



*Badji Mokhtar University Annaba*  
*Electronics Department*

L3. Telecommunications  
Module: Local computer networks (RIL)

# Lecture 4

## I. Introduction

- Un réseau sans fils (*en anglais wireless network*) est, comme son nom l'indique, un réseau dans lequel au moins deux terminaux peuvent communiquer sans liaison filaire. Grâce aux réseaux sans fils, un utilisateur a la possibilité de rester connecté tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu.
- Les réseaux sans fils sont basés sur une liaison utilisant des ondes radio-électriques (radio et infrarouges) au lieu de placer des câbles habituels. Il existe plusieurs technologies se distinguant d'une part par la fréquence d'émission utilisée ainsi que le débit et la portée des transmissions.



## II. Pourquoi déployer un réseau sans fil aujourd'hui ?

- Pour faciliter la connexion des utilisateurs itinérants, en particulier dans les espaces collectifs
- Pour connecter des locaux impossibles ou trop coûteux à câbler (amiante, monument historique)
- Pour mettre en place une connexion provisoire (travaux)
- Le sans fil n'est pas destiné à remplacer intégralement le câblage filaire (fiabilité, débit)
- *Il n'est pas fait pour connecter des serveurs !*

## Les différentes technologies sans fils

	WPAN	WLAN	WMAN	WWAN
Nom commun	Bluetooth et autres	WiFi	WiMax	GSM, GPRS, UMTS
Bande de fréquence	2,4 GHz	2,4 / 5 GHz	2 – 11 GHz	900 / 1800 MHz 1900 / 2200 MHz
Portée	qq m	100 m	50 km	35 km
Débit théorique	3 Mb/s	54 Mb/s	70 Mb/s	9600 Kb/s -> 2 Mb/s
Applications	Connexion périphériques	Réseau local	Accès	Téléphonie et données
Norme	IEEE 802.15	IEEE 802.11	IEEE 802.16	ITU

- WPAN** Wireless Personal Area Networks
- WLAN** Wireless Local Area Networks
- WMAN** Wireless Metropolitan Area Networks
- WWAN** Wireless Wide Area Networks



### III. Les catégories de réseaux sans fils

1) **Réseaux personnels sans fils (WPAN)** : Le réseau personnel sans fils (appelé également réseau individuel sans fils et noté WPAN pour *Wireless Personal Area Network* ) concerne les réseaux sans fils d'une faible portée : de l'ordre de quelques dizaines de mètres. Ce type de réseau sert généralement à relier des périphériques (imprimante, téléphone portable, appareils domestiques, ...) ou un assistant personnel (PDA) à un ordinateur sans liaison filaire ou bien à permettre la liaison sans fils entre deux machines très peu distantes. Il existe plusieurs technologies utilisées pour les WPAN : Bluetooth , HomeRF, ZigBee, les liaisons infrarouges

2) **Réseaux locaux sans fils (WLAN)**: Le réseau local sans fils (WLAN pour *Wireless Local Area Network* ) est un réseau permettant de couvrir l'équivalent d'un réseau local d'entreprise, soit une portée d'environ une centaine de mètres. Il permet de relier entre-eux les terminaux présents dans la zone de couverture. Il existe plusieurs technologies concurrentes: Le WiFi, hiperLAN2 (*HIgh Performance Radio LAN 2.0*), DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunication* ),



3) **Réseaux métropolitains sans fils (WMAN):** Le réseau métropolitain sans fils (WMAN pour *Wireless Metropolitan Area Network* ) est connu sous le nom de Boucle Locale Radio (BLR). Les WMAN sont basés sur la norme IEEE 802.16. La boucle locale radio offre un débit utile de 1 à 10 Mbit/s pour une portée de 4 à 10 kilomètres, ce qui destine principalement cette technologie aux opérateurs de télécommunication.

➤ Wimax (standard de réseau sans fils poussé par Intel avec Nokia, Fujitsu et Prowim). Basé sur une bande de fréquence de 2 à 11 GHz, offrant un débit maximum de 70 Mbits/s sur 50km de portée, certains le placent en concurrent de l'UMTS, même si ce dernier est d'avantage destiné aux utilisateurs itinérants.

