

Ecole Nationale Polytechnique d'Oran- Maurice AUDIN
Département de Génie des Systèmes

Intitulé de la matière: **Technologies des Réseaux Sans Fil**

Chapitre1: Introduction aux Réseaux Sans Fil

Dr. Nawel BENDIMERAD

Année universitaire 2023/2024

Objectifs de la matière

- Comprendre les spécificités des réseaux sans fil.
- Distinguer les différents types de réseaux sans fil.
- Acquérir les notions de base sur les réseaux locaux sans fil
- Etudier et analyser les protocoles de routage dans les réseaux ad hoc.
- Saisir les particularités des réseaux de capteurs sans fil.
- Avoir un aperçu sur les réseaux cellulaires.

Contenu du Chapitre 1

- 1/ Introduction
- 2/ Historique
- 3/ Définition d'un réseau sans fil
- 4/ Définition d'une onde radio
- 5/ Catégories de réseaux sans fil
- 6/ Les réseaux personnels sans fil (WPAN)
- 7/ Les réseaux locaux sans fil (WLAN)
- 8/ Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN)
- 9/ Les réseaux étendus sans fil (WWAN)

1/ Introduction (1)

- Les réseaux filaires ont largement été utilisés, surtout lors du développement de l'internet.
- Cependant, les réseaux filaires représentent de nombreuses limites telles que:
 - Mobilité réduite
 - Installation difficile
 - Utilisation de câbles encombrants
 - Distance limitée
 - Maintenance et ajout d'équipements plus difficile
 - Coût d'installation élevé, etc.
- Ce qui a valu le développement de réseaux sans fil avec un déploiement rapide.



1/ Introduction (2)

- Le développement des réseaux sans fil a été réalisé :
 - D'une part, avec l'évolution des dispositifs électroniques (miniaturisation et réduction du coût des composants, augmentation de l'autonomie, etc);
 - Et d'autre part, grâce aux progrès réalisés dans l'infrastructure de communication, de l'informatique et des technologies.
- Les avantages de déploiement d'un réseau sans fil (RSF) sont les suivant:
 - Installation simple et rapide
 - Coût raisonnable
 - Confort d'utilisation
 - Mobilité
 - Extensibilité
 - Productivité, etc.



1/ Introduction (3)

- Les inconvénients des RSF sont :
 - Un débit souvent plus faible qu'un réseau filaire.
 - Une atténuation rapide du signal en fonction de la distance due au problème de collision.
 - Le problème d'interférences (bruits parasites, réflexion dues à l'environnement, etc.).
 - Les limitations de la puissance du signal par les réglementation.
 - La limitation de l'énergie par l'autonomie des batteries (réseaux de capteurs sans fil).
 - Une faible sécurité (espionnage du canal radio).
 - Changement de la topologie du réseau à cause de la mobilité des nœuds, etc.

2/ Historique (1)

- 1897: G. Marconi réalise le premier télégraphe sans fil.
- 1962: Le premier satellite de communication spatiale (Telstar) est mis en orbite.
- 1969: Le premier prototype fonctionnel de l'Internet (Arpanet) est lancé.
- 1971: Evolution de la technologie de réseaux sans fil avec un projet de l'université de Hawaï appelé ALOHAnet (Additive Links On-line Hawaii Area).
- 1985: Un ensemble de contrôle d'accès au support (MAC) et de spécifications sur la couche physique est développé pour la mise en œuvre du réseau sans fil local (WLAN) appelé IEEE 802.11 (2 Mbit/s max), conçu par l'Institute of Electrical and Electronic Engineer (IEEE).

2/ Historique (2)

- 1990: Développement du World Wide Web par Tim Berners-Lee en collaboration avec Robert Cailliau.
- 1997-2000: En accord avec l'IEEE, Les technologies 802.11a (54 Mbit/s max) et 802.11b (11 Mbit/s max) ont été arrêtées .
- 1999: Formation du consortium « WiFi Alliance ». La Séquence Directe IEEE 802.11b est renommée « Wi-Fi » par la firme de consultation Interbrand Corporation.
- 2003-2009: Les normes 802.11g, 802.11e et 802.11n (de 150 jusqu'à 600 Mbit/s) sont créées.
- 2009-2023: Les normes 802.11v, 802.11k, 802.11u , 802.11ac, 802.11ax, 802.11ay (jusqu'à 176 Gbit/s) sont lancées pour une meilleure couverture.

