

Réseaux sans fils et mobiles

Pr Mohammed BOUGRINE

Introduction

- Besoin croissant de communication en mobilité ;
- Recherche de solutions réseaux rapides et moins coûteuses pour couvrir un local ou un territoire (sans câbles) ;
- Augmentation du volume de données échangées ;
- Nécessité de faire communiquer plusieurs types de périphériques : PC, Smartphones, Objets intelligents,... ;
- Exigence de normalisation et d'interopérabilité des équipements ;
- Evolution rapide des technologies et des applications réseaux ;
- Nouveaux horizons et nouveaux défis à l'ère du Cloud et de l'IoT.

Qu'est-ce qu'un réseau sans fil ?

- Wi-Fi ou Wifi : contraction de « *Wireless Fidelity* ». Ensemble de protocoles de communication pour les réseaux sans fil régis par les normes du groupe IEEE 802.11
- Le nom Wifi est initialement donnée à la certification délivrée par la WECA (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance*) qui est chargée de maintenir l'interopérabilité entre les matériels répondant à la norme 802.11.
- Se réfère également à un terme générique des technologies sans fil WLAN(Wireless LAN).
- La norme IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) est un standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau local sans fil (WLAN).

Normes IEEE 802.xx

Normes	Définition
802.1	Modèle architectural séparant les deux couches OSI Physique et Liaison en 3 couches : PLS,MAC, LLC
802.2	Norme IEE couche LIAISON
802.3	Norme IEE ETHERNET / CSMA/CD
802.4	Norme IEEE TOKEN BUS (industriel IBM) –Anneau à jetons
802.5	Norme IEEE TOKEN BUS (non propriétaire inspiré d'IBM)
802.6	Norme IEEE de réseau métropolitain à double bus.
802.7	Norme IEEE FDDI (Fiber Distributed Data Interface) –Fibre Optique
802.8	Projet IEEE sur les Fibres Optiques / Résilié le 11/09/2002
802.9	Norme IEEE Integrated Service LAN (ISLAN)
802.10	Norme IEEE de sécurité réseau 802 (SILS : Standard for Interoperable Lan Security)
802.11	Série de normes IEEE pour réseau local sans fil

Organismes de normalisation

- **IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers) : organisme international de professionnels très influent, qui en plus de ses activités courantes dans toutes les spécialités de l'électricité, édite régulièrement des standards en télécommunications, comme le standard de réseaux internet sans fil Wifi IEEE 802.11. L'IEEE élabore des normes et veille à la compatibilité entre équipements.
- **ITU** (*International Telecommunication Union*) ou (*UIT* en français) : basée à Genève en Suisse. Elle comporte notamment la section UIT-T (T pour technique) qui coordonne les normes des télécommunications auprès des 193 pays membres. Avant 1992, UIT s'appelait CCITT, Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique. L'UIT-R (Section Radio Communication) s'intéresse à la régulation des fréquences, des niveaux de puissance et des méthodes de transmission.

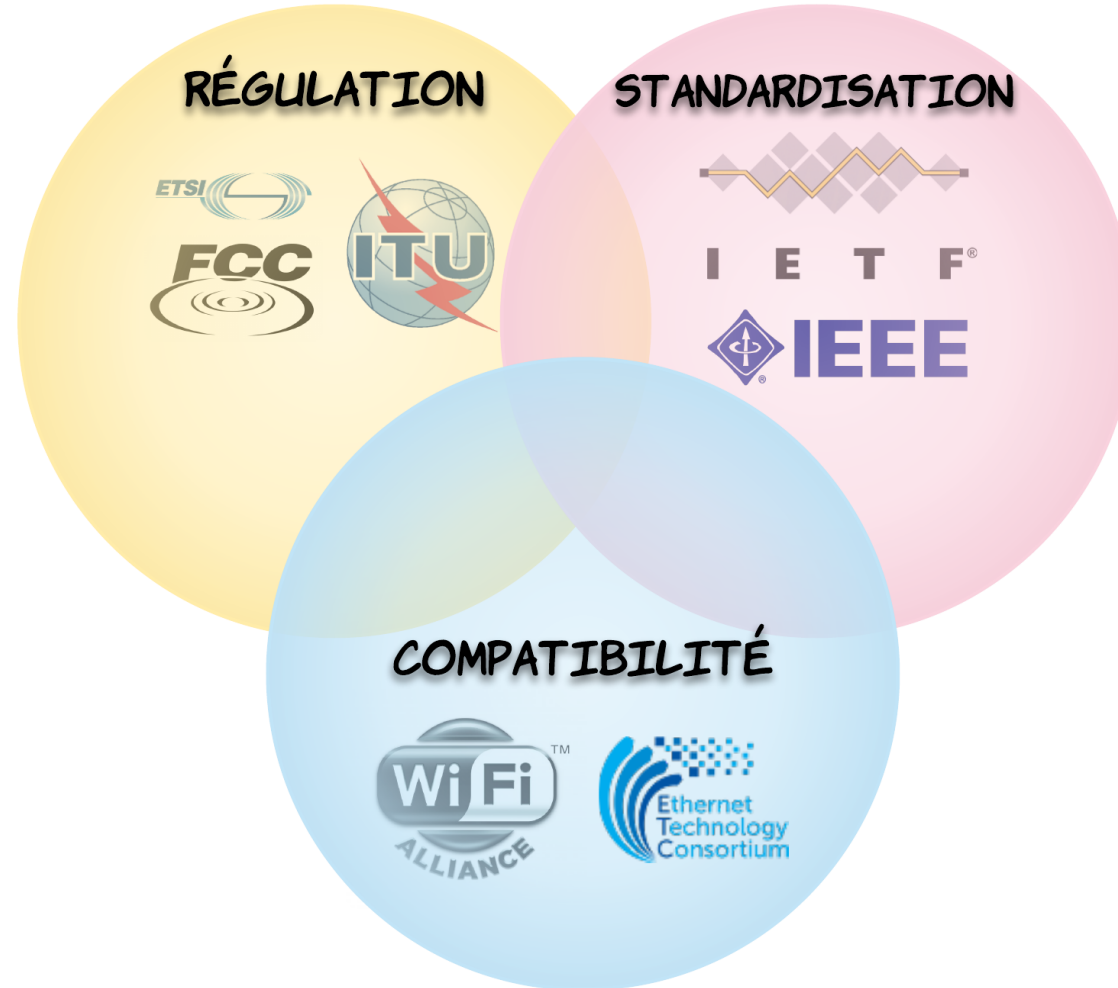
Organismes de normalisation

- **IETF** (Internet Engineering Task Force) : basé à Information Sciences Institute ISI, de l'University of Southern California où il fut fondé en 1986, cet organisme informel de bénévoles est l'autorité mondiale des standards et des protocoles qui régissent le fonctionnement de tout l'Internet. Ces standards sont édités dans des documents techniques appelés RFC Request For Comment.
- **ISO** (International Organisation for Standardization) : organisation internationale indépendante dont les 163 membres sont des organismes nationaux de normalisation. ISO couvre tous les domaines de l'ingénierie, mais vue son importance elle doit être mentionnée dans le contexte exclusif des télécommunications.

Organismes de normalisation

- **3GPP** (3rd Generation Partnership Project) : Coopération entre organismes de normalisation en télécommunications tels que l'ITU, l'ETSI (Europe), CCA (Chine) qui produit et publie les spécifications techniques pour les réseaux mobiles (3G, 4G, 5G,...)
- **Wi-Fi Alliance** : anciennement Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA), est un consortium qui possède la marque Wi-Fi. Il est situé à Austin au Texas. En 2003 WECA a été renommée Wi-Fi Alliance. Elle s'intéresse au maintien de l'interopérabilité entre les équipements répondant à la norme 802.11.

Organismes de normalisation



Exemples d'applications du Sans Fil

- Citez des exemples d'application des RSFM ?

Exemples d'applications du Sans Fil

- Réalisation rapide de réseaux temporaires (Evènement, Conférence,...)
- Interconnexion d'équipements ou de sites sans travaux de câblage ou de génie civil
- Connexion au réseau de sites difficiles à câbler (bâtiments anciens, musées, monuments historiques...)
- Transmission de données pour certaines applications d'entreprise (Magasin, Parking,...)
- Extension de réseaux câblés
- Accès à Internet à travers des bornes wifi pour « HotSpot » dans les lieux publics (gares, aéroports, centres commerciaux, lieux touristiques,...)

Autres domaines d'applications du Sans Fil

- Radiodiffusion (Sonore)
- Radiodiffusion (Télévision)
- Radiodiffusion par satellite
- Météorologie par satellite
- Radiocommunication aéronautique
- Mobile Maritime
- Recherche spatiale

Types et couverture des réseaux Sans fil

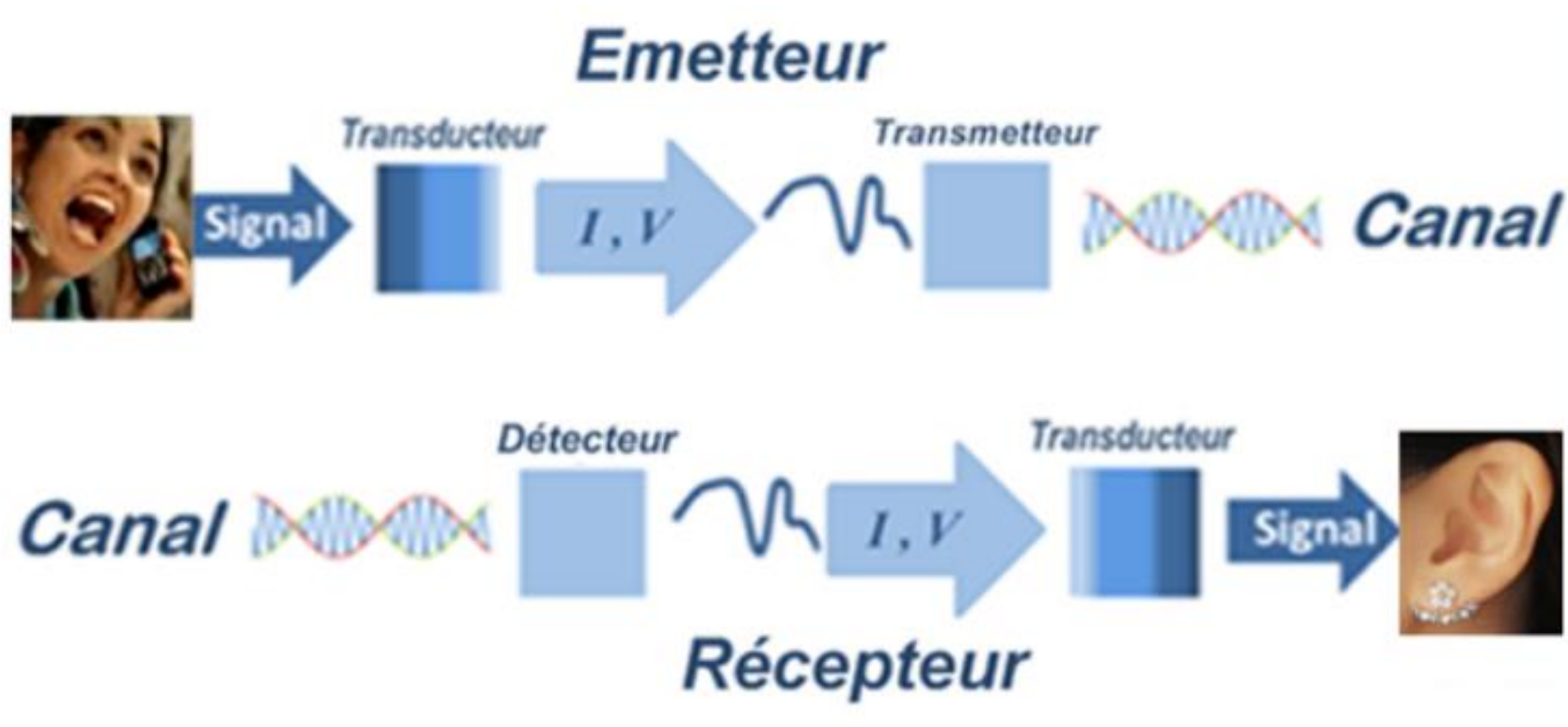
- **LAN** : Local Area Network (**WLAN** pour Wireless LAN)
 - Petite zone géographique (Site d'entreprise, bureau, maison, usine,...)
 - Environ quelques dizaines de mètres, centaines de mètres
 - Ex : 802.3, IEEE 802.11
- **PAN** : Personal Area Network (**WPAN** pour Wireless PAN)
 - Environ quelques mètres autour de l'utilisateur
 - Ex : Bluetooth.
- **WAN** : Wide Area Network
 - Vaste zone géographique ou interconnexion de LANs
 - Environ quelques centaines / milliers de km
 - Ex : WAN d'entreprise, GSM, GPRS, UMTS, LTE, Satellites



