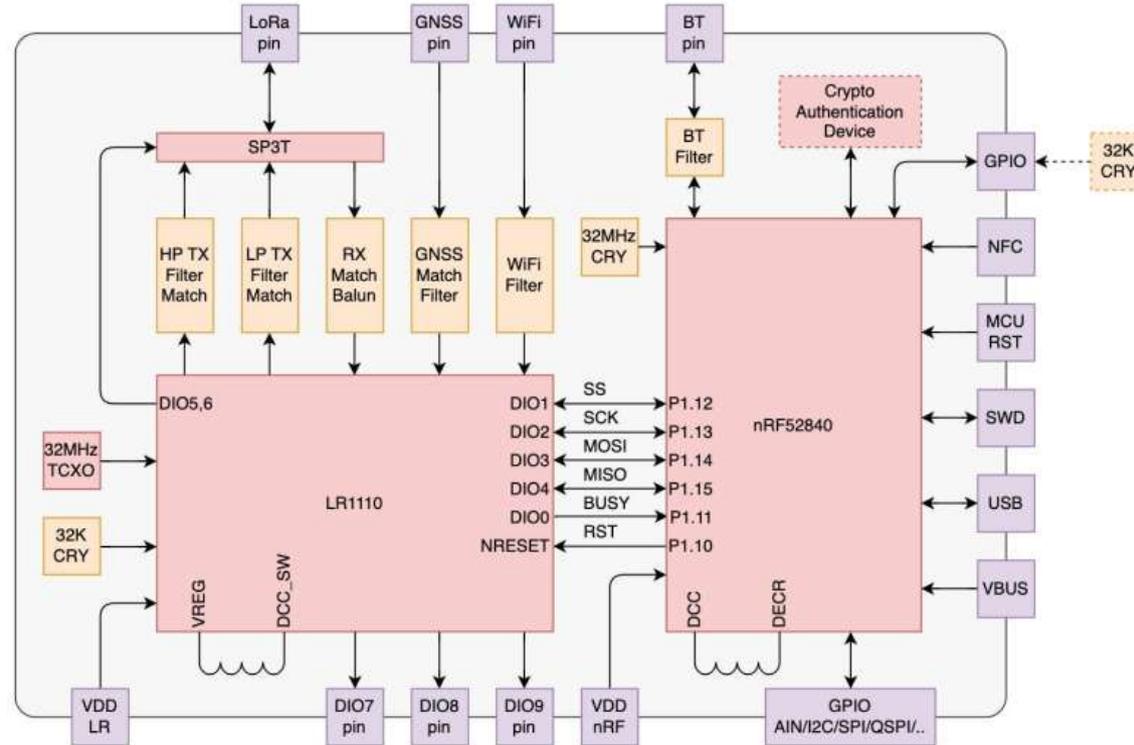


Figure 1 WM1110 Schematic diagram

Src : Wio-WM1110 Module -  
datasheet v1.3

- Mise en œuvre
  - Sensibilité : -125dBm (SF7) -141dBm (SF12)
- Firmware
  - Clonage du projet depuis GitHub : <https://github.com/meshtastic/firmware>
  - Visual Studio Code + PlatformIO (extension)
  - Compilation avec sélection de la bonne configuration de carte (wio-sdk-wm1110)

```
wio-  
env:seeed-xiao-nrf52840-wio-sx1262 Wio/firmware  
env:wio-e5 Wio/firmware  
env:wio-sdk-wm1110 Wio/firmware  
env:wio-t1000-s Wio/firmware  
env:wio-tracker-wm1110 Wio/firmware
```