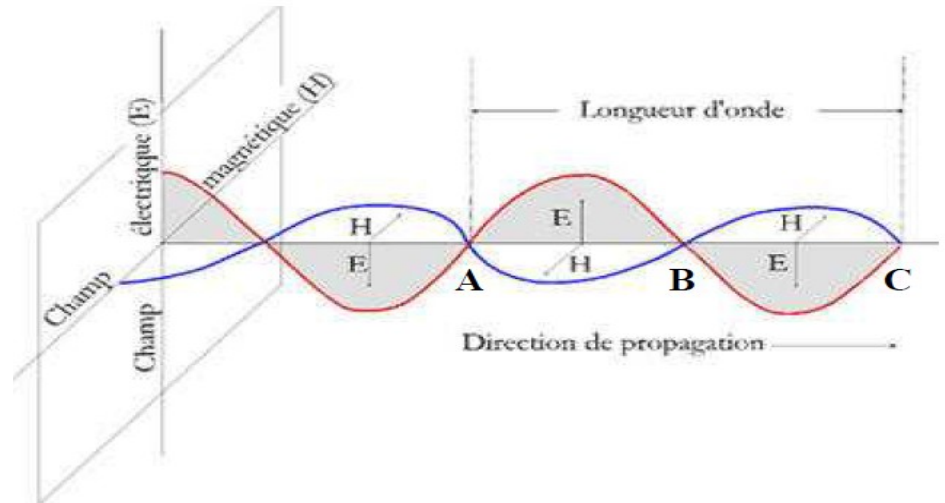
3/ Définition d'un réseau sans fil

- Un réseau sans fil (Wireless Network) est un réseau dans lequel au moins deux périphériques (ordinateur, PDA, imprimante, etc) peuvent communiquer sans liaison filaire.
- Les câbles habituels sont remplacés par des ondes radioélectriques (radio et infrarouges).
- Il existe plusieurs technologies de RSF qui se distinguent entre autres par:
 - La fréquence d'émission utilisée,
 - Le débit,
 - La portée de transmission.

4/ Définition d'une onde radio

- Les ondes radio (notée RF pour Radio Frequency) se propagent en ligne droite dans plusieurs directions.
- La vitesse de propagation des ondes dans le vide est de $3 \cdot 10^8$ m/s.
- L'onde électromagnétique est formée par le couplage de deux champs, électrique et magnétique.
- La longueur d'onde λ est définie par le rapport de la célérité c et la fréquence f :

