

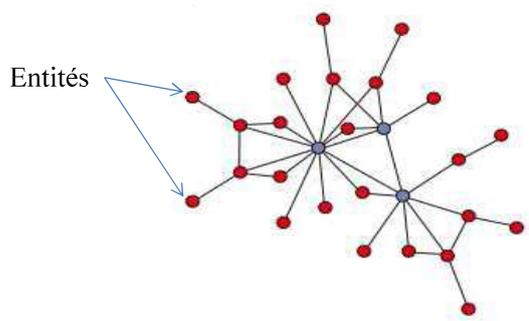
Chapitre 01

Introduction aux réseaux Sans fil



C'est quoi un réseau?

- **Réseau** : est un ensemble d'entités reliés entre eux par des liens ou canaux de communication dans le but d'échanger des informations.



- **Types de Réseaux** :

- Selon le type des nœuds:

- *Réseaux informatiques*: les entités sont les ordinateurs, imprimantes, routeurs, etc.
- *Réseaux de télécommunication*: les entités sont les appareils mobiles, stations de base BTS, contrôleurs des stations de base (BSC), commutateurs (MSC)...
- etc.

Types de réseaux

▪ Selon le type des liens de communication:

La communication peut être filaire ou sans fil, et donc on a:

➤ Réseau filaire:

- ✓ Un support de transmission physique (un fil), ex. câble coaxial, paire torsadée, fibre optique...
- ✓ Il guide le signal dans sa propagation → transmission guidée.

➤ Réseau sans fil:

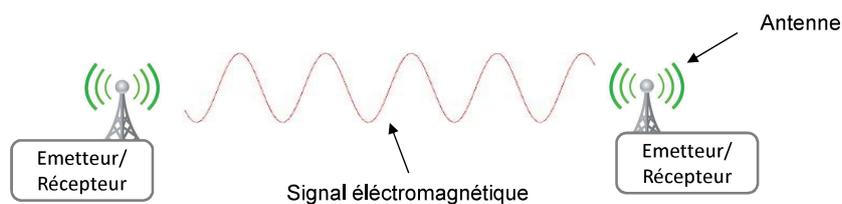
- ✓ Aucun support physique, le signal se propage dans l'air (l'espace).
- ✓ Transmission de signaux sans aucun guidage → transmission non guidée.

Question ?

Puisqu'il n'y a pas de support physique, comment la communication sans fil transmet-elle les signaux?

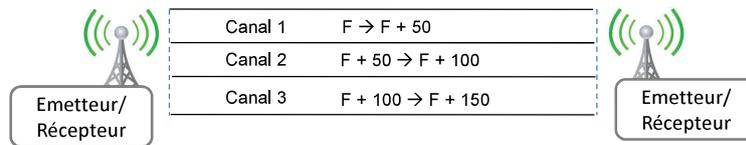
La communication sans fil

- Emission / Réception de la voix et des données en utilisant des ondes électromagnétiques dans un espace libre (ouvert).
- Emetteur/ Récepteur est équipé d'un équipement d'émission/réception du signal électromagnétique → antenne.
- L'antenne est un appareil électrique qui transforme les signaux électriques en signaux radio sous la forme d'ondes électromagnétiques (EM) et vice versa.



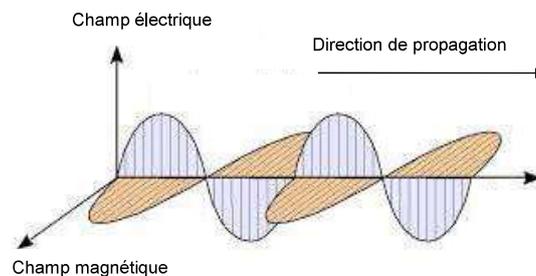
La communication sans fil

- La donnée est transmise sur une **bande de fréquences bien définie** appelée **canal**.
 - Chaque **canal** a une bande passante (un intervalle de fréquence) fixe.
 - Différents canaux peuvent être utilisés pour transmettre des données en **parallèle** et **indépendamment**.
- **Exemple:** Soit un spectre de 150 KHz est alloué sur une fréquence de base pour une communication entre deux stations A et B, où chaque canal occupe 50 KHz



