

Réseaux mobiles

Plan

- Environnement radio-mobile
- Concept cellulaire
- Architecture des réseaux mobiles
- Services
- Interconnexion

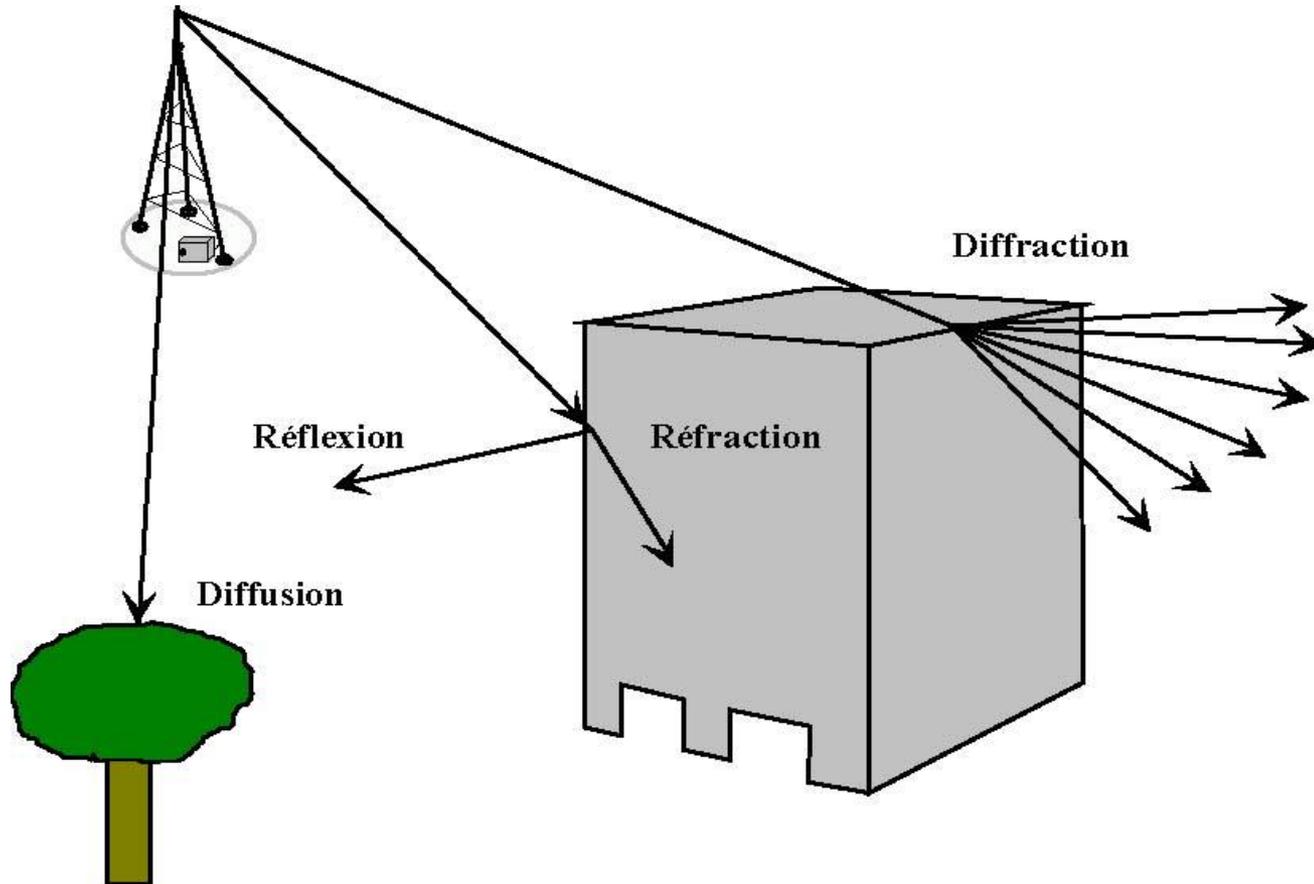
Environnement radio-mobile

Concept cellulaire

Architecture des réseaux mobiles

Services

Phénomènes



Propriétés du canal Radio-Mobile

- 3 types de variation du canal radio-mobile :
- **Grande échelle** : Fonction de la distance émetteur-récepteur. Pathloss ou affaiblissement de parcours.
- **Moyenne échelle** : Shadowing ou effet de masque. Echelle de la taille des obstacles (quelques dizaines de mètres en milieu urbain et quelques mètres en indoor).
- **Petite échelle** : Fading rapide ou évanouissement. Liés aux trajets multiples. Echelle de l'ordre de la demi-longueur d'onde.

Dégradations de l'onde

- Atténuation due à la distance parcourue (**pathloss**),
- Effets de masques (**shadowing effects**),
- Evanouissements (**fadings**) par propagation multitrajet.
- Brouillages causés par d'autres émissions :
 - **Interférences** (co-canal ou canal adjacent),
 - **Bruit ambiant**.

Caractéristiques de la propagation

Les caractéristiques de propagation dépendent :

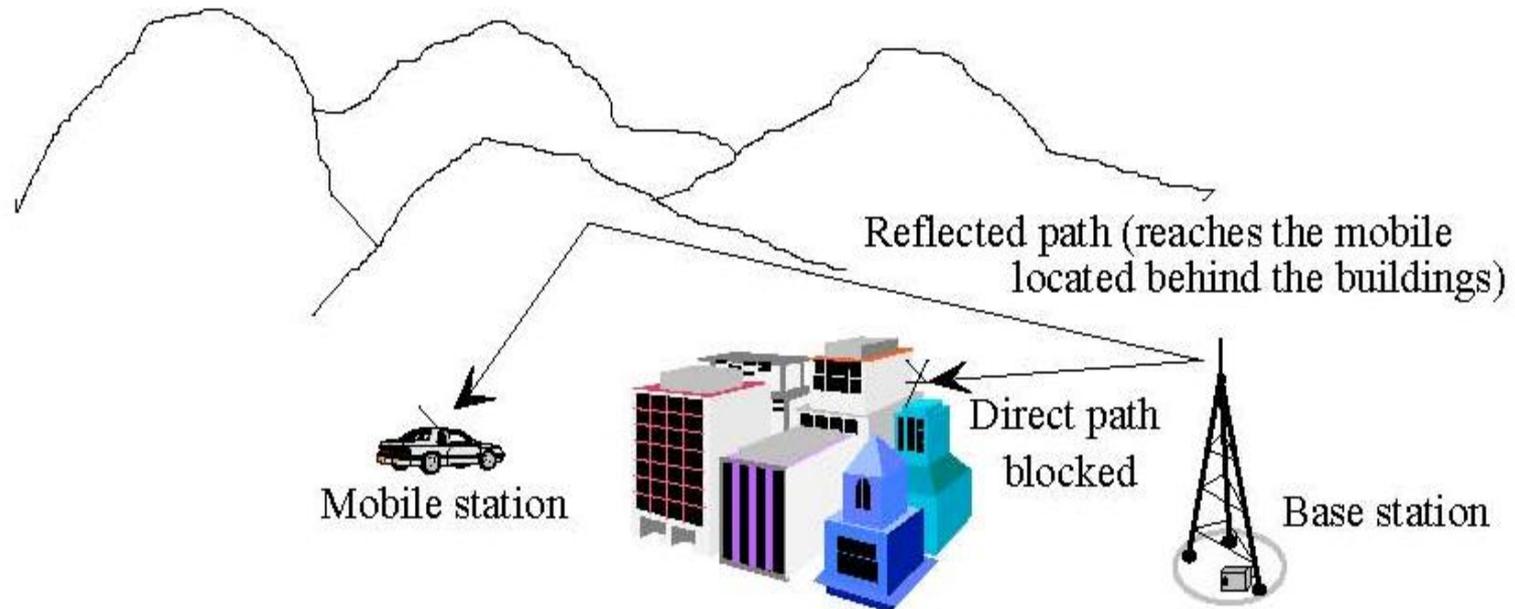
- Morphologie du terrain,
- Densité de végétation,
- Hauteur, combinaison, nature et densité des bâtiments,
- Conditions météo,
- Etc.

Multitrajets

- Origine : Réflexions multiples sur les obstacles rencontrés par l'onde.
- Deux effets :
 - **Positif**
 - **Négatif**

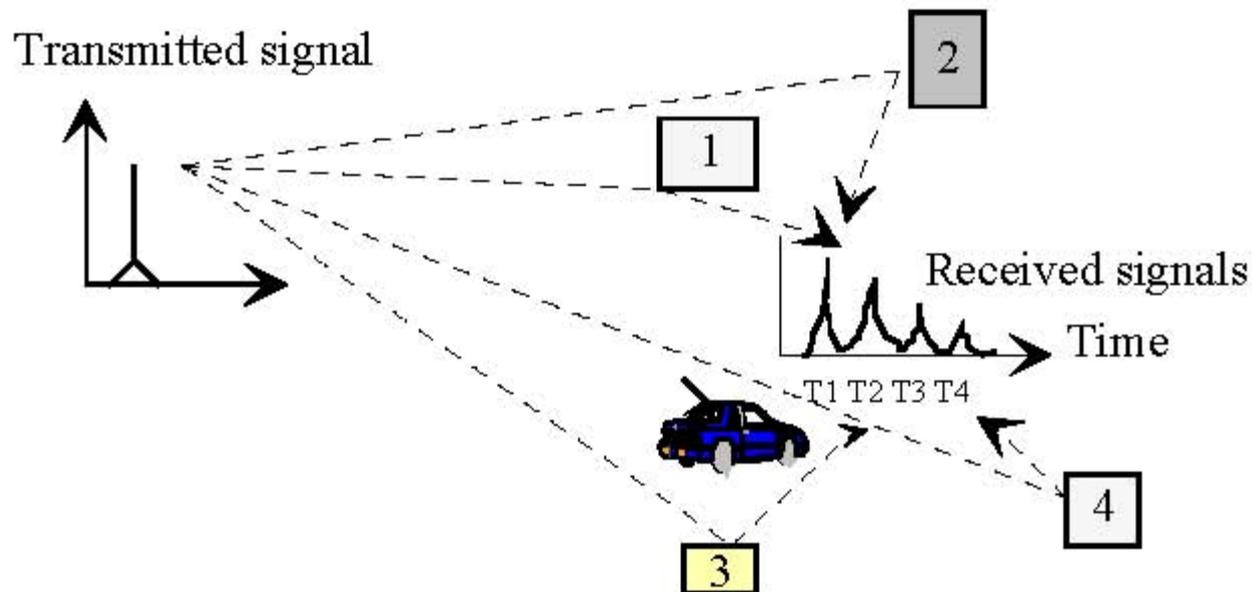
Effets positifs du multitrajet

- Communications réussies même en présence de masque : contournement des obstacles.



