

Réseaux mobiles

WLAN (Réseaux locaux sans fil)

Wireless Local Area Network

- permet de couvrir l'équivalent d'un réseau local d'E^{se} (~100 m)
- connecte des postes par ondes radio.
- norme utilisée: **IEEE 802.11**
- réseaux possibles: Applications publiques (Hot spot)
Réseaux métropolitains
Réseaux Mesh (maillé d'infrastructure: pour pour réseaux de capteurs)
- organismes gérant la normalisation des réseaux et les bandes de fréquence attribuées aux réseaux sans-fil (Wireless)
 - USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers **IEEE**
 - USA: Federal Communications Commission **FCC**
 - Europe: European Telecommunications Standards Institute **ETSI**
 - Maroc: Agence Nationale de Réglementation des Telecom. **ANRT**
- technologies concurrentes
 - **Wi-Fi**: Wireless Fidelity: certification d'un réseau répondant à la norme 802.11
 - **HyperLAN2**: High Performance Radio LAN 2.0: norme europ

WMAN (Réseaux métropolitains sans fil)

Wireless Metropolitan Area Network

- connue sous le nom Boucle Locale Radio **BLR**
- débit max: 10 Mb/s
- portée 4 à 10 Km
- technologie: **WiMAX** (Worldwide Interoperability for Microwave Access): label conforme à la norme **IEEE 802.16**
- connexion sans-fil entre une station de base (**BTS** Base Transceiver Station) et des milliers d'abonnés sans ligne visuelle directe LOS (Line of Sight)
 - (-) ne peut pas franchir les gros obstacles (collines, immeubles)
 - (+) 70 Mbit/s sur 50 Km (théorie) → (réel) 20 Mbit/s
- principalement destiné aux opérateurs de connexion

WPAN (Réseaux personnels sans-fil)

Wireless Personal Area Network

- portée (~10 m)
- technologies:
 - **Bluetooth** (normalisée sous **IEEE 802.15.1**) 1 Mb/s sur ~30m
(+) très peu gourmande en énergie
 - **ZigBee** (normalisée sous **IEEE 802.15.4**) 250 Kbit/s sur 100m
(+) bas prix et basse conso d'énergie (pour électroménagers, jouets, fifi)
 - **Infrarouge** q/q Mb/s sur q/q mètres. pour télécommandes.

WWAN (Réseaux étendus sans-fil)

Wireless Wide Area Network

- connue sous le nom réseau cellulaire mobile.
- - **GSM**: Global System for Mobile Communications
- - **GPRS** et **EDGE**: General Packet Radio Service
- - **UMTS**: Universal Mobile Telecommunications System
- - **LTE**: Long Term Evolution.

Réseau Mobile

- les users peuvent changer de réseau parent (opérateur) sans avoir à changer leur identifiants (ppp TCP/IP: @IP, ppp tel: N° tel) et c'est possible **sans coupure**.

Réseau Sans-fil

- les users peuvent accéder au réseau sans avoir recourt au **socket mural**.