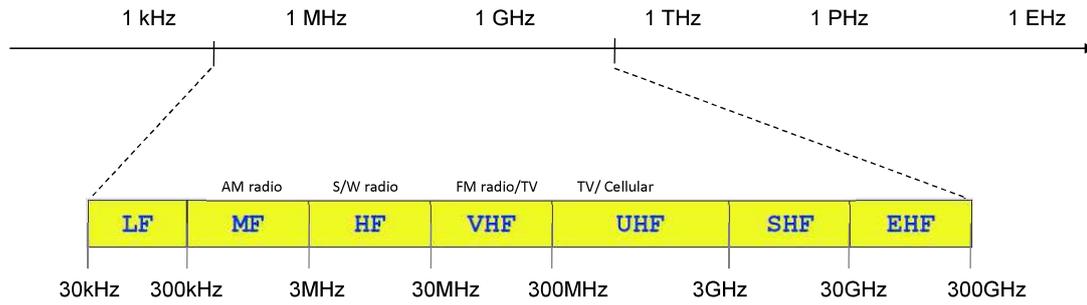
C'est quoi une onde électromagnétique?

- Une onde est une **perturbation** qui se propage dans la matière.
- Une onde électromagnétique se compose de deux champs: **électrique** et **magnétique**:
 - ✓ L'onde électromagnétique est la perturbation de ces deux champs.
 - ✓ Ces deux champs **oscillent perpendiculairement** l'un à l'autre.
 - ✓ La direction de propagation de l'onde est **perpendiculaire** à ces deux champs.



- Une propriété principale des ondes est la **longueur d'onde** → dépend de la fréquence.
 - ✓ Plus la longueur d'onde est faible plus le signal contient de l'énergie.
- Les caractéristique de l'onde varient selon la fréquence.

Le spectre électromagnétique



- LF - Low Frequency
- MF - Medium Frequency
- HF - High Frequency
- VHF - Very High Frequency
- UHF - Ultra High Frequency
- SHF - Super High Frequency
- EHF - Extreme High Frequency

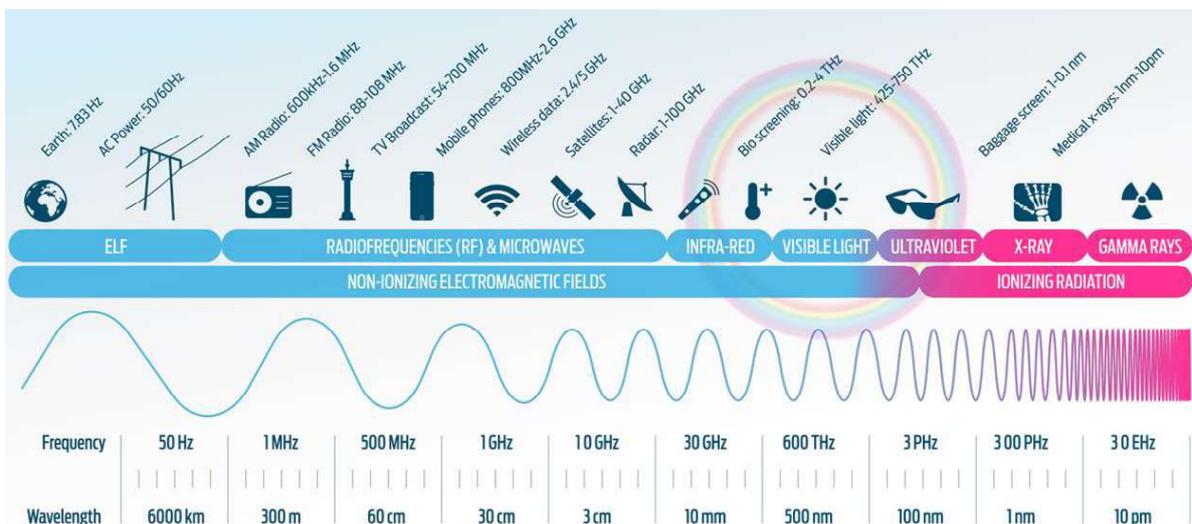
Quelques fréquences:

- FM Radio ~ 88 MHz
- TV Broadcast ~ 200 MHz
- GSM Phones ~ 900 MHz
- GPS ~ 1.2 GHz
- Bluetooth ~ 2.4 GHz
- WiFi ~ 2.4 GHz

