

Réseaux sans fil pour l'IoT

MAC et routage – Partie 1



IOM-R409



IUT de Béziers, dépt. R&T © 2023

<http://www.borelly.net/>

Christophe.BORELLY@umontpellier.fr

Contenus IOM-R409

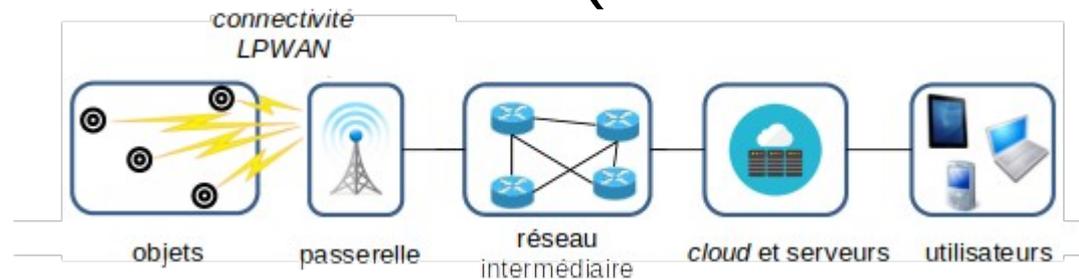
- Spécificités des réseaux sans fil :
 - LPWAN, Cellulaires, WLAN, WPAN, WBAN, ...
- Normes et standards :
 - LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT, LTE-M, IEEE 802.11 Wi-Fi, Bluetooth, IEEE 802.15.4, ZigBee, 6LowPAN...
- Méthodes d'accès :
 - TDMA, FDMA, CDMA, CSMA, hybrides...
- **Cours 2 (1h15), TD 2 (1h15), TP 2 (2h45)**

Généralités

- Si on veut envoyer plus loin de l'eau qui coule dans un tuyau, on peut :
 - Soit augmenter la pression de l'eau (puissance du signal)
 - Soit utiliser un tuyau dont le diamètre est plus petit (bande passante)

LPWAN

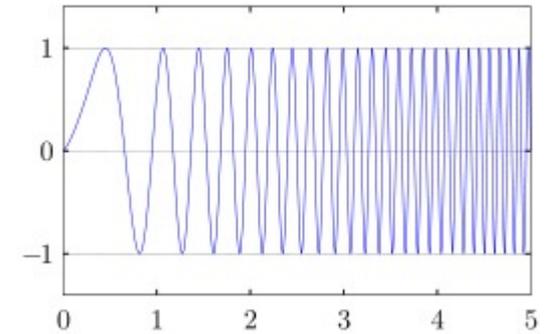
- Low Power Wide Area Network
 - Utilisé par l'IoT (Internet of Things) et les communications M2M (Machine to Machine)



- Apparu en 2010
 - Un grand nombre d'objets
 - Longue portée (quelques kilomètres)
 - Petites quantités d'information
 - Faible consommation électrique (e.g. pile devant durer plusieurs années)

LoRaWAN

- Système Français (2009)
- Chirp Spread Spectrum (CSS)
 - Bande : 125 kHz ou 250 kHz
 - SF (Spreading Factor) de 7 à 12
- Bande ISM : 868 MHz (Europe)
- Portée : 5 à 15 Km
- Débit : Jusqu'à 37,5 Kbps (250 octets/msg)
- Chiffrement AES 128 bits
- FEC (Forward Error Correction)



SigFox

- Système Français (2009)
 - Racheté par UnaBiz en 2022
- UNB : Ultra Narrow Band (100 Hz)
- Bande ISM : 868 MHz (Europe)
- Portée : 10 à 50 Km
- Très faible débit :
 - 140 messages de 12 octets/jour (UL – DQPSK)
 - 4 messages de 8 octets/jour (DL – GFSK)
- Diversité fréquentielle, temporelle et spatiale.
 - 3 envois à des fréquences et temps différents, reçus au moins sur 3 stations différentes.

Réseaux Cellulaires

- Partie intégrante de la 5G
- Bande LTE (Long Term Evolution) 700-900 MHz
 - **NB-IoT** (100 kBps – 1/10 Km – QPSK)
 - **LTE-M** (1 Mbps – 1/10 Km – 16 QAM)
- SC-FDMA (UL) / OFDMA (DL)
- Roaming : Handover supporté
- Possibilité de QoS (Quality of Service)
- Plus : Grand débit, faible latence et mobilité
- Moins : Consommation électrique et coûts d'exploitation

WLAN

- Normes IEEE 802.11 (a, b, g, n, ac, ax, ...)