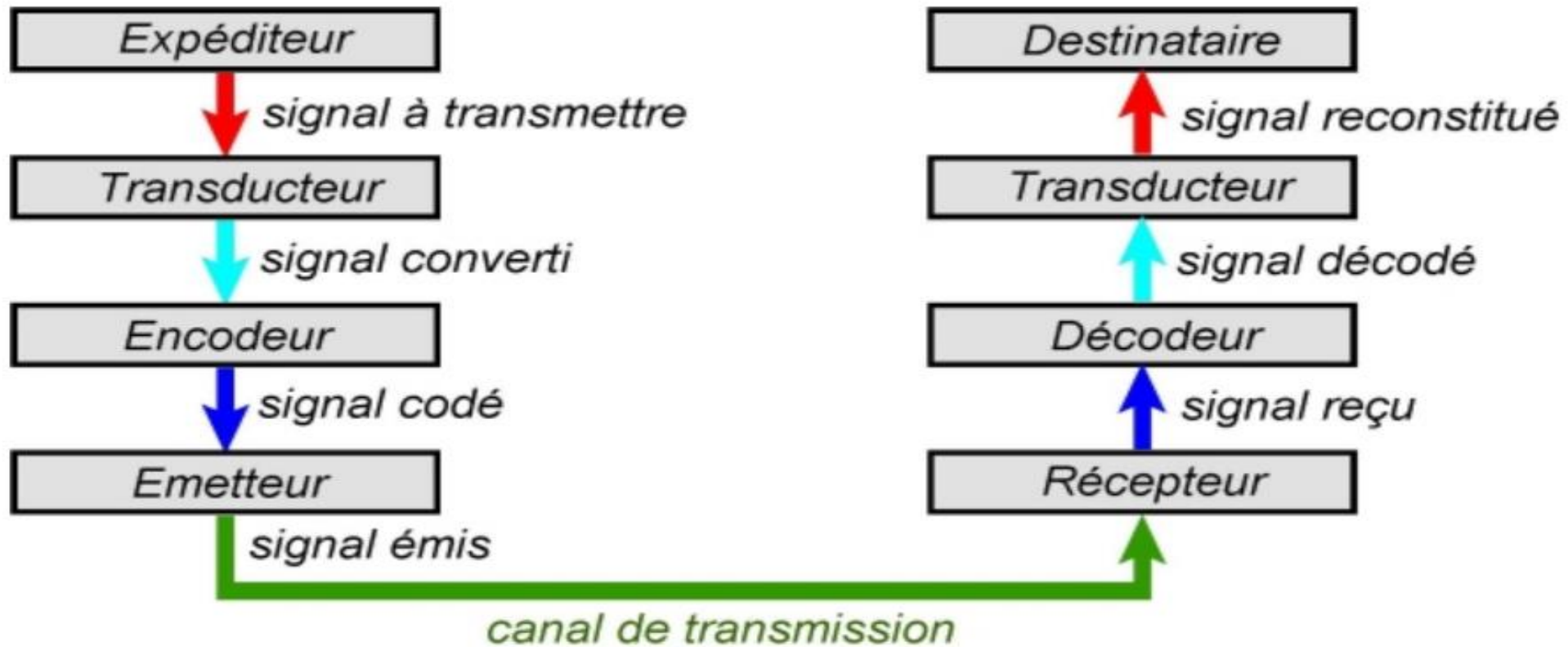
Rappels

- Nécessité et importance des réseaux sans fils et réseaux mobiles
- Notion et normes du WIFI
- Organismes de normalisation agissant dans le domaine
- Exemples d'application des RSF
- Catégories de réseaux sans fils

La chaine de télécommunication



La chaine de télécommunication



Le Signal électromagnétique : l'onde radio

- Le signal source est sous forme une grandeur physique (son, image, vidéo,...) représentée par une fonction du temps (**$s(t)$: Série de Fourier**) , transformé en signal électrique ;

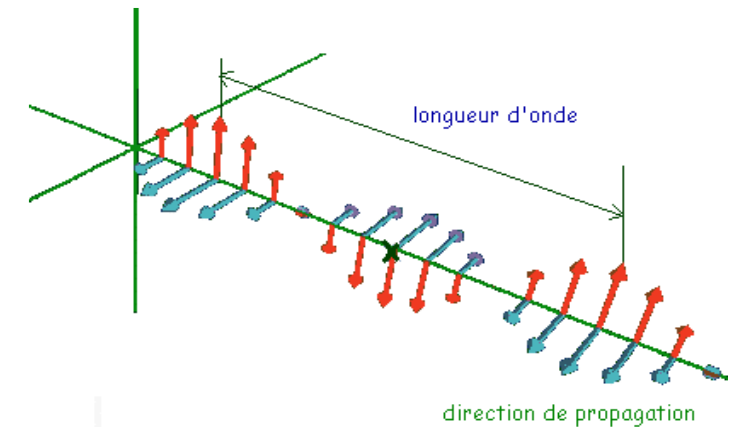
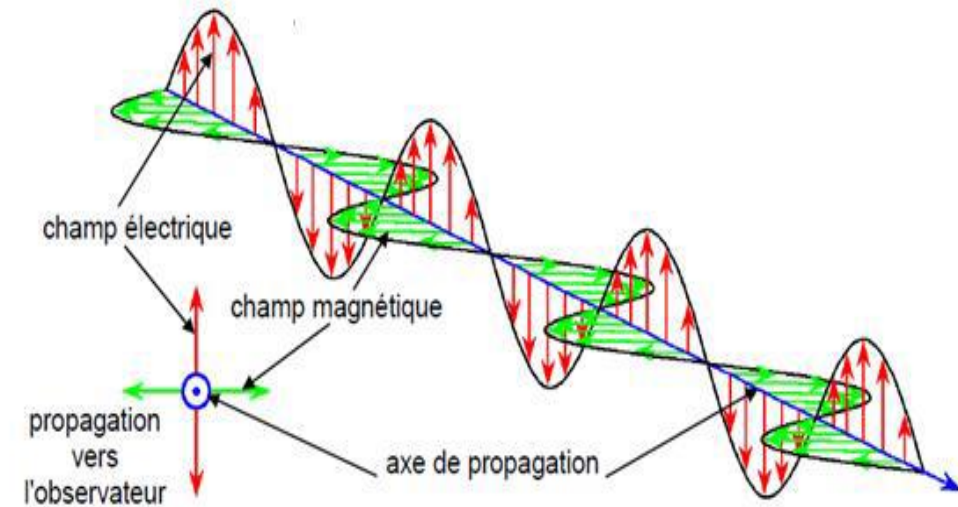
$$s(t) = A(t) \cdot \cos [2\pi f(t) + \varphi(t)]$$

- Ce signal est transporté sur une grande distance à travers un canal de transmission ;
- La transmission du signal peut être via un support physique ou à travers des antennes hertziennes sous forme d'ondes électromagnétiques ;
- L'onde électromagnétique est rayonnée par une antenne aérienne au niveau de l'émetteur et détectée par une antenne au niveau du récepteur.
- Le signal est généralement adapté au support de transmission à travers des opérations de modulation/ démodulation.

Propriétés d'une onde radio

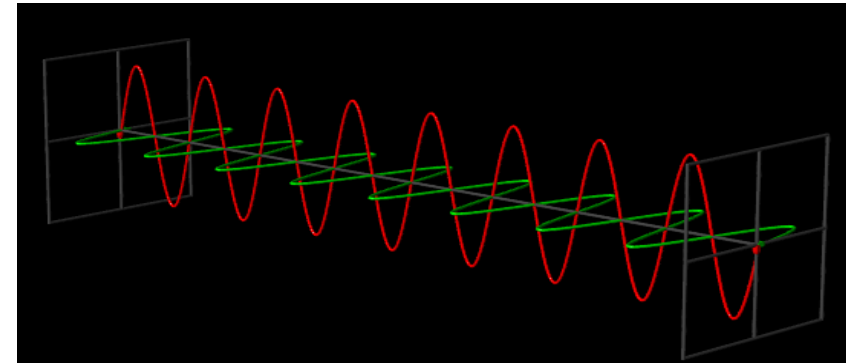
Une onde électromagnétique est constituée d'un champ électrique E et d'un champ magnétique B qui varient au même rythme que le courant qui leur a donné naissance. Caractérisée par :

- **Fréquence** : fréquence d'une onde électromagnétique est la fréquence des champs E et B qui la composent c'est aussi la fréquence du courant circulant dans l'antenne. Nombre de cycles que l'onde effectue en une unité de temps.
- **Longueur d'onde** : La longueur d'onde λ est le trajet parcouru par l'onde durant une période T ou la distance physique qu'une onde parcourt sur un cycle complet.
- **Polarisation** : La polarisation d'une onde est la direction de son champ électrique E.
- **Propagation** : Rayonnement et progression de l'onde de l'antenne d'émission à l'antenne de réception.



Propagation d'une onde Radio

- **Propagation libre :**
 - Elle est rayonnée par une antenne aérienne au niveau de l'émetteur et détectée par une antenne au niveau du récepteur.
 - Souvent désignée par onde hertzienne ou onde radio.
- **Propagation guidée :**
 - L'émetteur est matériellement connecté à un support, tel qu'un câble, qui va transporter l'onde émise jusqu'au récepteur.
 - Les supports de transmission les plus utilisés sont le câble à paires torsadées, le câble coaxial, et la fibre optique.
- Une onde interagit avec les obstacles et les matériaux qu'elle traverse. Elle peut subir des phénomènes de propagation.



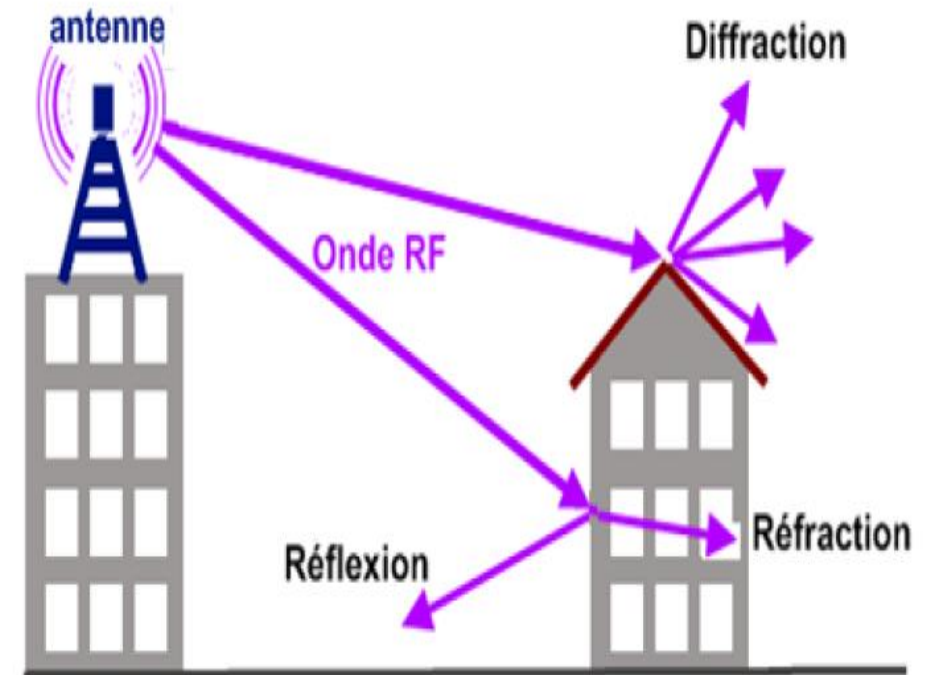
Plus de représentation visuelle des phénomènes sur ondes sur le site EMANIM