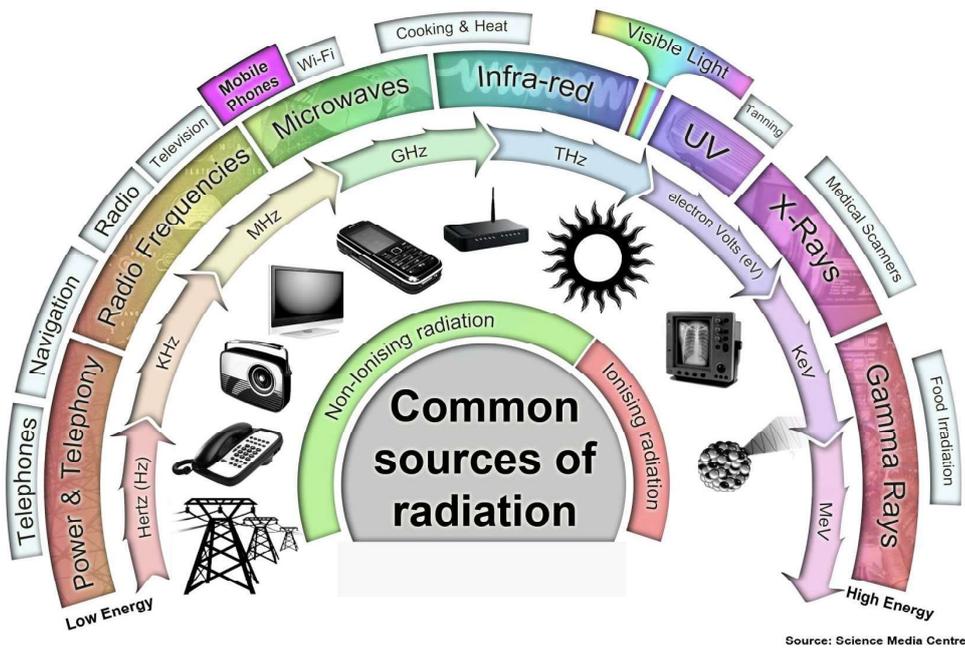
📌 Les caractéristiques de propagation sont différentes pour chaque intervalle de fréquence

✓ Les molécules de la matière réagissent aux ondes électromagnétique qui ont des fréquences précises.

Le spectre électromagnétique

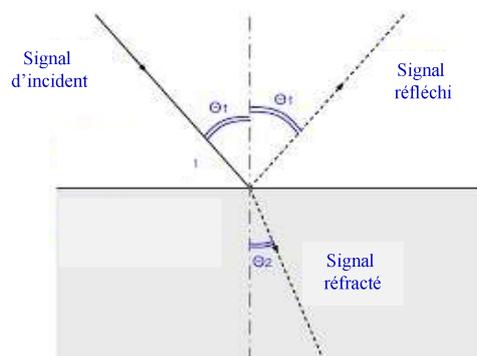


Le spectre électromagnétique



Propagation des ondes électromagnétiques

- Les ondes électromagnétiques se propagent en **ligne droite** dans **plusieurs directions**.
- La vitesse de propagation = $3 \cdot 10^8$ m/s (dans le vide).
- Lorsqu'une onde radio rencontre un **obstacle**:
 - ✓ une partie est **absorbée** (transformée en énergie) → **Absorption**
 - ✓ une partie est **réfléchi** → **Réflexion**
 - ✓ une partie (**atténuée**) continue à se propager → **Réfraction**.
- L'**atténuation** d'un signal est la réduction de sa puissance lors d'une transmission.



Propagation des ondes électromagnétiques

- L'atténuation augmente avec l'augmentation de la **fréquence** ou de la **distance**.
- Elle dépend du matériau:

Matériaux	Affaiblissement	Exemples
Air	Aucun	Espace ouvert
Bois	Faible	Porte, plancher
Plastique	Faible	Cloison
Verre	Faible	Vitres non teintées
Verre teinté	Moyen	Vitres teintées
Eau	Moyen	Aquarium, fontaine
Briques	Moyen	Murs
Plâtre	Moyen	Cloisons
Céramique	Elevé	Carrelage
Papier	Elevé	Rouleaux de papier
Béton	Elevé	Murs porteurs, étages, piliers
Verre blindé	Elevé	Vitres pare-balles
Métal	Très élevé	Béton armé, miroirs, armoire métallique

