

Réseaux Sans Fil Émergents

Introduction aux RSFE

Réseaux Cellulaires

Réseaux Ad hoc

Réseaux Capteurs Sans Fil

- Protocoles de Routage

- Protocoles MAC

Réseaux Cellulaires

Historique:

Le concept cellulaire a été imaginé par les laboratoires Bell dès les années 70, ils consistent à déployer les stations de base (SB) sur un territoire, chaque station de base couvre une cellule.

Les premiers réseaux cellulaires sont apparus en Amérique du nord et les pays nordiques à la fin des années 70 (en France en 1985).

Le service unique offert par les premiers réseaux cellulaires est la téléphonie. Ces premiers réseaux utilisaient une transmission analogique, la voix était directement transmise sur la voie radio, le multiplexage reposait sur le principe FDMA (Frequency Division Multiple Access) c.-à-d une communication était faite sur une fréquence. Les technologies à l'époque étaient variées (en France différentes technologies pour différents opérateurs R2000, NMT) pour cette raison, l'Europe a poussé à spécifier un système de réseau cellulaire reposant sur une transmission numérique qui soit commune à tous les pays d'Europe, ce système a été appelé GSM pour Global System for Mobile communications.

Le système GSM est numérique et repose sur le multiplexage temporel TDMA (Time Division Multiple Access). Étant donné que le nouveau système était profondément différent du système précédent, on a parlé d'une nouvelle génération (G2). Le service fourni était la téléphonie et le SMS (Short Message Service). Il était possible de faire de la transmission de données dès les années 90 mais à un débit très bas.

(10 Kbytes/s) et avec deux coups de consommation de ressources. Le besoin s'est fait sentir d'avoir un réseau mobile qui permet d'avoir accès à un réseau de données (tel que internet).

GPRS (Global Packet Radio Service) fournit un accès possible à tout réseau de données, en pratique le principal réseau auquel on accède est internet. Le service fourni est l'accès IP, le débit fourni par GPRS était de l'ordre de quelques dizaines de Kbytes/s (20...40 Kbytes/s), ce débit était jugé insuffisant et une évolution du GPRS était spécifiée pour augmenter le débit, elle repose sur une nouvelle modulation ÉDGRÉ (Enhanced Data Rate for Global Evolution) le terminal en état fonctionne en ÉDGRÉ, les débits avec ÉDGRÉ tournent autour de 100 Kbytes/s.

Dès les années 90, on s'est rendu compte que le débit offert par la technologie GSM avec ses évolutions serait insuffisant, un nouveau système a été spécifié sous l'impulsion de la Commission européenne pour disposer d'un débit plus important ceci a donné lieu à UMTS + CDMA (Code Division Multiple Access) (Universal Mobile Telecommunication System).

Avec le développement d'internet, le débit à 1 Mbytes/s est devenu insuffisant, ils ont passé au HSUPA (High Speed - Downlink - Packet Access).

Remarque :

- Le débit dépend en fait de 2 choses :
- La position du terminal par rapport au point d'accès du réseau SBS
- la charge (débit partagé)

Cellule :

Site géographique couvert par une station de base.

Recap:

| Génération | Principaux Services | Nom Technologie en Europe | Type d'accès sur la voie radio | Durée de vie |
|------------|--|---------------------------|--|--------------|
| G. 1 | - téléphonie | - P.2000 - NMT | - analogique FDMA | 1980-1995 |
| 2 | - téléphonie - SMS | - GSM - Extension GPRS | - TDMA - + accès packet | 1995 |
| 2.5 | - téléphonie - SMS - S _c ip à 100kb/s | - EDGE | - etnouvelle modulat | 2000 |
| 3 | - téléphonie - SMS - accès ip à 1Mbps | - UMTS | - CDMA | 2002 |
| 3.9 | - téléphonie - SMS - accès ip à 10Mbps | - HSDPA | - + accès packet + nouvelle modulat | 2008 |
| 4 | - accès ip à 100Mbps avec faible latence - 1Gigabit (advanced) | - LTE - LTE advanced | - OFDMA | de 10 |

LTE: long term evolution.

Downlink: deux sens haut débit

Remarques:

La technique de transmission OFDM est utilisée pour plusieurs technologies : TNT (TV numérique terrestre), ADSL, courant porteur, LiFi ...

OFDM a l'avantage d'offrir un débit léger avec des mécanismes de traitement de signal beaucoup plus simple que CDMA.

La philosophie de la tech LTE est que tous les services fournis par les opérateurs soient des services basés sur l'IP, pas de SVC

téléphonique spécifié (un opérateur peut utiliser le protocole SIP qui sert à établir des communicat^e téléphoniques sur ip).