Propagation d'une onde Radio

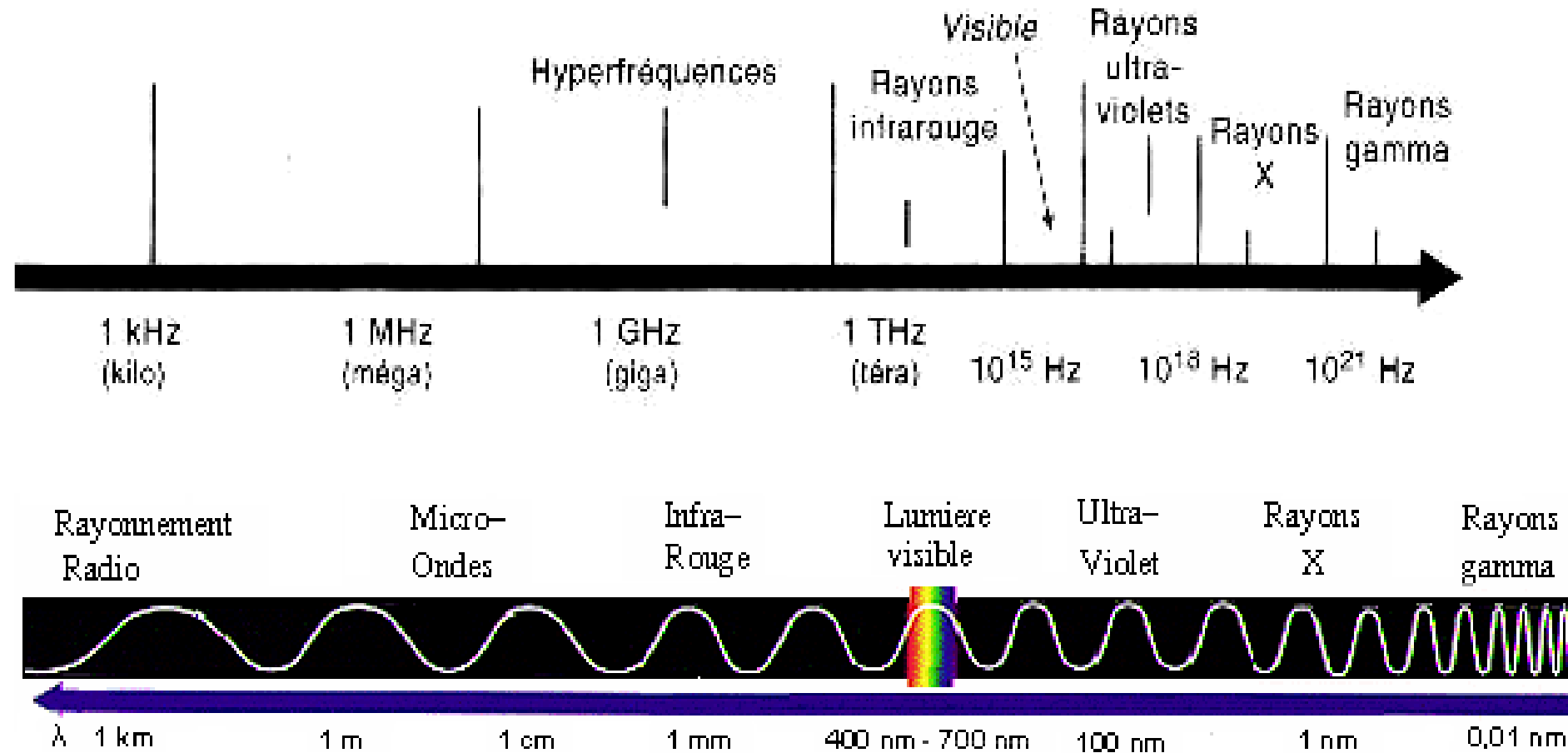
- Phénomènes de propagation subits par une onde ?

Propagation d'une onde radio

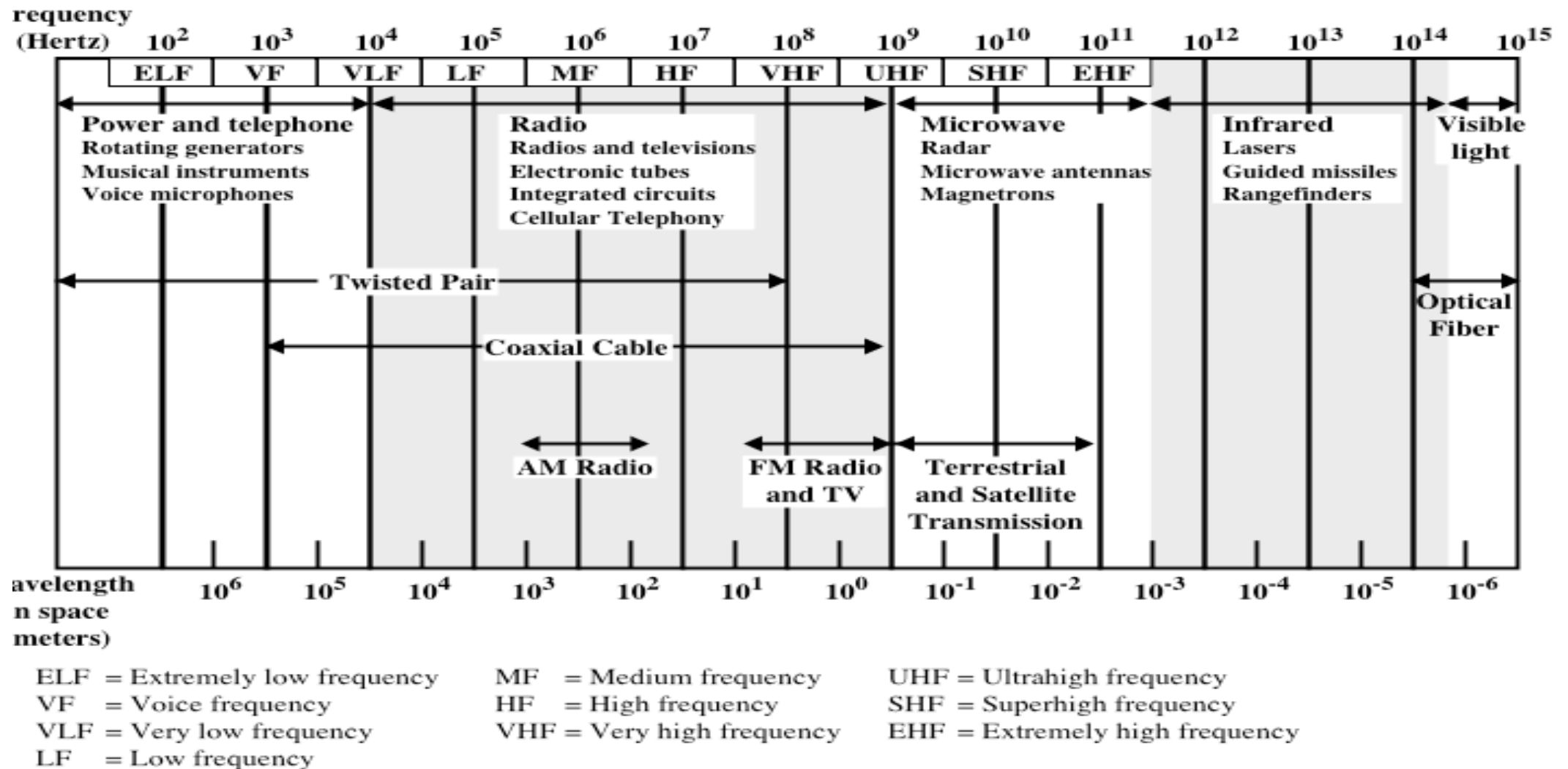
- Une onde interagit avec les obstacles et les matériaux qu'elle traverse.
- Si l'onde rencontre un obstacle, son énergie se partage entre l'onde réfléchie, réfractée et absorbée :
 - **La réflexion** : se produit lorsque le signal rebondit sur du une surface (matériau, sol, voiture,...). Ex : Il est très difficile de faire passer un signal sans fil à travers le plafond métallique d'un ascenseur, car le signal rebondit.
 - **La réfraction** : le fléchissement d'une onde à l'interface entre deux milieux ayant des indices de réfraction différents (Air/mure,...).
 - **La diffraction/ diffusion** : signifie que le signal sans fil frappe une surface pas parfaitement plane et lisse ou une surface d'obstacle (montagne, construction, falaise, ...) et « se brise » en plusieurs morceaux ce qui cause son atténuation.
 - **L'absorption** : se produit lorsque le matériau absorbe le signal sans fil



Bandes de fréquence



Bandes de fréquence



Bande de fréquence

- Le spectre fréquentiel est subdivisée en plusieurs parties appelées bande de fréquence.
- les bandes sont généralement divisées en un certain nombre de canaux distinct. La décomposition en canaux permet un partage de la bande.
- Chaque canal est connu par un numéro de canal et est affecté à une fréquence spécifique (Il est facile de mémoriser un numéro qu'un intervalle fréquentiel).
- Le choix des canaux à utiliser pour l'émission de ceux à utiliser pour la réception dépend de l'utilisateur. Mais en général géré par un régulateur local.
- La disposition des canaux est normalisée par le CCIR(Comité Consultatif International des Radiocommunications) de l'UIT.
- Les bandes de fréquences (ressource rare) sont soumis à régulation et une autorisation par un régulateur national (ANRT).

Exemple : Bandes de fréquences mobile au Maroc

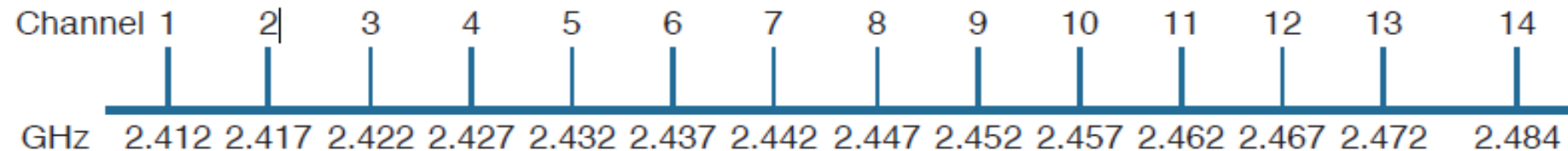
Technologie	Bande de fréquences
GSM-R	876-880/921-925 MHz
2G	900 MHz (880-915/925-960 MHz) 1800 MHz (1710-1785/1805-1880 MHz)
3G	900 MHz (880-915/925-960 MHz) 2100 MHz FDD (1920-1980/2110-2170 MHz) 2100 MHz TDD (1900-1920 MHz) et (2010-2025 MHz)
4G	800 MHz (791-821/832-862 MHz) 1800 MHz (1710-1785/1805-1880 MHz) 2600 MHz (2500-2570/2620-2690 MHz)
5G	1427-1518 MHz, 3400-3800 MHz 24,25-27,5 GHz

Bandes de fréquence

- Attribuées aux différents services de radiocommunication par l'autorité de régulation National : l'Agence Nationale de Réglementation des Télécommunications (ANRT) au Maroc
- Exemple d'usage des bandes de fréquences au Maroc :
 - les usages dans le cadre de la protection de la vie humaine (maritime, aéronautique, radionavigation) ;
 - les départements gouvernementaux de sécurité ;
 - les utilisateurs publics et privés dont le recours à des technologies radioélectriques;
 - les exploitants de réseaux publics de télécommunications (ERPT), titulaires de licences (Les Opérateurs Télécoms);
 - le corps diplomatique et consulaire accrédité au Maroc.

Exemple : Bande ISM

- L'UIT-R a déterminé quelques fréquences que nous pouvons utiliser pour nos réseaux sans fil.
- Appelées la bande ISM (Industrial, Scientific and Medical). Tout le monde peut utiliser ces fréquences sans avoir à obtenir de licence
- Les principales bandes ISM les plus utilisés au niveau mondial :
 - 2,4 GHz
 - 5 GHz
- 14 canaux à intervalles réguliers de 0,005 GHz (ou 5 MHz), à l'exception du canal 14.
- Il est plus facile de se référer aux numéros de canaux qu'aux intervalles de fréquences.



Bande passante

- En pratique, un signal radio déborde dans une certaine mesure au-dessus et au-dessous d'une fréquence centrale, occupant également les fréquences voisines.
- La gamme de fréquences réelle nécessaire pour qu'un signal soit transmis est connu sous le nom de bande passante;
- La bande passante est la capacité spécifiée (ou maximale idéale) d'un support pour transporter des données.
- C'est la bande de fréquences dans laquelle les signaux sont correctement reçus :

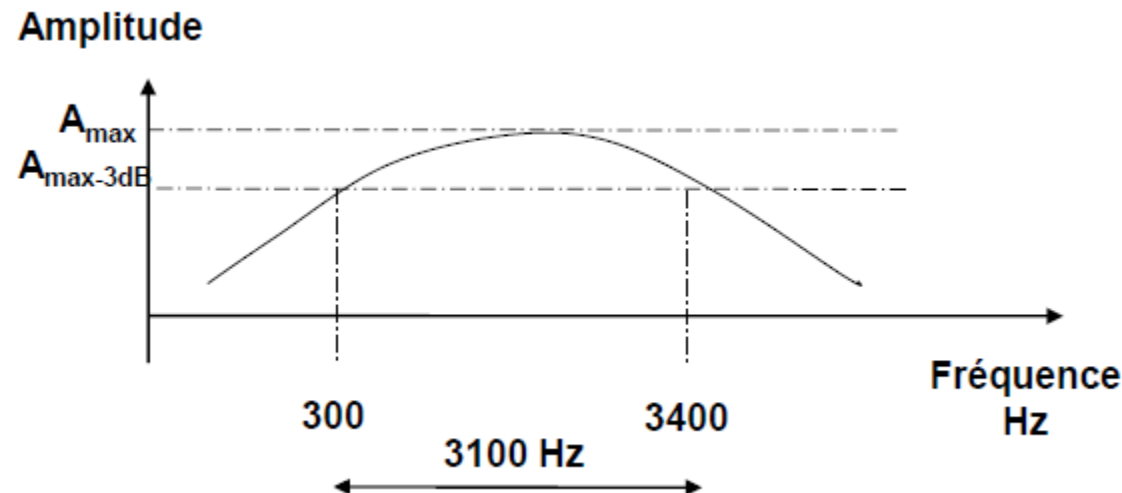
$$W = F_{\max} - F_{\min} \text{ (en Hz)}$$

- Le spectre du signal à transmettre (éventuellement modulé) doit être compris dans la bande passante du support physique.