4) **Réseaux étendus sans fils (WWAN):** Le réseau étendu sans fils (WWAN pour *Wireless Wide Area Network* ) est également connu sous le nom de réseau cellulaire mobile. Il s'agit des réseaux sans fils les plus répandus puisque tous les téléphones mobiles sont connecté à un réseau étendu sans fils. Les principales technologies sont les suivantes :

- GSM (*Global System for Mobile Communication* ou Groupe Spécial Mobile)
- GPRS (*General Packet Radio Service* )
- UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System* )

# WIFI IEEE 802.11



## 1. Introduction

La norme *IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11)* est un standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau locale sans fil (*WLAN*). Le nom Wi-Fi (contraction de *Wireless Fidelity*, parfois notée à tort *WiFi*) correspond initialement au nom donné à la certification délivrée par la *WI-FI Alliance*, anciennement *WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance)*, l'organisme chargé de maintenir l'interopérabilité entre les matériels répondant à la norme 802.11. Par abus de langage (et pour des raisons de marketing) le nom de la norme se confond aujourd'hui avec le nom de la certification. Ainsi un réseau Wifi est en réalité un réseau répondant à la norme 802.11. Les matériels certifiés par la *Wi-Fi Alliance* bénéficient de la possibilité d'utiliser le logo suivant :





## 2. Présentation du WiFi (802.11)

❑ La norme IEEE 802.11 est en réalité la norme initiale offrant des débits de 1 ou 2 Mbps.

- Des révisions ont été apportées à la norme originale afin d'optimiser le débit (c'est le cas des normes 802.11a, 802.11b et 802.11g, 802.11n appelées normes 802.11 physiques)

- ou bien préciser des éléments afin d'assurer une meilleure sécurité ou une meilleure interopérabilité.

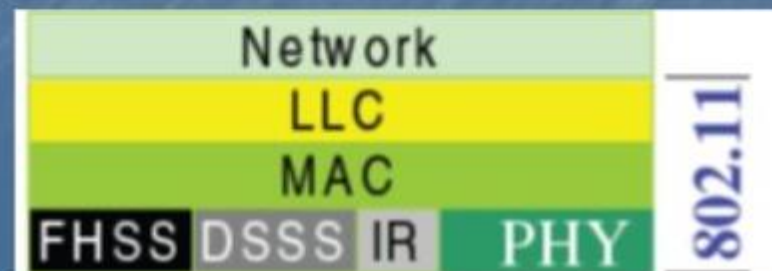
❑ La norme 802.11 s'attache à définir les couches basses du modèle OSI pour une liaison sans fil utilisant des ondes électromagnétiques, c'est-à-dire :

➤ Couche Liaison de données (MAC)

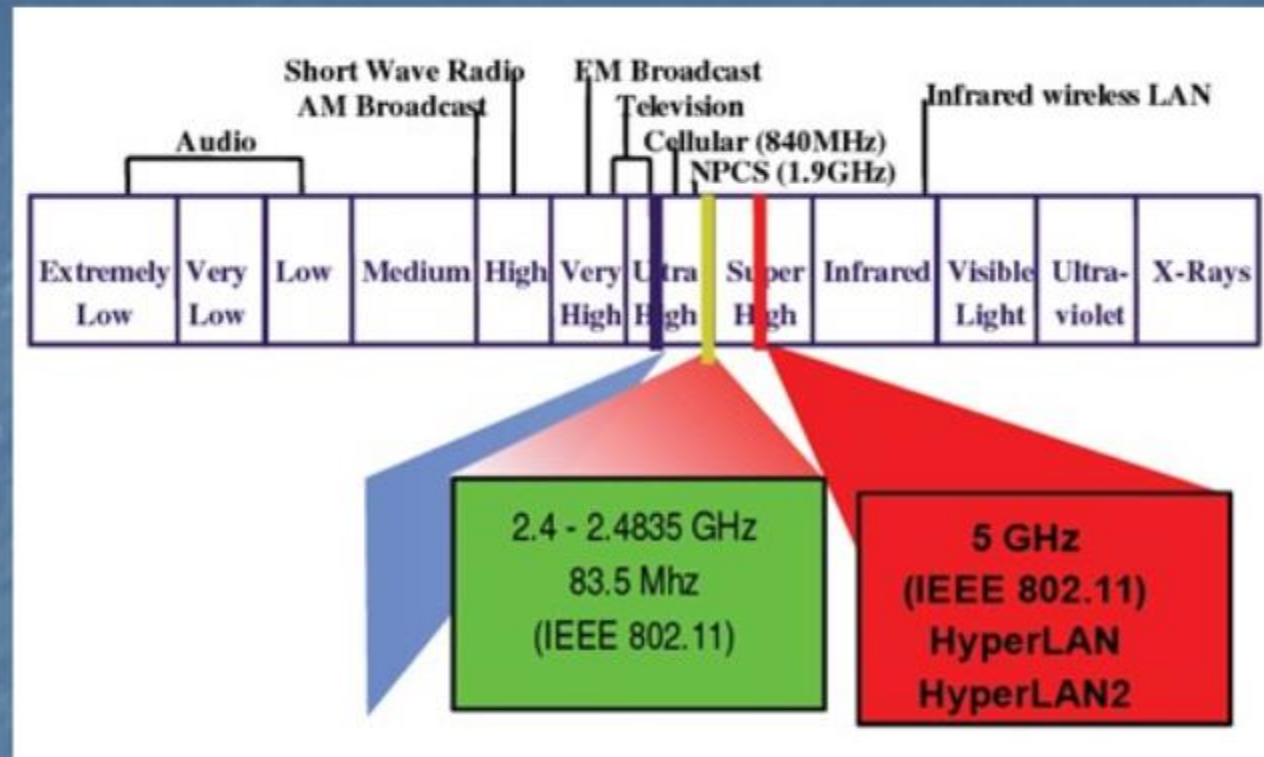
- 802.11 (CSMA/CA ou Point Coordination Function - PCF)