Fréquences des réseaux cellulaires

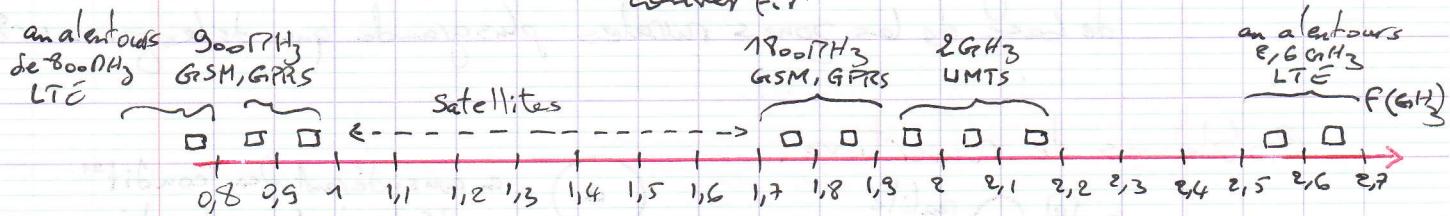
Y'a une corrélation entre la tech utilisée et la gamme de fréquences (sur le plan théorique) néanmoins les freq utilisées sont restreintes car c'est l'état qui est propriétaire des fréquences et sont utilisées (sécurité), et irrégularité de la radio, propagation sensible (interférence, environnement, obstacles...), les fréquence les plus appropriées $800 \text{ MHz} \leq f \leq 3 \text{ GHz}$

$f \leq 800 \text{ MHz}$ à pompiers, TV stations, services privés ...

ARPT : Autorité de Régulat^e de la poste et de télécom

Infrastructure des réseaux cellulaires

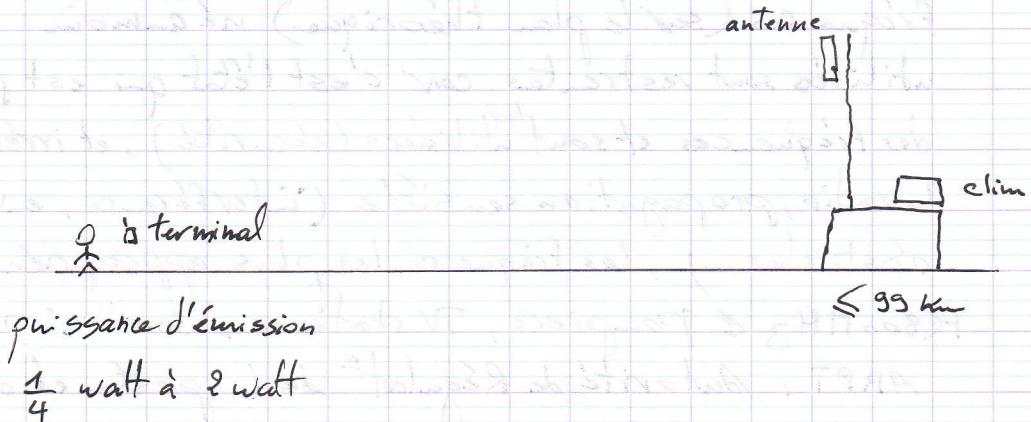
au milieu urbain comme au milieu rural on apperçoit des antennes montées en haut d'un mât qui est soit sur le sol ou qui est sur le toit d'un bâtiment, l'antenne est une partie importante mais le plus important est l'équipement qui se trouve ds la cabane juxtaposant du mât. Ce matériel va réaliser les fonct^s qui vont permettre aux terminais d'accéder au réseau (transmission / récept^e) c'est la station de base. Une antenne est un dispositif rayonnant qui permet d'émettre une onde électromagnétique lors de l'émission et de transformer cette onde électromagnétique pour la convertir



en courant électrique lors de la réception.

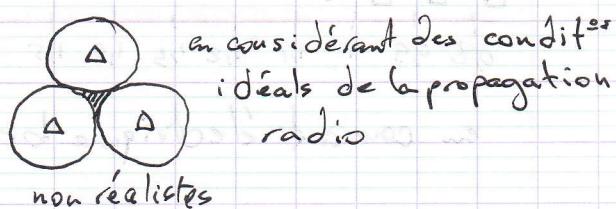
Remarque :

- là où il y a toutes les fonctions liées à la transmission (la mise en forme du signal, la modulations, démodulation, multiplexage) se trouve ds la SB
- On peut avoir une SB mobile pour un temps déterminé.



- Pour couvrir un territoire il faut plusieurs SB.
- Un opérateur doit avoir des SB pour permettre une couverture q'q soit le point de la ville où on se trouve à moins d'une centaine de mètres (à qq kilomètres) de la SB.
- Le territoire est découpé en cellules, le concept cellulaire consiste donc à faire un découpage invisible pour l'usage. Une celle le problème rencontré pour déployer un réseau cellulaire est la distribution des freq. Un opérateur qui a certain nombre de freq disponibles va falloir qu'il réutilise ces freq sur le même des cellules. Problème : éloignés, problème de localisation
- le rayon d'une cellule est de 300-500 à 1 km (station de base de les zones rurales plus grande que de les zones urbaines)

Problèmes de couverture :



Malgré les efforts fournis par les opérateurs, il demeure toujours des points non couverts.