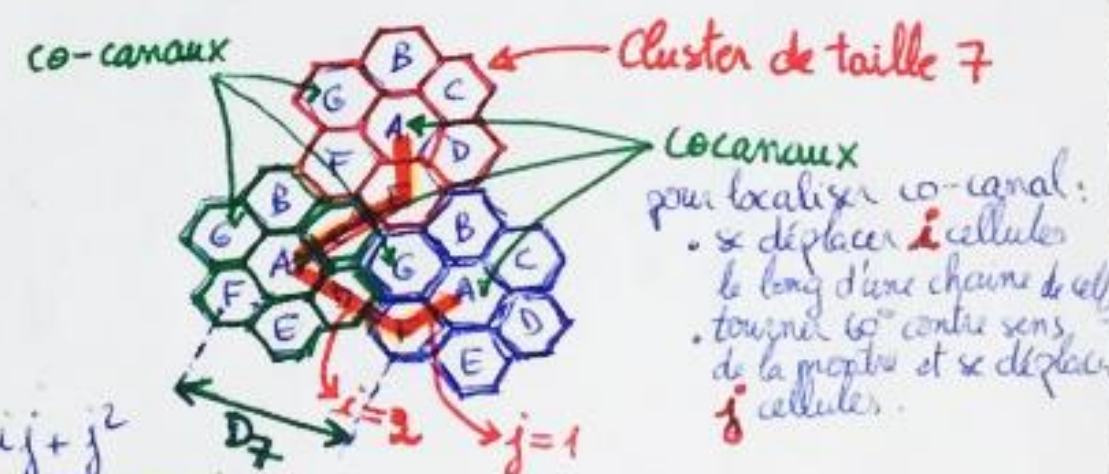
Exemples

	Mobile	Sans-fil
GSM	✓	✓
UMTS	✓	✓
TCP/IP		
IP Mobile	✓	
ATM		
DECT		✓

ATM: Asynchronous Transfer Mode (protocole à commutation de cellules)
CT: Cordless Telephony $\xrightarrow{\text{évolue}}$ DECT: Digital Enhanced Cordless Telecommunications

Concept cellulaire

- cellulaire \Rightarrow meilleure planification.
- ressource: onde radio: (+) résistance aux obstacles
(-) épuisement (ressource limitée)
- nbr \uparrow users \Rightarrow recourt au concept cellulaire pour remédier au pb d'épuisement.
- si on respecte la **distance de réutilisation**, on peut réutiliser les fréquences.
- Le concept cellulaire consiste à diviser une zone géographique en petites parcelles appelées cellules.
- forme cellule: dépend de:
 - reliefs
 - densité utilisateurs.
- cellule \rightarrow petite: **pico**
moyenne: **micro**
grande: **macro**
- les ressources spectrales sont contrôlées par **ITU** (International Telecommunications Union) mondialement, Maroc: **ANRT**, USA: **FCC**
- **Cluster**: ensemble de cellules dans lequel chaque cellule utilise des fréq \neq des autres cellules. Les fréq de la cellule peuvent être réutilisées par d'autres cellules dans le système de clusters, mais ces cellules seront dans des clusters \neq et éloignées d'une distance de réutilisation de fréq.
- **Distance de réutilisation**: distance min entre les centres de deux cellules utilisant le m canal fréquentiel.
- taille cellule $\searrow \Rightarrow$ capacité du système (en users) \nearrow
 \hookrightarrow nbr d'users simultanés.
- enjeux:
 - augmenter capacité système
 - couvrir la zone par autant de cellules que nécessaire
 - réduire les interférences
- contraintes:
 - les antennes **omnidirectionnelles** rayonnent selon une forme circulaire
- \Rightarrow forme **hexagonale** est la plus adaptée.
- Le nbr de cellules N dans chaque cluster est la **taille du cluster**.
- Les cellules dans un cluster utilisent **tous** les canaux fréquentiels.