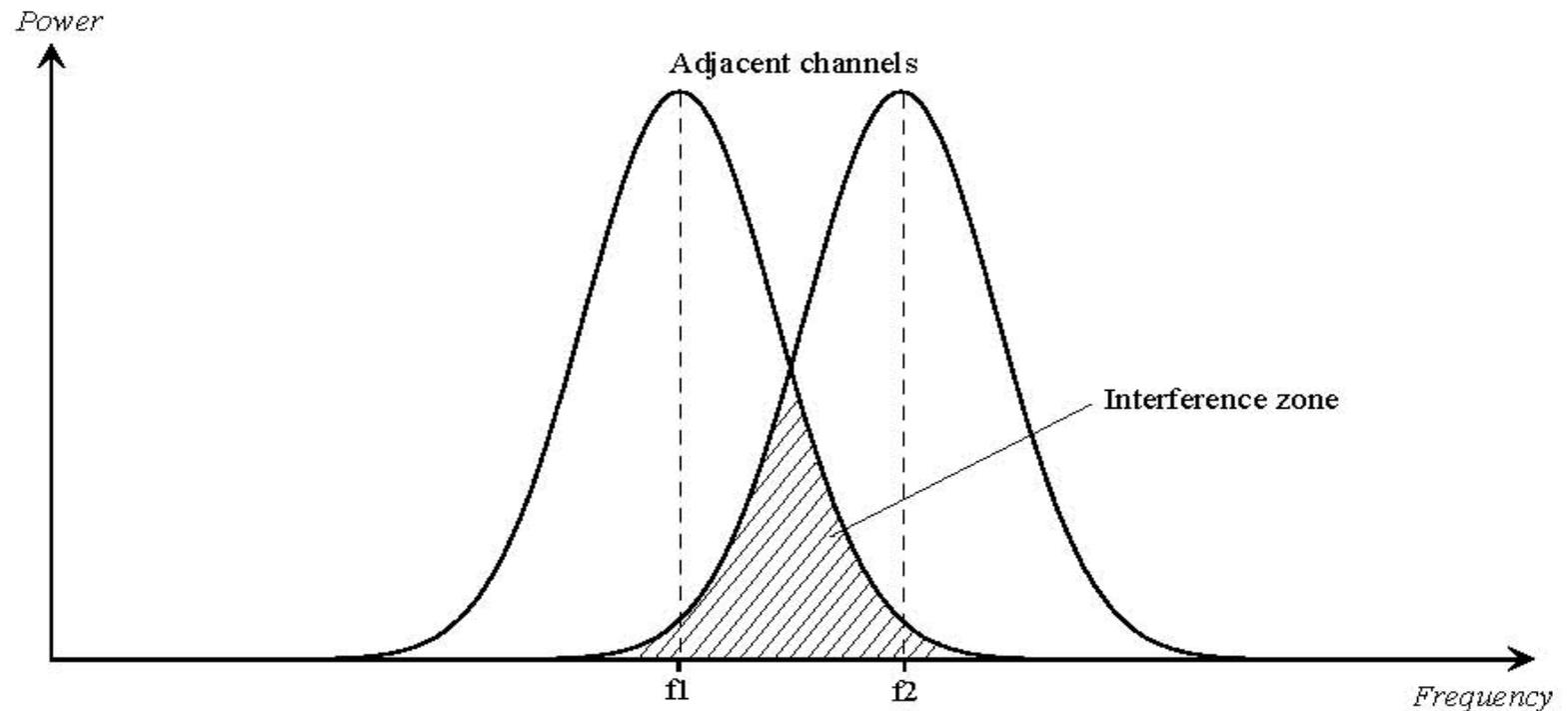
Effets négatifs du multitrajet

- Mutlipath spread = (longer path-shorter path)/c ;
où c désigne la vitesse de la lumière.
- Dépendance: Direction, réflectivité et distance entre les objets.

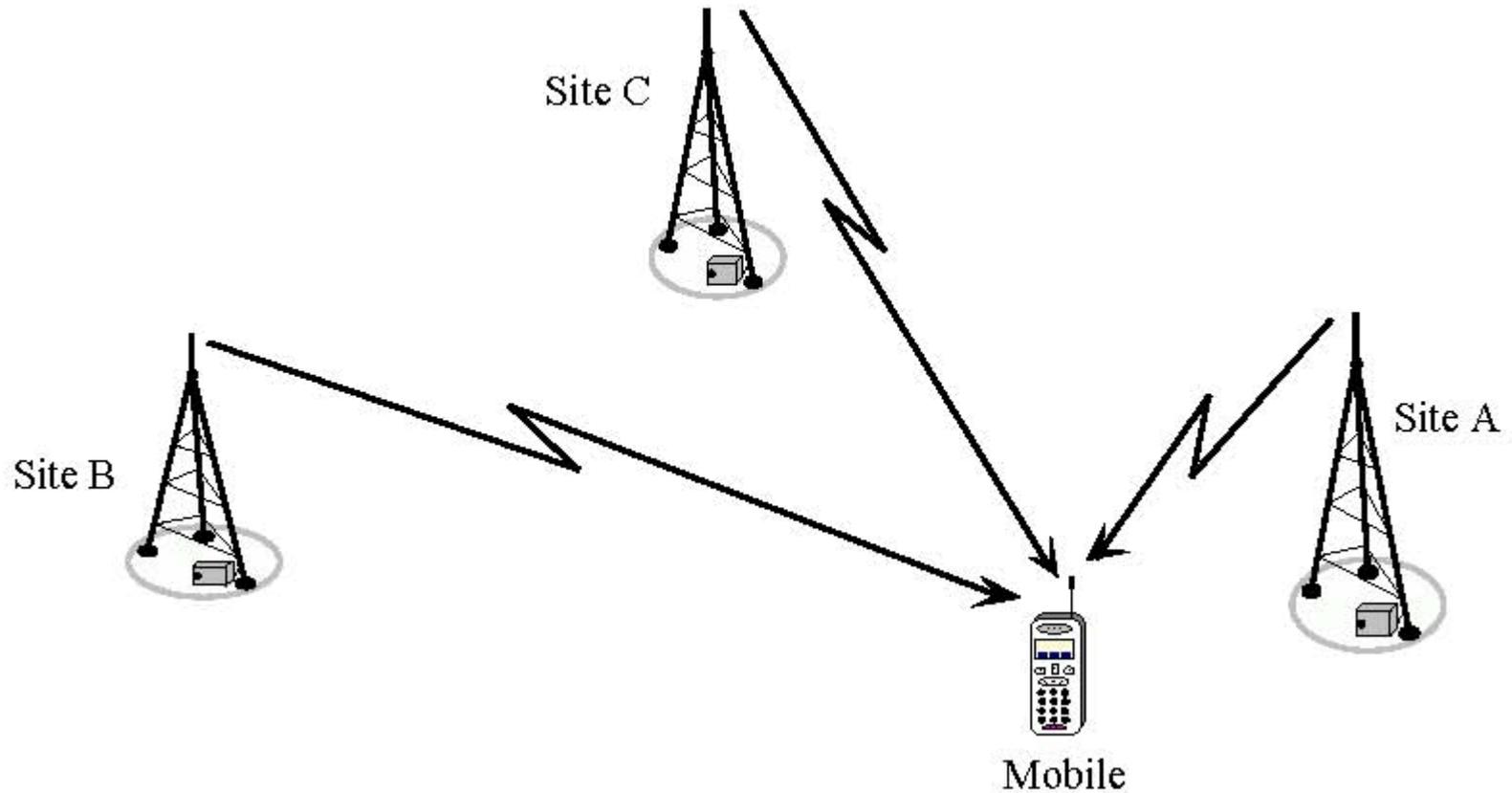


Interférences

- Co-canal
- Canal adjacent.



Interférence co-canal



Interface radio-mobile

- **Caractéristiques :**
 - Complexité,
 - Diffusion.
- **Environnement de transmission :**
 - Changeant,
 - Emetteurs/Récepteurs mobiles,
 - Multitrajets,
 - Limitation du spectre.

Modèles de prédiction de la propagation

Différents types de modèles

- **Petite échelle** : Rayleigh, Rice, Nakagami, ...
- **Grande échelle** : Okumura-Hata, Walfish-Ikegami, ...

Environnement radio-mobile

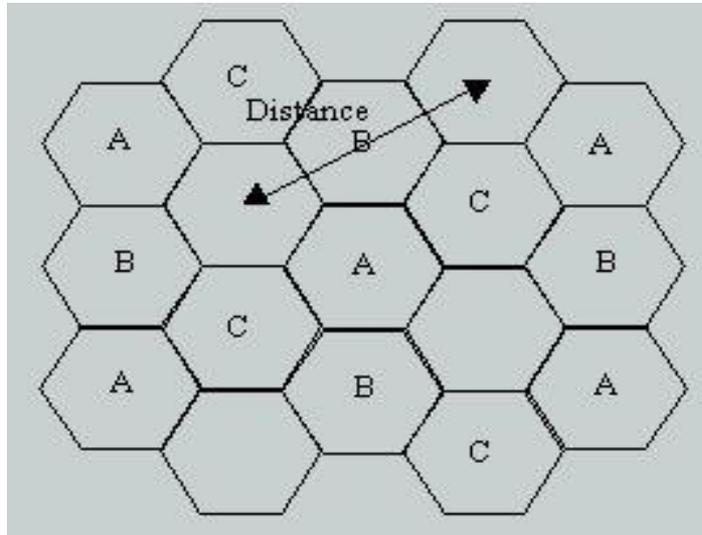
Concept cellulaire

Architecture des réseaux mobiles

Services

Architecture cellulaire

- Réutilisation des fréquences:
 - Plus de capacité.
 - Plus de couverture.



Spécificité des systèmes cellulaires

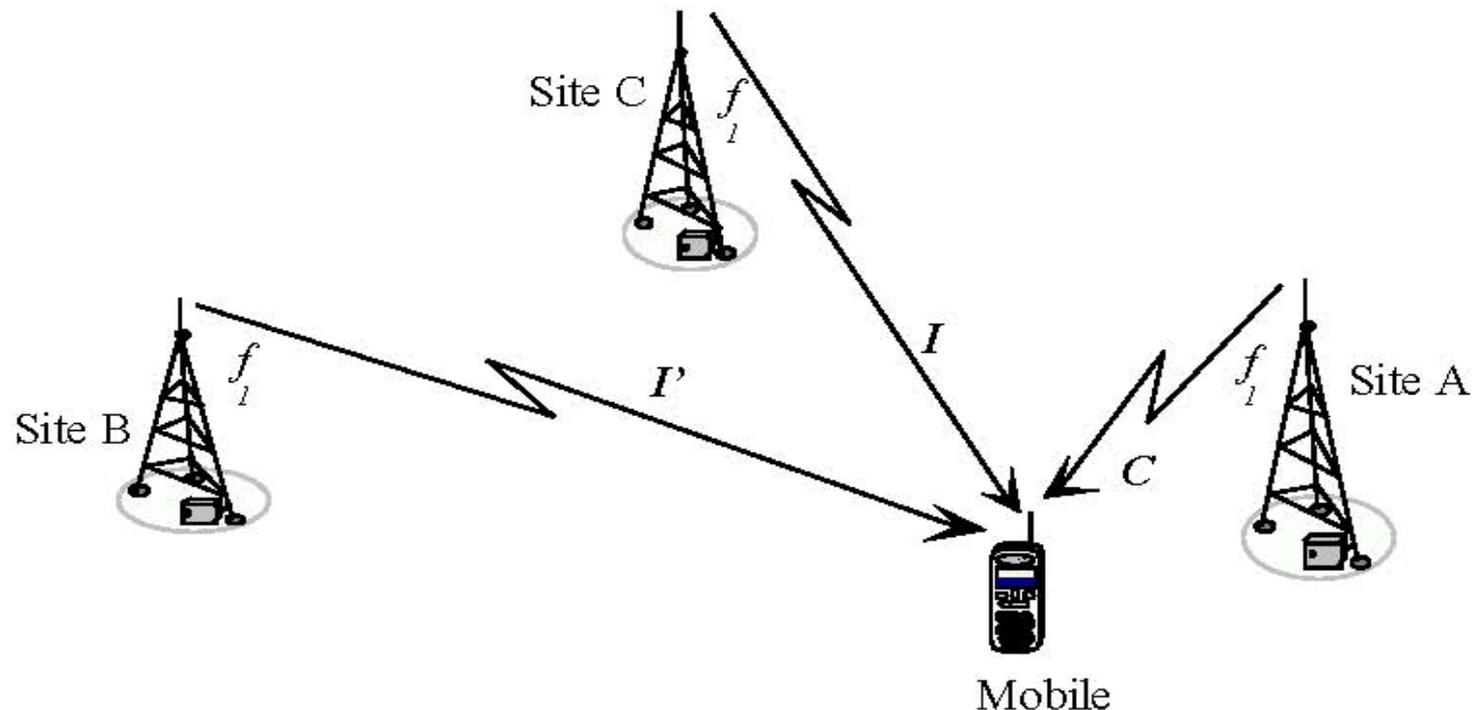
- Gestion de la **mobilité des abonnés.**
- Gestion de l'**interface radio.**