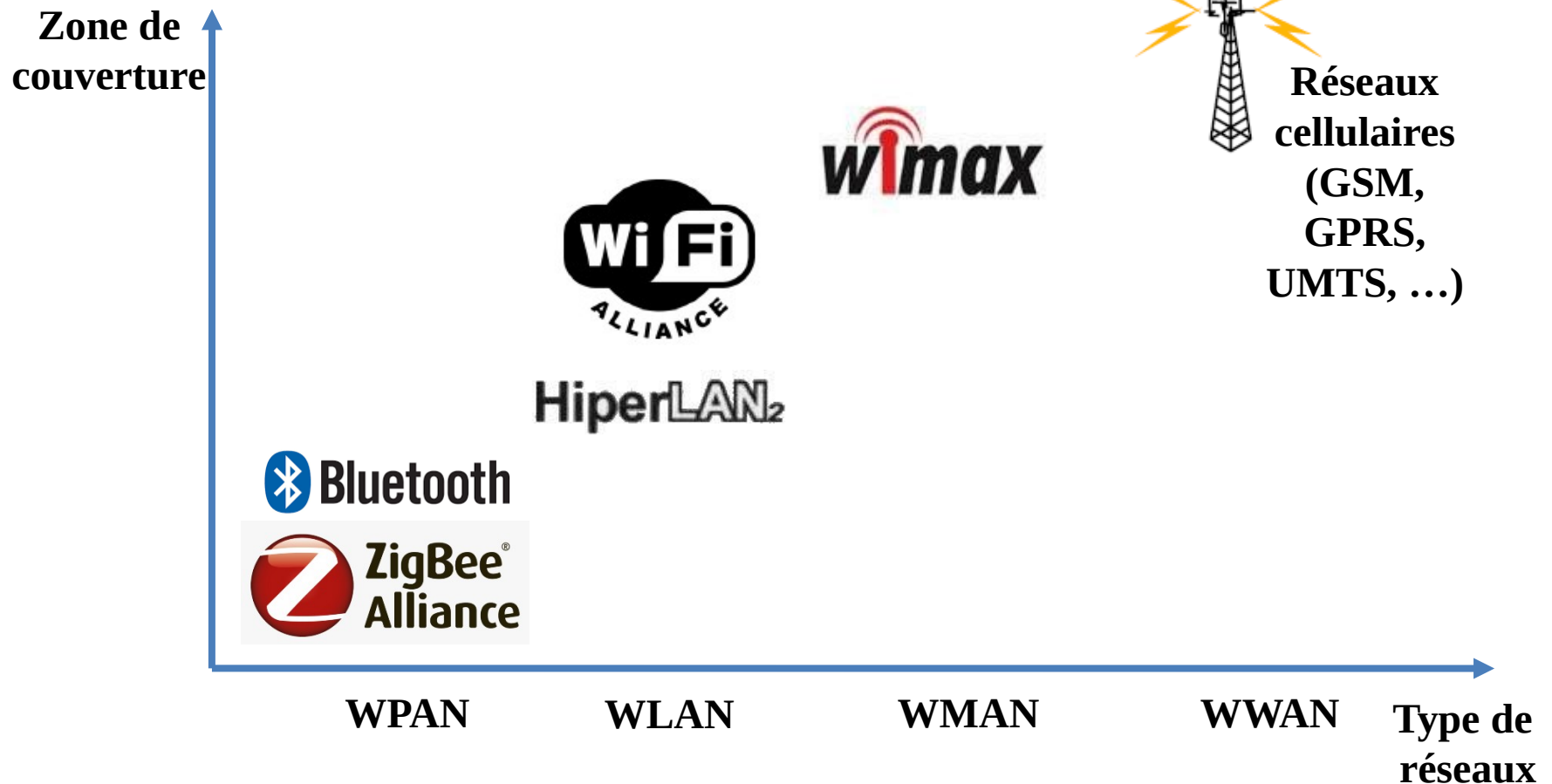
$$\lambda = c/f$$



- Où λ est exprimée en m, c en m/s et f en Hz.
- Ex: Pour le Wi-Fi, $f = 2,4$ GHz donc $\lambda = 3 \cdot 10^8 / 2,4 \cdot 10^9 = 0,125$ m = 12,5 cm.

5/ Catégories de réseaux sans fil (1)

- Nous pouvons distinguer plusieurs catégories de réseaux sans fil, qui nous offrent une connectivité suivant leur périmètre géographique appelé **zone de couverture**.



5/ Catégories de réseaux sans fil (2)

- Les réseaux sans fil sont basés sur les normes de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) et peuvent être classifiés dans les différentes catégories suivantes:
 - **Réseaux personnels sans fil (WPAN, Wireless Personal Area Networks):** Bluetooth, ZigBee/IEEE 802.15.4, etc.
 - **Réseaux locaux sans fil (WLAN, Wireless Local Area Networks) :** Wi-Fi IEEE 802.11x
 - **Réseaux Métropolitains sans fil (WMAN, Wireless Metropolitan Area Networks):** WiMAX /IEEE 802.16
 - **Réseaux étendus sans fil (WWAN, Wireless Wide Area Networks) :** 2G (GSM/GPRS/EDGE), 3G (UMTS/HSPA), 4G (LTE/LTE-A), etc.

Note: Possibilité d'interconnexion de ces différents types de réseaux à l'aide de réseaux sans fil ou filaires.