Les voies balise : (Beacon channel)

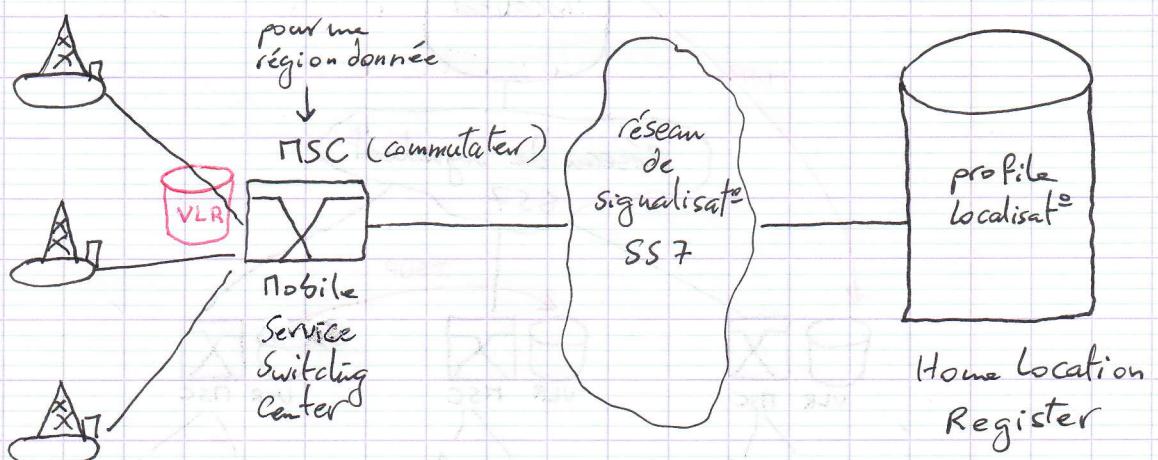
Pour indiquer à un usager qu'il est (sur son terminal) qu'il est couvert par le réseau cellulaire, chaque SB émet un signal (périodiquement) régulier qui s'appelle la voie balise.

En GSM et wifi c'est continue.

Ce signal permet d'afficher les barrettes sur le terminal ainsi que des info sys tel que l'id de l'opérateur ainsi que des paramètres de configuration.

Le noyau d'un réseau cellulaire :

MSC HLR VLR



la spécificité et de gérer les abonnés qui sont mobiles et par conséquent il faut mémoriser leur localisation.

L'opérateur à chaque fois vérifie les droits du user, donc à chaque appel il y aura une consultation à l'HLR suivante. Le schéma ce qui généreraient une consommation et un trafic élevé, étant donné que la proba qu'un terminal change souvent de MSC est très faible donc il a été décidé d'utiliser le mémorie

cache. Le VLR transfère vers le MSC le profil qui va être consulté localement (VLR: Visitor Location Register)

Le VLR va contenir le profil des abonnés qui sont présents dans sa zone. Dans la pratique le VLR et le MSC sont le même équipement.

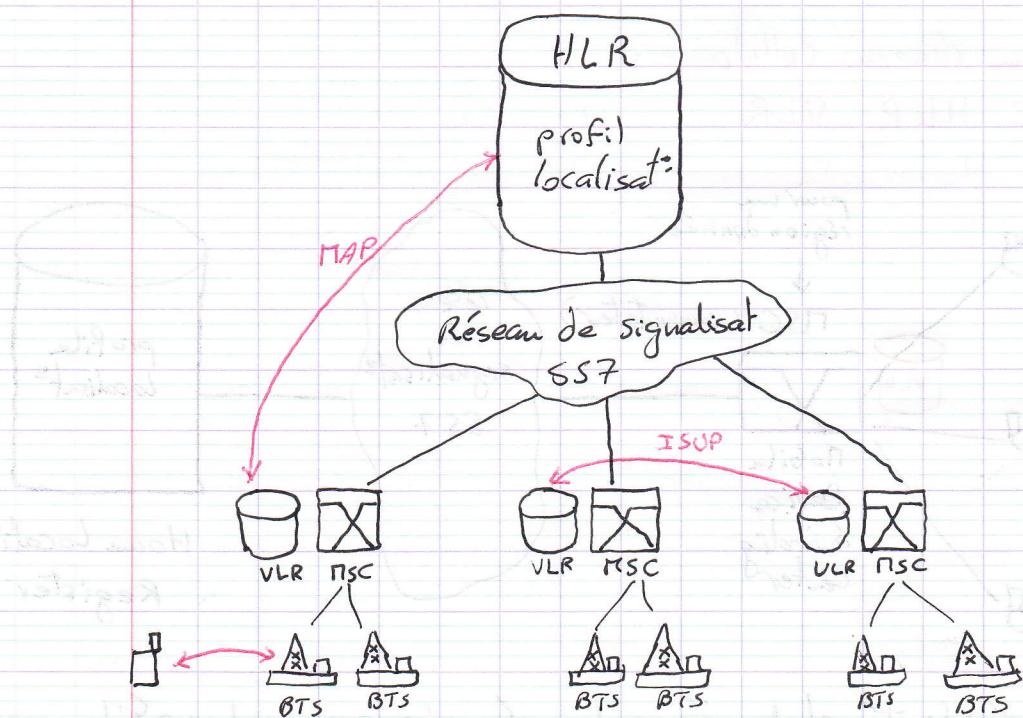
HLR: à accès distant

VLR: " local "