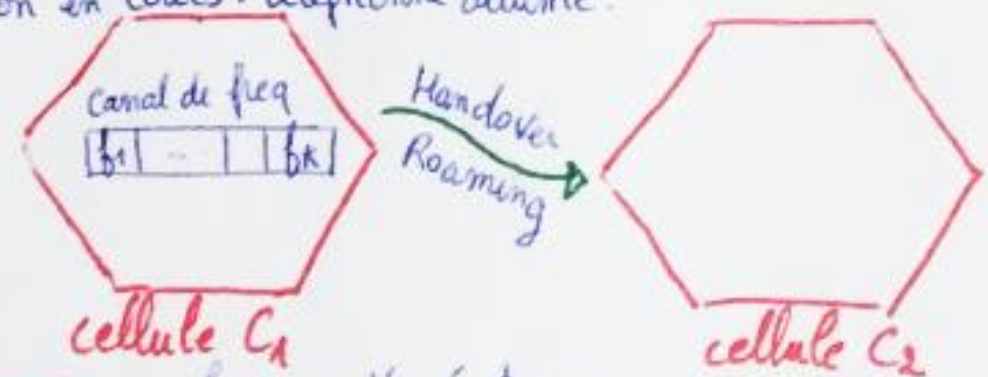
$$N = i^2 + ij + j^2$$

i \ j	1	2	3	4
1	3	7	13	21
2	7	12	19	28
3	13	19	27	37
4	21	28	37	48

$$D_N = R \sqrt{3N}$$

Roaming/Handover

- Algo passage cellule à l'autre sans coupure de la comm. ou de la session
- session en cours: téléphone allumé.



- **Roaming**: changer d'opérateur
- **Handover**: même opérateur, changer cellule ou point d'attache, récupérer la connexion avant que le contenu du buffer ne se termine

types of Handover

hard handover "Break Before Make" BBN

- old connection is broken before a new connection is activated
- primarily used in **FDMA** and **TDMA** systems (eg. GSM)
- the Mobile Station is linked to no more than one Base Station at any given time.
- cheaper and easier.
- different frequency ranges are used in adjacent channels in order to minimize channel interference. (by FDMA and TDMA)

soft handover "Make Before Break" MBB

- new connection is activated before the old is broken.
- used in UITS to improve signal quality
- better connection reliability
- more seamless handover.
- The MS is linked to two BS for a brief interval of time
- commonly used in **CDMA** systems than enables the overlapping (chevauchement) of the repeater coverage zones.
- used in sensitive communication services such as videoconferencing

horizontal handover

- changing the point of connection within the same type of network.
- eg: from a cell to another in GSM
- from an access point to another in WiFi

vertical handover

- a network node changing the type of connectivity it uses
- eg: from GPRS to WLAN

WLAN

Ad-hoc Network

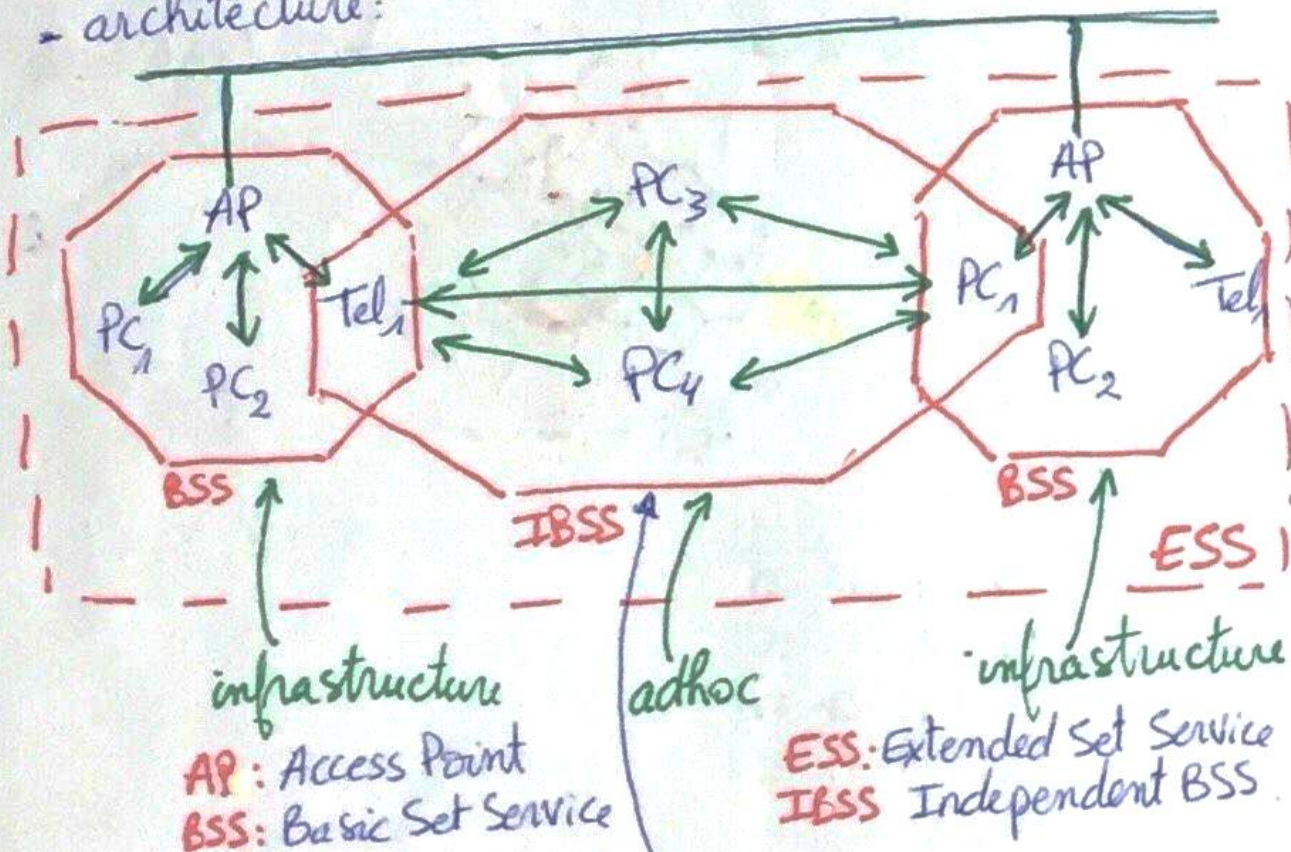
- pas d'équipement qui centralise l'info
- tout le monde peut parler à tt le monde dans m cellule
- better perf:** routage ad-hoc may be better car il offre plus de chemin.
- better security:** car dans mode infrastructure si on contrôle le point d'accès, on peut contrôler tout.