6/ Les réseaux personnels sans fil (WPAN) (1)

- Les réseaux personnels sans fils (appelés aussi réseaux domestiques sans fil) concernent les réseaux sans fil d'une faible portée (quelques dizaines de mètres).
- Objectif:
 - Etablir une liaison sans fil entre deux machines très peu distantes.
 - Connexion de plusieurs périphériques tels que les téléphones portables, appareils domestiques, imprimante, etc.
- Technologies utilisées:
 - **Bluetooth**
 - Home RF (Home Radio Frequency)
 - **ZigBee/IEEE 802.15.4**
 - Infrarouge
 - UWB (Ultra-Wide Band)

6/ Les réseaux personnels sans fil (WPAN) (2)

- Selon L'IEEE, les réseaux personnels sans fil sont classés en 3 catégories:
 - **WPAN haut débit (HR-WPAN)** : Il est défini dans la norme IEEE 802.15.3. Le débit de données est > 20 Mbps (**UWB**).
 - **WPAN moyen débit (MR-WPAN)** : Il est défini dans la norme IEEE 802.15.1. Le débit de données est de 1 Mbp (**Bluetooth**).
 - **WPAN bas débit (LR-WPAN)** : Il est défini dans la norme IEEE 802.15.4. Le débit de données est $< 0,25$ Mbps (**ZigBee**).
- Exemples d'application:
 - **WBAN (Wireless Body Area Network)**: Il est défini dans la norme IEEE 802.15.6, permettant des communications à l'intérieur et sur le corps humain.
 - **WSN (Wireless Sensor Network)**: Il s'agit d'un réseau Ad hoc avec un grand nombre de capteurs capable de récolter et de transmettre des données. Répond à la norme IEEE 802.15.4.

6/ Les réseaux personnels sans fil (WPAN) (3)

Le Bluetooth (1)

- Bluetooth est la principale technologie des WPAN.
- Cette technologie a été lancée par Ericsson en 1994, permettant de relier des appareils entre eux sans liaison filaire.
- Le débit théorique proposé est de 1 Mb/s pour une faible portée d'une trentaine de mètre au maximum.
- Bluetooth utilise la bande de fréquence des 2,4 GHz (ISM: Industrial, Scientific and Medical), comprise entre 2400 et 2483,5 MHz, dont l'exploitation ne nécessite pas de licence.
- Il existe trois classes de modules radio Bluetooth comme suit:

Classe	Puissance	Portée
1	100 mW	100 m
2	2,5 mW	Maximum 10m
3	1 mW	Quelques mètres



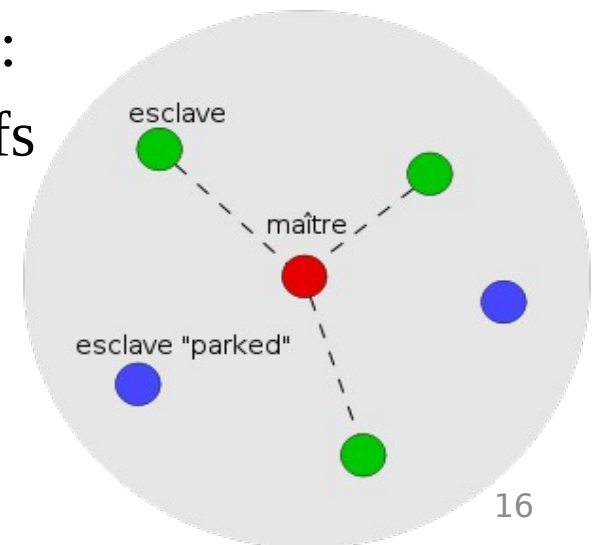
- La plus utilisée par les appareils électroniques est la classe 2.