Bande passante

Exemples:

- Un signal avec une bande passante de 22 MHz est limité à 11 MHz au-dessus et au-dessous de la fréquence centrale.
- L'oreille humaine est sensible dans la bande 20 Hz (son grave) -20 KHz (son aigu).
- Réseau téléphonique commuté (RTC)



Défis d'utilisation des ondes radio

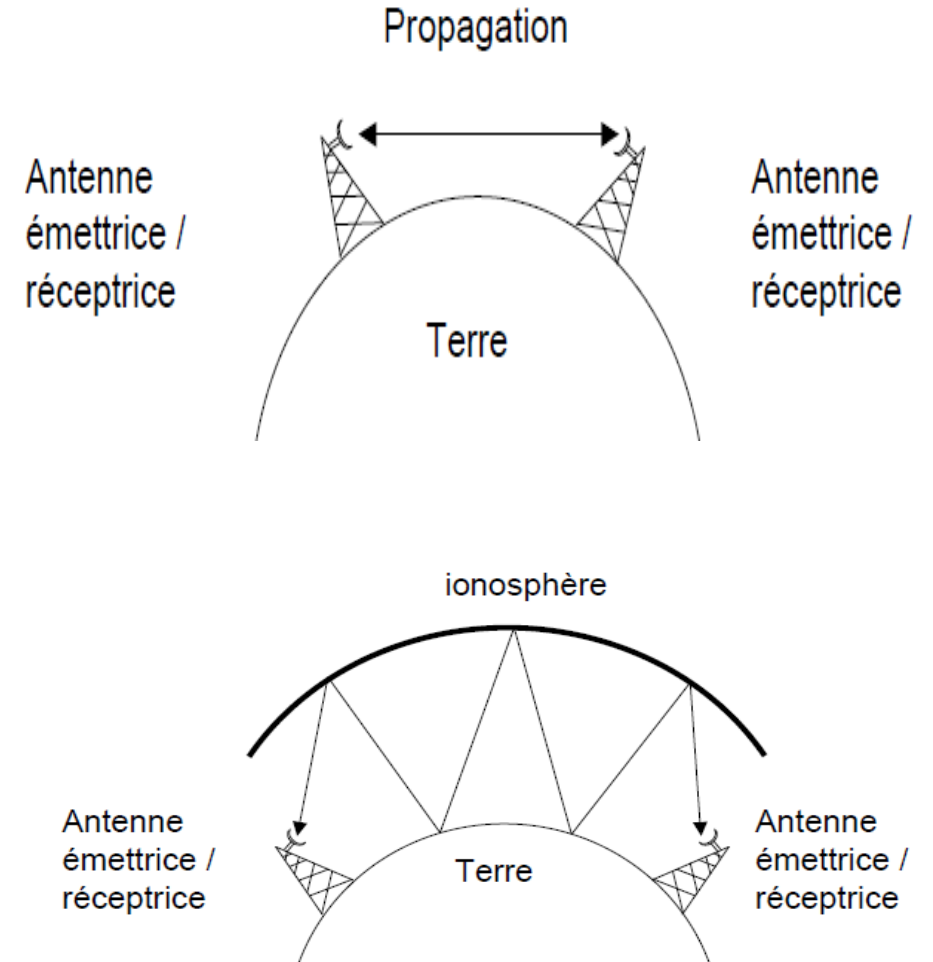
- **Couverture** : Bien choisir l'emplacement des points d'accès et les fréquences à utiliser pour obtenir une couverture optimale. Différents matériaux affecteront votre signal.
- **Interférences** : Les fréquences 2,4 et 5 Ghz sont très utilisées. Risque d'interférences qui affaibliront la qualité du signal.
- **Confidentialité** : Les données sont envoyés en air, ce qui signifie que nous n'avons aucun moyen de sécuriser notre couche physique, nous devons nous assurer d'avoir une authentification et un cryptage forts.
- **Réglementations** : Respect de la réglementation des pays. Qui concerne surtout les fréquences autorisés et les équipements de transmission valides.

Exercice

- Critères de choix d'une solution sans fil ?

Propagation d'une onde radio

- Les ondes radio se propagent de l'antenne d'émission à l'antenne de réception
 - Par **onde directe** : partant de l'émetteur et arrivant sur le récepteur sans rencontrer d'obstacles naturels (montagnes, couches atmosphériques) ou artificiels (immeubles,...)
 - Par **onde réfléchie**, lorsque l'onde rencontre un obstacle et est renvoyée dans sa totalité, ou en partie, dans une direction différente.
- Les couches ionisées de l'atmosphère (entre 60 et 1000 Km d'altitude) peuvent constituer des surfaces de réflexion (Fréquence < 30 MHz)



Antenne

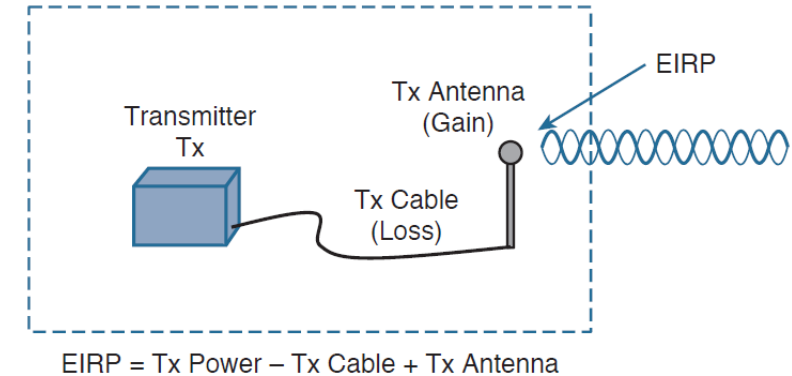
- Types :
 - Omnidirectionnelle (émettre dans toutes les directions)
 - Directionnelle (émettre dans une seule direction). Ex : Yagi, Parabole,...
 - Sectorielles (Diffusion sur un grand angle de 60 à 180°). Ex : patch
 - Famille : les fils rayonnants ou les surfaces rayonnantes
 - Interne/Externe



Antenne

- Caractéristiques et critères :

- Type d'antenne
- Directivité et diagramme de rayonnement (visualise les lobes de rayonnement)
- Taille : performances radio mais contraintes de design
- Gain (en dBi) : ou atténuation est égal au rapport entre la puissance de réception (P_2) et celle d'émission (P_1) du signal (**$G = 10 \cdot \log(P_2/P_1)$**). Mesuré par rapport à une antenne de référence (Isotrope). Une antenne isotrope est un modèle théorique qui rayonnerait de façon homogène dans toutes les directions.
- La Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente (PIRE) ou EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) : puissance rayonnée dans une direction ou dans une zone donnée. Déterminée en fonction de la puissance de l'émetteur, du gain de l'antenne et des pertes du câble qui les relie. La puissance est exprimée en déciBel par rapport au milliWatt (dBm)
- Fréquence de travail : Fréquences autorisées par la réglementation (Exemple 2,4 Ghz et 5Ghz)
- Polarisation (Vertical, Horizontal, Circulaire, Elliptique).

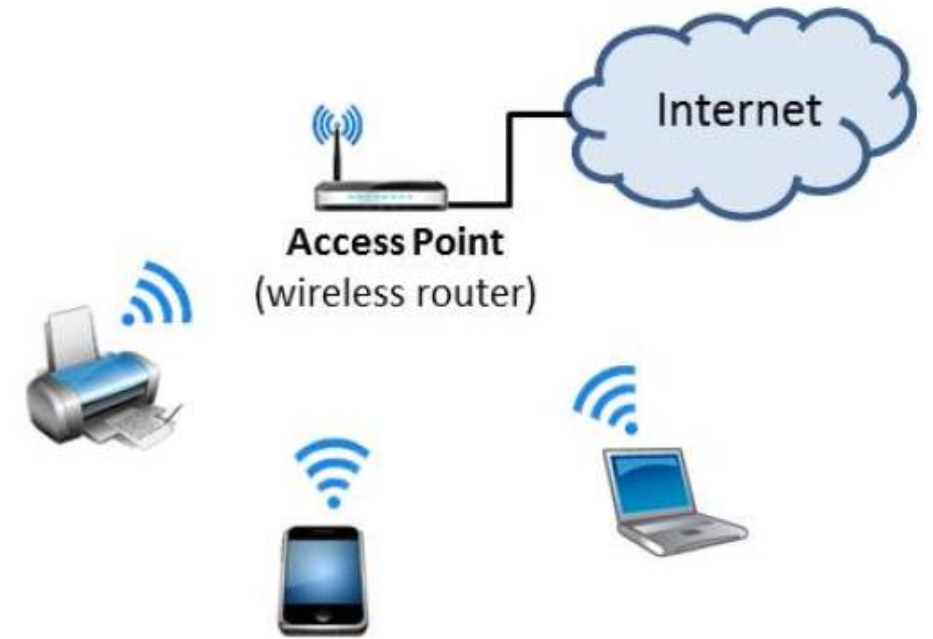


Réseaux sans fils et mobiles

Pr M. BOUGRINE

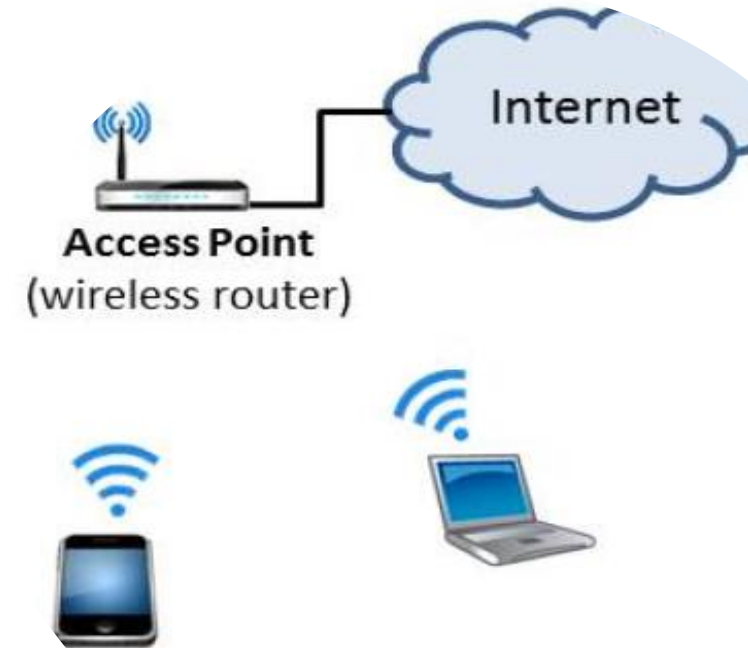
Point d'accès

- Equipement intermédiaire entre le réseau filaire et réseau sans fil ;
- Possède toute l'intelligence nécessaire pour offrir la connexion aux clients sans fil qui lui sont rattachés ;
- Gère le trafic des mobiles d'une cellule de communication en réception et en transmission de données;
- Utilise les protocoles 802.11 pour communiquer avec les clients sans fil et Ethernet du côté LAN ;



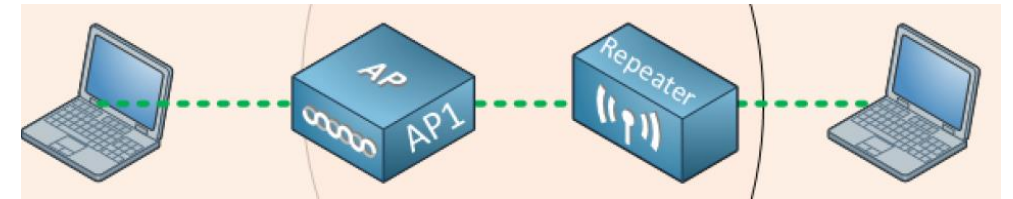
Point d'accès(2)

- Type de matériel : Station (dédiée de préférence) avec :
 - carte réseau traditionnelle pour le réseau filaire
 - carte émission / réception radio
 - couche logicielle adéquate
- Pour un réseau domestique : les modems/routeurs peuvent jouer le rôle de point d'accès WIFI.