- Mise en œuvre
- Firmware
  - Génération du firmware de l'application

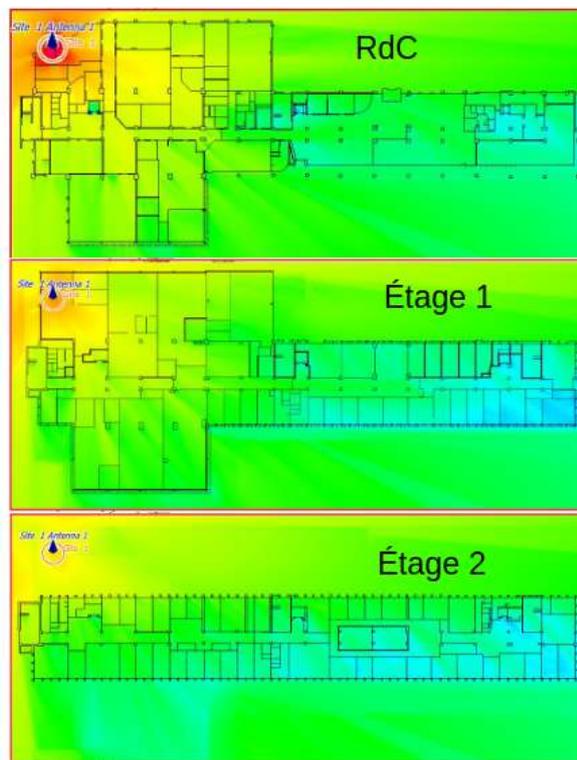
```
Building in debug mode
Using meshtastic platformio-custom.py, firmware version 2.6.9.1706c16f on wio-sdk-wm1110
Using flags:
-DAPP_VERSION=2.6.9.1706c16f
-DAPP_VERSION_SHORT=2.6.9
-DAPP_ENV=wio-sdk-wm1110
-DUSERPREFS_TZ_STRING=\"tzplaceholder\"
Disabling Adafruit USB stack
Checking size .pio/build/wio-sdk-wm1110/firmware.elf
Advanced Memory Usage is available via \"PlatformIO Home > Project Inspect\"
RAM: [==      ] 16.2% (used 40356 bytes from 248832 bytes)
Flash: [===== ] 73.7% (used 600880 bytes from 815104 bytes)
===== [SUCCESS] Took 25.16 seconds =====

Environment      Status      Duration
-----
wio-sdk-wm1110  SUCCESS    00:00:25.162

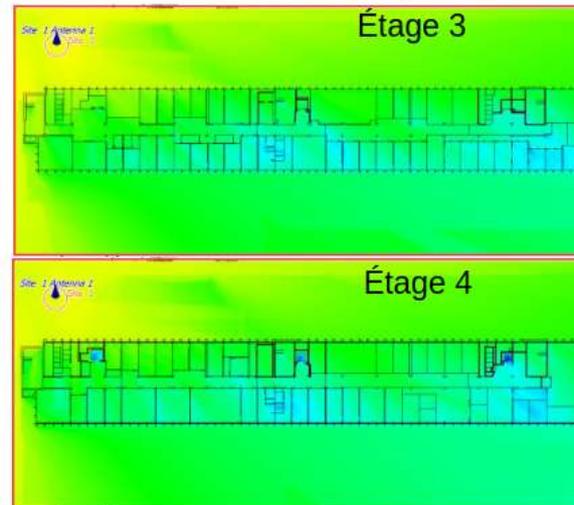
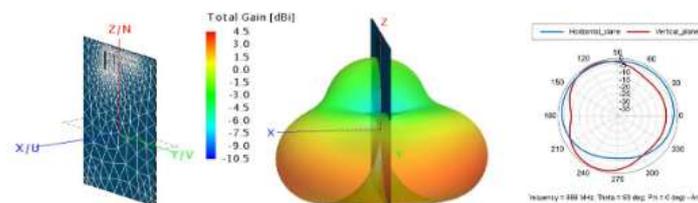
===== 1 succeeded in 00:00:25.162 =====
* Terminal will be reused by tasks, press any key to close it.
```

- Merge de l'application avec la pile Bluetooth
  - Sous Linux : nrf toolchain nécessaire
    - `mergehex.py -o nomdesortie.hex firmware/bin/s140_nrf52_7.3.0_softdevice.hex firmware/.pio/build/wio-sdk-wm110/firmware.hex`
  - Sous Windows : utilisation des outils nrf command line tools
    - `mergehex -m firmware/bin/s140_nrf52_7.3.0_softdevice.hex firmware/.pio/build/wio-sdk-wm110/pathtofirmware/firmware.hex -o nomdesortie.hex`

- Simulation LoRa au Lab'O – outils WallMan – ProMan d'altair Feko
- Modélisation des étages (WallMan) et simulation (ProMan) (*séminaire cresitt juin 2022*)