6/ Les réseaux personnels sans fil (WPAN) (4)

Le Bluetooth (2)

Picoréseau (Piconet) (1)

- Le standard Bluetooth est basé sur un mode de fonctionnement *maître/esclave*.
- On appelle picoréseau (piconet) un réseau qui se crée de manière automatique quand plusieurs périphériques Bluetooth sont dans le même rayon de portée.
- Un picoréseau est organisé selon une topologie en étoile avec un périphérique *maître* et plusieurs périphériques *esclaves*.
- Un maître peut être connecté simultanément à:
 - un maximum de 7 périphériques *esclaves* actifs
 - ou 255 *esclaves* en mode *parked* (passif).



6/ Les réseaux personnels sans fil (WPAN) (5)

Le Bluetooth (3)

Picoréseau (Piconet) (2)

- La communication est directe entre le *maître* et un *esclave*.
- Les périphériques *esclaves* ne peuvent pas communiquer entre eux. Tous les *esclaves* du picoréseau sont synchronisés sur l'horloge du *maître*.
- C'est le périphérique *maître* qui détermine la fréquence de saut pour tout le picoréseau.
- Les périphériques d'un picoréseau possèdent une adresse logique de 3 bits, ce qui permet un maximum de 8 appareils.
- Les appareils dits en mode *parked* sont synchronisés mais ne possèdent pas d'adresse physique dans le picoréseau.
- Il peut coexister jusqu'à 10 picoréseaux dans une même zone de couverture.

6/ Les réseaux personnels sans fil (WPAN) (6)

Le Bluetooth (4)

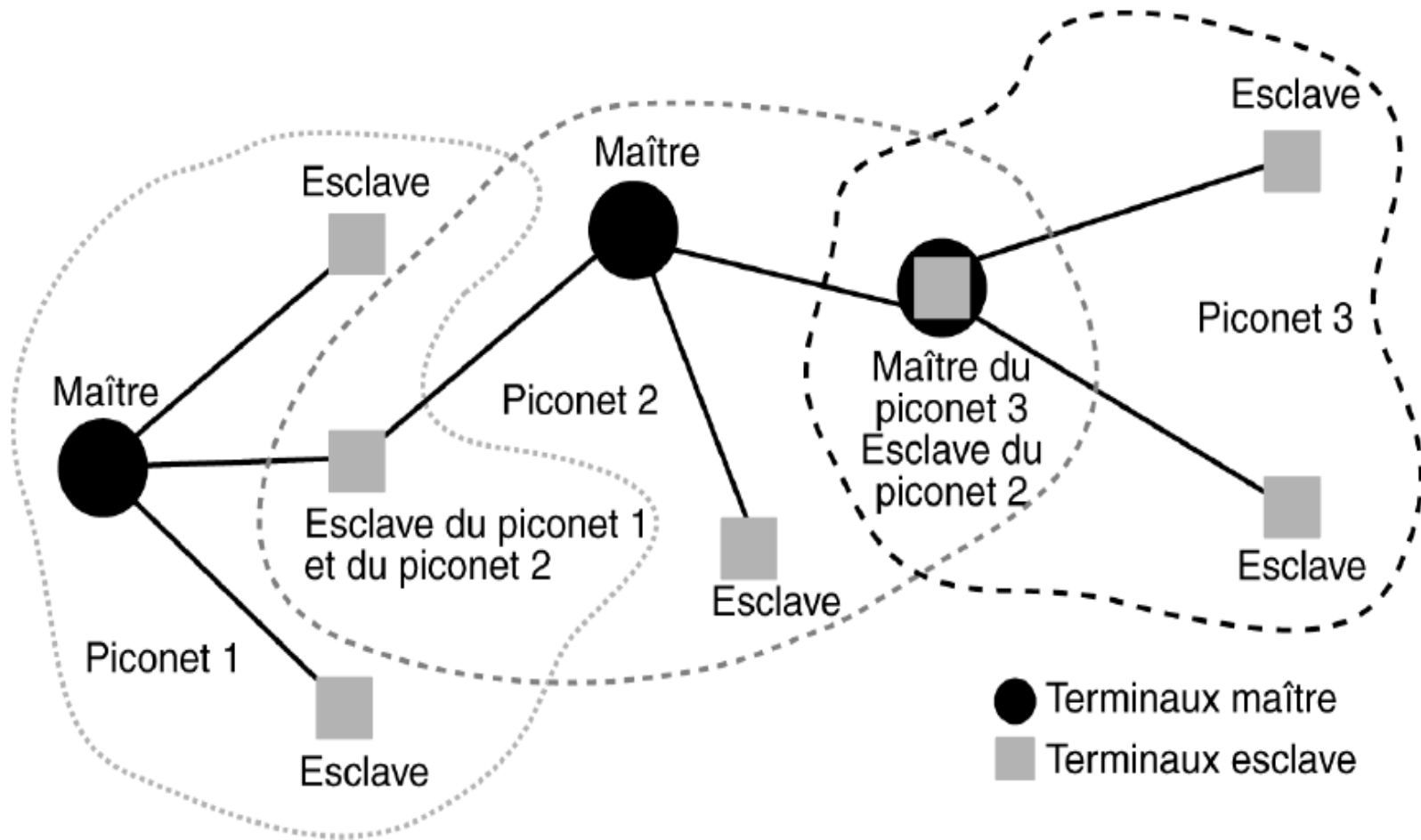
Inter-réseau Bluetooth (Scatternet) (1)