les éléments essentiels d'un réseau ~~couvrant~~ couvrant HLR

MSC et HLR

Pour établir un appel téléphonique on utilise le protocole ISUP

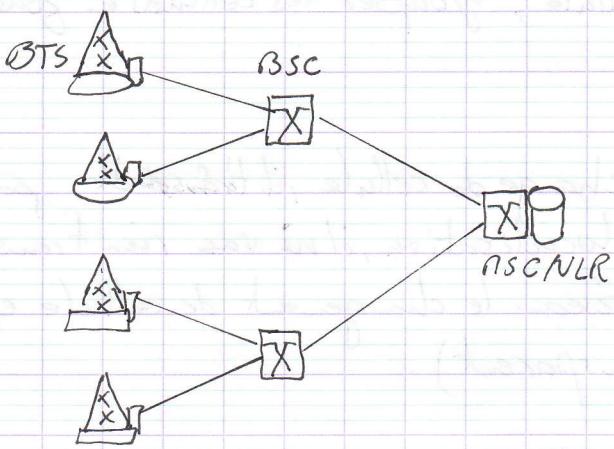


MAP: Mobile Application path (gère fct de mobilité)

ISUP: hérité des protocoles téléphoniques

Cette architecture présente un coût important, donc il a été prévu d'installer un autre équipement qui diminue la charge et le coût (architecture en arbre plutôt que l'architecture en étoile).

HLR



- info statiques
- descript^e des abonnements
- options souscrites
- services - droits
- détail abonnés
- nature trait^e - état
- info dynamiques - dernière localisat^e

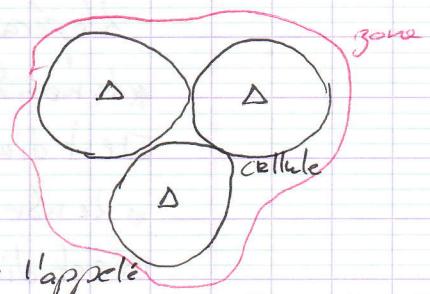
BSC: Base station Controller : assure le control des stations de base (alloquer ressource radio, concentration du trafic)
 BTS: Base Transceiver Station

Zone de Localisation:

Afin de localiser un terminal, son identité est diffusée sur la voie balise.

2 solutions s'offrent à nous pour le faire:

Sol 1: envoi sur toutes les cellules l'id de l'appelé ce qui est très coûteux en terme de charge réseau. (Paging)



Sol 2: suivre le terminal à la cellule près grâce à la voie balise ce qui est moins coûteux en termes d'énergie vis à vis du terminal. On effectue un terminal peut détecter quand il change de cellule en écoutant la voie balise (qui est en GSM continue), dès qu'il détecte un changement de cellule, le signale au réseau à l'aide d'une procédure de mise à jour de localisation LUP (Locat^e Updating Procedure).

plusieurs échanges de msg, mais LUP n'est pas un service (pas de rendement) et consomme des ressources (Préférence, batterie), de ce fait la LUP a un coût relativement important, il est donc moins coûteux d'envoyer des msg de zone qu'à chaque fois qu'on change de cellule, grouper les cellulaires en zones de localisation

Donc :

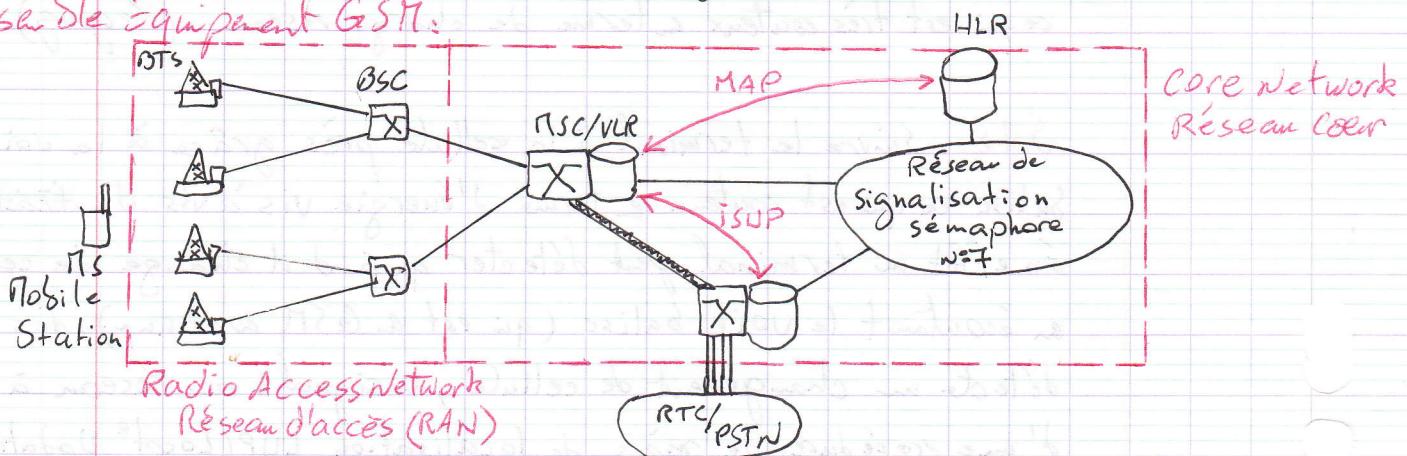
Si un terminal change de cellule, s'il fait partie de la même zone de localisation, il ne va rien transmettre au réseau (vu du réseau le changement de cellule est complètement transparent).