Infrastructure (cellulaire) Network

→ Equipement de centralisation.

802.11

- freq. band 2,4 GHz
- est cellulaire
- architecture:



réseau temporaire (lorsqu'aucun AP n'est dispo)

- le débit effectif \ll débit théorique, cela est dû au fonctionnement du protocole 802.11, de plus le débit dépend de la distance entre les appareils et les obstacles.
- meilleur cas: débit eff = $\frac{1}{2}$ débit théo
- pire cas: débit eff = $0 \times$ débit théo

- 802.11a \Rightarrow 802.11b \Rightarrow 802.11g \Rightarrow 802.11n \Rightarrow 802.11ac
- 5 GHz \Rightarrow 2,4 GHz \Rightarrow 2,4 GHz \Rightarrow 2,4/5 GHz \Rightarrow 5 GHz
- 54 Mb/s \Rightarrow 11 Mb/s \Rightarrow 54 Mb/s \Rightarrow 72 \rightarrow 600 \Rightarrow 433 \rightarrow 1300
- l'entreprise \Rightarrow les particuliers \Rightarrow l'unification \Rightarrow montée en débit \Rightarrow la base en 2017
- si le routeur est configuré sur la bande des 5 GHz, il ne sera pas visible par les appareils de la bande des 2,4 GHz et vice versa. **solution:** routeurs dual-band