- Un autre schéma de communication consiste à interconnecter des *piconets* pour former un autre réseau appelé un *scatternet* (réseau dispersé).
- Du moment que les périphériques *esclaves* peuvent avoir plusieurs *maîtres* donc plusieurs réseaux piconets peuvent être reliés entre eux.
- Le périphérique *maître* d'un *piconet* peut devenir *l'esclave* du maître d'un autre *piconet*.
- Un périphérique *esclave* a la possibilité aussi de se détacher provisoirement d'un *maître* pour se raccrocher à un autre *piconet*.
- Malheureusement, la vitesse de communication diminue rapidement en fonction du nombre de périphériques connectés dans un même *piconet*.

6/ Les réseaux personnels sans fil (WPAN) (7)

Le Bluetooth (5)

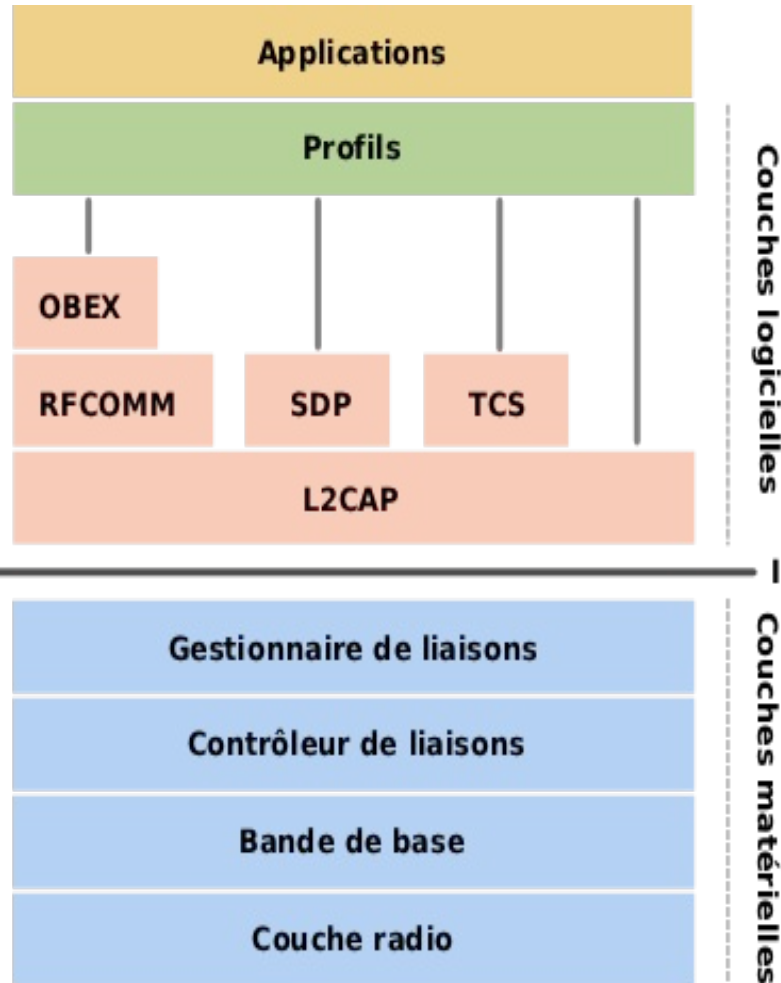
Inter-réseau Bluetooth (Scatternet) (2)