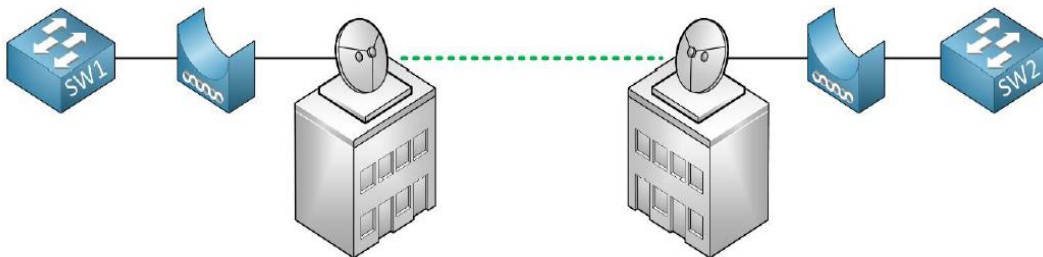


Pont Radio (Bridge)

- Equipement d'interconnexion qui permet de lier 2 réseaux d'une dizaine de mètres jusqu'à quelques kms



- Se connecte à un réseau et non à une station
- Ne gère pas de LAN ou cellule de communication
- Un point d'accès (AP) peut être configuré comme Pont



Mélange : Point d'accès (gère une cellule) + pont radio

Pas de connexion au réseau filaire (\neq point d'accès)

Agrandit la zone de couverture sans ajout de câble

Gère le trafic de sa cellule comme les points d'accès

Possibilité d'en utiliser plusieurs pour atteindre les appareils mobiles les plus éloignés.

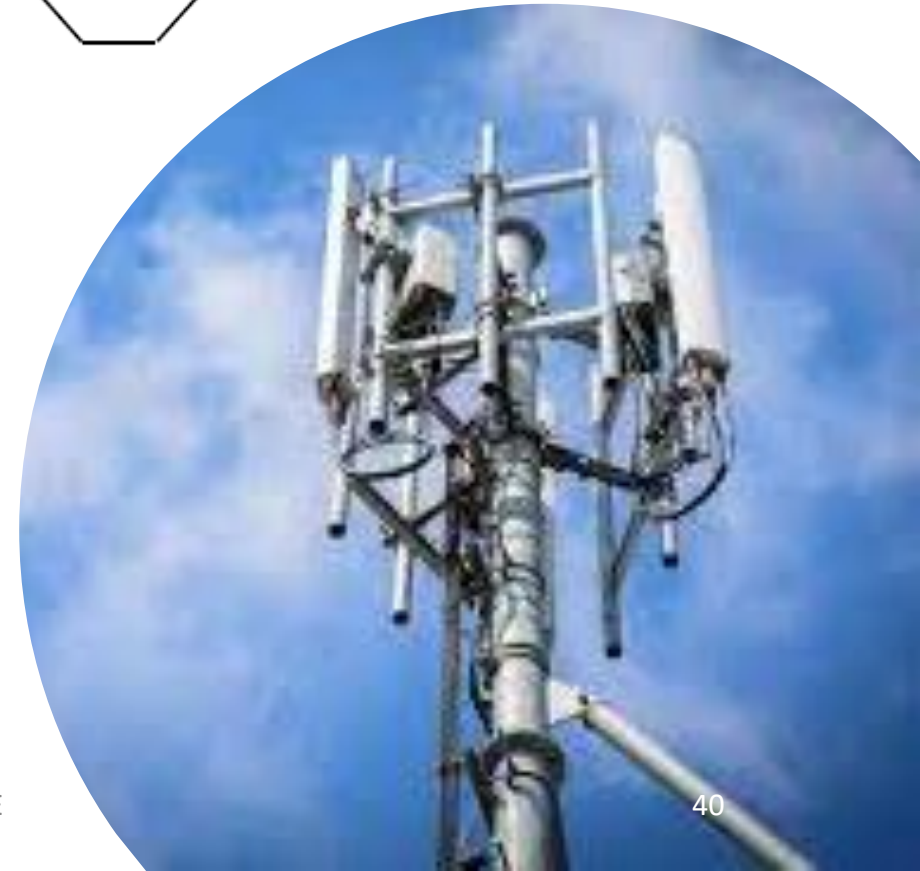
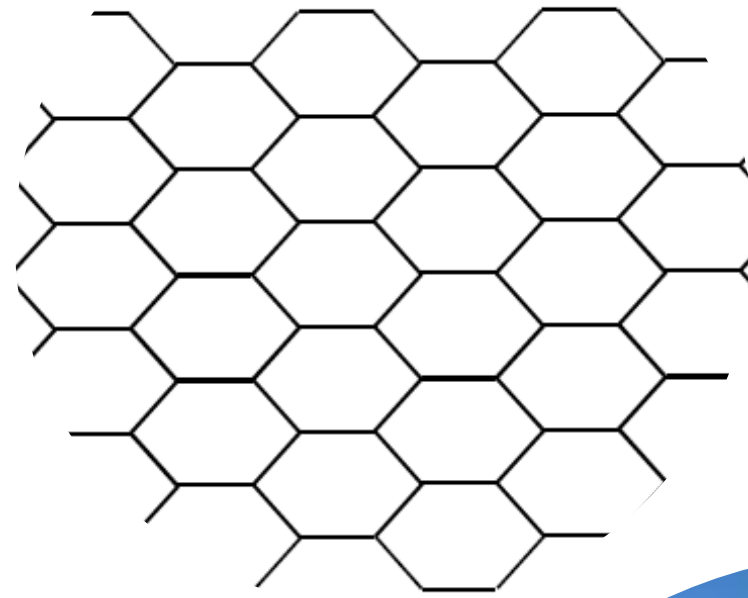
Bornes d'accès Wifi : Hot Spots

- Lieux de passage à forte influence, tels que les aéroports, les gares, les complexes touristiques, hôtels ...
- Pas d'autorisation lorsqu'elles sont raccordées directement à un réseau ouvert au public existant (en général un opérateur de télécommunications).
- Les opérateurs télécoms et autres FAI proposent des abonnements, à durée limitée ou illimité



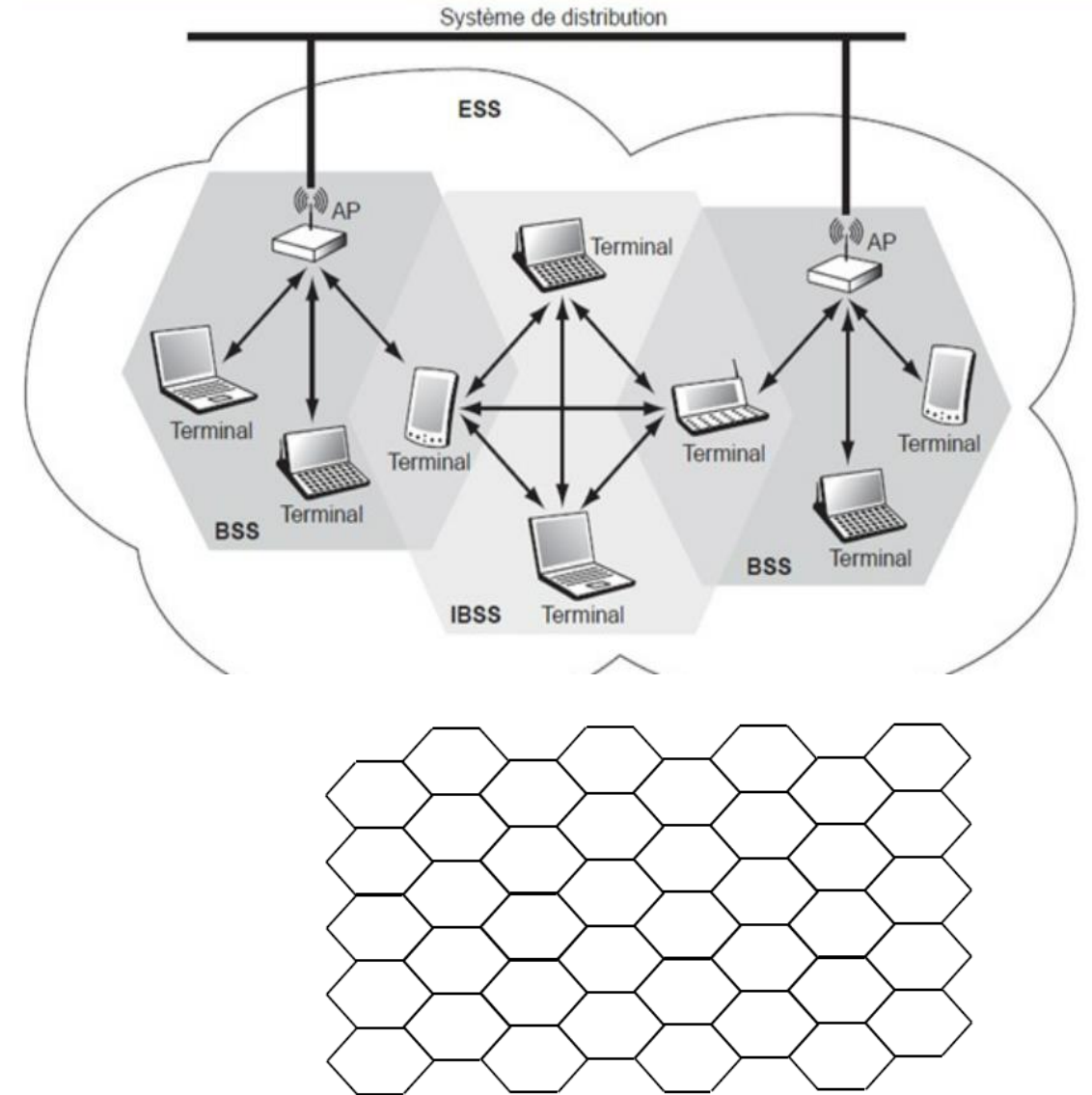
Organisation cellulaire du mobile

- Le principe des réseaux cellulaires est de mailler un territoire avec des antennes-relais (**BTS** (*Base Transceiver Station*), *Node B* (3G) ou *eNode B* (4G)).
- Permettre de relier un terminal en permanence à l'une seule de ces antennes.
- Les zones géographiques sont divisées en cellules de communication



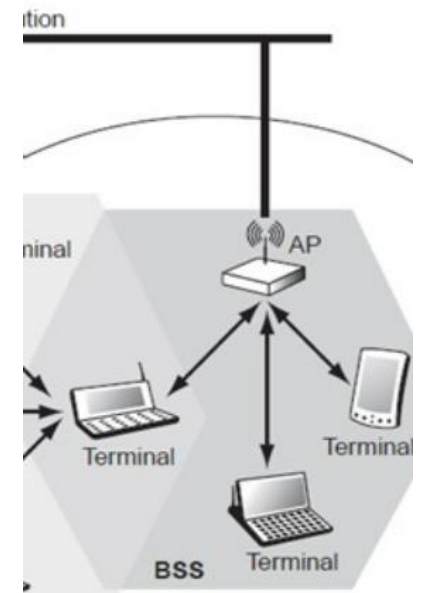
Organisation cellulaire du mobile - 2

- **Cellule de communication (BSS : Basic Set Service) :**
 - de taille variable (~ qqs mètres à plusieurs kilomètres)
 - desservi par sa propre antenne
 - bandes de fréquences attribuées
 - cellules installées de telle sorte que les antennes de tous les voisins sont équidistantes (motif hexagonal)
 - desservi par une station de base (BTS) composée d'un émetteur, un récepteur et une unité de contrôle (BSC : Base Station Controller)
- **ESS : Extended Set Service :** plusieurs BSS \Leftrightarrow plusieurs AP (Access Point)



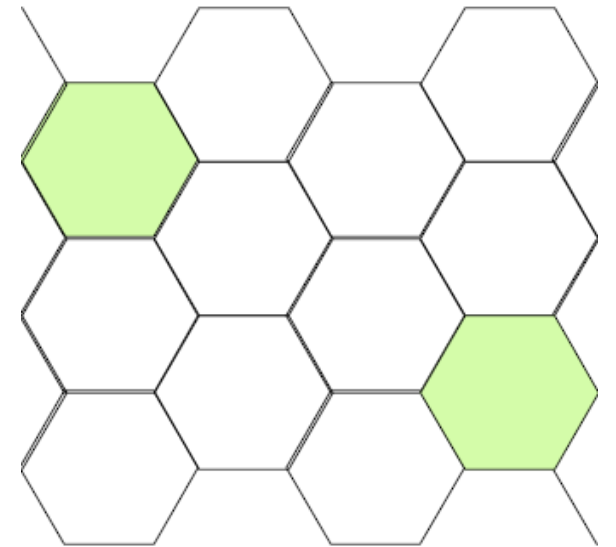
BSS: Types et taille

- Plusieurs types de cellules :
 - **Femtocellules** (qq mètres)
 - **Picocellules** (qq **dizaines** de mètres, réseaux de proximité)
 - **Microcellules** (zone **urbaine**, antennes basses, zones à population **très denses**)
 - **Macrocellules** (zones population dispersée, **10 à 30km**)
 - **Megacellules** Satellites (**centaines de kms**)
- Raisons : taille de la zone à couvrir, nombre d'utilisateurs, bâtiments, etc.
- En milieu rural la couverture est de 10 à 30 KM, alors qu'en milieu urbain elle est de 500 à 2000 m



BSS: Réutilisation des fréquences

- Problématique des interférences quand un terminal se trouve sous l'influence de deux stations de base émettant à la même fréquence.
- Cellules adjacentes ont des fréquences différentes pour éviter les interférences ou diaphonie.
- L'objectif est de réutiliser la fréquence dans les cellules
- Réutilisation de la même fréquence sur des zones géographiques différentes (cellules distantes)
- Les terminaux ne communiquent qu'avec une seule BS
- Avantage : augmentation de la capacité
- Inconvénient : augmentation des interférences