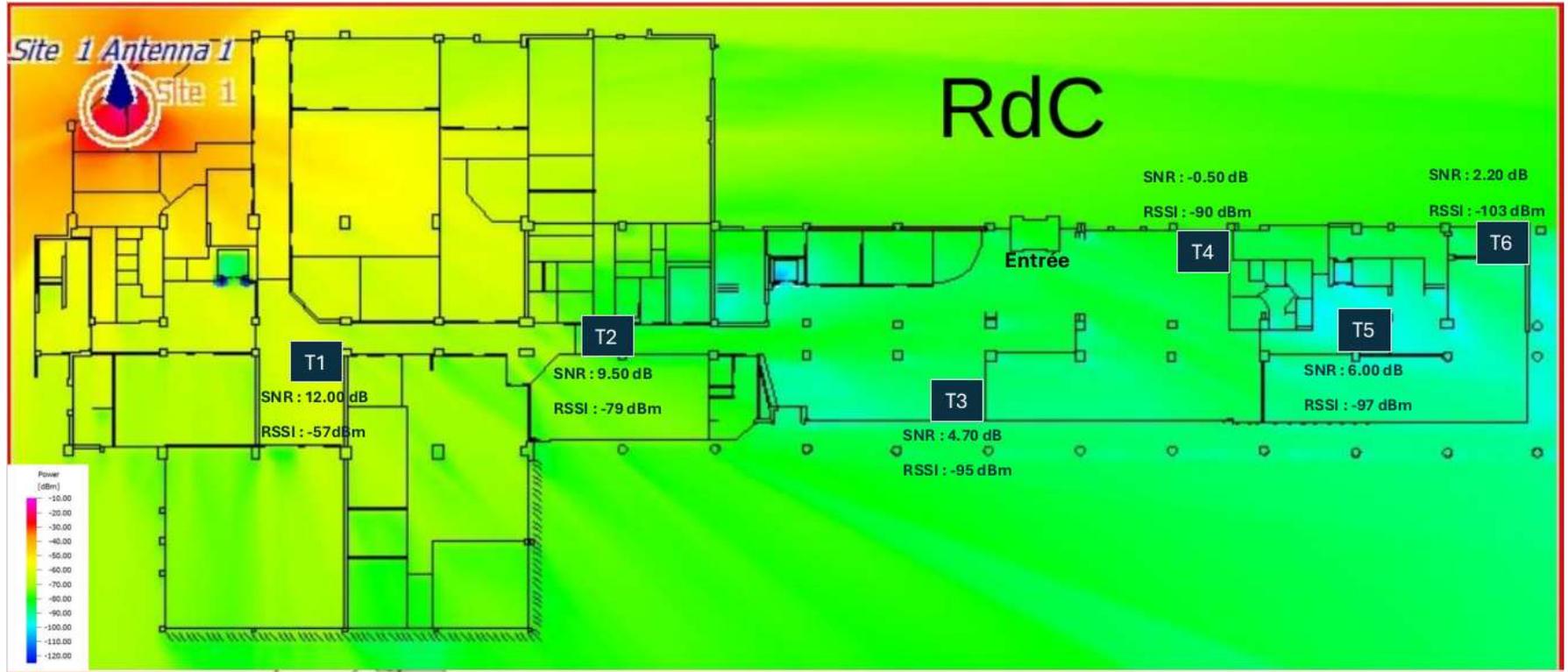
Empirical Loss : Config1



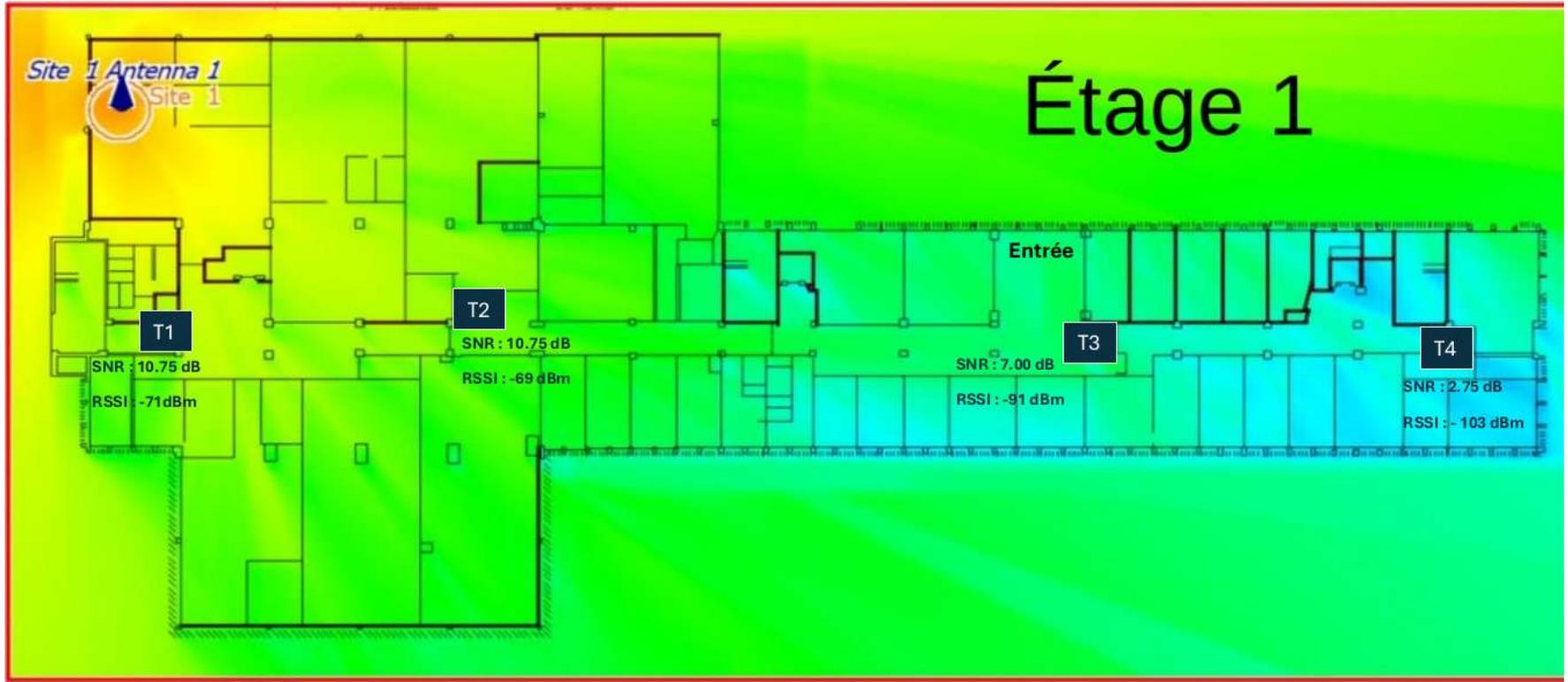