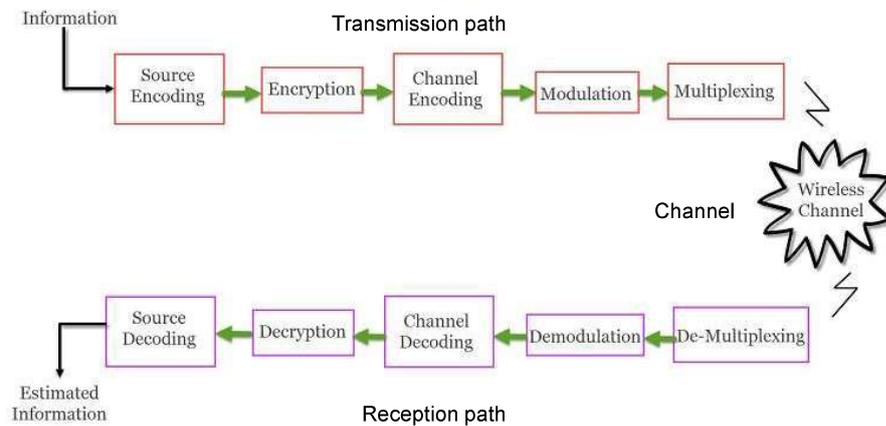
N.B. Les obstacles métalliques provoquent une réflexion, tandis que l'eau absorbe le signal.

Historique de la communication sans fil

- 1800**
 - **1838**: Télégraphe électrique.
 - **1876**: Téléphone (Bell)
 - **1892**: Radiodiffusion
 - **1898**: 1^{er} communication mobile (télégraphe sans fil)
- 1900**
 - **1915**: 1^{er} liaison téléphonique transcontinentale (Bell System)
 - **1930**: Télévision
 - **1958**: 1^{er} réseau cellulaire public.
 - **1962**: 1^{er} satellite TV et géostationnaire.
 - **1964 - 1969**: Transmission de données sur RTC, et puis l'Internet
 - **1970**: Bell / 1G - début des systèmes cellulaires analogiques
 - **1990**: IEEE 802.11 Wireless LAN
 - **1991**: Déploiement GSM (Premier SMS envoyé en 1993)
 - **1997 - 1999**: WLAN IEEE 802.11 (1 à 2 Mbit /s) et IEEE 802.11a (1 à 54 Mbit /s – 5GHz)
- 2000**
 - **2000**: 3G, la troisième génération de la téléphonie mobile (UMTS)
 - **2003 - 2009**: WLAN IEEE 802.11g (1 à 54 Mb /s - 2,4 GHz), et IEEE 802.11n (150 Mb /s)
 - **2015**: 4G, la quatrième génération de la téléphonie mobile (LTE).
 - **???? - 5G**

Éléments de base d'un système de communication sans fil

- Un système de communication sans fil est divisé en trois éléments: le transmetteur, le canal et le récepteur.



13

Éléments de base d'un système de communication sans fil

- **La transmission**
 - **Encodage:** le signal est convertit en une forme appropriée.
 - **Cryptage :** Le signal est crypté pour que les informations soient sécurisés.
 - **Codage de canal:** une petite quantité de redondance est introduite, pour qu'il devienne robuste.
 - **Modulation :** le signal est ensuite modulé en utilisant une technique de modulation (ex. PSK, FSK, etc.)
 - **Multiplexage:** le signal modulé est multiplexé avec d'autres signaux (ex. TDM, FDM).
- **Le canal:**

Un canal sans fil est d'une nature imprévisible, aléatoire et très variable à cause des facteurs externes qui les affectent: interférence, distorsion, bruit, etc. → Le signal reçu peut comporter des erreurs.
- **La réception:**

Le récepteur reçoit le signal et le reproduit pour avoir celui de source. C'est le travail inverse: démultiplexage → démodulation → décodage de canal → décryptage → décodage de source.

14

Différents systèmes de communication sans fil (Applications)

➤ Télévision et radio

- ✓ Le premier service sans fil à être diffusé.
- ✓ Système de communication simplex.

➤ Radar

- ✓ Système de localisation et de positionnement sans fil.



➤ La téléphonie mobile (communication cellulaire)

- ✓ Le système de communication sans fil le plus utilisé.



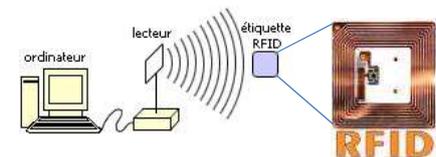
Téléphonie cellulaire

Cordless phone

➤ La téléphonie sans fil

- ✓ Sans fil pour un rayon de quelques dizaines de mètres

➤ La Communication infrarouge (IR), Bluetooth, WiFi, RFID, etc.