Concept cellulaire

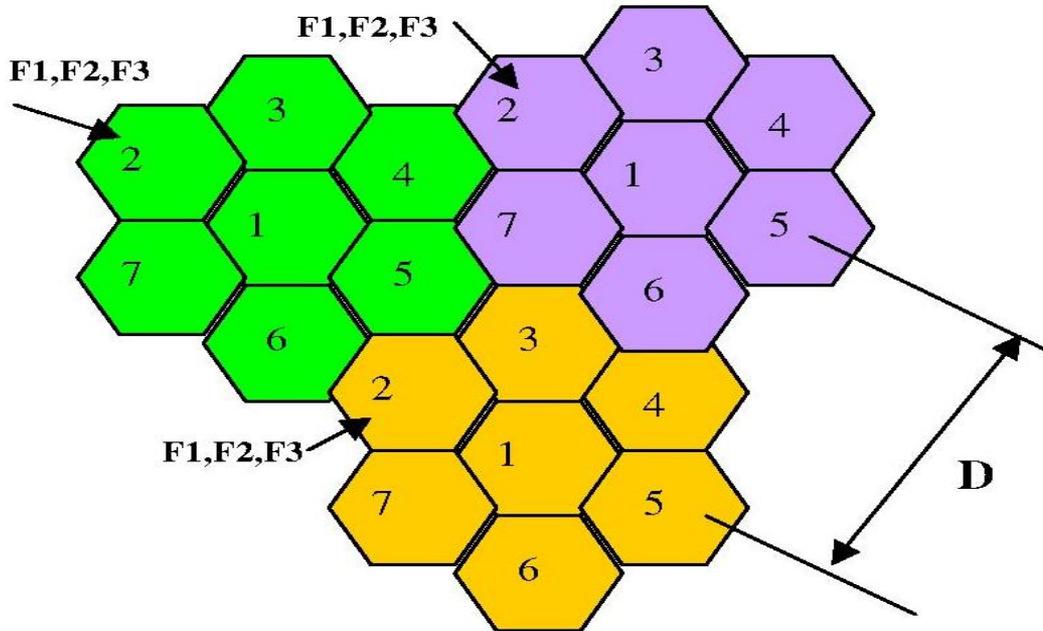
- Problème de base = Comment desservir une région de taille importante (pays, continent)
 - Avec une bande de fréquences limitée,
 - Avec une densité de trafic importante, qui varie dans le temps et dans l'espace et pouvant augmenter,
 - Offrir des services téléphoniques et autres à des usagers fixes et mobiles ?
- Concept cellulaire avec réutilisation des fréquences.
 - Mécanisme de **réutilisation des fréquences** :
 - Repose sur la propriété d'atténuation des signaux avec la distance.
 - Cellules utilisant la même fréquence.

Réutilisation des fréquences

- Principe: Repose sur l'utilisation des mêmes fréquences porteuses pour couvrir des zones différentes séparées par des distances suffisantes pour que l'interférence co-canal ne soit pas importante.

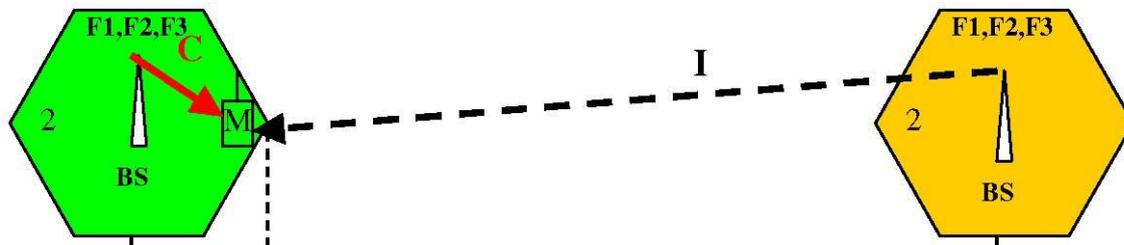


Notion de motif



Concept cellulaire : Spectre de fréquences disponible limité par opérateur et système => réutiliser les mêmes fréquences à une distance suffisante pour éviter les interférences.

D : Distance inter motif.



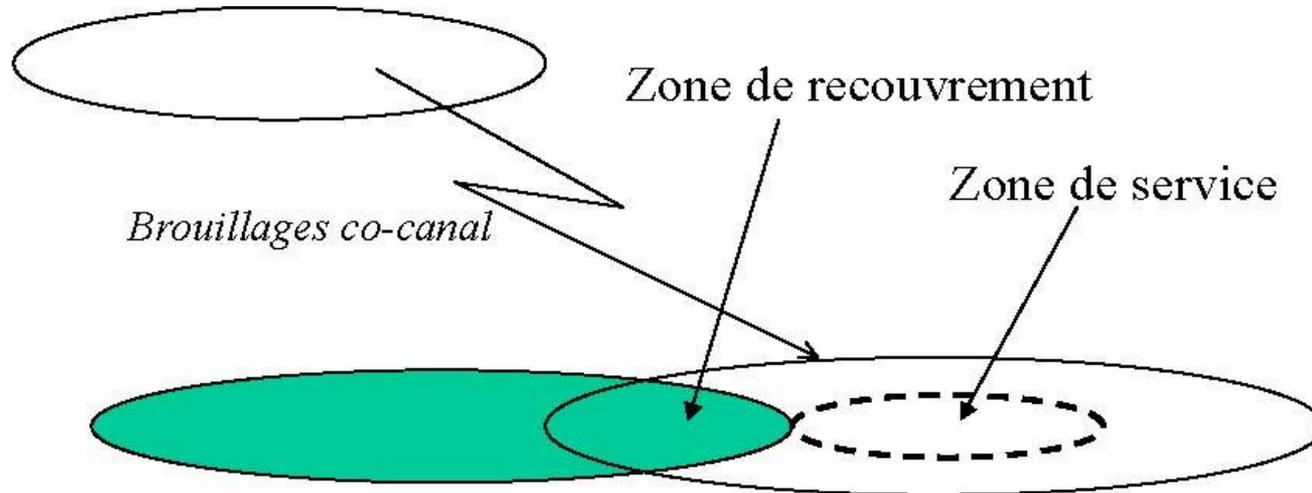
“Réutiliser” $F1, F2, F3$ si $C/I > \text{seuil (e.g. 7 dB)}$
 C =signal utile
 I : signal d’interférence
(**Co-Channel interference**)

Cellule

Surface géographique dont les limites sont fixées par :

- Puissance transmise et la sensibilité des récepteurs,
- Rapport C/I fixé par le système,
- Capacité à gérer le maximum de communications possibles sur la surface allouée avec la QoS demandée,
- Intégration de la cellule dans l'environnement (CEM, supports matériels, ...)

Structure interne d'une cellule



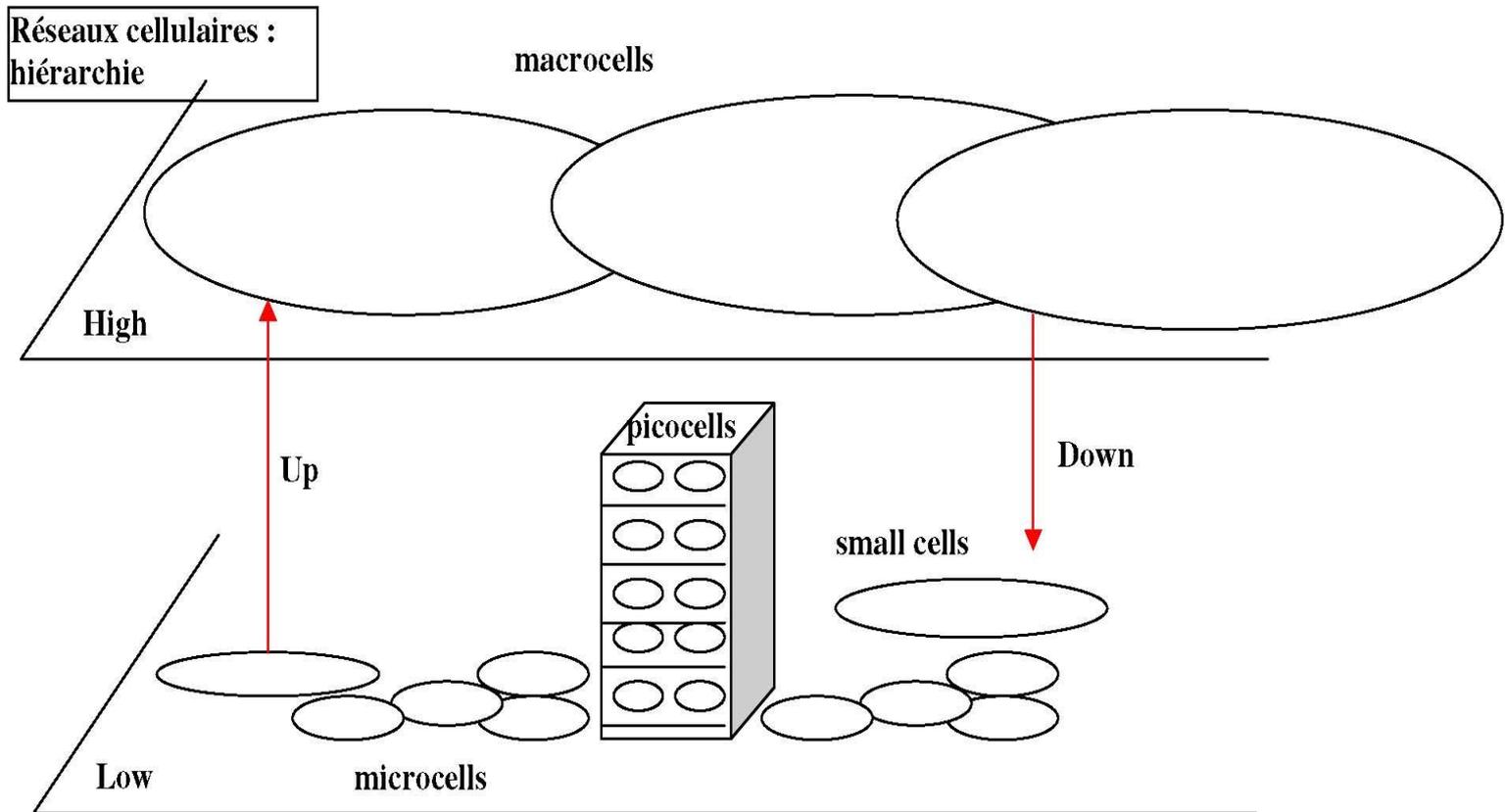
1. Zone de service : partie où tout mobile ne peut être connecté qu'à cette cellule,
2. Zone interne de la zone de service : couverture des mobiles proches de la station, fréquences utilisées moins protégées,
3. Zones de transfert (pour le HO).