Exemple : Couverture d'une zone urbaine

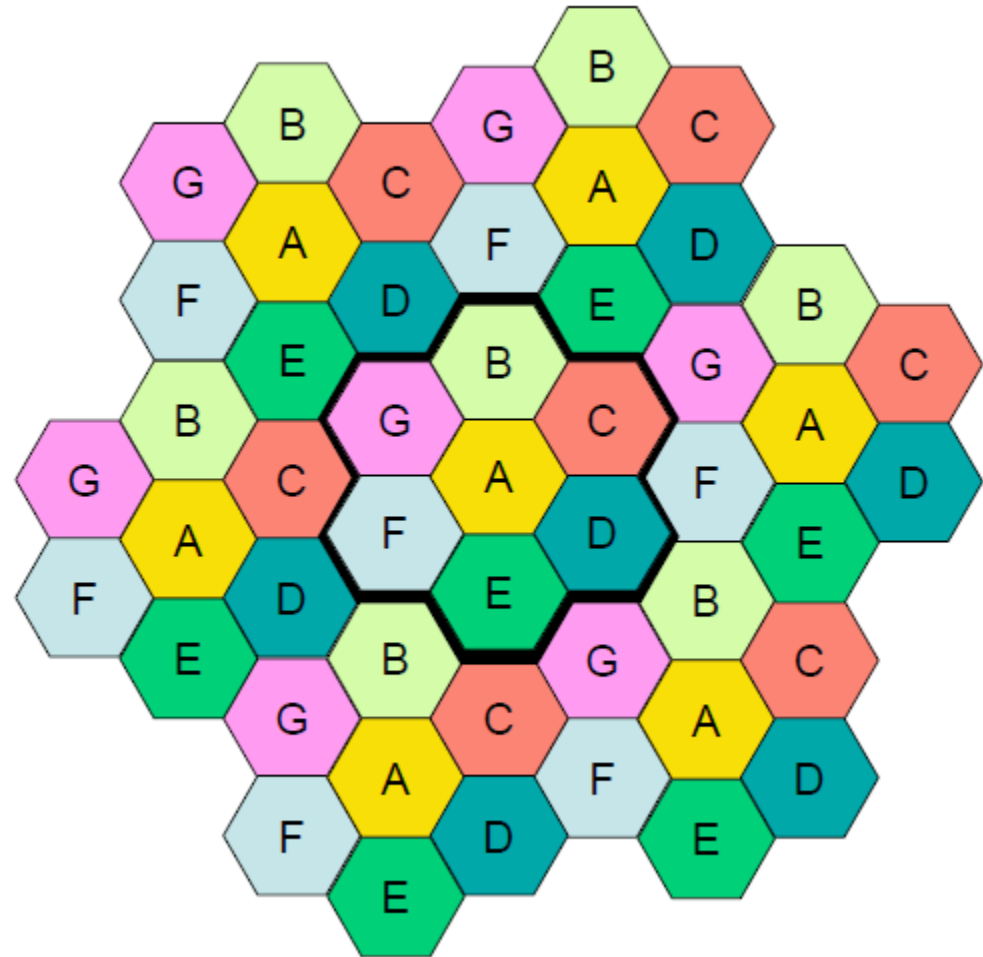
- Facteur de réutilisation :

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

- Avec :

- D = distance entre cellules
- R = rayon de la cellule
- N = taille du cluster

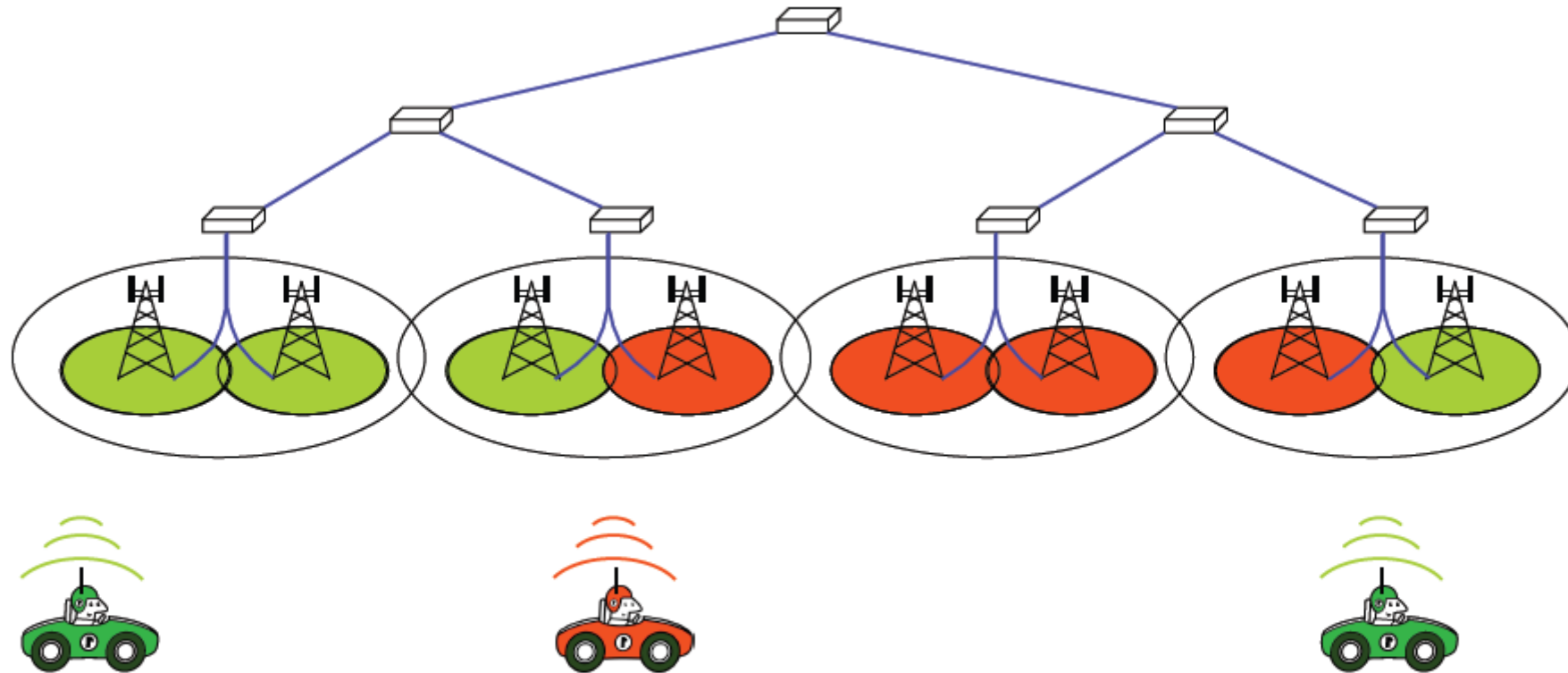
- Exemple un cluster de N=7



Mécanisme de "Handover"

- Objectif : assurer la continuité des communications tout en assurant une certaine qualité de service.
- Procédé issu du téléphone cellulaire GSM
- Mécanisme qui permet de se déplacer d'une cellule à l'autre sans interruption de la communication.
- Permet au mobile de continuer un transfert commencé dans une cellule, dans une autre
 - Intercellulaire : passage d'une cellule à une autre (AP<->AP)
 - Intracellulaire : Changement de canal (si signal fort) avec qualité faible
 - Inter-réseau : Très important pour les systèmes 3G
- On parle de *Handoff* dans les systèmes US

Mécanisme de "Handover"



En veille

En communication
Mécanisme de Handover

En veille

Le Roaming (itinérance)

- Il s'agit de l'action qui consiste pour une station à changer de point d'accès (AP) sans perdre sa connectivité réseau ;
- L'itinérance dépend entièrement de la station mobile. La station cliente exécute un algorithme d'itinérance qui compare les conditions actuelles à un seuil. Lorsque la qualité du signal ou d'autres facteurs chutent en dessous du seuil, le client essaie de se déplacer à un autre point d'accès ;
- La prise en charge de la mobilité nécessite un minimum de superposition des deux cellules de communication (environ 15 %)
- Les normes 802.11 r/k/v traitent la prise en charge du Roaming ainsi que l'expérience utilisateur dans les transitions entre AP

IEEE 802.11 : Architecture d'un réseau sans fil

- Un réseau Sans fil est fondé sur une architecture cellulaire
- Il existe deux types de topologies :
 - Le **mode infrastructure**, avec **BSS** et **ESS**.
 - En mode infrastructure **BSS**, le réseau est composé d'un point d'accès qui permet aux différentes stations qui se trouvent dans sa cellule d'échanger des informations.
 - En mode infrastructure **ESS**, le réseau comporte plusieurs points d'accès reliés entre eux par un système de distribution (**DS** : distribution system)
 - Le **mode ad-hoc**
 - Mode est aussi appelé "point à point« (P2P : Peer-to-Peer) ou "ensemble de services de base indépendants" (IBSS : Independent BSS)
 - En mode ad-hoc, ne comporte pas de points d'accès, ce sont les stations (avec cartes Wi-Fi) qui entrent elles-mêmes en communication.
 - Il permet une communication entre postes dont les cellules se recouvrent

IEEE 802.11 : Mode Infrastructure (BSS)

BSS (Basic Service Set) :

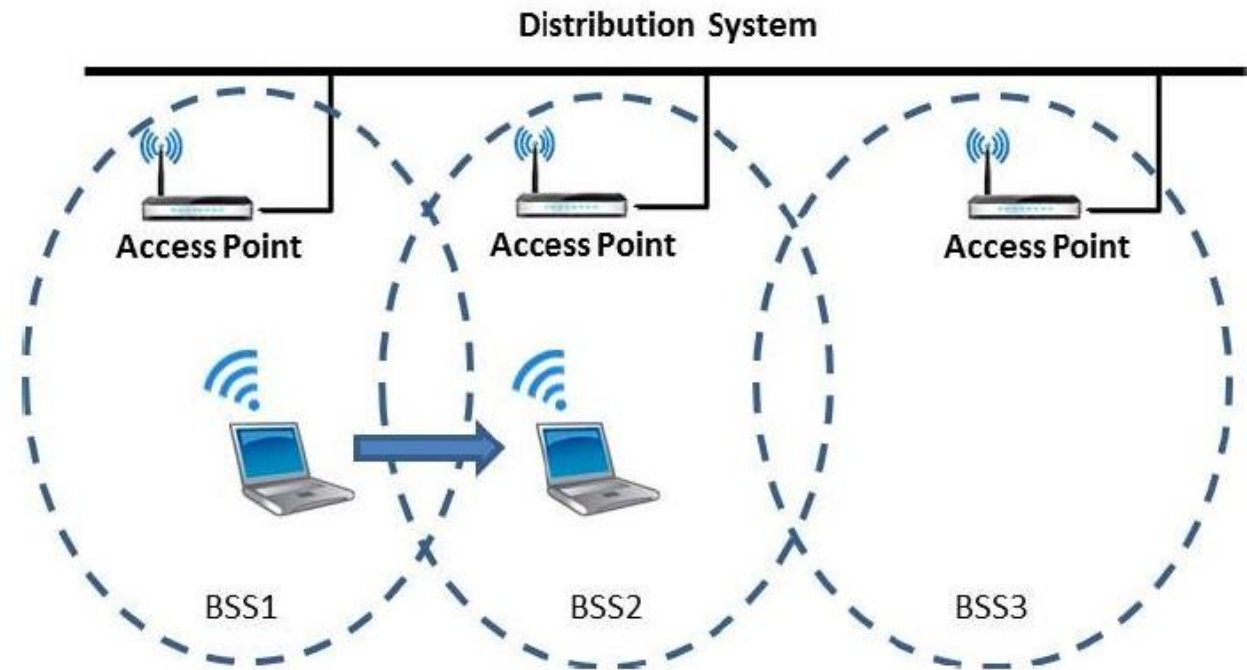
- Un seul point d'accès (AP). parfois appelée station de base (BS) ;
- L'AP agit en tant que maître pour contrôler les stations (STA) au sein de cette BSS.
- Nom de réseau SSID(Service Set Identifier)
- Le SSID est une clé alphanumérique de 32 caractères maximum, identifiant le nom du réseau local sans fil.