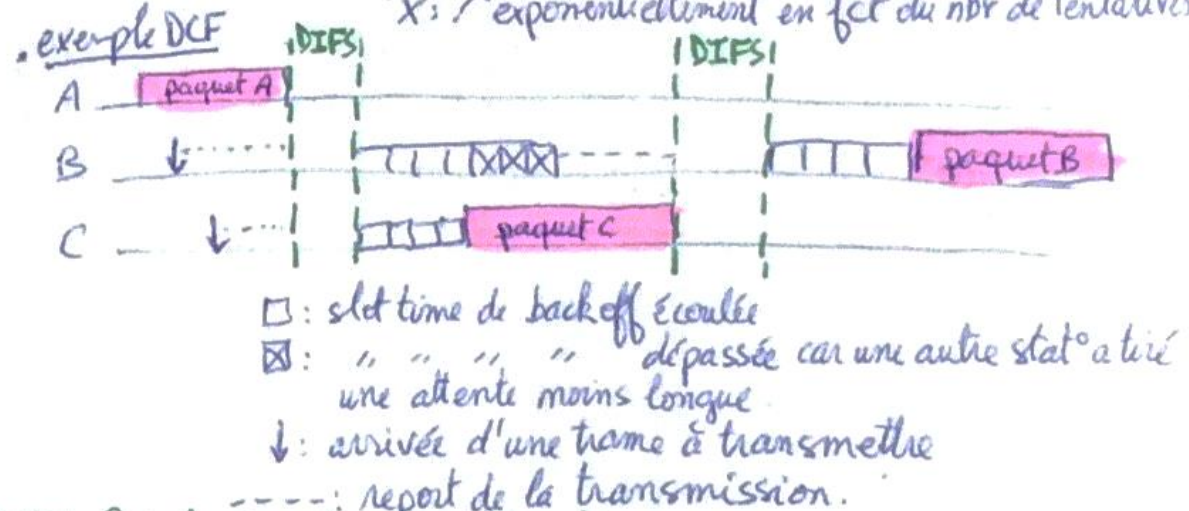
- vidéos/musique: 802.11g suffisant
- flux full HD: 802.11n
- si c'est pas un standard IEEE \Rightarrow lacunes de l'interopérabilité
- 802.11f: roaming
- couche physique: 802.11 (DSSS, FHSS, IR), 802.11b, 802.11g, 802.11a

couche liaison de données

- Logical Link Control (LLC): 802.2
- Medium access control (MAC): 802.11, 802.11f, 802.11e
- \rightarrow changement: 802.11 définit 2 méthodes d'accès: DCF et PCF.

DCF: Distributed Coordination Function

- pour transmission de données asynchrones tout en permettant à tous les usagers d'accéder au support (collisions possibles)
- CSMA/CA + back-off \rightarrow Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance
- similaire à CSMA/CD (colli detect) d'Ethernet IEEE 802.3
- détect° collisions pas possible car la radio ne peut pas écouter et transmettre en m temps sur une m fréquence
- **IFS:** inter-Frame Spacing: mécanisme d'espacement entre 2 trames
- **SIFS:** Short IFS: le + court (entre data et ACK)
- **DIFS:** DCF IFS: le temps que doivent attendre les autres stations avant d'émettre en mode DCF
- **PIFS:** PCF IFS: " " " " " " en mode PCF
- **EIFS:** Extended IFS: le + long (lorsqu'une station reçoit une trame erronée)
- **Back off:** algorithme qui calcule le temporisateur temps de repli = valeur aléat $\in [0, x] \times$ time slot



PCF: Point Coordination Function

- ne génère pas de collisions car système centralisé
- complémentaire au DCF, optionnelle \neq DCF: par défaut.
- fonctionne qu'en infrastructure
- AP prend le contrôle et autorise ou non les stations à émettre
- les stations peuvent utiliser à la fois PCF et DCF.
- les périodes PCF s'initient lors de l'émission d'une balise par le AP qui est précédée par un PIFS, hors de ces périodes c'est la méthode DCF qui est activée.
- la PCF-MaxDuration est définie par l'AP.
- pour alterner les modes PCF et DCF, on utilise une supertrame (supertrame = période PCF + période DCF) qui se répète
- le début de la supertrame est marqué par la balise.
- le début de la période PCF dans la supertrame peut être retardé soit par l'attente de la fin de l'émission d'un paquet soit par l'attente d'un ACK s'il arrive avant le PIFS (SIFS < PIFS)
- durée PCF < PCF-MaxDuration.
- c'est la seule méthode pour fournir de la QoS dans la norme IEEE 802.11
- basé sur le polling = attente active