Exo:

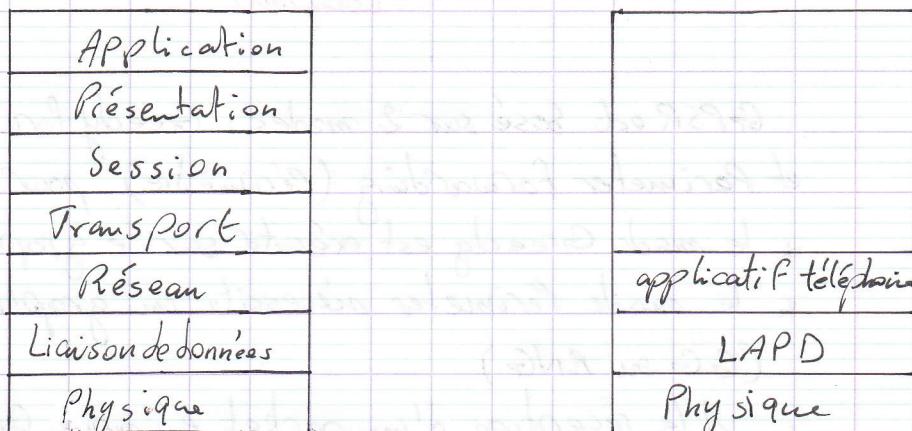
On considère un réseau cellulaire en service avec certaine densité de station de base et par conséquent une taille de cellules donnée. Les zones de localisation comportent 10 cellules.

L'opérateur passe à des zones de localisation à 100 cellules.
 * Le nombre de msg de paging par station de base et par sec
 est diminué ne change pas est augmenté
 * Le nombre de maj de localisation du réseau
 est diminué ne change pas est augmenté

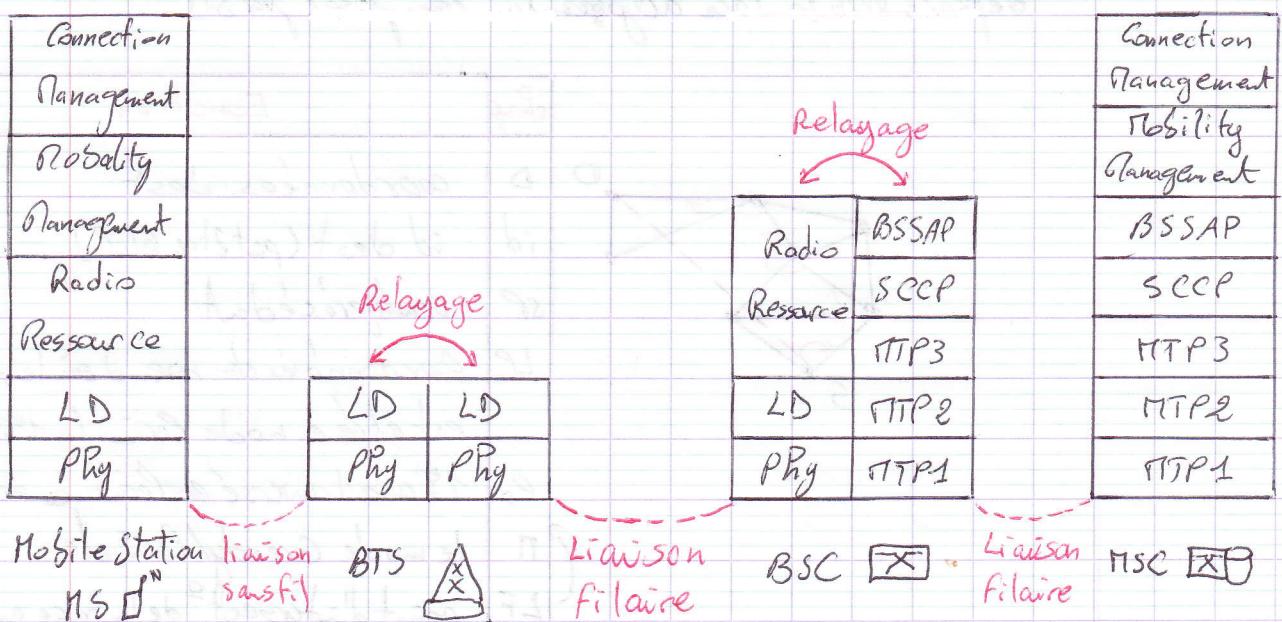
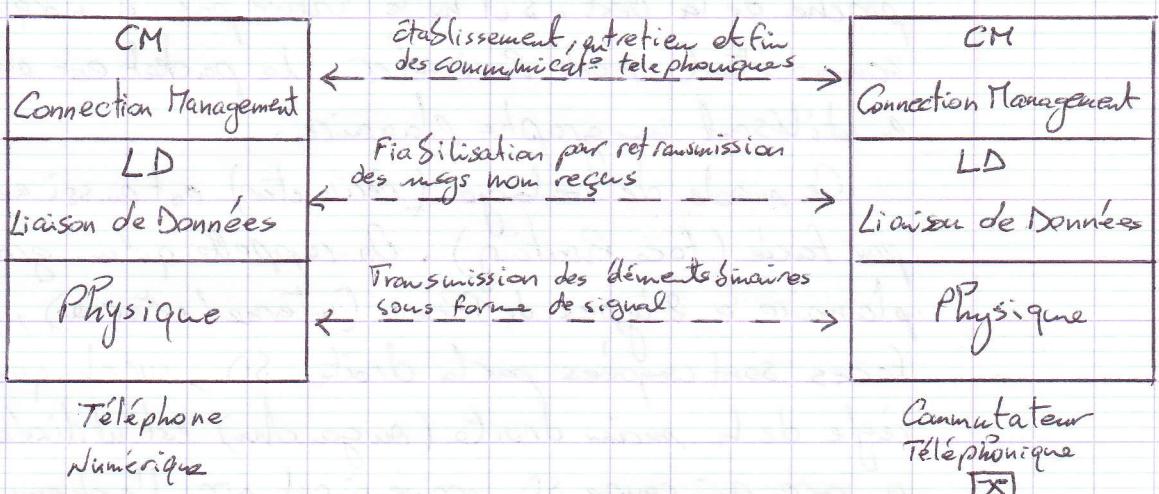
Ensemble d'équipement GSM:



Architecture en couche



Architecture en cache GSM



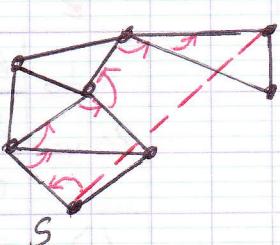
Algorithme GPSR Complet

GPSR est basé sur 2 modes : Greedy forwarding (Géloton) et Perimeter forwarding (Périmètre) pour les réseaux Ad Hoc.

- * le mode Greedy est exécuté sur le graphe initial.
- * le mode Perimeter nécessite un graphe planaire (GG ou RNG).

A la réception d'un packet en mode Greedy, le noeud récepteur cherche dans sa table voisins le noeud le plus proche de la dest, s'il ne le trouve pas, il marque le packet comme étant mode Perimeter. Le packet est alors acheminé en utilisant un graphe planaire.

Ce mode de routage (Perimeter) est aussi appelé routage par face (Face Routing). On rappelle qu'un graphe planaire a 2 types de faces (interne / externe), toutes les faces sont coupées par la droite SD, sur chaque face la règle de la main droite (ou gauche) est utilisée pour atteindre un arc qui coupe SD, arrivé à cet arc, l'acheminement se déplace vers la face adjacente composée par SD.



| Champ | Fonction |
|-------|--|
| D | coordonnées dest |
| id | id dest (partie @ip) |
| SP | saut précédent |
| LP | coordonnées du noeud où le packet est atterri en mode Perim la 1ere fois |
| E0 | 1 ^e arc traversé sur la face actuelle |
| PI | le mode Greedy/Perimeter. |
| LF | point d'intersection de la face avec ligne SD |

Rg: Uniquement le nœud source qui charge la dest.

- Le charge de la dest reste inchangé tout au long de l'acheminement du paquet -
- Tous les paquets sont marqués initialement en mode Greedy.
- ~~A la réception d'un paquet en mode~~
- Quand le paquet entre en mode passerer GPSR enregistre dessus les coordonnées du nœud de LP, cela nous permettra de vérifier si on peut retourner en Greedy ou non (MP = stratégie de recouvrement utilisée dans le cas des vides de routage).
- A chaque fois que GPSR achemine le paquet sous une nouvelle face il enregistre de LF le point partagé sur SD entre l'ancienne face et la nouvelle face.
- Enfin GPSR enregistre de l'arc traversé (sender, receiver) id que le paquet traverse sur la nouvelle face
- Quand un nœud reçoit un paquet à Berni il compare la dist entre lui et D avec la dist entre LP et D si elle est < il revient a greedy
- le point où on arrive au RP est appelé le minimum ou maximum local.

2 cas de figures peuvent se présenter lors de l'acheminement d'un paquet:

- SD sont connectés par le graphes.
- D n'est pas connecté, dans ce cas D sera ~~inatteignable~~ non atteignable, dans ce cas le paquet va tourner sans succès autour de la surface, dans ce cas quand il va traversé le pr la 8^e fois GPSR détecte la répétition et supprime le paquet.

Protocoles MAC

Types Réseau WiFi :

802.11 : pour wireless fidelity 54 Mbit/s

802.15-1 : Bluetooth

802.15-3 : iws ultra wide bande (indoor) qui met en œuvre une tech très spécial. les débits atteints sont de l'ordre de Gbit/s sur une dist de 10 m.