Wifi 7	be	(2024)	30 Gbps / canal 320 MHz	2,4/5/6 GHz
Wifi 6/6E	ax	2019-2020	10,5 Gbps / canal 160 MHz	2,4/5/6 GHz
Wifi 5	ac	2014	3.4 Gbps / canal 160 MHz	5 GHz
Wifi 4	n	2008	150 Mbps / canal 40 MHz	2,4/5 GHz
Wifi 3	g	2003	6 à 54 Mbps	2,4 GHz
Wifi 2	a	1999	6 à 54 Mbps	5 GHz
Wifi 1	b	1999	11 Mbps	2,4 GHz

WPAN

- Wireless Personal Area Network
 - Portée de quelques dizaines de mètres
 - Faible consommation d'énergie
 - Réseau de type étoile ou maillé (mesh)
 - Principalement : Bluetooth et IEEE 802.15.4 (ZigBee, 6LoWPAN, ...)

Bluetooth

- Développé en 1994 chez Ericsson
- Version 5.3 de 2021
- Débits de 1 à 3 Mbps
- Piconets : 1 maître / 7 esclaves
- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
- Classic :
 - 79 canaux (1 MHz), 1600 sauts/s
 - $2402+k$ MHz avec $k=0, \dots, 78$
- **BLE** (Low Energy) : depuis v4.0
 - 40 canaux (2 MHz), 1600 sauts/s
 - $2402+2.k$ MHz avec $k=0, \dots, 39$

IEEE 802.15.4

- Norme IEEE 802.15.4 de 2004
- Bande ISM 868 MHz (1 canal) et 2,4 GHz (16 canaux)
- Débits de 20 kbit/s à 250 kbit/s
- Taille maximale d'un paquet : 127 octets
- Adresses 16 ou 64 bits
- Mode beacon : GTS (Guaranteed Time Slot)
- Mode non-beacon : CSMA/CA
- 2 modes de fonctionnement
 - **FFD** (Full Function Device)
 - **RFD** (Reduced Function Device)
- **ZigBee** : faibles ressources mémoire (4-32 Ko)
- **6LoWPAN** : fragmentation des paquets + compression adresses IPv6

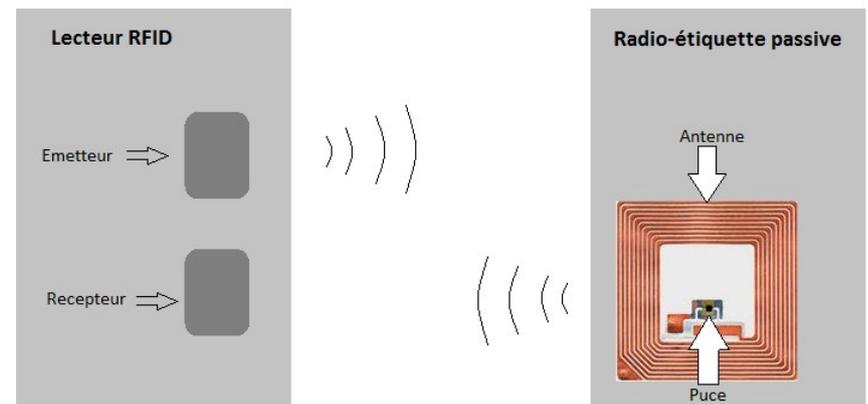
WBAN

- **Wireless Body Area Network**
 - Norme IEEE 802.15.6 (2012)
 - **NB** (Narrow Band), **UWB** (Ultra Wide Band), **HBC** (Human Body Communication)
 - Sur, autour ou dans le corps humain
 - Minuscules dispositifs (capteurs ou actionneurs)
 - Très faibles intensités (nanoAmpères)
 - Communication avec un PDA (Personal Digital Assistant)

Autres réseaux

- **RFID** (RadioFrequency Identification)

- Étiquettes passives
- Portée : quelques mètres



- **NFC** (Near Field Communication)

- Norme ISO/CEI 14443 – Bande : 13,56 MHz
- Portée : 10 cm max.

Références

- <https://fr.wikipedia.org>