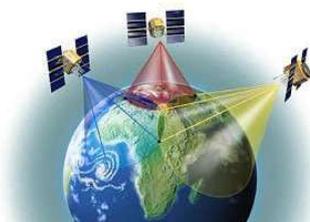


15

Différents systèmes de communication sans fil

➤ Communication par satellite

- ✓ Une couverture mondiale.
- ✓ Offrent des services de télécommunication (téléphonie satellite), de positionnement et de navigation (GPS), de radiodiffusion, d'Internet, etc.
- ✓ Les autres services (mobile, télédiffusion, radio, etc.) dépendent de la communication par satellite.



GPS



N.B. Un système de communication sans fil fournit **différents services**: Internet, la vidéoconférence, la téléphonie cellulaire, la télévision, la radio, etc.

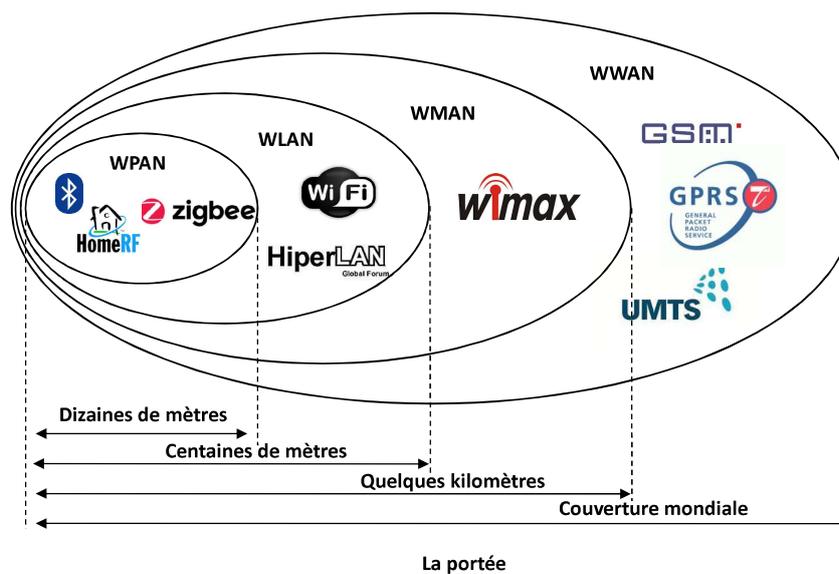
16

Classification des réseaux sans fil

- Un réseau sans fil ⇔ Un système de communication sans fil.
 - ✓ Un réseau qui utilise des ondes électromagnétiques pour connecter les différentes stations.
- Classification des réseaux sans fil (Selon la taille)
 - *WPAN (Wireless Personal Area Networks):*
 - ✓ Portée limitée à quelques dizaines de mètres (bureaux, salles de, etc.).
 - ✓ Standards (Technologies): Bluetooth, ZIGBEE, InfraRed, RFID, HomeRF.
 - *WLAN (Wireless Local Area Networks)*
 - ✓ Les réseaux locaux sans fil dont la portée < 500 m (un bâtiment, etc.)
 - ✓ Standards: Wi-Fi (Wireless Fidelity), HIPERLAN.
 - *WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks)*
 - ✓ Portée jusqu'à 50 Km (ex. une ville).
 - ✓ Standards: WiMAX, HIPERMAN.
 - *WWAN (Wireless Wide Area Networks)*
 - ✓ Très large portée (l'échelle mondiale)
 - ✓ Standards: GSM et ses évolutions (GPRS, EDGE), le CDMA et l'UMTS, Satellites.

17

Classification des réseaux sans fil

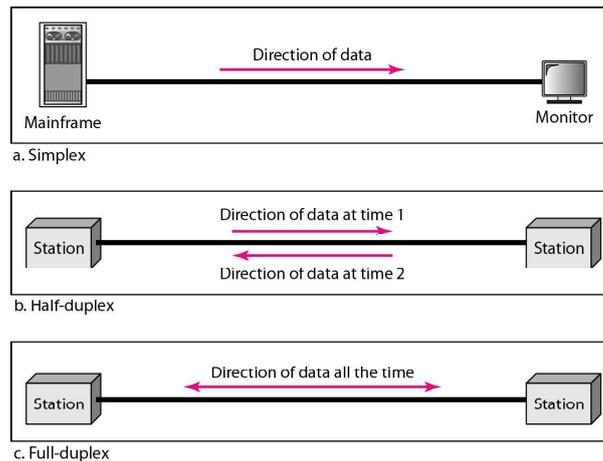


18

Classification des réseaux sans fil

▪ Selon le mode de fonctionnement:

- Simplex: La communication est à sens unique, ex. le système de diffusion radio.
- Half-duplex: La communication est bidirectionnelle mais pas simultanée, ex. le talkie walkie.
- Full-duplex: La communication est bidirectionnelle simultanée, ex. téléphones mobiles.