802.15-4 : Zigbee promouvoir + offrant un débit relativement faible mais à un coût très bas

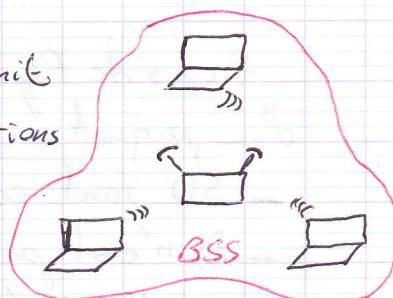
les fréquences : 2,4 - 2,483 GHz → 56 HS 802.11 b
5,15 → 5,3 GHz

première norme apparue en 1997 à 2Mbit/s 802.11

l'archi des réseaux WiFi est cellulaire, un groupe de terminal avec cartes 802.11 s'associe pour établir une conn directe et forme une IBSS (Basic Service Set) mode infrastructure. ISBSS (independant Basic Service Set) pour mode Ad Hoc le standard 802.11 offre 2 modes de fonctionnements :

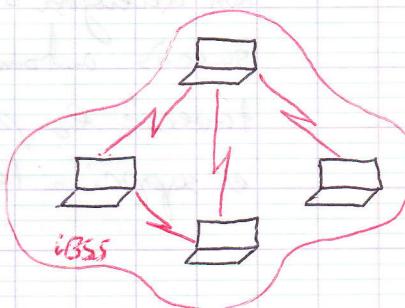
1/ Mode infrastructure :

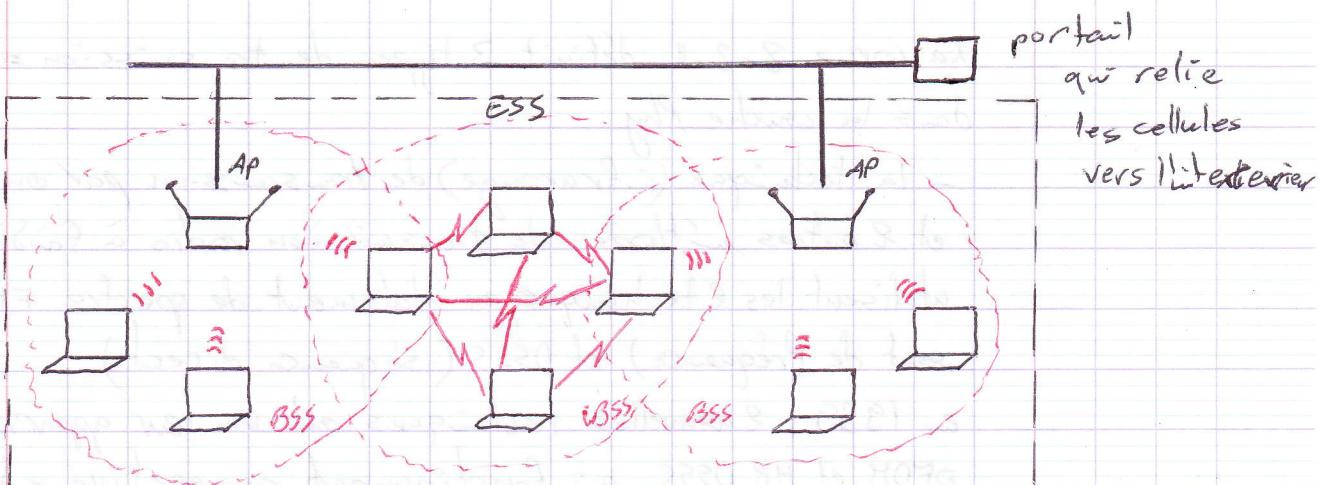
Le mode infrastructure est défini pour fournir pour différentes stations les services spécifiques sur une zone de couverture déterminée par la taille du réseau.



2/ Mode Ad Hoc :

En mode Ad Hoc, les machines sans fil se connectent les unes aux autres afin de constituer un réseau point à point.





802.11 a 54 Mb/s, 52 canaux 5GHz

802.11 b wifi de base 11 Mb/s 13 canaux 2,4GHz (ISIT)
50 - 100 m

802.11 g 54 Mb/s 2,4 GHz compatible avec 802.11b
52 canaux

802.11 n Très haut débit grâce aux technologies
MIMO (multiple input multiple output)
300 Mb/s pour atteindre 150 Mb/s.

802.11 s pour les réseaux Mesh

Le 802.11 devait gérer certaines différences intrinsèques
par rapport à Ethernet et ce par rapport aux couches physique
et liaison de données

| sous couche LLC (Link Logical Control) | | | | | 802.2 | } couches Sup |
|--|--------|--------|---------|--------|--------------------|---------------|
| sous couche MAC | | | | | Liaison de données | |
| 802.11 | 802.11 | 802.11 | 802.11 | 802.11 | | |
| infrarouge | FHSS | DSSS | HR DSSS | OFDM | | |

la norme 802.11 définit 3 types de transmission acceptées dans la couche Phy

- la technique (infrarouge) de transmission par onde infrarouge et 2 autres méthodes de transmission radio à faible portée qui utilisent les 2 techniques par étagement de spectre FHSS (par saut de fréquence) et DSSS (séquence direct).

en 1999, 2 nouvelles techniques ont vu leur apparition : OFDM et HR DSSS qui fonctionnent respectivement à un débit 54Mbps et 11Mbps.