POWER



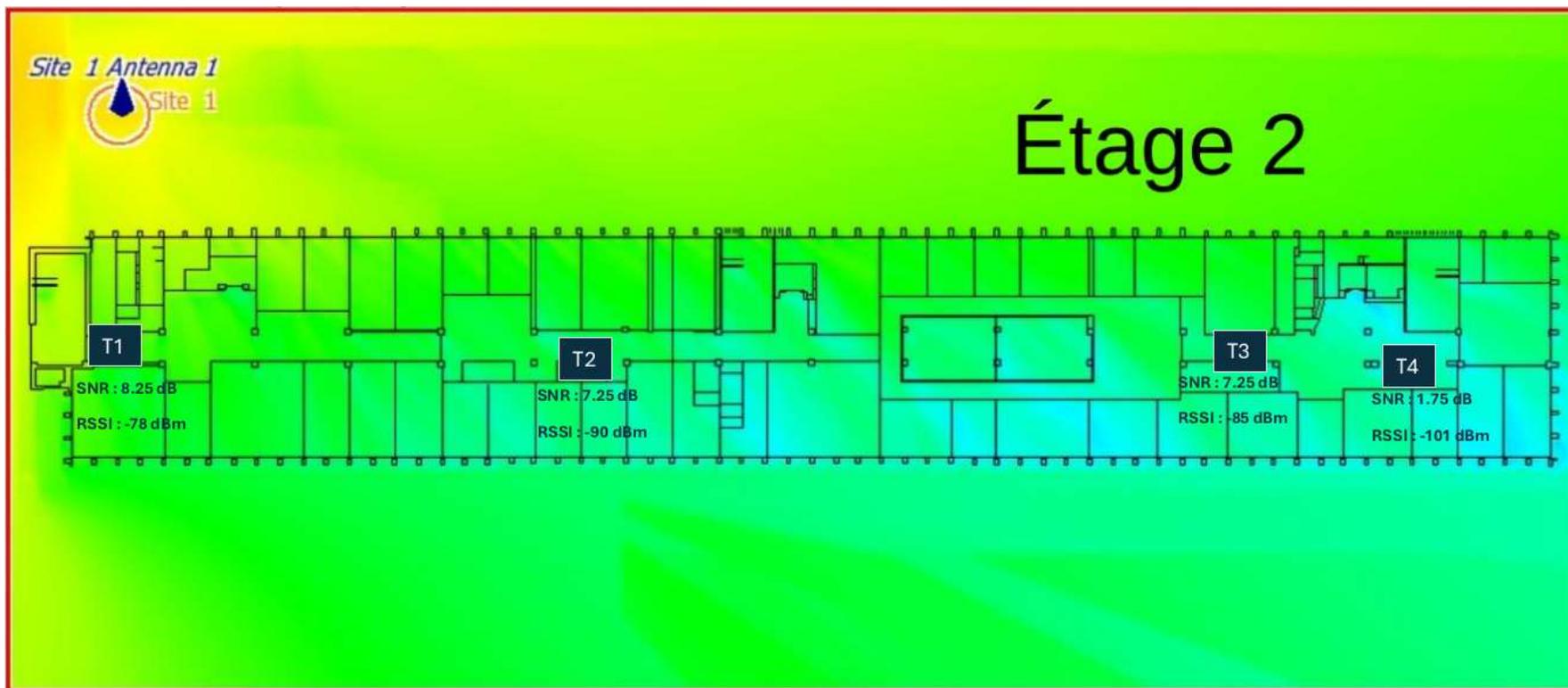
- Test couverture : Condition Tx à 17dBm