Contraintes sur la taille des cellules

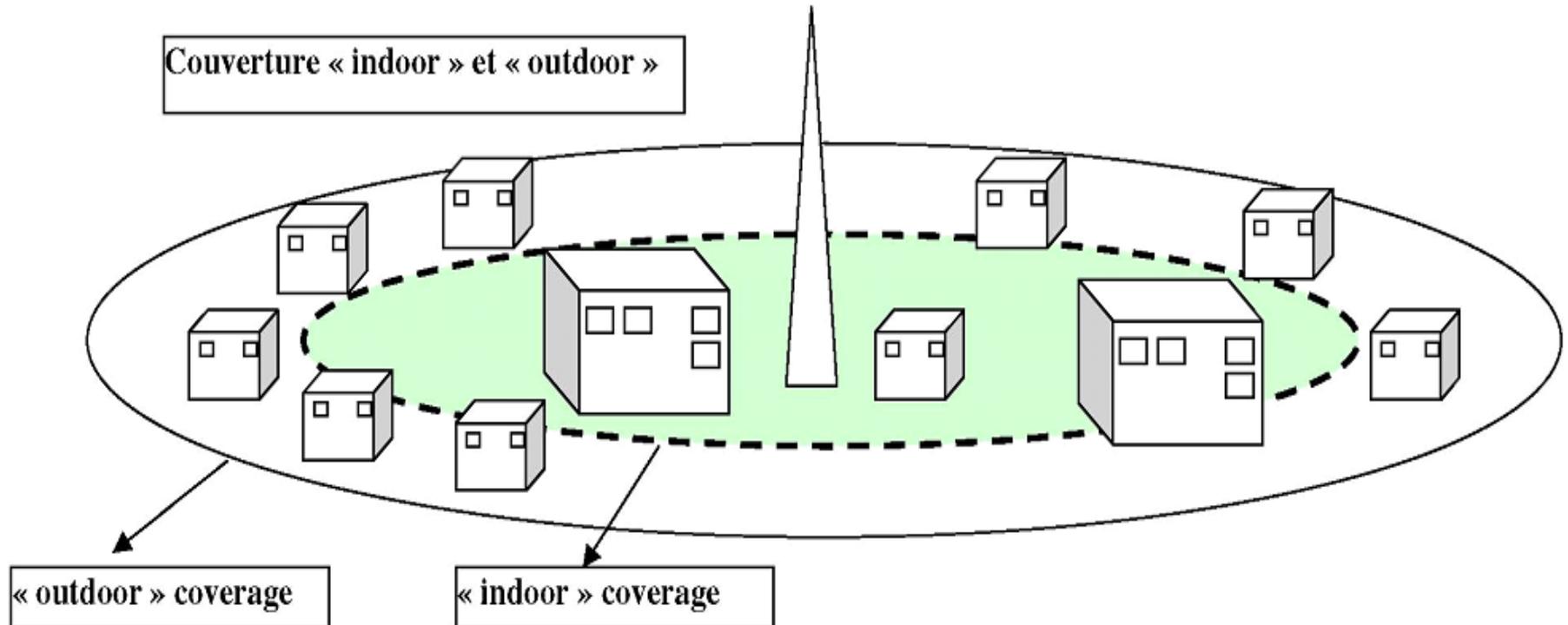
Contraintes différentes selon l'environnement :

- Milieu rural :
 - Grandes cellules (3 – 30 km),
 - Facteurs dimensionnant : puissance, sensibilité,
- Milieu urbain :
 - Taille réduite (300 m à 3 km),
 - Facteur limitant : rapport C/I.

Architecture cellulaire



Couverture indoor et outdoor



Conclusions

- Environnement radio-mobile : complexe et en fluctuation constante,.
- Environnement cellulaire : contraintes de réutilisation (QoS et capacité).
- Planification, optimisation et exploitation complexes.

Environnement radio-mobile

Concept cellulaire

Architecture des réseaux mobiles

Services

Architecture des réseaux Mobiles

GSM

GPRS

UMTS

NGN

Historique

□ 1G - NMT (Nordic Mobile Telephone)

- Mise en service en 1981
- Basée sur une technologie de téléphonie analogique sans-fil. Sa technologie de modulation radio est similaire à celle utilisée par les stations radio FM.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
1 ^{er} radiotéléphones analogiques sans fils	Taille imposante des équipements
	Pas de confidentialité de communications
	Réseaux saturés

□ 2G - GSM (Global system of mobile communication)

- Développée à partir de 1990;
- Représente la première technologie de téléphonie numérique sans fil ;
- Son débit moyen est similaire à celui du FAX, c'est-à-dire 9,6 kbits/sec.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Meilleure qualité d'écoute	Débit: envoi de données lentes
Taille réduite	
Confidentialité des communications	

□ 2.5G – GPRS (General Packet Radio Service)

- Débit théorique est de l'ordre de 171, 2 kbit/s, et le débit réel est de l'ordre de 30 kbit/s.
- L'objectif principal de cette évolution est d'accéder aux réseaux IP.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Débit	Pas d'accès satisfaisant à internet
Accès WAP (Internet allégé)	Réseau GSM déjà saturés
Facturation à la donnée	Aucune application décisive pour le grand public
Connexion permanente possible	
Support de plusieurs niveaux de qualité de service	

□ 2.75G – EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution)

- développé au cours de l'année 2005;
- débits réels de l'ordre de 177 kbits/s ;
- introduit une nouvelle modulation : 8-Phase Shift Keying (8-PSK) .

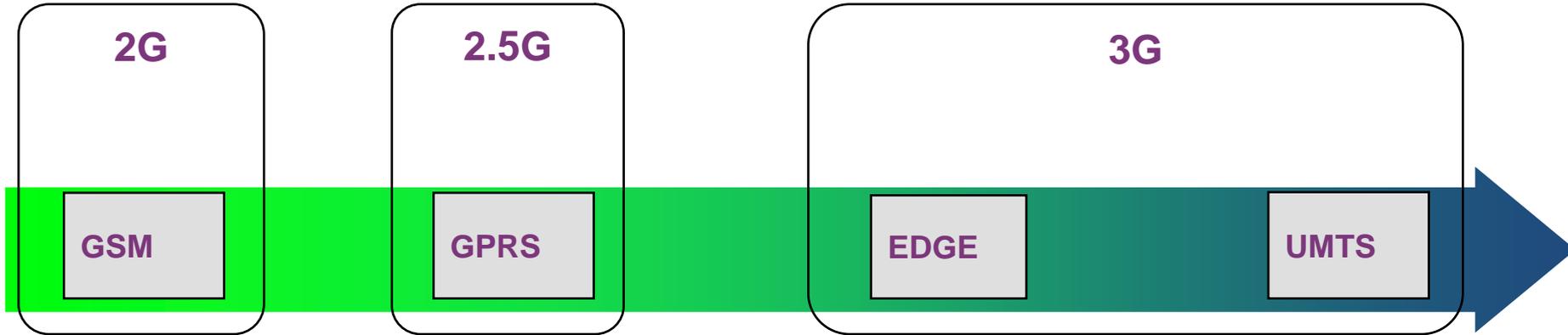
AVANTAGES	INCONVENIENTS
Solution alternative moins onéreuse que la 3G	Obligation de changer de terminal
Débit plus élevé que le GPRS	

□ 3G – UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

- développé en 2004 sous sa première version Release 99 (R99) ;
- fonctionne sur la bande de fréquences 1900-2000 MHz et permet un débit réel de l'ordre de 384 kbits/s (8 fois plus rapide que le GPRS).

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Accès internet haut-débit depuis un équipement mobile ou un ordinateur	coût
Visiophonie	Changement des équipements usagers
Télévision	

Résumé



GSM
200 KHz carrier
8 full-rate time slots
16 half-rate time slots

GPRS
200 KHz carrier
115 Kbps peak data rates

HSCSD

HSCSD
Circuit-switched data
64 Kbps peak data rates

EDGE
200 KHz carrier
Data rates up to 384 Kbps
8-PSK modulation
Higher symbol rate

UMTS
5 MHz carrier
2 Mbps peak data rates
New IMT-2000 2 GHz spectrum

Architecture des réseaux Mobiles

GSM

GPRS

UMTS

NGN

Architecture GSM

- **Mobile Station (MS)**
 - Mobile Equipment (ME)
 - Subscriber Identity Module (SIM)
- **Base Station Subsystem (BSS)**
 - Base Transceiver Station (BTS)
 - Base Station Controller (BSC)
- **Network Switching Subsystem(NSS)**
 - Mobile Switching Center (MSC)
 - Home Location Register (HLR)
 - Visitor Location Register (VLR)
 - Authentication Center (AUC)
 - Equipment Identity Register (EIR)

Mobile Station (MS)

- La Mobile Station (MS) est composée du :
 - *Mobile Equipment* (le terminal GSM) et du
 - *Subscriber Identity Module (SIM)*.

Mobile Equipment

- Le *Mobile Equipment* est identifié (exclusivement) à l'intérieur de n'importe quel réseau GSM par l'International Mobile Equipment Identity (IMEI).
- Les terminaux GSM sont divisés en cinq classes en fonction de leur puissance maximale de transmission sur le canal radio, qui varie entre un maximum de 20 Watt et un minimum de 0.8 watt.

Carte SIM

- La carte SIM contient l'*International Mobile Subscriber Identity* (IMSI), qui sert à identifier l'abonné dans n'importe lequel des systèmes GSM, et les procédures de cryptographie qui sauvegardent le secret de l'information de l'utilisateur ainsi que d'autres données telles que, par exemple, la mémoire alphanumérique du téléphone et la mémoire relative aux messages de texte (SMS).
- L'IMSI présente la structure suivante: MCC / MNC / MSIN
où:
 - MCC = *Mobile Country Code* (2 ou 3 chiffres, pour la France 33)
 - MNC = *Mobile Network Code* (2 chiffres, en France 06)
 - MSIN = *Mobile Station Identification Number* (maximum 10 chiffres)

Le sous-système radio BSS (Base Station Sub-system)

Sa fonction principale est la gestion de l'attribution des ressources radio

indépendamment des abonnés, de leur identité ou de leur communication.

La station de base BTS (Base Transceiver Station)

La Base Transceiver Station contient tous les émetteurs-récepteurs appelés TRX reliés à la cellule et dont la fonction est de transmettre et recevoir des informations sur le canal radio en proposant une interface physique entre la Mobile Station et le BSC.

Fonctions de la BTS (1/2)

- Mesures des interférences sur les canaux non alloués à des communications (idle channels).
- Mesures sur la liaison montante (uplink), servant à l'algorithme de décision du handover.
- Calcul du Timing Advance (avance de temps) pour la synchronisation temporelle, selon la distance qui sépare la BTS du mobile.
- Détection des demandes d'accès des mobiles reçus sur le canal de contrôle commun (RACH).
- Détection des messages de handover access (HO ACCESS).
- La capacité de gérer les canaux *Full Rate* et *Half Rate*.
- La gestion de la *Diversité d'Antennes*, autrement dit l'utilisation de deux antennes de réception afin d'améliorer la qualité de signal reçu; les deux antennes reçoivent le même signal, indépendamment l'une de l'autre et sont atteintes différemment par le fading: la probabilité qu'elles soient atteintes en même temps par un *fading* important est presque nulle.
- La supervision du *Rapport des Ondes Statiques* (ROS) en antenne.