Couche Liaison de données

Dans l'architecture OSI, la couche liaison est responsible de la transmission des unités d'information sur un support (câble, air) commun relié en deux équipements, il s'agit d'équipement réseau ou terminaux.

- * le rôle de la couche liaison est double: détecter et relier des erreurs de transmission pouvant subsister, et s'assurer du bon ordonnancement des communications. elle est divisée en 2 sous couches : LLC et MAC
- * la couche MAC chargé de la gestion des accès concurrents sur un support partagé.
- * le rôle de la couche LLC est de s'assurer que les unités d'information fournies aux couches supérieures sont exemptes d'erreurs.

Protocole CSMA:

CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access / collision detection

CSMA/CA: " " " " / Collision Avoidance

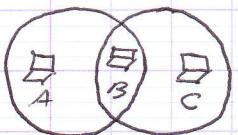
Dans le Sans fil, la méthode CSMA/CD est impossible, car l'utilisation des antennes ne peut pas écouter et émettre en même temps ; la plupart des radios communiquent en Full Duplex (Semi Duplex) - ne peuvent pas transmettre et être attentif en même temps à une collision sur une seule et même fréquence - Par conséquent, la norme 802.11 n'emploie pas la technique CSMA/CD comme Ethernet.

CSMA/CD écoute le support (câble), si rien, émission et continue d'écouter, si collision, réagit.

2 problèmes majeurs de la couche MAC :

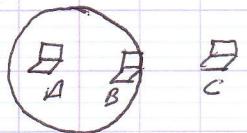
1 - Problème du terminal caché :

A émet et en même temps, C souhaite émettre en direction de B, mais puisque la portée de A n'atteint pas C (et vice versa), C en écoutant la portée de la trouve libre donc il transmet et il y aura une collision.



2 - Problème du terminal exposé :

B veut envoyer une trame à C et écoute le canal il le trouve occupé, il en conclut qu'il ne peut émettre en direction de C.

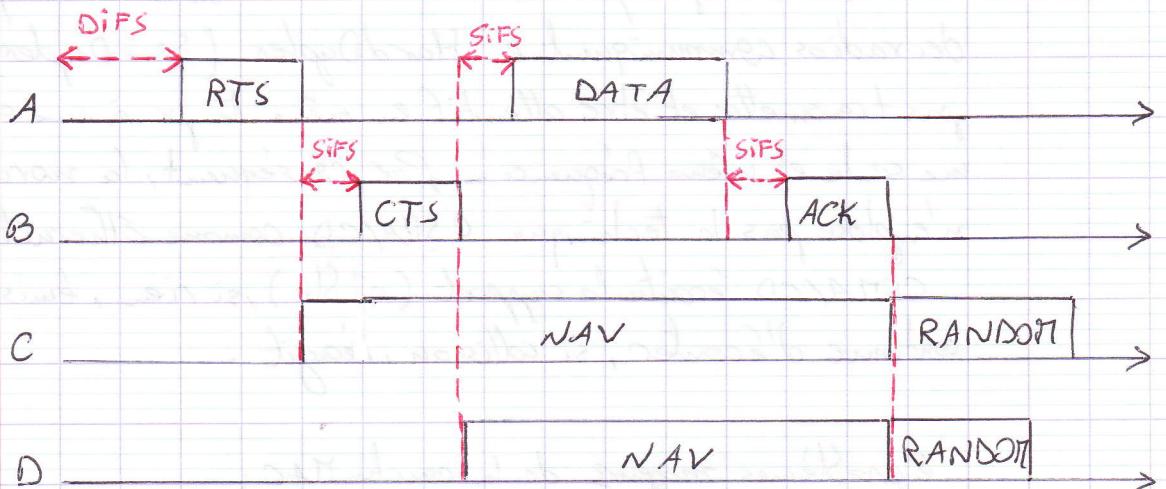


802.11 utilise 2 modes de fonctionnement pour l'accès partagé au canal :

1- DCF : Distributed Coordination Function : en Ad Hoc, ne fait appel à aucune entité de contrôle centralisée, utilise le protocole CSMA/CA.

2- PCF : Point Coordination Function : en BSS, donc l'accès à toutes les stations à tour de rôle. En effet, la méthode repose sur l'allocation d'intervalle de temps pour différents terminaux par le point d'accès qui tour à tour invite les nœuds du réseau à émettre leurs trames (TDMA).

on peut avoir une cohabitation entre DCF et PCF



RTS: Ready to send

CTS: Clear to send

ACK: Acknowledgment

NAV: Network Allocation Vector

DIFS: DCF Interframe Space

SIFS: Short Interframe Space

RANDOM: Backoff Random Time

without
RTS/CTS