Problème du nœud caché

- la station B est à portée des 2 station A et C
- A et C ne peuvent pas se voir car hors de portée
- quand A émet pour B, C peut essayer de faire le m chose car quand elle écoute le support elle n'entend pas A \Rightarrow brouiller le canal

solution:

- quand A veut envoyer des données à B, elle émet une **RTS**: request to send qui sera reçue par l'ens des stat° à sa portée
- RTS contient: source, destination, durée estimée
- dès que B reçoit cette requête, elle émet un **CTS**: clear to send si elle est prête et que le support est libre, il est envoyé à toutes les stations à sa portée
- C reçoit aussi le CTS mais CTS contient m info que RTS, donc elle ne transmettra pas pendant la période estimée dans le CTS.
- \Rightarrow réserver le support auprès de tt les stat° à portée des 2 stations voulant communiquer.

RTS/CTS: three way handshake

MANET: Mobile Ad-Hoc Network

- ens de terminaux mobiles formant un réseau temporaire et opérant sans l'installation d'infrastructures
- pour les applications militaires pour des missions temporaires, couverture de zones inaccessibles par les réseaux cellulaires

VANET: Vehicular Ad-Hoc Network

- les terminaux: véhicules

WPAN

Bluetooth

- ad-hoc ✓
- 10m → 100m
- 2,4 GHz
- Max 1 Mb/s

Piconet

- Bluetooth est basé sur les piconets et non les cellules
- pas de forme
- 8 devices max (1 maître et les autres esclaves)
- quand le maître meurt, l'esclave qui découvre sa mort devient maître
- inconvénient du maître
 - consomme + de batterie
 - + vulnérable
- ① Inquiry: recherche d'autres équipements qui utilisent le bluetooth (initié par le maître)
- ② Paging: constitué du piconet.
- pour agrandir le réseau:
 - interconnecter piconets ⇒ scatternet
 - un maître peut être esclave dans un autre piconet

Scatternet

- plusieurs piconets.

ZigBee

- utilisée dans IOT: internet of things.

WSN: Wireless sensor network - UWSN: underwater WSN

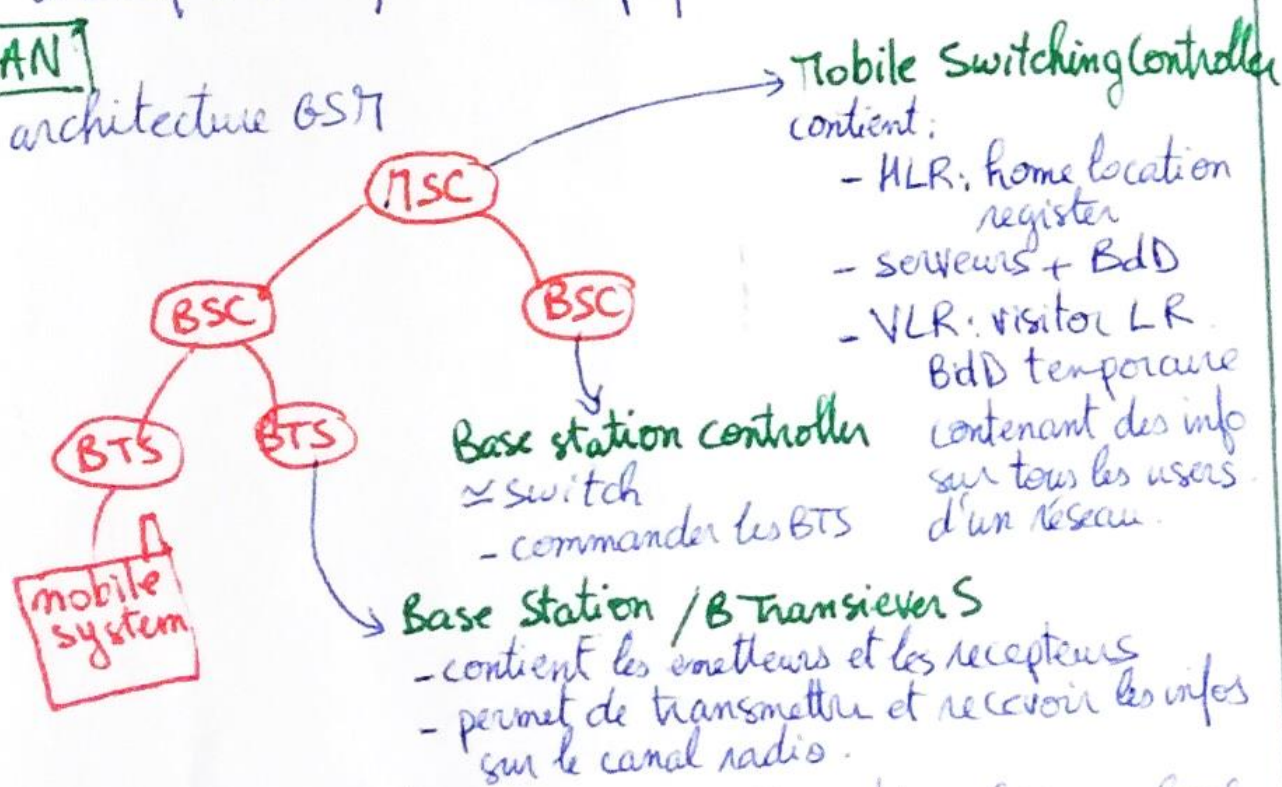
- exploite Bluetooth et ZigBee
- donne des réseaux Mesh (maillés)
- architecture: plusieurs capteurs + gateway à un pc