Couche Physique(PHY) : La couche physique définit la modulation des ondes radio-électriques et les caractéristiques de la signalisation pour la transmission de données. La norme 802.11 propose en réalité trois couches physiques, définissant des modes de transmission alternatifs

- DSSS(Direct-Sequence Spread-Spectrum)
- FHSS (Frequency Hopping Spread-Spectrum)
- Infrarouges
- OFDM



## Bande de spectre "ISM" Industrial, Scientific, and Medical



Les réseaux IEEE 802.11 utilisent les bandes "ISM" (industrie, science et médecine), pour lesquelles aucune autorisation n'est nécessaire.



### 3. Les différentes normes WiFi Norme (IEEE 802.11 ISO/IEC 8802-11)

#### ✓ 802.11a - Wifi5 (1999) (5,15-5,35 MHz)

La norme 802.11a (baptisé WiFi 5) permet d'obtenir un haut débit (54 Mbps théoriques, Débit maximal données : 30 Mbps réels). La norme 802.11a spécifie 8 canaux radio de 22MHz dans la bande de fréquence des 5 GHz (OFDM). Portée : environ 50 m. Le 802.11a possède également des inconvénients comme sa portée réduite (15m) et son incompatibilité avec le 802.11b (le passage à cette norme exige donc l'acquisition d'un tout nouveau matériel).

#### ✓ – 802.11b – Wifi (1999) (2,4-2,483 5 MHz)

La norme 802.11b propose un débit théorique de 11 Mbps (6 Mbps réels) avec une portée pouvant aller jusqu'à 300 mètres dans un environnement dégagé. La plage de fréquence utilisée est la bande des 2.4 GHz, avec 3 canaux radio disponibles (DSSS).

La norme 802.11b utilise la bande de fréquence libre des 2.4 GHz. Elle est subdivisée en 13 sous canaux de 22 Mhz en Europe (11 aux USA, 14 au Japon) qui se chevauchent partiellement.

Le principal inconvénient de 802.11b consiste à présenter des interférences possibles avec les appareils fonctionnant sur les mêmes fréquences tels que les fours à micro ondes, les caméras analogiques sans fil et toutes les formes de surveillance ou d'observation professionnelles ou domestiques à distance comme les transmetteurs de salon, la télé-mesure, la télé-médecine, les radio-amateurs ATV, les claviers et souris sans fil.



✓ 802.11c - Pontage 802.11 vers 802.1d

La norme 802.11c n'a pas d'intérêt pour le grand public. Il s'agit uniquement d'une modification de la norme 802.1d afin de pouvoir établir un pont avec les trames 802.11 (niveau liaison de données).