Différentes technologies sans fil

✚ Les technologies WPAN

- Connexion de différents appareils sans fil (téléphone, ordinateur, casque, souris...etc.) entre eux.

▪ Infrarouge

- ✓ Portée de quelques mètres.
- ✓ Débit = quelques mégabits.
- ✓ Largement utilisée pour la domotique (télécommandes, lecture code-barres, etc.).
- ✓ Souffre des perturbations dues aux interférences lumineuses (télévision, néon, etc.).



▪ Bluetooth (IEEE 802.15.1)

- ✓ Lancé par Ericsson en 1994
- ✓ Résistance aux interférences et faible consommation d'énergie.
- ✓ Utilisation simple (très populaire).
- ✓ Utilise la bande de 2,4 GHz (2,402 GHz à 2,480GHz)



Différentes technologies sans fil

▪ Zigbee (IEEE 802.15.4)

- ✓ Très faible coût de production et faible consommation d'énergie
- ✓ Candidat idéale pour la domotique (télécommande, chauffage, porte de garage, hifi, jouets, ...).
- ✓ opère sur la bande de fréquences de 2,4 GH.
- ✓ Débits = 250 Kb/s et une portée = 100 mètres



▪ HomeRF

- ✓ Usage domestique (partager accès à Internet)
- ✓ Développée par un consortium: HP, IBM, Siemens, Proxim, Compaq, Intel et Microsoft.
- ✓ Opère sur la fréquence 2,4 GHz.
- ✓ Débit = 2Mbits/s et portée = cinquantaine de mètres.



Différentes technologies sans fil

✚ Les technologies WLAN

- La forme la plus simple d'un réseau informatique sans fil.

▪ WiFi (Wireless Fidelity - IEEE 802.11)

- ✓ Soutenu par **WECA** (Wireless Ethernet Compatibility Alliance)
- ✓ Débit = 54 Mbps et portée = plusieurs centaines de mètres.
- ✓ plusieurs versions (802.11a, 802.11b et 802.11g) de différents débits



Standard	Bande de fréquence	Débit	Portée
WiFi A (802.11a)	5 GHz	54 Mbit/s	10 m
WiFi B (802.11b)	2.4 GHz	11 Mbit/s	100 m
WiFi G (802.11g)	2.4 GHz	54 Mbit/s	100 m

Différentes technologies sans fil

■ HiperLAN (High Performance Radio LAN)

- ✓ Elaborée par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute).
- ✓ Débit théorique = 54Mbps (HiperLAN 2) et portée = centaine de mètres.
- ✓ Fréquence comprise entre 5,15 GHz et 5,3 GHz.
- ✓ Quatre types existent: HiperLAN 1, HiperLAN 2, HiperLAN 3, HiperLAN 4:



	HiperLAN 1	HiperLAN 2	HiperLAN 3	HiperLAN 4
Utilisation	Intérieur des bâtiments	S'appuie sur réseau ATM	les réseaux de diffusion (Boucle local)	réseaux point à point
Fréquence	5,15 – 5,30 GHz	5,15 – 5,30 GHz		17,2 – 17,3 GHz
Portée	50 m	200 m	5 Km	150 – 200 m
Débit	23,5 Mb/s	23,5 Mb/s	20 Mb/s	155 Mb/s
Mobilité	10 m/s		Intérieur de la cellule	

Différentes technologies sans fil

✚ Les technologies WMAN

■ Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

- ✓ Basé sur la norme **IEEE 802.16**
- ✓ Transmission haut débit - accès à Internet haut débit aux zones non couvertes par le filaire.
- ✓ Portée = plusieurs kilomètres.
- ✓ Transporte l'ensemble des flux de communications (Internet, données, voix sur IP).
- ✓ Fréquence de 3,4 GHz à 3,6 GHz.