Mobile IP

- protocole de communication: se déplacer entre deux réseaux IP en maintenant les connexions actives et la m @ IP.
- intégré dans IPv6
- inconvénient: TTL (time to leave) ≈ durée de vie: décrémente à chaque saut, si = 0 ⇒ paquet détruit

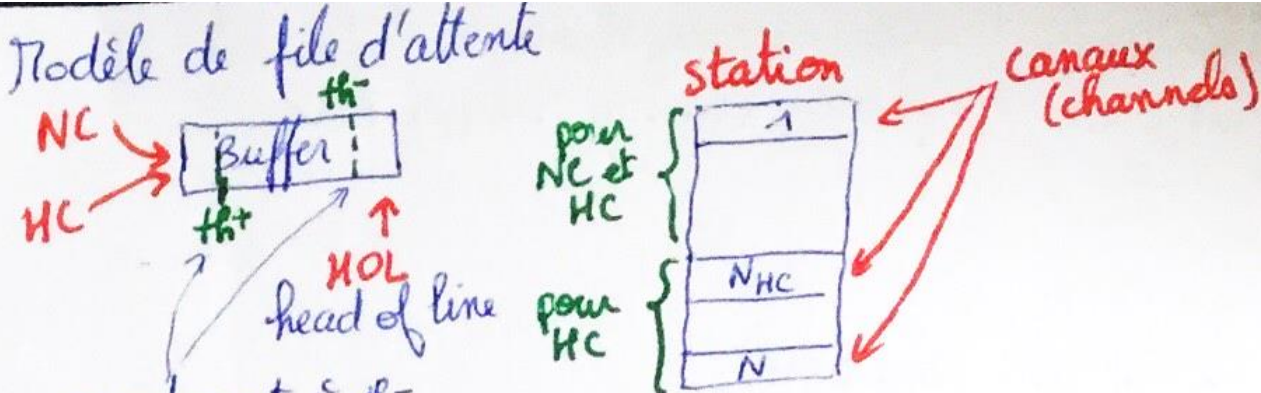
WWAN

- architecture GSM



- IUT qui est derrière le WWAN: International Union of Telecom
- moyen-orient: 3 devices/user.
- Types de services:
 - Voix (commutation de circuits): circuit loué à la communication, m si il n'y a rien à transmettre → paiement basé sur la durée.
 - Données (commutation de paquets): pas de circuit dédié → paiement by quantity
 - Multimédia
- 2 Types de users:
 - NC = New Call
 - HC = Handoff Call ← + prioritaire