✓ 802.11d - Internationalisation

La norme 802.11d est un supplément à la norme 802.11 dont le but est de permettre une utilisation internationale des réseaux locaux 802.11. Elle consiste à permettre aux différents équipements d'échanger des informations sur les plages de fréquence et les puissances autorisées dans le pays d'origine du matériel.

✓ 802.11e - Amélioration de la qualité de service

La norme 802.11e vise à donner des possibilités en matière de qualité de service au niveau de la couche liaison de données. Ainsi cette norme a pour but de définir les besoins des différents paquets en terme de bande passante et de délai de transmission de telle manière à permettre notamment une meilleure transmission de la voix et de la vidéo.



### ✓ 802.11f - Itinérance (roaming)

La norme 802.11f est une recommandation à l'intention des vendeurs de point d'accès pour une meilleure interopérabilité des produits. Elle propose le protocole Inter-Access point roaming protocol permettant à un utilisateur itinérant de changer de point d'accès de façon transparente lors d'un déplacement, quelles que soient les marques des points d'accès présentes dans l'infrastructure réseau. Cette possibilité est appelée itinérance (ou roaming en anglais)

### ✓ 802.11g

En janvier 2005, la norme 802.11g est la plus répandue. Elle offre un haut débit (54 Mbps) sur la bande de fréquence des 2.4 GHz. De plus, les matériels conformes à la norme 802.11g fonctionnent en 802.11b (à 11 Mbps), ce qui garanti une compatibilité avec les points d'accès 802.11b.

La modulation de 802.11g est OFDM comme pour la norme 802.11a. Malheureusement, ce standard est aussi sensible aux interférences avec d'autres appareils utilisant les mêmes fréquences dans la bande des 2.4 GHz.



### ✓ 802.11h

- La norme 802.11h vise à rapprocher la norme 802.11 du standard Européen (HiperLAN 2, d'où le h de 802.11h) et être en conformité avec la réglementation européenne en matière de fréquence et d'économie d'énergie.

### ✓ 802.11i

- La norme 802.11i a pour but d'améliorer la sécurité des transmissions (gestion et distribution des clés, chiffrement et authentification). Cette norme s'appuie sur l'AES (Advanced Encryption Standard) et propose un chiffrement des communications pour les transmissions utilisant les technologies 802.11a, 802.11b et 802.11g.

### ✓ 802.11IR

- La norme 802.11j a été élaborée de telle manière à utiliser des signaux infra-rouges. Cette norme est désormais dépassée techniquement.

### ✓ 802.11j

- La norme 802.11j est à la réglementation japonaise ce que le 802.11h est à la réglementation européenne.



## ✓ 802.11n

Avec les pré-produits IEEE 802.11n, le débit maximal atteint fin 2007 est de 108 Mbit/s, c'est-à-dire le double des standards IEEE 802.11a et 802.11g.

L'objectif du standard IEEE 802.11n est triple :

- Apporter des modifications aux niveaux MAC et PHY de telle sorte que le débit dépasse les 100 Mbit/s pour atteindre au mieux 540 Mbit/s. Pour cela la technologie MIMO est mise en oeuvre.
- Rester compatible avec IEEE 802.11a et 802.11g.

<b>IEEE Standard</b>	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ax
<b>Year Released</b>	1999	1999	2003	2009	2014	2019
<b>Frequency</b>	5Ghz	2.4GHz	2.4GHz	2.4Ghz & 5GHz	2.4Ghz & 5GHz	2.4Ghz & 5GHz
<b>Maximum Data Rate</b>	54Mbps	11Mbps	54Mbps	600Mbps	1.3Gbps	10-12Gbps



**IEEE 802.11:** The original! Created in 1997, this now-defunct standard supported a blazing fast maximum connection speed of megabits per second (Mbps). Devices using this haven't been made for over a decade and won't work with today's equipment.

**IEEE 802.11a:** Created in 1999, this version of Wi-Fi works on the 5GHz band. This was done with the hope of encountering less interference since many devices (like most wireless phones) also use the 2.4GHz band. 802.11a is fairly quick too, with maximum data rates topping out at 54Mbps. However, the 5GHz frequency has more difficulty with objects that are in the signal's path, so the range is often poor.

**IEEE 802.11b:** Also created in 1999, this standard uses the more typical 2.4GHz band and can achieve a maximum speed of 11Mbps. 802.11b was the standard that kick-started Wi-Fi's popularity.