Fonctions de la BTS (2/2)

- Le *Frequency Hopping* (FH): la variation de fréquence utilisée dans un canal radio à des intervalles réguliers afin d'améliorer la QoS à travers la diversité dans la fréquence.
- *Discontinuous Transmission* (DTX) soit dans le uplink que dans le downlink.
- Le Contrôle *Dynamique de la Puissance* (DPC) de la MS et des BTS: le BSC détermine la puissance optimale avec laquelle la MS et le BTS effectuent la transmission sur le canal radio.
- La gestion des algorithmes de chiffrement: l'information de l'utilisateur est cryptographiée afin de garantir à l'abonné une certaine réserve sur le canal du trafic et sur celui de codage. Le processus de cryptographie des données doit être mis en oeuvre par le BTS sur les informations transmises sur le canal radio; l'algorithme de cryptographie qui doit être utilisé est transmis au BTS par le BSC sur la base des indications reçues par le MSC et la clef cryptographique est unique pour chaque utilisateur. Le standard GSM Phase II supporte 8 algorithmes de chiffrement.
- Le monitoring de la connexion radio se fait en relevant les signaux radiofréquences, ces relevés sont ensuite envoyés au BSC pour l'élaboration afin d'assurer un haut niveau de qualité à la communication radio.

BSC

Le contrôleur de station **gère les ressources radio pour une ou plusieurs BTS,** à travers le monitoring de la connexion entre la BTS et les MSC (il s'agit de centrales de commutation qui offrent la liaison au réseau fixe ou à d'autres réseaux), et aussi à travers les canaux radio, le codage, le frequency hopping et les handovers.

Fonctions du BSC

- La gestion et la **configuration du canal radio** : il doit choisir pour chaque appel la cellule la mieux adaptée et doit sélectionner à l'intérieur de celle-ci le canal radio le plus adapté à la mise en route de la communication.
- La **gestion de handover intra BSC** : il décide, sur la base des relevés reçus par la BTS, le moment pour effectuer le handover, autrement dit, le changement de cellule lors des déplacements de l'utilisateur pendant une conversation, à l'intérieur de la surface de couverture de sa compétence.
- Les **fonctions de décodage des canaux radio** Full Rate (16 kbps) ou Half Rate (8 kbps) pour des canaux à 64 kbps.

Le sous-système réseau NSS (Network Station Sub-system)

Il assure principalement les fonctions de commutation et de routage. C'est donc lui qui permet l'accès au réseau public RTCP ou RNIS. En plus des fonctions indispensables de commutation, on y retrouve les fonctions de gestion de la mobilité, de la sécurité et de la confidentialité qui sont implantées dans la norme GSM.

Le MSC (Mobile Services Switching Center)

- Le MSC est l'élément central du NSS. Il gère grâce aux informations reçues par le HLR et le VLR, la mise en route et la gestion du codage de tous les appels directs et en provenance de différents types de réseau tels que PSTN, ISDN, PLMN. Il développe aussi la fonctionnalité du gateway face aux autres composants du système et de la gestion des processus de handover, et il assure la commutation des appels en cours entre des BSC différents ou vers un autre MSC.

Fonctions du MSC

(Mobile Services Switching Center)

- L'authentification de l'auteur de l'appel: l'identification de la MS à l'origine de l'appel est nécessaire pour déterminer si l'utilisateur est en droit de bénéficier du service.
- La discrétion quant à l'identité de l'utilisateur, pour pouvoir garantir la réserve sur son identité sur le canal radio, même si toutes les informations sont cryptographiées, le système se garde toujours de transmettre l'IMSI attribué lors de la signature du contrat par l'usager; par contre l'on attribue le Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI), au moment de l'appel car il ne présente qu'une utilité temporaire : le MSC a aussi pour mission de mettre en relation le TMSI et le IMSI et lorsque le mobile se déplace sur l'aire de location contrôlée par un autre MSC, il doit lui attribuer un nouveau TMSI.
- Le processus de handover: Un utilisateur peut, sur le réseau GSM, continuer d'utiliser le service même quand, pendant une conversation, il franchit les limites de la cellule dans laquelle il se trouve.

Le HLR (Home Location Register)

- Lorsqu'un utilisateur souscrit à un nouvel abonnement au réseau GSM, toutes les informations qui concernent son **identification (abonnés)** sont mémorisées sur le HLR. Il a pour mission de communiquer au VLR quelques données relatives aux abonnés, à partir du moment où ces derniers se déplacent d'une location area à une autre. A l'intérieur du HLR les abonnés sont identifiés comme suit :

MSISDN = CC / NDC / SN

où :

- CC = Country Code, indicatif international (le CC français est 33)
- NDC = National Destination Code, indicatif national de l'abonné sans le zéro
- SN = Subscriber Number, numéro qui identifie l'utilisateur mobile

Fonctions du HLR (Home Location Register)

- La sécurité : dialogue avec l'AUC et le VLR.
- L'enregistrement de la position : dialogue avec le VLR et MSC.
- La gestion des données relatives à l'abonné : dialogue avec l'OMC et le VLR.

Le VLR (Visitor Location Register) 1/2

Le Visitor Location Register (VLR) est une base de données qui **mémorise de façon temporaire les données concernant tous les abonnés** qui appartiennent à la surface géographique qu'elle contrôle. Ces données sont réclamées à l'HLR auquel l'abonné appartient. Généralement pour simplifier les données réclamées et ainsi la structure du système, les constructeurs installent le VLR et le MSC côte à côte, de telle sorte que la surface géographique contrôlée par le MSC et celle contrôlée par le VLR correspondent.

Le VLR (Visitor Location Register) 2/2

- Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI), il est employé comme garant de la sécurité du IMSI, et il est attribué à chaque changement de LA.
- La condition de la MS (en veille, occupée, éteinte)
- L'état des services complémentaires comme Call Waiting, Call Divert, Call Barring, etc.
- Les types de services auxquels l'abonné a souscrit et auxquels il a droit d'accès (voix, service de données, SMS, d'autres services auxiliaires).
- La Location Area Identity (LAI) qui comprend la MS faisant partie du groupe contrôlé par le MSC/VLR.

L'AuC (Authentication Center) 1/2

- Le Centre d'authentification est une fonction du système qui a pour but de vérifier si le service est demandé par un abonné autorisé, et ceci en fournissant soit les codes pour l'authentification que pour le chiffage.
- Le mécanisme d' authentification vérifie la légitimité de la SIM sans transmettre, pour autant, sur le canal radio les informations personnelles de l'abonné, telles le IMSI et la clef de chiffage dans le but de vérifier si l'abonné qui essaye d'accéder au service est autorisé et n'est pas abusif; le chiffage par contre génère quelques codes secrets qui serviront pour cryptographier tous les échanges qui ont lieu sur le canal radio.

L'AuC (Authentication Center) 2/2

L'authentification se fait de façon systématique chaque fois que la MS se connecte au réseau et plus précisément dans les cas suivants :

- Chaque fois que la MS reçoit ou émet un appel.
- A chaque mise à jour de la position de la MS (location updating).
- A chaque demande de mise en activité, de cessation d'activité ou de l'utilisation des services supplémentaires.

Le sous-système opérationnel OSS (Operating Sub-System)

- Il assure la gestion et la supervision du réseau. C'est la fonction dont l'implémentation est laissée avec le plus de liberté dans la norme GSM. La supervision du réseau intervient à de nombreux niveaux :
 - Détection de pannes.
 - Mise en service de sites.
 - Modification de paramétrage.
 - Réalisation de statistiques.

- Dans les OMC (Operation and Maintenance Center), on distingue l'OMC/R (Radio) qui est relié à toutes les entités du BSS, à travers les BSC, l'OMC/S (System) qui est relié au sous système NSS à travers les MSC. Enfin l'OMC/M (Maintenance) contrôle l'OMC/R et l'OMC/S.

Les interfaces

- **L'interface Um**

C'est l'interface entre les deux sous systèmes MS et la BTS. On la nomme couramment "interface radio" ou "interface air".

- **L'interface Abis**

C'est l'interface entre les deux composants du sous système BSS : la BTS (Base Station Transceiver) et le BSC (Base Station Controller).

- **L'interface A**

C'est l'interface entre les deux sous systèmes BSS (Base Station Sub System) et le NSS (Network Sub System).

Architecture des réseaux Mobiles

GSM

GPRS

UMTS

NGN

Motivation

- le transport des données sur le réseau GSM n'autorise qu'au mieux des débits de 9,6 kbit/s.
- C'est pourquoi la technologie GPRS (General Packet Radio Service) a été définie, permettant de contourner le problème de monopolisation de canal, et par la même de résoudre le problème de la facturation à la durée, ainsi que de permettre des débits résolument plus importants.

GPRS

- **Des débits élevés** : Les débits proposés par GPRS sont supérieurs au débit de 9,6 kbit/s offert par GSM pour le transfert de données: Ceci est possible en configurant l'équipement mobile afin d'utiliser plusieurs ITs (Intervalles de temps) dans les sens montants et descendants. En pratique, un équipement GPRS peut généralement utiliser 4 ITs dans le sens descendant et 2 ITs dans le sens montant. Les débits obtenus sont alors de 50 kbit/s et 20 kbits/s respectivement.
- **Une facturation au volume ou au contenu** : Le GPRS permet de facturer les services en fonction du volume (nombre de paquets échangés) ou en fonction du contenu (e.g., par image envoyée), à la différence de la politique de facturation à la durée pour le transfert de données en mode circuit. Cela permet de disposer d'une session de données « permanente » sans que l'utilisateur ait à payer pour les périodes d'inactivité et sans allocation de ressource de manière statique.