IEEE 802.11 : Mode Infrastructure (ESS)

ESS (Extended Service Set) :

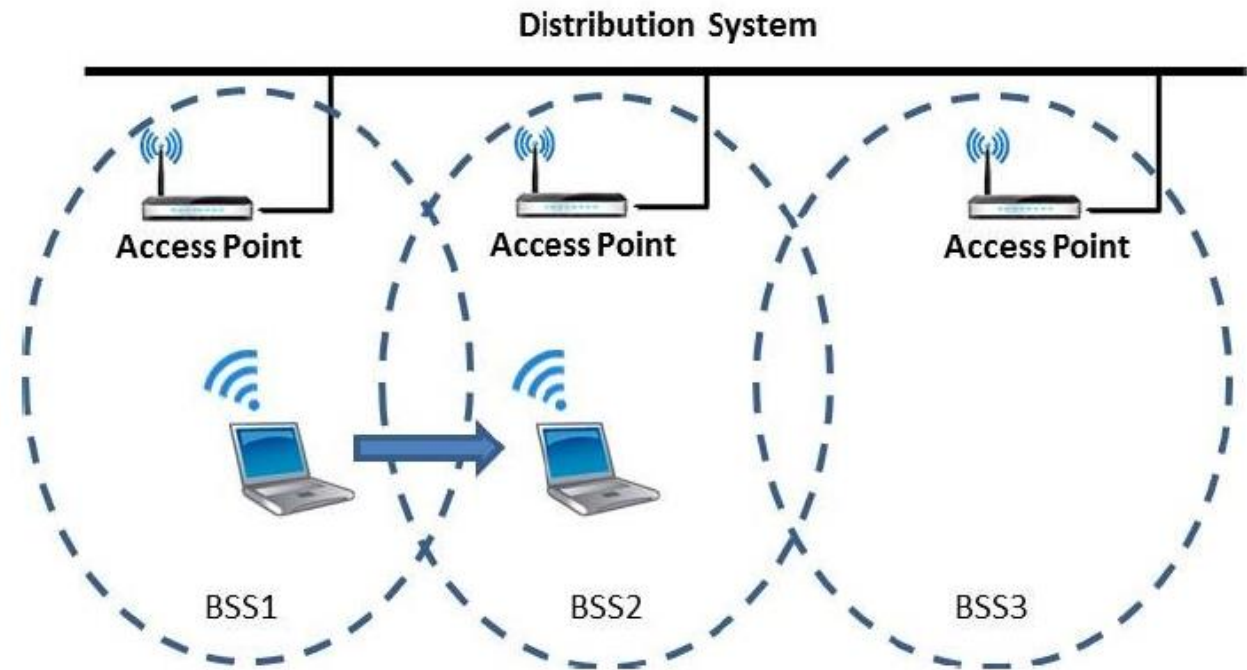
- Nom de réseau (SSID) Service Set Identifier
- Plusieurs points d'accès (AP)
- Les stations mobiles peuvent se déplacer entre les différents points d'accès (Roaming)
- On utilise le ESSID (Extended Service Set Identification)
- Le DS (distribution system) peut être un réseau filaire commuté ou un réseau sans-fil.



IEEE 802.11 : Mode Infrastructure (ESS)

ESS (Extended Service Set) :

- Tous les points d'accès émettent cycliquement des **trames balises (beacon)** dans lesquelles ils fournissent leur BSSID (Adresse MAC de l'AP), leurs caractéristiques et éventuellement leur SSID.
- Par convention, l'adresse MAC d'un point d'accès est utilisée comme identifiant d'un BSS (BSSID)
- Pour des raisons de sécurité on peut interdire la diffusion du nom de réseau (SSID).



Association d'une station au point d'accès

- Deux principales étapes : découvrir un réseau local sans fil et ensuite à s'y connecter
- Processus :
 - **Trames balises (Beacon)** : Trames utilisées par le réseau local sans fil pour annoncer sa présence.
 - **Analyseurs** : Trames utilisées par les clients des réseaux locaux sans fil pour trouver leur réseau.
 - **Authentication** : Processus correspondant à un objet représentatif de la norme 802.11 d'origine mais qui reste exigé par la norme.
 - **Association** : Processus visant à établir une liaison de données entre un point d'accès et un client de réseau local sans fil.

Exercices

Exercice 1 :

- 1- Comment savoir l'adresse IP, a partir d' nom de domaine?
- 2- Comment *tester la communication entres deux machines* dans un réseau sans fil LAN ?
- 3- Comment consulter *la table de routage* dans un réseau LAN?
- 4- Si j'ai une machine avec l'adresse URL: www.masterII.com et: Ip= 20.22.22.202:
Pour tester la communication avec cette machine : j'utilise l'adresse URL ainsi je peu utiliser l'adresse IP. (Vrais, faux).
- 5- Si on a une adresse IP : 192.168.65.6, cette adresse IP est transité sur internet en binaire. Cette adresse IP est codée sur: 12bit, ou 24 bit ou 32 bit ou 64bit ?
- 6- Quel est le rôle de protocole POP3.
- 7- Quel est le serveur responsable d'attribution des adresses IP aux machines (réseau local) ?
- 8- Quelle est la commande responsable de renouveler l'adresse Ip délivrée par le serveur responsable et le rôle de serveur DNS.
- 9- Quel est le standard de Bluetooth

Réponses

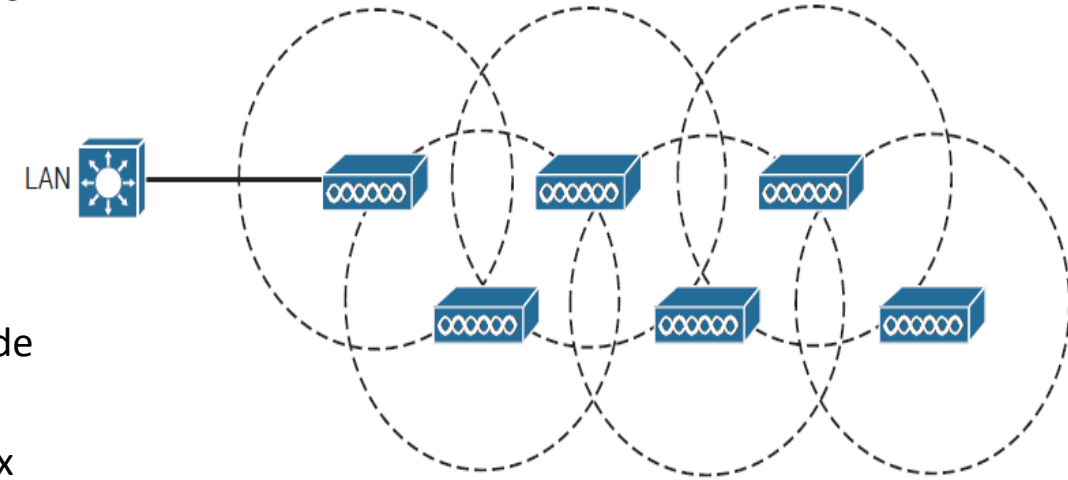
- 1- Par la commande "nslookup".
- 2- Par la commande "ping".
- 3- Par la commande "Netstat".
- 4- Vrais.
- 5- 32bit.
- 6- Stockage des messageries électronique.
- 7- le DHCP.
- 8- C'est la commande ipconfig /renew.
le DNS a pour rôle de convertir l'adresse web en toutes lettre en Adresse IP correspondante.
- 9- IEEE 802.15-1

Rappels

- Notions liées aux RSF : AP, Pont Radio, HotSpot, BTS, Handover
- BSS organisation et réutilisation des fréquences
- Architecture mode infrastructure : BSS, ESS, DS
- Processus de connexion à un AP

Réseau sans fil maillé

- Afin de fournir une couverture sur une grande surface nous pouvons utiliser plusieurs points d'accès configurés en mode maillé ;
- Dans une topologie maillée, le trafic est acheminé d'un point d'accès à un point d'accès, en guirlande.
- Les points d'accès maillés peuvent tirer parti de deux bandes radios : 2,4 GHz et 5 GHz ;
- Chaque point d'accès maillé maintient généralement un BSS sur un canal de 2,4 GHz, auquel les clients sans fil peuvent s'associer ;
- Le trafic client est alors généralement acheminé de AP à AP sur des canaux 5 GHz en tant que réseau de liaison ;
- Dans un maillage, le ou les canaux de liaison fonctionnent mieux s'ils sont fixes (non pas sur sélection automatique) ;
- À la périphérie du réseau maillé, le trafic de liaison est relié à l'infrastructure LAN filaire ;
- Le réseau maillé exécute son propre protocole de routage dynamique pour déterminer le meilleur chemin pour le trafic de liaison à travers les points d'accès maillés.



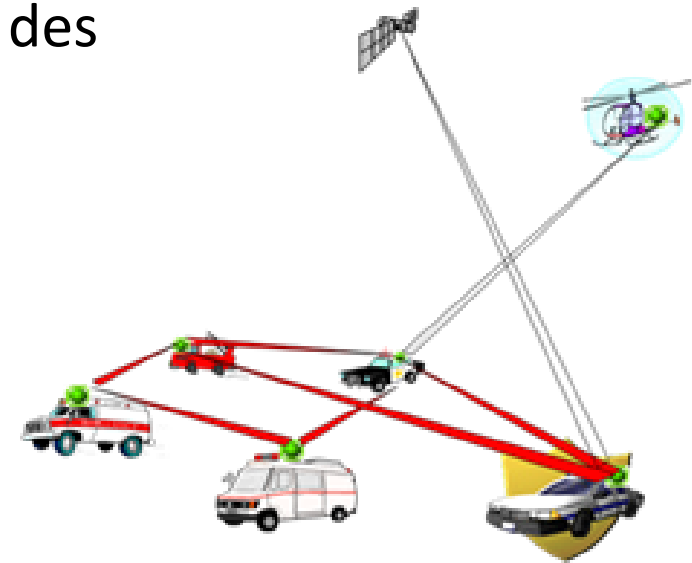
IEEE 802.11 : Mode Ad hoc

- Les appareils du réseau sans fil communiquent directement entre eux (point à point)
- Plus approprié pour un petit groupe d'appareils
- En général, réseau temporaire configuré pour répondre à un besoin immédiat
- Les appareils doivent être physiquement présents à proximité les uns des autres.
- Elles ne peuvent pas établir de pont avec le réseau local câblé
- Le réseau constitué s'appelle un IBSS (Independent Basic Service Set)



Mode Ad hoc : Caractéristiques

- **Topologie dynamique** : Mobilité des nœuds, bruits et interférences, puissance de transmission, mise en veille des nœuds,...
- **Contrainte d'Energie** : Alimentation par batterie
- **Capacité des liens limité et variables** : Conditions de propagation et changement des distances entre nœuds
- **Sécurité limité** : Risque d'écoute et d'attaque



Mode Ad hoc : Exemples d'application

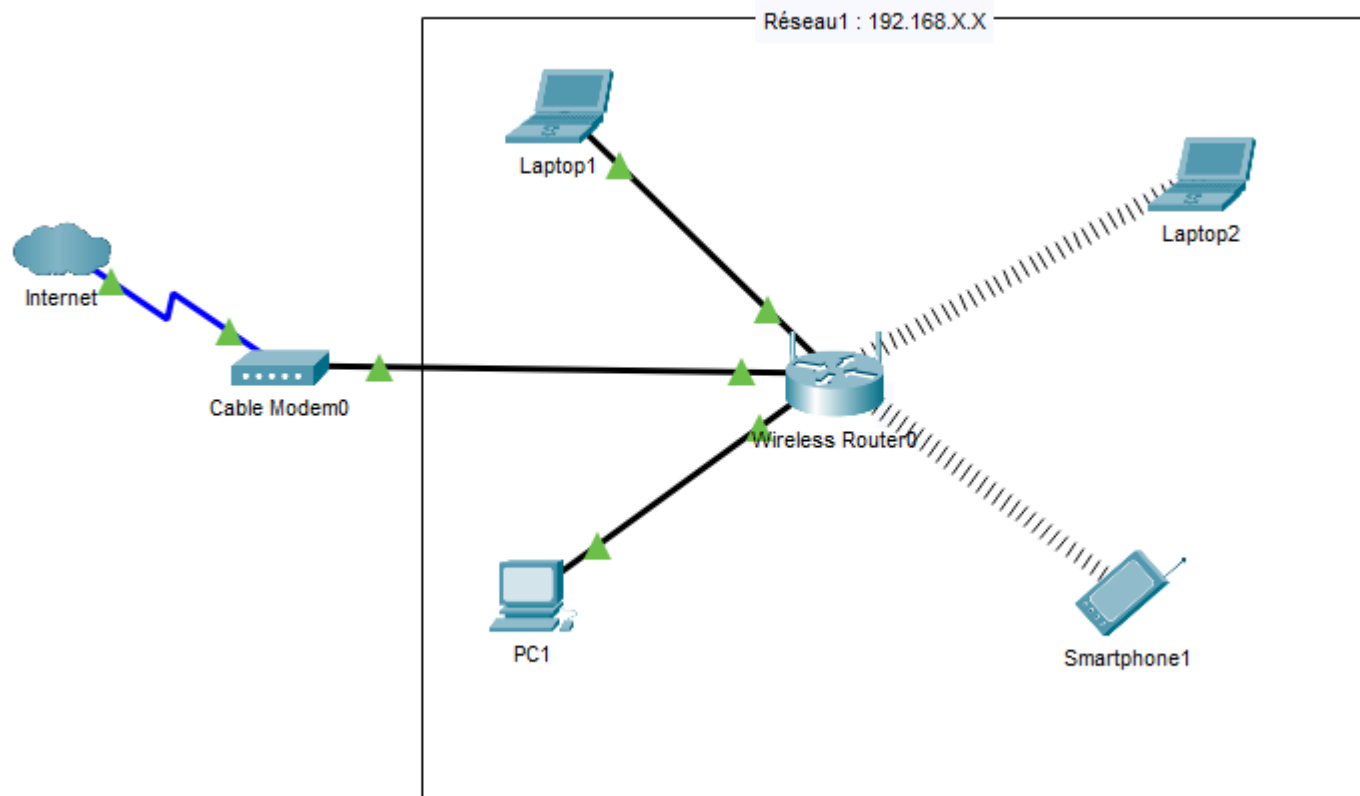
- Réseaux mobiles ad hoc (appareils mobiles auto-configurable, auto-organisé et connectés sans fil)
- VANET : Réseaux ad hoc véhiculaires (communication véhicules, équipements routiers,...)
- SPAN : Réseaux ad hoc pour smartphones (Wifi Direct,...)
- MANET : Réseau Ad hoc mobile (communication en mouvement,...)
- FANET (Flying ad hoc networks) : Les réseaux ad hoc volants constitués par des drones
- Réseaux ad hoc de la Marine (communications sans fil à haute vitesse entre les navires)
- WSN et MWSN : Réseaux de capteurs sans fil. Collecte de données ou de mesures (température, humidité,...)
- Réseau ad hoc de robots : communication pour collaboration et ordonnancement des tâches
- Réseau ad hoc de sauvetage en cas de catastrophe : communication des pompiers et les secouristes