**IEEE 802.11g:** Designed in 2003, the 802.11g standard upped the maximum data rate to 54Mbps while retaining usage of the reliable 2.4GHz band. This resulted in widespread adoption of the standard.

**IEEE 802.11n:** Introduced in 2009, this version had slow initial adoption. 802.11n operates on both 2.4GHz and 5GHz, as well as supporting multi-channel usage. Each channel offers a maximum data rate of 150Mbps, which means the maximum data rate of the standard is 600Mbps.

**IEEE 802.11ac:** The ac standard is what you will find most wireless devices using at the time of writing. Initially released in 2014, ac drastically increases the data throughput for Wi-Fi devices up to a maximum of 1,300 megabits per second. Furthermore, ac adds MU-MIMO support, additional Wi-Fi broadcast channels for the 5GHz band, and support for more antenna on a single router.

**IEEE 802.11ax:** Next up for your router and your wireless devices is the ax standard. When ax completes its rollout, you will have access to theoretical network throughput of 10Gbps—around a 30-40 percent improvement over the ac standard. Furthermore, wireless ax will increase network capacity by adding broadcast subchannels, upgrading MU-MIMO, and allowing more simultaneous data streams.



## 4. La couche physique

✓ Chaque couche physique 802.11/a/b/g est divisée en deux sous-couches :

- la sous-couche PMD (Physical Medium Dependent) qui gère l'encodage des données et effectue la modulation

- la sous-couche PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) qui s'occupe de l'écoute du support et fournit un CCA (Clear Channel Assessment) à la couche MAC , qui est le signal utilisé par la couche MAC pour savoir si le support est occupé ou non.

✓ IEEE 802.11 définit quatre couches physiques différentes : FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) , DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) , infrarouge, OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)



### ✓ La technique de l'étalement de spectre à saut de fréquence (FHSS):

La version originale du standard 802.11 prévoyait deux techniques de modulation de fréquence pour la transmission de données issues des technologies militaires. Ces techniques, appelées étalement de spectre (en anglais spread spectrum), consistent à utiliser une bande de fréquence large pour transmettre des données à faible puissance.

- ❖ La technique de Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)
- ❖ la technique de Direct-Sequence Spread Spectrum (DSSS)

✓ La technologie infrarouge: . La technologie infrarouge a pour caractéristique principale d'utiliser une onde lumineuse pour la transmission de données. Ainsi les transmissions se font de façon unidirectionnelle, soit en "vue directe" soit par réflexion. En utilisant une modulation appelé PPM (pulse position modulation).

La modulation PPM consiste à transmettre des impulsions à amplitude constante, et à coder l'information suivant la position de l'impulsion.



## FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) 1997 :

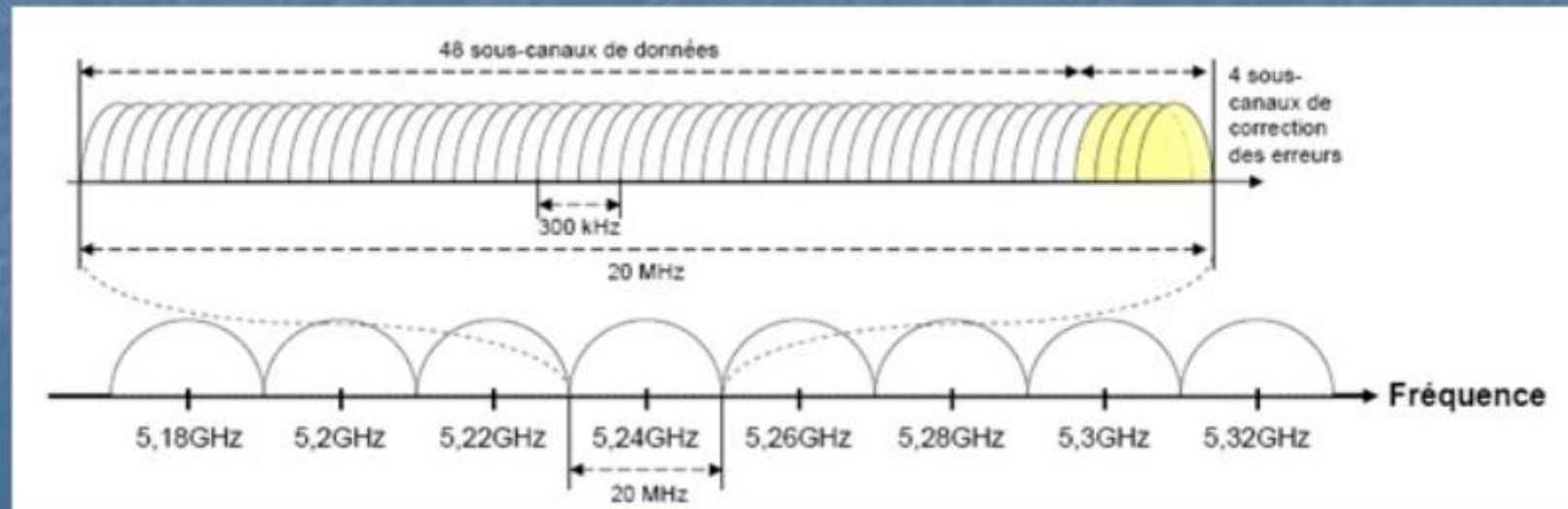
- Originellement conçue pour applications militaires pour empêcher les écoutes radio - aujourd'hui la combinaison de fréquences est connue de tous : permet de réduire les interférences entre les transmissions des stations d'une cellule
- 79 canaux de 2.402 à 2.480 GHz (hops ou sauts d'une largeur de 1MHz)
- Transmettre en utilisant une combinaison de canaux connue de toutes les stations de la cellule : émission pendant environ 300 ms sur un canal puis sur un autre => transmission à un instant donné plus facilement reconnaissable pour une fréquence donnée
- L'émetteur et le récepteur s'accordent sur un schéma de saut, et les données sont envoyées sur une séquence de sous-canaux.
- Chaque conversation sur le réseau 802.11 s'effectue suivant un schéma de saut différent, et ces schémas sont définis de manière à minimiser le risque que deux expéditeurs utilisent simultanément le même sous-canal.
- Le principal inconvénient du FHSS vient de son débit qui est limité à 2 Mbit/s. Cette limitation est due au fait que la bande passante des canaux égale à 1 MHz.
- Faible débit, faible portée (à cause de la limitation de puissance à 10mW)



## Modulation a porteuses orthogonales (OFDM : Orthogonal Frequency Division Modulation)(1999)

OFDM est une méthode de codage appliquée aux normes 802.11a ( 6 Mbps → 54Mbps!! ), 802.11g et Hiperlan II, avec des debits allant jusque 54 Mbits/sec dans une bande de 20 MHz sur une distance de dizaines de metres en air libre.

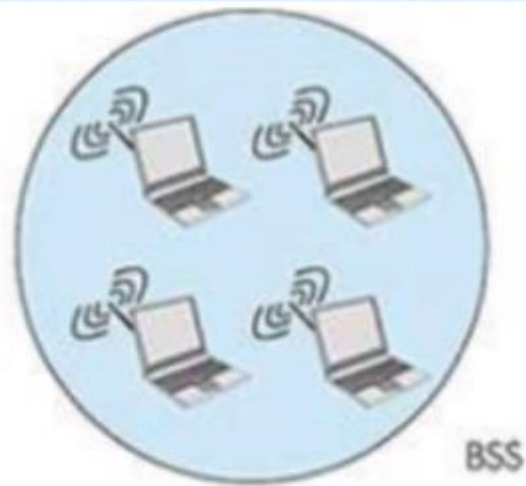
- ❖ division de la bande en 8 canaux de 20 MHz
- ❖ chaque canal contient 52 sous-canaux de 300 kHz
- ❖ utilisation de tous les sous-canaux en parallèle pour la transmission
- ❖ débit de 6 à 54 Mbits/s :
  - Modulation: BPSK, QPSK, 16QAM and 64QAM