- Test couverture : Condition Tx à 17dBm



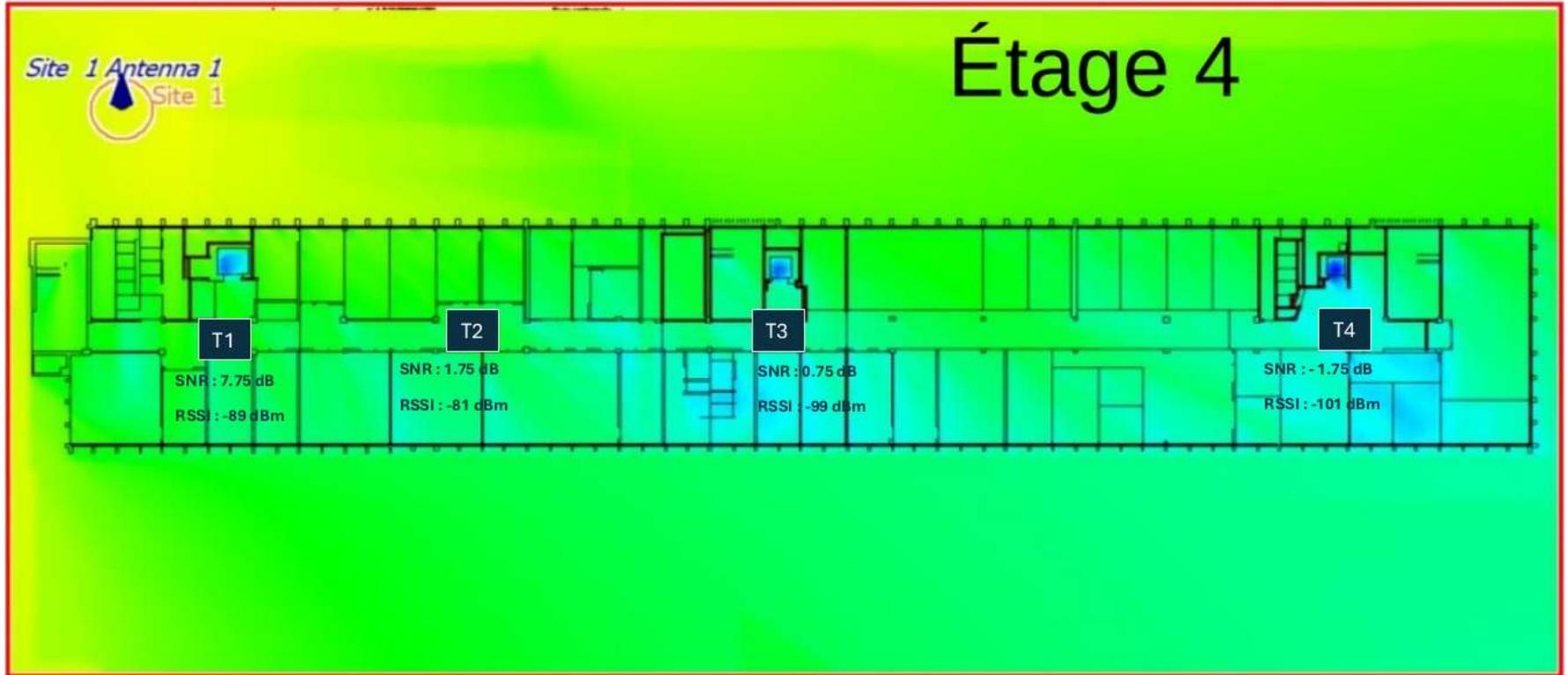
- Test couverture : Condition Tx à 17dBm



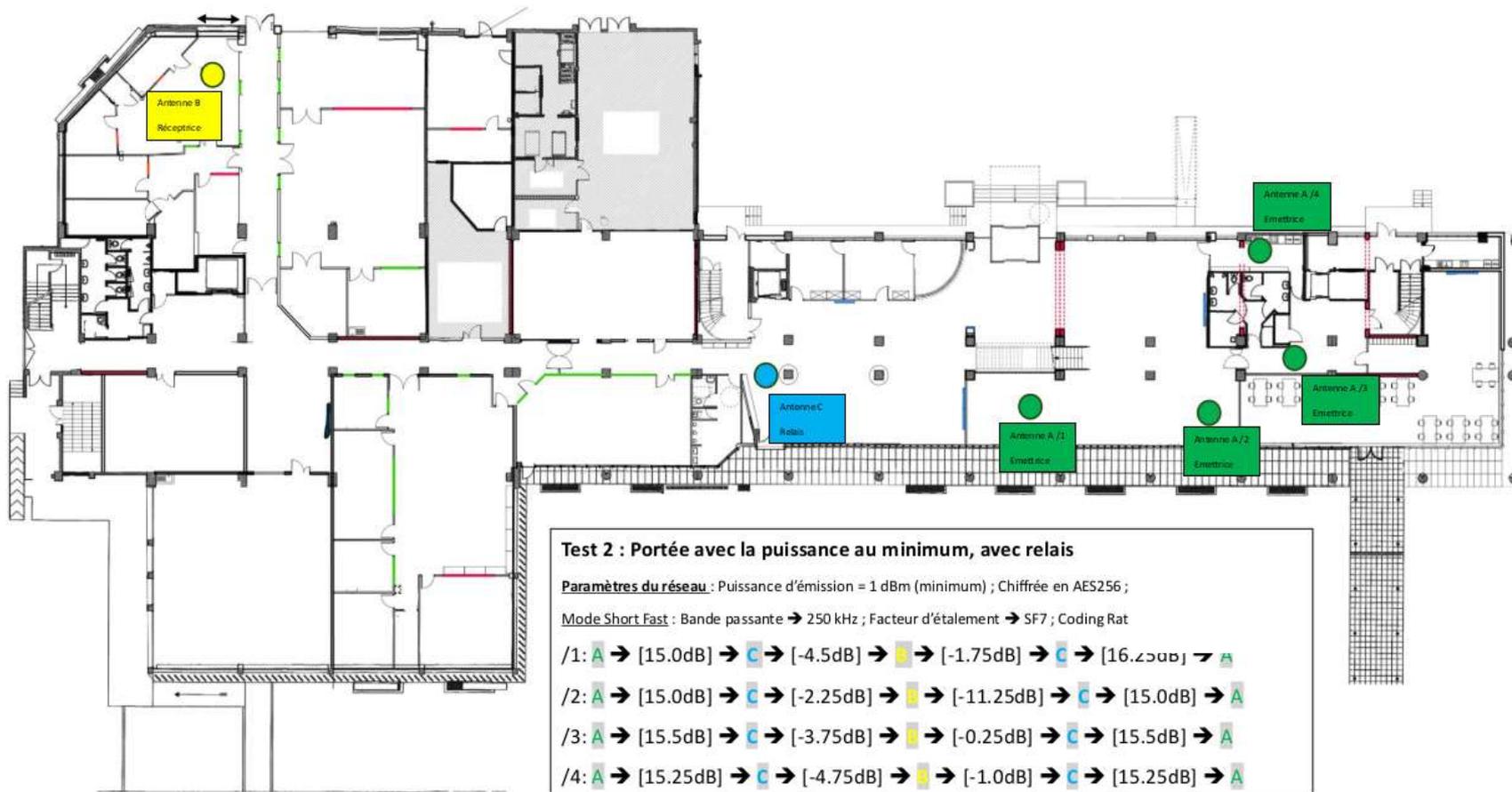
- Test couverture : Condition Tx à 17dBm