6/ Les réseaux personnels sans fil (WPAN) (8)

Le Bluetooth (6)

Architecture



- **Protocoles utilisés:**
 - **L2CAP** (Logical Link Control and Adaptation protocol): segmentation et réassemblage, QoS, etc.)
 - **SDP** (Service Discovery Protocol).
 - **RFCOMM** (Radio Frequency COMMunication)
- **Principales fonctions des couches matérielles:**
 - Configuration de la liaison
 - Authentification des périphériques
 - Etablissement des communications
 - Communication

6/ Les réseaux personnels sans fil (WPAN) (9)

Le Bluetooth (7)

Avantages/Inconvénients

- **Avantages:**
 - Faible coût.
 - Très peu gourmande en énergie, ce qui rend son utilisation plus appropriée pour les petits périphériques.
 - Ne nécessite pas une ligne de vue directe pour communiquer, contrairement à la technologie Irda (liaison infrarouge).
 - Disponible dans le monde entier (bande ISM).
 - Bonne résistance aux interférences
- **Inconvénients:**
 - Problèmes de compatibilité entre les puces provenant de divers industriels.
 - Débit faible.
 - Nombre de périphériques en réseau limité.

7/ Les réseaux locaux sans fil (WLAN) (1)

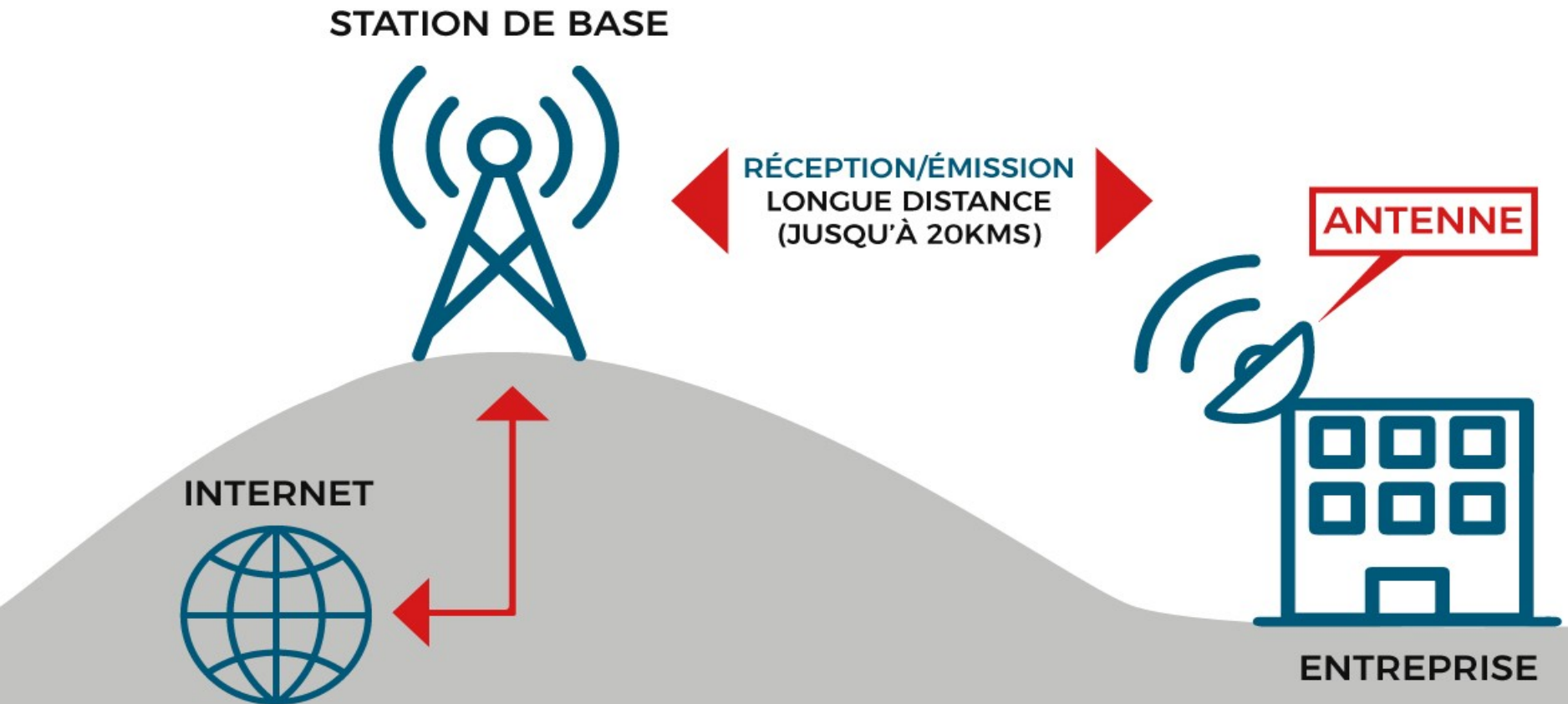
- Un réseau local sans fils offre une couverture équivalente à un réseau local d'entreprise, d'une portée d'une centaine de mètres.
- Il permet de relier des équipements de type PC ou autres de type électronique ou informatique dans des environnements professionnels (immeubles de bureau, bâtiments industriels) ou grand public.
- Il existe deux grandes familles de technologies dans les WLAN:
 - **Le Wi-Fi (Wireless Fidelity):** répond à la norme **IEEE 802.11**, il s'agit d'un standard international soutenu par l'alliance WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), offre des débits allant jusqu'à 54 Mbit/s avec une portée de plusieurs centaines de mètres. Les fréquences du Wi-Fi de base se situent dans la gamme des 2,4 GHz.
 - **L'HiperLAN2 (High Performance Radio LAN 2.0):** Norme européenne élaborée par l'ETSI (European Telecommunications Standard Institute), permet d'atteindre un débit théorique de 54 Mbit/s, utilisant la gamme de fréquence comprise entre 5,15 et 5,3 GHz sur une portée d'une centaine de mètres.