Différentes technologies sans fil

✚ Les technologies WWAN

- ✓ Infrastructure des réseaux cellulaires et une connectivité sans fil de larges portée

1G – AMPS (Advanced Mobile Phone System)

2G – GSM (Global System for Mobile)

2.5G – GPRS (General Packet Radio Services)

2.75G – EDGE (Enhanced Data GSM Environment)

3G – UMTS (Universal Mobile Telecommunications Services)

3.5G – HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)

HSPA+ (*High Speed Packet Access+*)

4G – LTE (Long Term Evolution)

LTE Advanced

WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)



Avantages des réseaux sans fil

Stay connected anywhere, anytime (Se libérer des contraintes du fil)

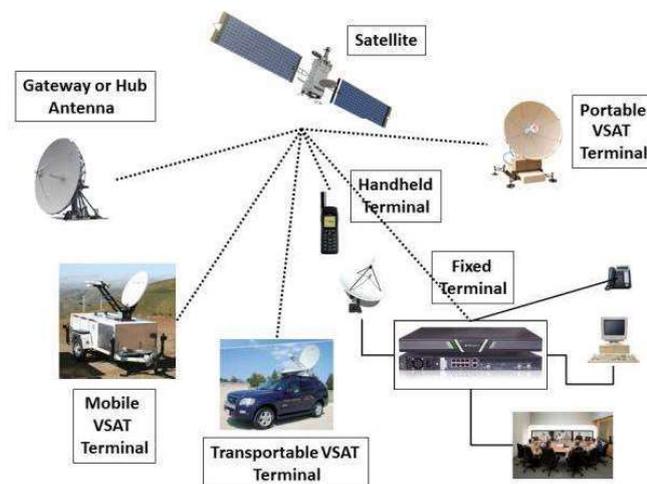
- **Coût et temps d'installation et d'entretien réduit. :**
 - Aucun coût d'installation des fils et de câblage
 - Pas de grappes de fils (pas de souci esthétique)
 - Un temps d'installation et de déploiement réduit.
- **Couverture globale et connectivité continue**
 - Connexion dans des endroits impossible et très coûteux (ex. zones rurales, vieux bâtiments, champ de bataille, véhicules, etc.)
 - Communications instantanées et rapide (pas besoin d'aller au bureau pour vérifier le courrier)
 - connectivité continue même en mobilité (Roaming)
- **La flexibilité**
 - La connexion à plusieurs appareils simultanément (pas de connexion physique requise)

Importance des réseaux sans fil

- Un réseau sans fil convient principalement dans deux cas :
 - Les réseaux ou les stations **mobiles**.
 - Les connexions **temporaires**, les situations d'**urgence** et les endroits **éloignés**.
- Dépendance croissante aux services de télécommunication.
 - ✓ Le consommateur (personne ou entreprises) est prêt à payer pour ces services.

Sans fil Vs Mobile

- ***Sans fil n'implique pas nécessairement mobile***
- Un réseau sans fil peut être:
 - Fixe.
 - Portable.
 - Mobile.



Challenges et défis des réseaux sans fil

- **Besoin du matériel efficace (Equipements):**
 - Problème de consommation de la batterie
 - Émetteurs, récepteurs et outil de traitement de signal de faible consommation d'énergie.

- **Utilisation efficace du spectre radioélectrique (lien de connexion)**
 - Réutilisation des fréquences cellulaires, protocole d'accès multiple au canal, etc.
 - Spectre radio très réglementée (définition des plages de fréquence et les puissances d'émission)

- **Lien non fiable (lien de connexion)**
 - Sensibilité aux perturbateurs (bruit, interférences, etc.).
 - Probabilité d'erreur très élevée.
 - Maintenance de la qualité du service difficile

Challenges et défis des réseaux sans fil

- **Gestion de tout un ensemble de services intégrés (Réseau)**
 - Voix, données, multimédia dans un seul réseau.
 - Techniques pour différencier les services, partage de ressources, etc.

- **Gestion de la mobilité (Réseau)**
 - Identification de l'emplacement, Handover, etc.
 - Connectivité et couverture (inter-réseaux); Roaming,.

- **Problème de sécurité (Réseau)**
 - Vulnérabilité au piratage et à l'écoute clandestine du support (Interception des données et intrusion)
 - Nécessité de renforcer les mécanismes de sécurité: confidentialité, authentification, etc.
 - Faire face à plusieurs types d'attaque: blocage radio (brouillage), épuisement de la batterie, etc.