Modèle de file d'attente



- quand on est à th^- : on doit diminuer N_{HC}
- quand on est à th^+ : on doit diminuer N_{HC} rapidement
- quand le buffer se vide: faire l'inverse pour ne pas pénaliser NC

3 techniques de partage du canal

FCA: Fixed Canal Allocation

- Générer les canaux d'une façon fixe (pas de th^+ , th^-)

→ algo:

```

if (call == NC)
{
    if (nbrBusyCh < NHC)
    {
        NC = ch; nbrBusyCh++;
    }
    else buffer = NC;
}
else // call == HC
{
    if (nbrBusyCh < N)
    {
        HC = ch; nbrBusyCh++;
    }
    else buffer = HC;
}
    
```

DCA: Dynamic Canal Allocation

→ algo:

```

if (call == NC)
{
    if (nbrBusyCh < NH)
    {
        NC = ch; nbrBusyCh++;
    }
    else buffer = NC;
}
else // call == HC
{
    if (nbrBusyCh < N)
    {
        HC = ch; nbrBusyCh++;
    }
    else
    {
        while (HOL == HC) HOL++;
        push NC;
        buffer = HC;
    }
}
else { while (HOL == HC && HOL < th)
    HOL++;
    if (HOL < th)
    {
        push NC; buffer = HC;
    }
    else
    {
        NH--;
        while (HOL == HC) HOL++;
        push NC;
        buffer = HC;
    }
}
    
```

GSM = Groupe Spécial Mobile (fr) / Global System of Mobile Communication (usa)

1G: première génération:

- analogique
- transmission de la voix
- utilise FDMA

2G: deuxième gén

- numérique
- FDMA & CDMA

2,5G: GPRS = General Packet Radio Service: G

- commutatio de paquets
- multimédia
- permet l'interopérabilité entre le GSM et les réseaux de commu de prog.

2,75G: EDGE = Enhanced Data for GSM Evolution: E

3G: UMTS: Universal Mobile Telecommunication system

- mobilité complète et couverture totale

3,5G: HSPA: High Speed Packet Access

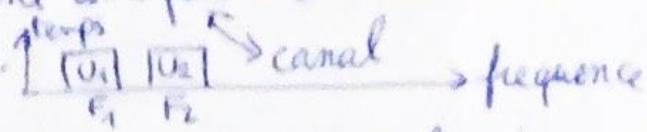
3,75G: H+

4G: LTE: Long Term Evolution

Techniques d'accès aux systèmes cellulaires

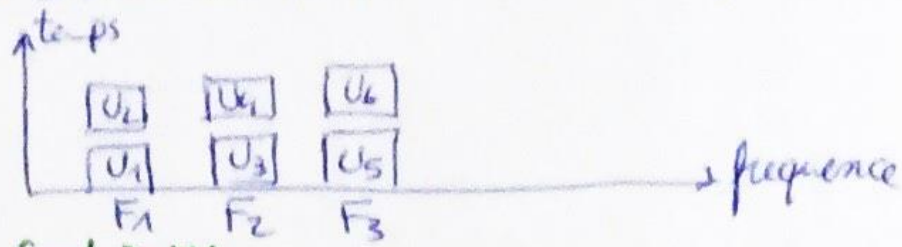
• FDMA: Frequency Division Multiple Access

- les unités mobiles partagent la bande de fréq. dispo en allouant une partie de cette bande à chaque unité.



• TDMA: Time DMA

- comme FDMA, où les canaux sont à leur tour répartis en un certain nbr de tranches de temps.



• CDMA: Code DMA