8/ Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN) (1)

- Les réseaux métropolitains sans fils (appelés aussi Boucle Locale Radio (BLR)) sont basés sur la norme IEEE 802.16.
- La BLR offre un débit utile de 1 à 10 Mbit/s pour une portée de 4 à 10 Km.
- Les produits associés à ce type de réseaux sont appelés WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access).
- Le WiMax peut exploiter les bandes de fréquence 2,4 GHz, 3,5 GHz et 5,8 GHz.
- Nous pouvons distinguer deux technologies WiMax:
 - Le WiMax fixe: pour remplacer l'ADSL dans les zones rurales.
 - Le WiMax mobile: pour la connexion de clients mobiles à Internet.
- Objectifs du WiMax:
 - Fournir une connexion Internet à haut débit
 - Obtenir des débits de l'ordre de 70 Mbit/s sur un rayon de plusieurs

8/ Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN) (2)

Fontionnement du WiMax



9/ Les réseaux étendus sans fil (WWAN) (1)

- Les réseaux étendus sans fils (appelés aussi réseaux cellulaires mobile) interconnectent des réseaux à l'échelle d'un pays.
- Il s'agit des réseaux sans fil les plus répandus puisque tous les téléphones mobiles sont connectés à un réseau étendu sans fil.
- Les principales technologies sont les suivantes :
 - GSM (Global System for Mobile Communication ou en français Groupe Spécial Mobile): 2G,
 - GPRS (General Packet Radio Service) : 2,5 G,
 - EDGE (Enhanced Data rate for GSM Evolution): 2,75 G,
 - UMTS (Universal Mobile Telecommunication System): 3G,
 - HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): 3,5 G,
 - LTE (Long Term Evolution): 4G,
 - Réseaux cellulaires avancés: 5G et 6G.