GPRS Vs GSM

GPRS

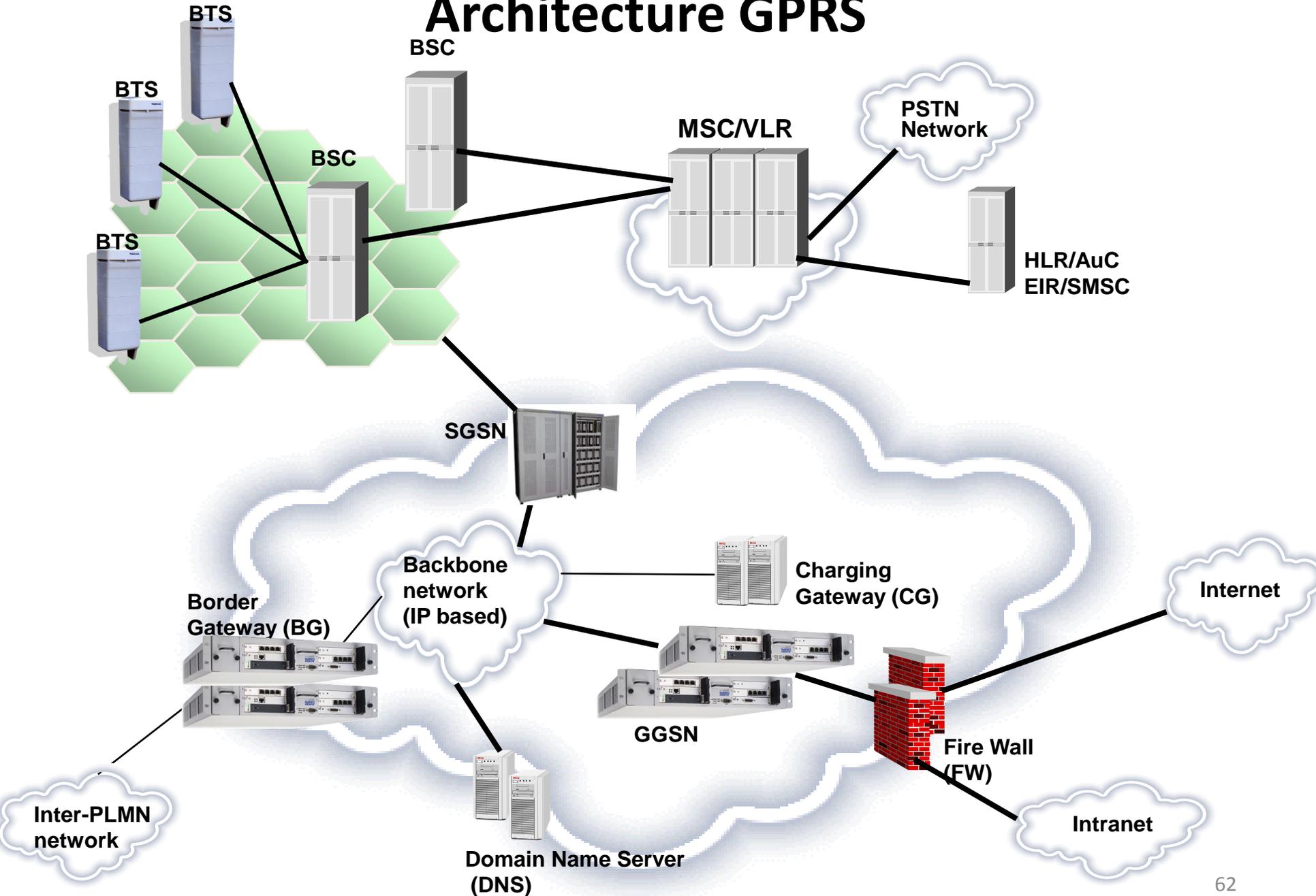
1. Support des deux commutations de circuit et de paquet.
2. MS utilise des Automatic retransmission (ARQ) pour retransmettre les trames erronées.
3. Multiple time slots peuvent être affectés à un usager.
4. Un time slot peut être alloué à plusieurs usagers.
5. Facturation complexe (basée sur le volume, la Q.o.S.)

Vs

GSM

- commutation de circuit uniquement.
- Pas de re-transmission sur les MS
- Single time slot par usager
- Single time slot par usager
- Facturation simple basée sur la durée

Architecture GPRS



Impact du GPRS sur GSM

Entités GSM/GPRS	Logiciel	Matériel
BTS	Extension requise	Aucun changement
BSC	Extension requise	Interface PCU
MSC/VLR	Extension requise	Aucun changement
HLR	Extension requise	Aucun changement
Nouvelles entités		
MS	Mobile Station	
SGSN	Serving GPRS Support Node	
GGSN	Gateway GPRS Support Node	
CGF	Charging Gateway Function	
OMC-G	Operations and Maintenance Centre GPRS	

SGSN

L'entité SGSN (Service GPRS Support Node) se charge dans son aire de service des transmissions de données entre les stations mobiles et le réseau mobile.

Le SGSN est connecté à plusieurs BSC et présent dans le site d'un MSC.

Le SGSN :

- Authentifie les stations mobiles GPRS
- Prend en charge l'enregistrement des stations mobiles au réseau GPRS.
- Prend en charge la gestion de la mobilité des stations mobiles. En effet, une station mobile doit mettre à jour sa localisation à chaque changement de zone de routage.
- Etablit, maintient et libère les contextes PDP, qui correspondent à des sessions de données permettant à la station mobile d'émettre et de recevoir des données.
- Relais les paquets de données de la station mobile au réseau externe ou du réseau à la station mobile
- Collecte les données de taxation de l'interface air
- S'interface à d'autres noeuds (HLR, MSC, BSC, SMSC, GGSN, Charging Gateway).

GGSN

L'entité GGSN (Gateway GPRS Support Node) joue le rôle d'interface à des réseaux de données Externes (e.g., X.25, IP). Elle décapsule des paquets GPRS provenant du SGSN les paquets de données émis par le mobile et les envoie au réseau externe correspondant. Egalement, le GGSN permet d'acheminer les paquets provenant des réseaux de données externes vers le SGSN du mobile destinataire. Le GGSN est généralement présent dans le site d'un MSC. Il existe un GGSN ou un nombre faible de GGSN par opérateur

Le GGSN :



- Joue le rôle d'interface aux réseaux externes de type IP ou X.25 même si en pratique seule l'interface vers des réseaux IP est mise en oeuvre.
- Ressemble à un routeur. D'ailleurs dans de nombreuses implantations, il s'agit d'un routeur IP avec des fonctionnalités supplémentaires.
- Relais les paquets aux stations mobiles à travers un SGSN; Il faut noter que les paquets ne sont pas délivrés à la station mobile si cette dernière n'a pas activé un contexte PDP.
- Route les paquets émis par la station mobile à la destination appropriée.
- Filtre le trafic usager.
- Collecte les données de taxation associées à l'usage des ressources entre SGSN et GGSN.
- S'interface à d'autres nœuds (SGSN, HLR, Charging Gateway).

PCU

Pour déployer le GPRS dans les réseaux d'accès, on réutilise les infrastructures et les systèmes existants. Il faut leur rajouter une entité responsable du partage des ressources et de la retransmission des données erronées, l'unité de contrôle de paquets (PCU, Packet Control Unit) par une mise à jour matérielle et logicielle dans les BSCs.

Backbones GPRS

L'ensemble des entités SGSN, GGSN, des routeurs IP éventuels reliant les SGSN et GGSN et les liaisons entre équipements est appelé réseau fédérateur GPRS (GPRS backbone). On peut distinguer deux types de backbones GPRS :

- **Backbone intra-PLMN** : il s'agit d'un réseau IP appartenant à l'opérateur de Réseau GPRS permettant de relier les GSNs de ce réseau GPRS.
- **Backbone inter-PLMN** : Il s'agit d'un réseau qui connecte les GSNs de différents opérateurs de réseau GPRS. Il est mis en oeuvre s'il existe un accord de roaming entre deux opérateurs de réseau GPRS. Deux backbones Intra-PLMN peuvent être connectés en utilisant des Border Gateways (BGs).

CGF

La passerelle de taxation (CGF, Charging Gateway Function) permet le transfert des informations de taxation du SGSN et du GGSN au système de facturation (BS, Billing System). L'entité CGF peut être implantée de façon centralisée ou de manière distribuée en étant intégrée aux noeuds SGSN et GGSN. L'interface entre les GSNs et l'entité CGF est supportée par le protocole GTP.

Débits GPRS

Schéma de Codage	Débit (Kbit/s) Interface Air	Débit utilisable
CS-1	9,05	6,8
CS-2	13,4	10,4
CS-3	15,6	11,7
CS-4	21,4	16,0

De GPRS vers EDGE

Le GPRS est lui-même susceptible d'évoluer vers la technologie EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution). Cette dernière propose un débit supérieur (en pratique 100 kbit/s) et nécessite une modification technique moindre que pour l'UMTS (Elle est qualifiée à ce titre de technologie 2,75 G). Elle est en revanche beaucoup plus onéreuse que la migration GSM/GPRS car elle nécessite une nouvelle technologie de modulation.

Architecture des réseaux Mobiles

GSM

GPRS

UMTS

NGN

UMTS

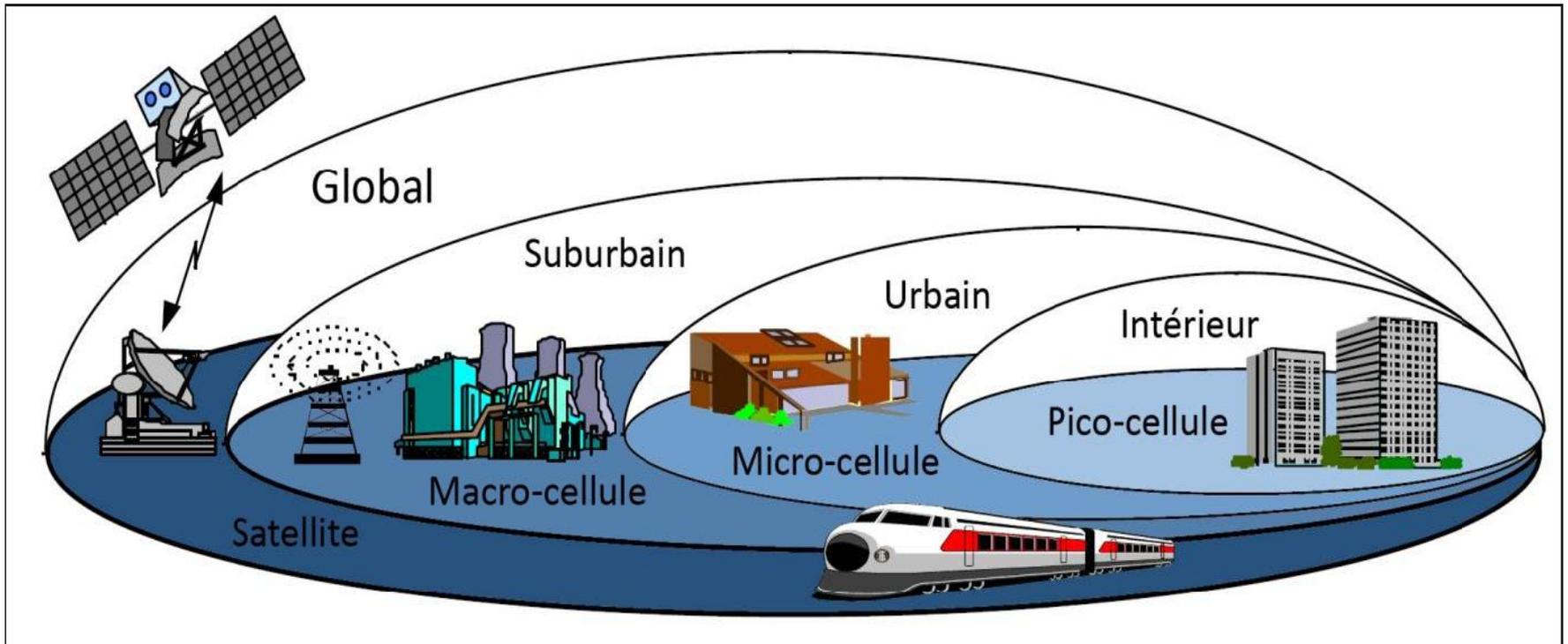
Universal Mobile Telecommunications System

- ❑ C'est une des technologies de téléphonie mobile de troisième génération (3G)
- ❑ Elle est parfois aussi appelée 3GSM
- ❑ Le déploiement de l'UMTS a été freiné en raison de son coût.
- ❑ La particularité des technologies 3G est d'avoir un réseau cœur IP.

- ❑ L'UMTS repose sur la technique d'accès multiple W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access).
- ❑ Les fréquences allouées pour l'UMTS sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz.
- ❑ L'UMTS permet théoriquement des débits de transfert de 1,920 Mbit/s, mais en pratique, autour de 384 kbit/s...