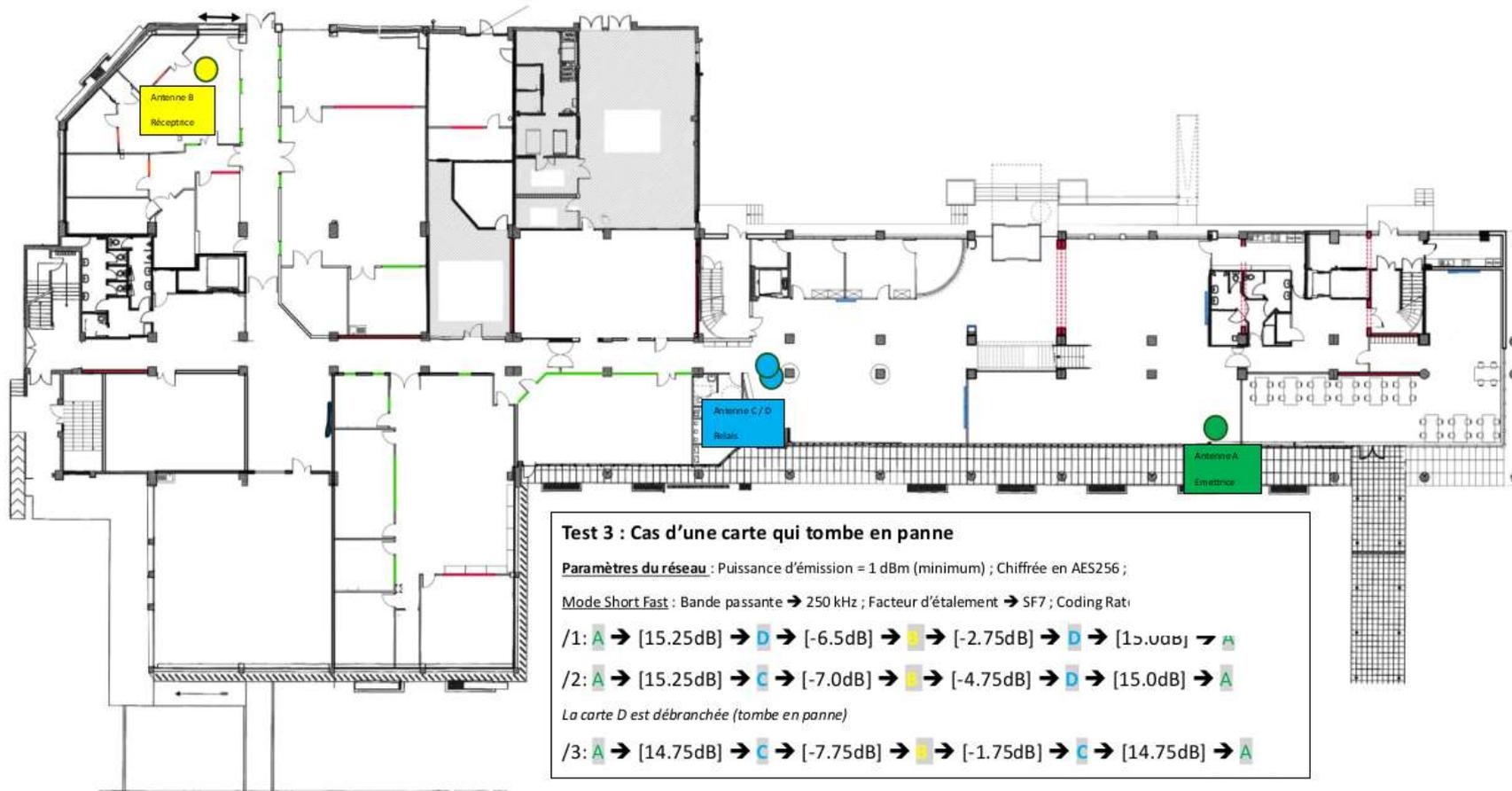


- Test couverture : Condition Tx à 17dBm

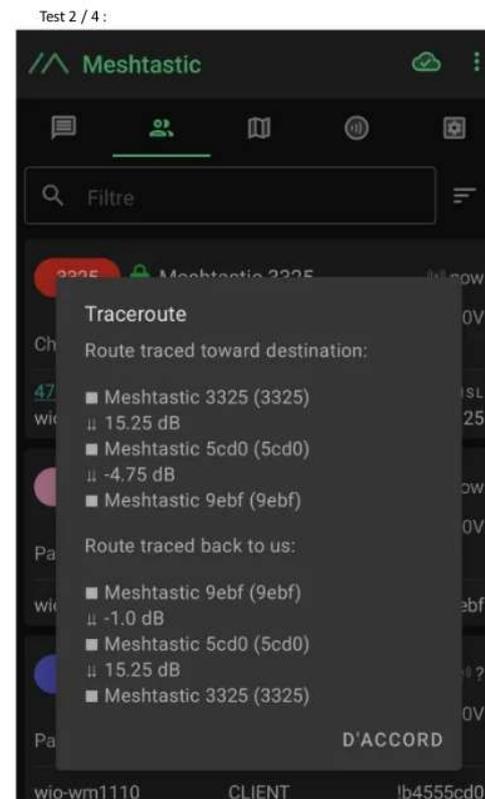
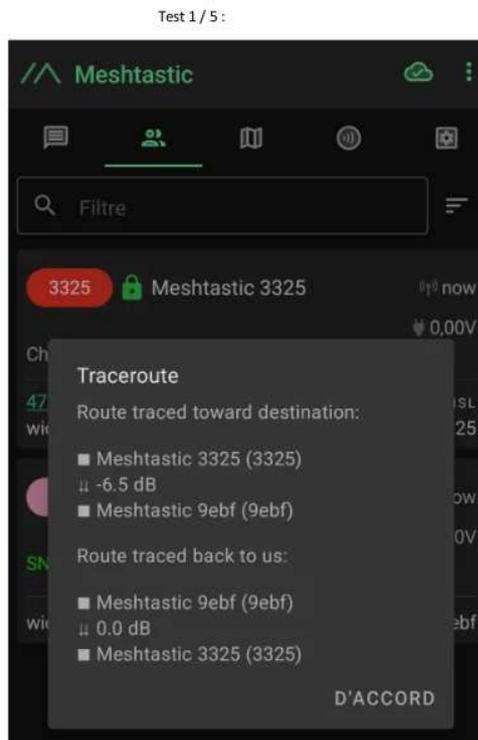








- Application Android retourne le traceroute



- Consommations Wio-WM1110



<b>Electrical Characteristics</b>	power supply	3.3V typical			V
	Sleep current	7.6uA (WDT on)			uA
	Operation current (Transmitter + MCU)	125mA @ LoRa® TX 22dBm			mA
	Operation current (Receiver + MCU)	10mA @ LoRa® SF12 125 kHz			mA
		7mA @ Bluetooth Scan			
		7mA @ Wi-Fi Scan			
	Output power	20dBm max @LoRa®			dBm
		6dBm max @ Bluetooth			
	Sensitivity	SF			
		min	type	max	
SF7		-	-125	-	
	SF12	-	-141	-	

- Consommations  
LR1110

**Table 3-4: Basic Modes Power Consumption**

Symbol	Description	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
IDDPDN	Supply current in power down mode		-	0.8	-	μA
IDDSL3	Supply current in SLEEP mode, no RTC	8kB RAM retained	-	1.6	-	μA
IDDSL1	Supply current in SLEEP mode	No RAM retained	-	1.6	-	μA
IDDSL3A	LFRC (32kHz) based RTC	8kB RAM retained	-	1.85	-	μA
IDDSL2	Supply current in SLEEP mode	No RAM retained	-	1.5	-	μA
IDDSL4A	LFXOSC (32kHz) based RTC	8kB RAM retained	-	1.75	-	μA
IDDSL4B <sup>1</sup>	Supply current in SLEEP mode 32.768kHz RTC	16kB RAM retention	-	2	-	μA
IDDSBRLD	Supply current in STBY_RC	HFRC (32MHz) ON, LDO, System clock 16MHz	-	1.25	-	mA
IDDSBXLD	Supply current in STBY_XOSC	HFXOSC ON, LDO	-	1.3	-	mA
IDDSBXDC		HFXOSC ON, DC-DC	-	1.1	-	mA
IDDFSDC	Supply current in Synthesizer mode	DC-DC, system clock 32MHz	-	2.85	-	mA