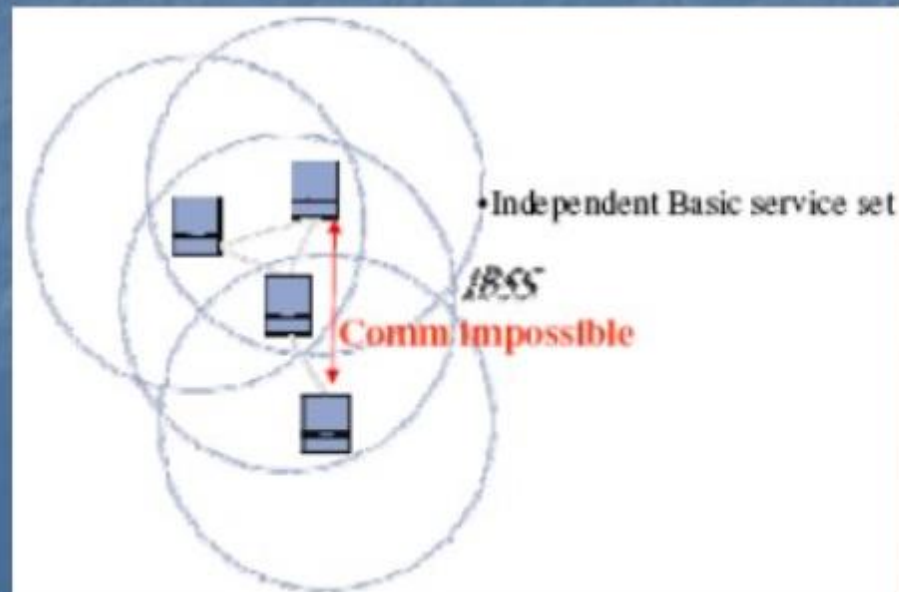


## 6. Architecture 802.11

- ❑ Station : toute machine équipée d'une interface 802.11
- ❑ BSS (*Basic Service Set: ensemble de services de base*) : zone à l'intérieur de laquelle les stations restent en communication
- ❑ IBSS (Independent BSS): BSS indépendants = réseaux « ad hoc »
  - Constitution de réseaux "de poste à poste"
  - Pas de point d'accès
  - chaque machine joue en même temps le rôle de client et le rôle de point d'accès (servir de relais)
  - Utilisé pour les réseaux de terrain (militaires) ou dans une salle de réunion...