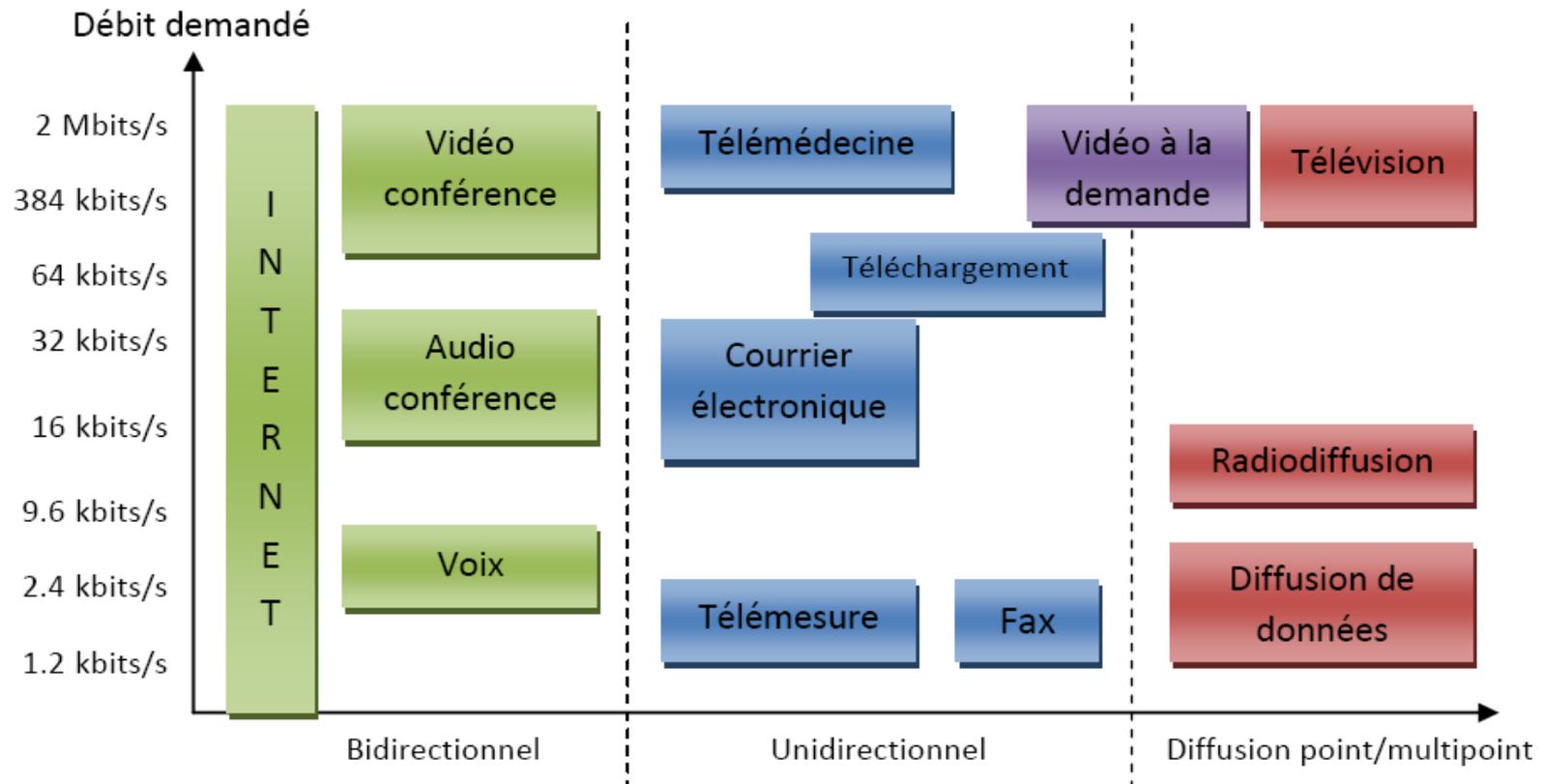
Hiérarchie des cellules de L'UMTS

Tout comme le réseau GSM, l'UMTS est divisé en plusieurs cellules de tailles variables. Chacune d'entre elles est présente en fonction de la densité de population à servir et de la vitesse de mobilité. L'accès par satellite est une extension.



Les Services De L'UMTS

Sur l'axe des ordonnées se trouve le débit demandé pour le service en question. Chacun des services est regroupé par leur type de connexion (bidirectionnel, unidirectionnel, diffusion point/multipoint).



Réseau d'accès UTRAN

Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités:

- ❑ Transférer les données générées par l'utilisateur.
- ❑ Permet la confidentialité et la protection des informations.
- ❑ Permet une estimation de la position géographique
- ❑ Se charge d'allouer et de maintenir des ressources radio nécessaires à la communication.

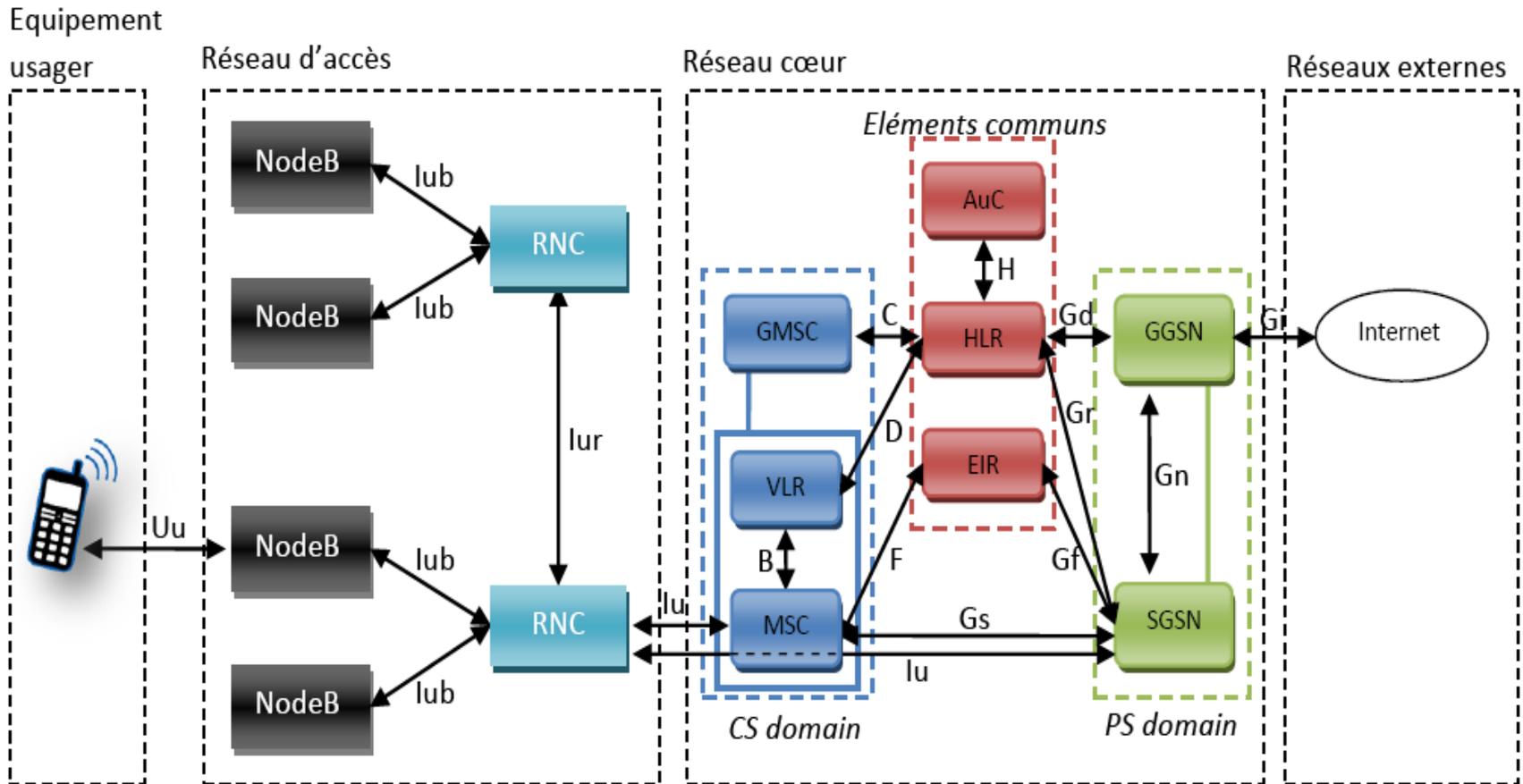
Réseau cœur

Le réseau coeur de l'UMTS est composé de trois parties :

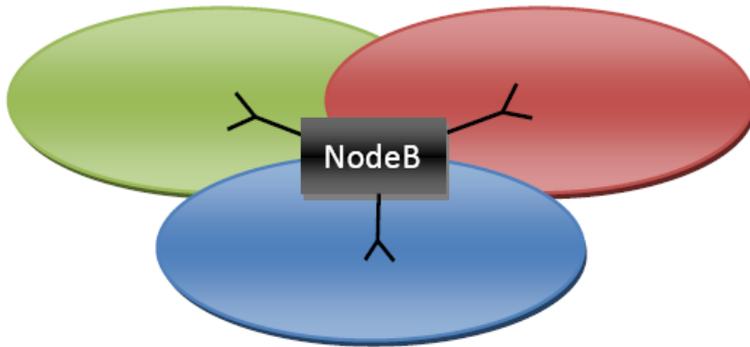
- Le domaine CS (Circuit Switched) utilisé pour la téléphonie .
- Le domaine PS (Packet Switched) qui permet la commutation de paquets.
- Les éléments communs aux domaines CS et PS .

Ces deux domaines permettent aux équipements usagers de pouvoir gérer simultanément une communication paquets et circuits.

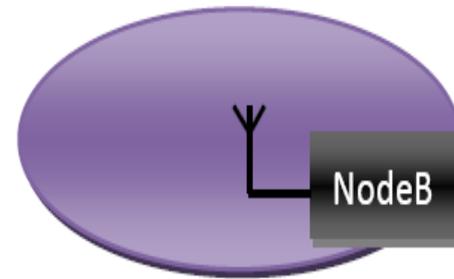
Architecture globale du réseau UMTS



- **NodeB** : Le rôle principal du NodeB est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager. Le NodeB travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI . Nous pouvons trouver deux types de NodeB:



NodeB avec antennes sectorielles



NodeB avec antenne omnidirectionnelle

- **RNC** : Le rôle principal du RNC est de router les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS. Il travaille au niveau des couches 2 et 3 du modèle OSI (contrôle de puissance, allocation de codes).

- Le **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'Internet.
- Le **SGSN** (Serving GPRS Support Node) est une passerelle permettant l'acheminement des données dans les réseaux mobiles GPRS. Il maintient les informations identifiant l'abonné et les services utilisés. Il contrôle la localisation du mobile sur une "Routing Area".
- Le **GMSC** (*Gateway Mobile Switching Centre*) fournit la fonction EDGE pour les réseaux GSM . Pour les appels mobiles, il interagit avec le HLR (Home Location Register) pour obtenir des informations de routage.
- Le **VLR** (visitor local register) est une base de données temporaire contenant des informations sur tous les utilisateurs (Mobile Stations) du réseau.