Réseau Ad hoc

- **Avantages :**
 - Nœuds mobiles et décentralisés, utilisation variée, plus de performances.
 - Infrastructure moins coûteuse
 - Diffusion rapide des informations autour de l'émetteur
 - Pas de point de défaillance unique (SPOF).
 - Evolutivité
- **Limites :**
 - La topologie doit être très dynamique pour garantir une mobilité des entités du réseau.
 - Les fonctions réseau doivent avoir un haut degré d'adaptabilité.
 - La gestion et maintenance doivent donc être gérées de manière totalement distribuée (pas d'entités centrales).
 - Contraintes de batterie

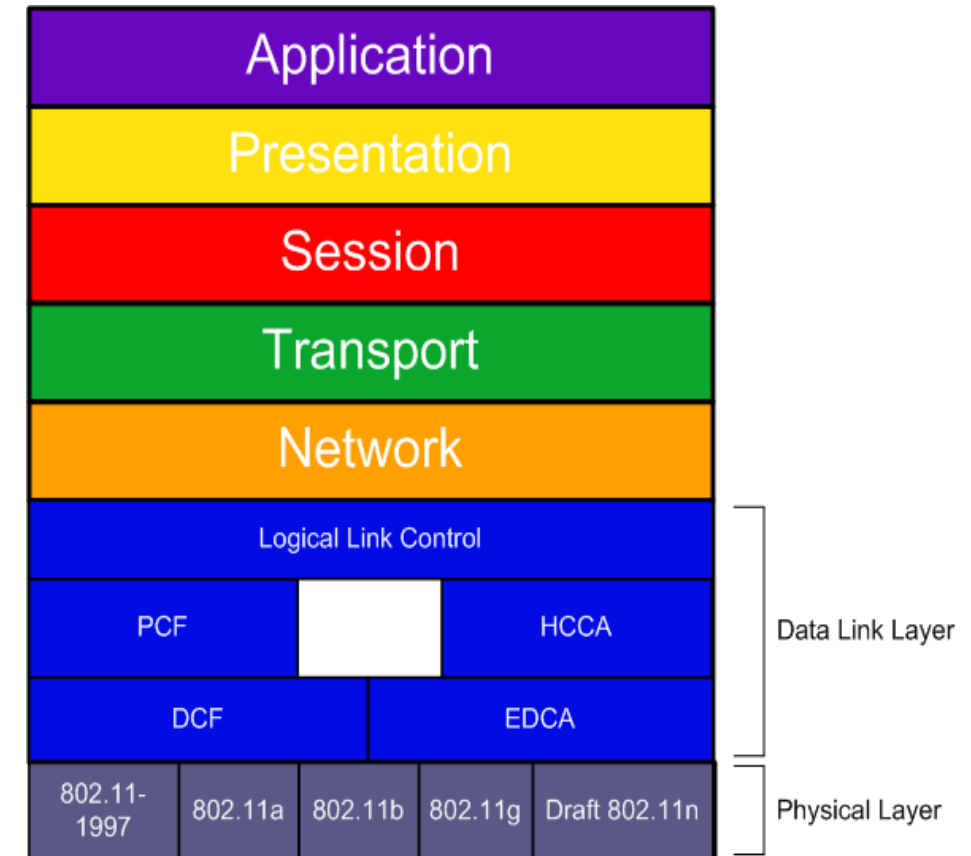
Exercice

- Les couches OSI et protocoles utilisés au niveau de chaque élément de cette topologie ?



Normes et Standards 802.11 : Objectifs

- 802.11 : ensemble de normes élaborées par le comité IEEE 802
- Destinée aux réseaux locaux sans fil (WLAN).
- Généralement considérée comme la version sans fil de 802.3 (Ethernet)
- le protocole 802.11 se situe dans les couches basses du modèle OSI.
- Sert comme de base de travail aux constructeurs et développeurs de services réseaux
- Définit les spécifications relatives à l'implémentation de la couche PHY et de la sous-couche MAC (Couche liaison de données du modèle OSI)



Normes et Standards 802.11

- **802.11** : L'ancêtre du réseau sans fil, sur **2,4 GHz** modulation par fréquence à séquence directe (DSSS) ou saut de fréquence (FHSS) (aucune norme imposée), d'un débit de **2 Mb/s** et pratiquement **pas d'interopérabilité** de constructeur à constructeur.
- **802.11b** : premier réseau Ethernet sans fil interopérable, sur 2,4 GHz, offrant un débit physique de **11 Mb/s** (modulation DSSS, accès par CSMA/CA et détection de porteuse)
- **802.11a** : historiquement c'est le second projet de réseau Ethernet sans fil sur **5 GHz**, elle permet d'obtenir un haut débit (**54 Mbps** théoriques, 30 Mbps réels). **Pas de compatibilité** avec 802.11b
- **802.11g** : Largement adoptée. Adaptation du concept de l'étalement de spectre par OFDM aux réseaux 802.11b (compatibilité) (passage à **54 Mb/s**). La norme 802.11g a une **compatibilité** ascendante avec la norme 802.11b.
- **802.11n** : permet d'atteindre un débit théorique allant jusqu'à **450 Mbit/s** (technique **MIMO** : multi-antennes) sur chacune des bandes de fréquences utilisable (**2,4 GHz et 5 GHz**). Elle améliore les standards précédents : IEEE 802.11a pour la bande de fréquences des 5 GHz, IEEE 802.11b et IEEE 802.11g pour la bande de fréquences des 2,4 GHz.

Normes et Standards 802.11

- **802.11ac** : permet une connexion sans fil haut débit à un réseau local. Il utilise exclusivement la bande de fréquence **5 GHz** (de 5 à 6 GHz). Permet d'avoir un débit théorique pouvant atteindre **1,3 Gbit/s** et un débit utile de 910 Mbit/s grâce à **l'agrégation de canaux**, au codage OFDM/OFDMA, à l'utilisation de la technique multi-antennes **MIMO** et au plus grand nombre de canaux disponibles dans la bande des 5 GHz.
- **802.11ax** : Utilise le spectre fréquentiel entre **1 et 7,1 GHz**. Elle vise à améliorer la norme 802.11ac pour optimiser la connexion Wi-Fi dans les **zones très denses** tels que les gares, aéroports, centres commerciaux, etc. Cette norme permet ainsi à plusieurs utilisateurs de se connecter simultanément au même point d'accès en utilisant une technologie déjà présente dans les réseaux mobiles **4G/LTE et 5G**.
- **Des amendements** à la norme 802.11 (d, h, i, j, e, p, r, y, w) qui concernent principalement la couche MAC, la sécurité d'accès ou l'interfonctionnement entre réseaux sont aussi élaborés.

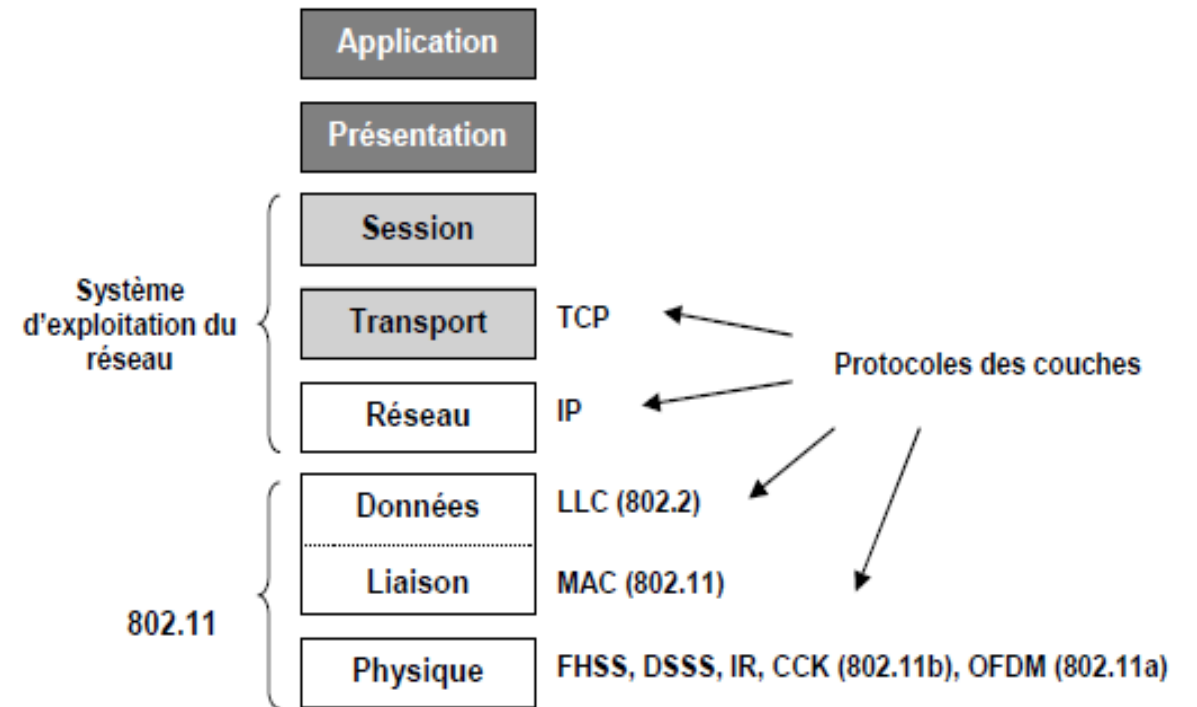
Normes et Standards 802.11

Norme	Année	Débit max (Mb/s)	Bande (GHz)	Portée th. Intérieure	Portée th. Extérieure
802.11 (Origine)	1997	2	2,4	20 m	100 m
802.11a (Wi-Fi 2)	1999	54	5	35 m	120 m
802.11b (Wi-Fi 1)	1999	11	2,4	35 m	140 m
802.11g (Wi-Fi 3)	2003	54	2,4	38 m	140 m
802.11n (Wi-Fi 4)	2009	450	2,4 et/ou 5	70 m (2,4Ghz) 12-35 m (5 GHz)	250 m
802.11ac (Wi-Fi 5)	2013	1,3 Gbit/S	5	12–35 m	300 m
802.11ax (Wi-Fi 6)	2021	10,53 Gbit/s	1 à 7,1	12–35 m	300 m

Normes et Standards 802.11

Le standards IEEE 802.11 couvre les deux couches basses du modèle OSI :

- La **couche physique** :
 - définit les règles permettant d'accéder au médium et d'envoyer des données ;
 - gère essentiellement la transmission des bits sur le support de communication ;
 - gère les signaux électriques et les modulations.
- La **couche liaison de données** :
 - gère la fiabilité du transfert des informations, le découpage en trames,
 - la protection contre les erreurs, les trames d'acquittement et la régulation du trafic



Normes et Standards 802.11

La couche liaison de données est constituée de deux sous-couches :

- **Sous-couche liaison logique LLC** (Logical Link Control) :
 - gère les erreurs, le trafic, le flux, et la liaison au support
 - Exemples de protocoles LLC : SDLC, HDLC, LAP, LLC...
- **Sous-couche d'accès au support MAC** (Medium Access Control) :
 - gère le partage du support de transmission.
 - offre d'autres fonctions qui sont normalement confiées aux protocoles supérieurs, comme la fragmentation des données, les retransmissions de paquet
 - Exemples de protocoles MAC : ALOHA, 802.3 (CSMA/CD), CSMA/CA, 802.4 (bus à jeton), 802.5 (anneau à jeton).