1. Only for LoRa Basics Modem-E firmware of the LR1110



- Consommations  
LR1110



Table 3-5: Receive Mode Power Consumption, DC-DC Mode Used

Symbol	Description	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
IDDRXF1	Supply current in Receive mode <sup>1</sup>	FSK 4.8kb/s sub-GHz	-	5.4	-	mA
		with RxBoosted = 1	-	7.5	-	mA
IDDRXL1		LoRa® SF12 125kHz sub-GHz	-	5.7	-	mA
		with RxBoosted = 1	-	7.8	-	mA
IDDRXWIF1	Supply current in Wi-Fi scan mode	Preamble detect phase	-	11	-	mA
IDDRXWIF2		Capture phase	-	10	-	mA
IDDRXWIF3		Processing phase	-	3	-	mA
IDDRXGPS1	Supply current in GNSS scan mode	Capture phase	-	10	-	mA
IDDRXGPS2		Processing phase	-	5	-	mA

1. Add 1mA additional consumption for Modem-E use case because application specific timers are running.

Table 3-6: Transmit Mode Power Consumption<sup>1,2</sup>

Symbol	Frequency Band	PA Match	Output Power	Min	Typ	Max	Unit
IDDTXLP1	868/915MHz		+15dBm	-	36	-	mA
IDDTXLP2			+14dBm	-	28	-	mA
IDDTXLP3			+10dBm	-	18.5	-	mA
IDDTXHP1	868/915MHz		+22dBm	-	118	-	mA
IDDTXHP2			+20dBm	-	96	-	mA
IDDTXHP3			+17dBm	-	73	-	mA
IDDTXHP4			+14dBm	-	50	-	mA
		+22dBm, HP PA <sup>4</sup>					

- Consommations  
nRF52840



## 5.2.1.1 Sleep

Symbol	Description	Min.	Typ.	Max.	Units
I <sub>ON_RAMOFF_EVENT</sub>	System ON, no RAM retention, wake on any event		0.97		μA
I <sub>ON_RAMON_EVENT</sub>	System ON, full 256 kB RAM retention, wake on any event		2.35		μA
I <sub>ON_RAMON_POF</sub>	System ON, full 256 kB RAM retention, wake on any event, power-fail comparator enabled		2.35		μA
I <sub>ON_RAMON_GPIOTE</sub>	System ON, full 256 kB RAM retention, wake on GPIOTE input (event mode)		17.37		μA
I <sub>ON_RAMON_GPIOTEPORT</sub>	System ON, full 256 kB RAM retention, wake on GPIOTE PORT event		2.36		μA
I <sub>ON_RAMOFF_RTC</sub>	System ON, no RAM retention, wake on RTC (running from LFRC clock)		1.50		μA
I <sub>ON_RAMON_RTC</sub>	System ON, full 256 kB RAM retention, wake on RTC (running from LFRC clock)		3.16		μA
I <sub>OFF_RAMOFF_RESET</sub>	System OFF, no RAM retention, wake on reset		0.40		μA
I <sub>OFF_RAMOFF_LPCOMP</sub>	System OFF, no RAM retention, wake on LPCOMP		0.86		μA
I <sub>OFF_RAMON_RESET</sub>	System OFF, full 256 kB RAM retention, wake on reset		1.86		μA
I <sub>ON_RAMOFF_EVENT_5V</sub>	System ON, no RAM retention, wake on any event, 5 V supply on VDDH, REG0 output = 3.3 V		1.29		μA
I <sub>OFF_RAMOFF_RESET_5V</sub>	System OFF, no RAM retention, wake on reset, 5 V supply on VDDH, REG0 output = 3.3 V		0.95		μA

- Consommations  
nRF52840

## 5.2.1.3 CPU running



Symbol	Description	Min.	Typ.	Max.	Units
I <sub>CPU0</sub>	CPU running CoreMark @64 MHz from flash, Clock = HFXO, Regulator = DC/DC		3.3		mA
I <sub>CPU1</sub>	CPU running CoreMark @64 MHz from flash, Clock = HFXO		6.3		mA
I <sub>CPU2</sub>	CPU running CoreMark @64 MHz from RAM, Clock = HFXO, Regulator = DC/DC		2.8		mA
I <sub>CPU3</sub>	CPU running CoreMark @64 MHz from RAM, Clock = HFXO		5.2		mA
I <sub>CPU4</sub>	CPU running CoreMark @64 MHz from flash, Clock = HFINT, Regulator = DC/DC		3.1		mA

- Conclusion
  - Code libre d'accès et de réutilisation (LGPLV 3.0)
  - Réseau mesh fonctionnel
  - Zone de couverture et sensibilité en adéquation avec la simulation
  - Prise en main : simple
  - Point faible : la consommation
  - Recherche en cours pour diminuer la consommation