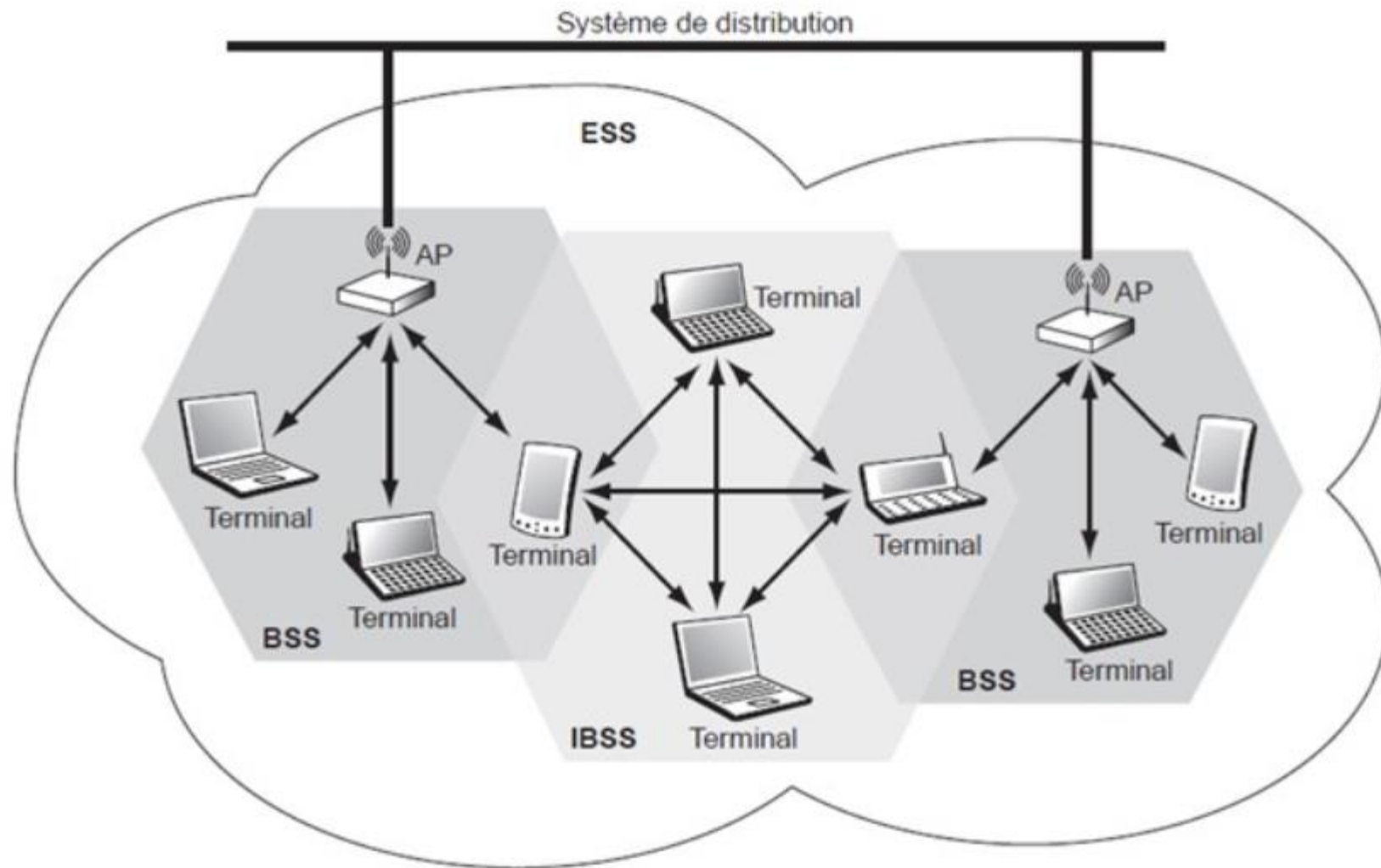


ad-hoc network  
(Independent BSS)



- ❑ Les BSS peuvent être interconnectés par un « système de distribution » (DS, *Distribution System*) : le plus souvent un réseau Ethernet
- ❑ Un point d'accès est une station qui fournit l'accès au DS (Le mode Infrastructure)
- ❑ L'ensemble formé par le point d'accès et les stations situées dans sa zone de couverture est appelé BSS pour « Basic Service Set » et constitue une cellule.
- ❑ ESS (*Extended Service Set*) : ensemble de BSS interconnectés par un système de distribution
- ❑ Les stations peuvent communiquer entre elles et passer d'un BSS à l'autre à l'intérieur d'un même ESS





AP (Access Point) : point d'accès

BSS (Basic Set Service) : cellule de base

ESS (Extented Set Service) : ensemble des cellules de base

IBSS (Independent Basic Set Service) : cellule de base en mode ad-hoc

❑ Chaque BSS est identifié par un BSSID, un identifiant de 6 octets (48 bits). Dans le mode infrastructure, le BSSID correspond à l'adresse MAC du point d'accès. Il s'agit généralement du mode par défaut des cartes 802.11b.

❑ Un ESS est repéré par un ESSID (*Service Set Identifier*), c'est-à-dire un identifiant de 32 caractères de long (au format ASCII) servant de nom pour le réseau. L'ESSID, souvent abrégé en SSID, représente le nom du réseau et représente en quelque sorte un premier niveau de sécurité dans la mesure où la connaissance du SSID est nécessaire pour qu'une station se connecte au réseau étendu.

❑ Lorsqu'un utilisateur nomade passe d'un BSS à un autre lors de son déplacement au sein de l'ESS, l'adaptateur réseau sans fil de sa machine est capable de changer de point d'accès selon la qualité de réception des signaux provenant des différents points d'accès. Les points d'accès communiquent entre eux grâce au système de distribution afin d'échanger des informations sur les stations et permettre le cas échéant de transmettre les données des stations mobiles. Cette caractéristique permettant aux stations de "passer de façon transparente" d'un point d'accès à un autre est appelé *itinérance* (en anglais handover).



## 7. Fonctionnalités de la couche MAC

- Contrôle de l'accès au support de transmission.
- Fragmentation et réassemblage des trames de données.
- Contrôle d'erreur.
- Gestion de la mobilité (Handover).
- Sécurité et qualité de service.
- Gestion de l'énergie des stations mobiles.
- adressage des paquets ;
- formatage des trames ;

### Les méthodes d'accès au support

deux méthodes d'accès :

- DCF (*Distributed Coordination Function* (ad-hoc, IS)) : similaire à ethernet, support de données asynchrones ; chances égales d'accès au support pas de priorité; collisions possibles.
- PCF (*Point Coordination Function* (mode IS , optionnelle)) : pas de collisions ; transmission de données isochrones (applications temps-réel, voix, vidéo)