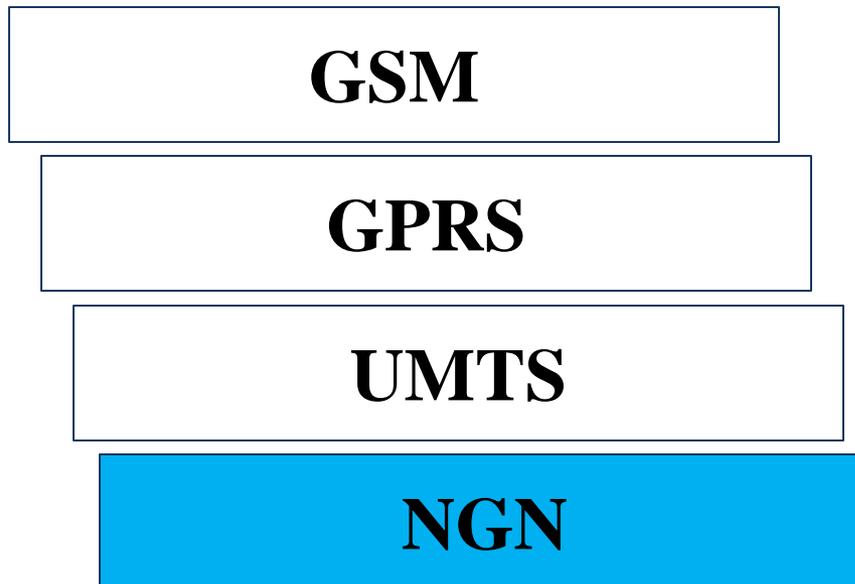
- **Le MSC** est un équipement de téléphonie mobile (2G/3G) en charge du routage dans le réseau, de l'interconnexion avec les autres réseaux et de la coordination des appels. à chaque **MSC** est associé un VLR qui connaît les informations détaillées sur les usagers que le MSC doit gérer.
- **Authentication Center** (AuC), désigne une fonction d'authentification de la carte SIM (Subscriber Identity Module) utilisée sur un réseau de mobiles GSM. L'AuC est associé au HLR (Home Location Register).
- **Le registre des terminaux** (noté **EIR** pour *Equipment Identity Register*) : il s'agit d'une base de données répertoriant les terminaux mobiles.

Contraintes

L'UMTS est une excellente solution du point de vue technique .ses contraintes proviennent essentiellement:

- Investissement dans la licence?
- Rentabilité (ARPU suffisant? Culture consommateurs?)
- Achat de matériel
- installation massive sur le territoire national
- Achat de spectre d'émission
- exploitation, nouveaux terminaux

Architecture des réseaux Mobiles



Evolution des Réseaux Télécoms

- Avant: principalement le service téléphonique classique
- Aujourd'hui: Développement des NGN + Multiplication des Opérateurs
- Problématique de l'interconnexion et de la convergence.

Quel genre d'architecture NGN?

❖ L'évolution des Télécoms répond principalement à une double attente:

- La convergence des Réseaux (fixe/Mobile et Voix/données)
- L'intégration de Services multimédias

Objectif:

- Découpler la fourniture du service de son transport indépendamment du mode d'accès .
- Garantir l'intérêt du consommateur et la concurrence sur le marché.

Principe de l'architecture NGN

Le passage à une architecture NGN s'inscrit avant tout:

✓ Diminution des coûts  Passage à une infrastructure unique basée sur IP

le commutateur traditionnel est scindé en deux éléments distincts:

✓ Le Média Gateway  Assurer le Transport

✓ Le Softswitch  Assurer le contrôle d'Appel

Couche Applications

Services Réseau Intelligent

Services IP

Couche Exécution des Services

Serveur d'applications

SIP AP

Enablers

Couche Contrôle

CSCF

Softswitch

Couche Transport

Réseau IP

Media Gateway

RTC

Couche Accès

BRAS

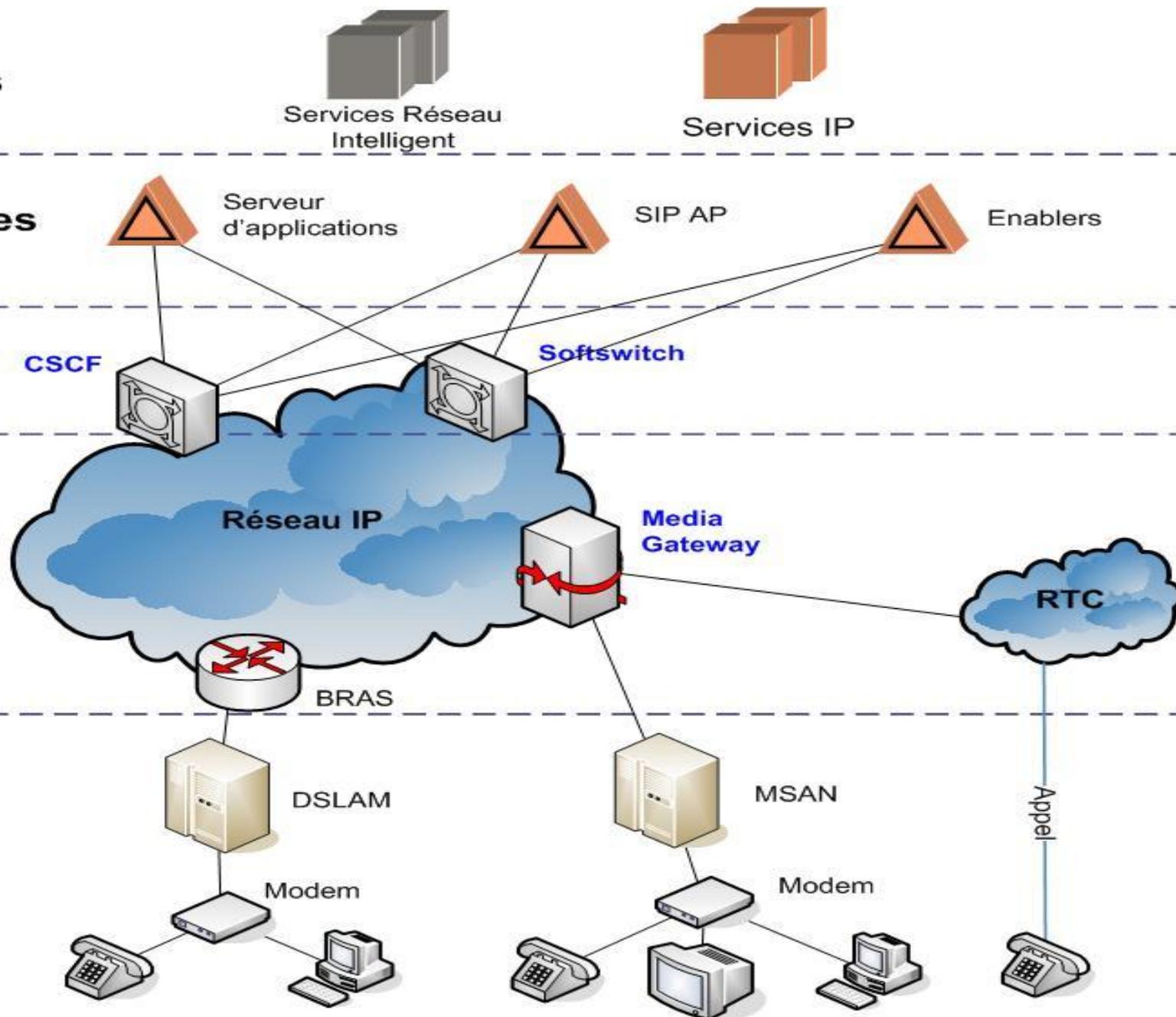
DSLAM

Modem

MSAN

Modem

Appel



Architecture de référence

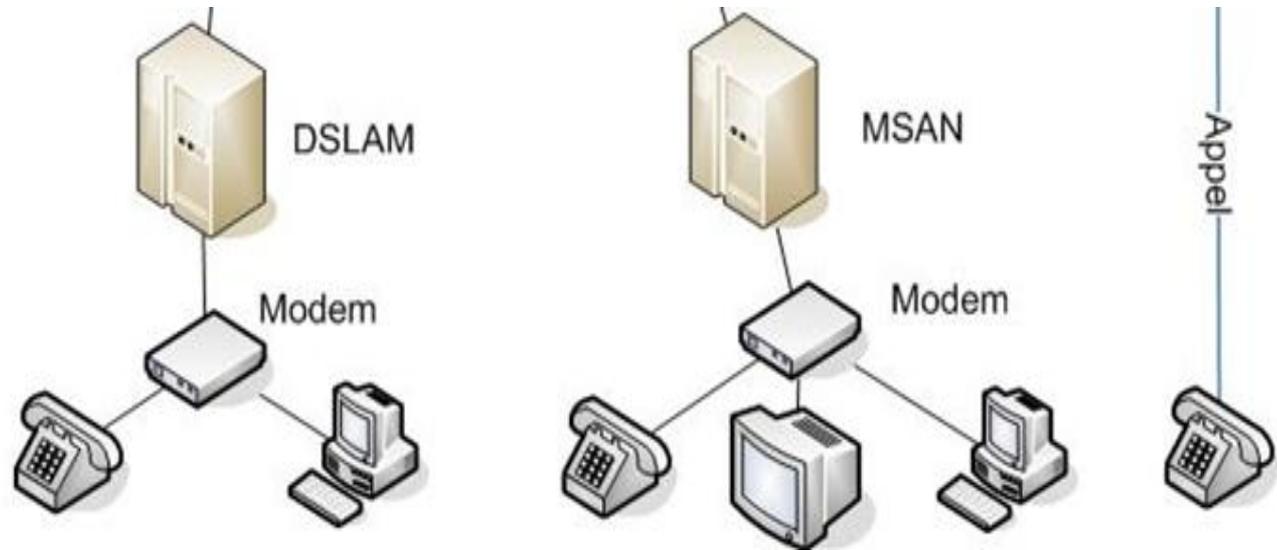
- Ces couches sont :
 - Indépendantes
 - Communiquent entre elles via des interfaces ouvertes

- Cette structure:

 Garantie une meilleure flexibilité et une implémentation de nouveaux services plus efficaces

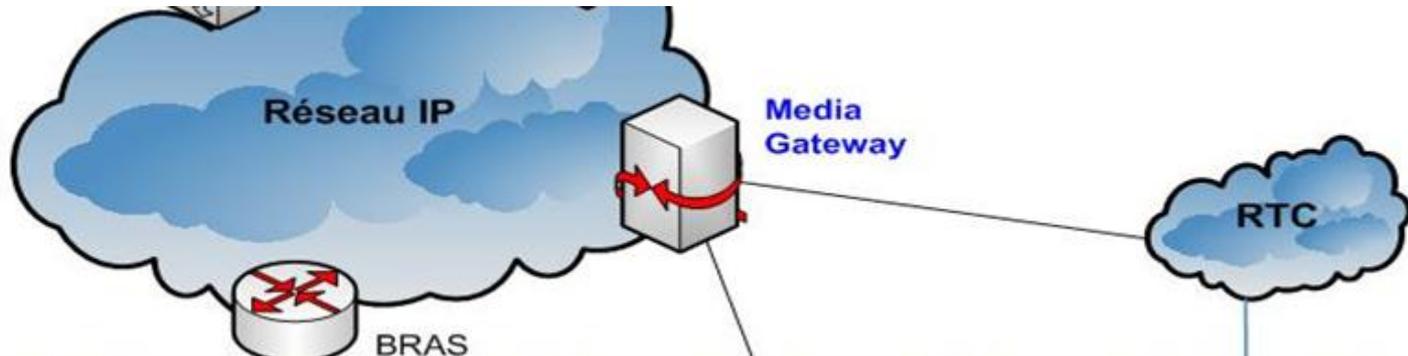
 Assure une interconnexion d'un réseau NGN avec d'autres réseaux (NGN ou Traditionnels)

Couche Accès



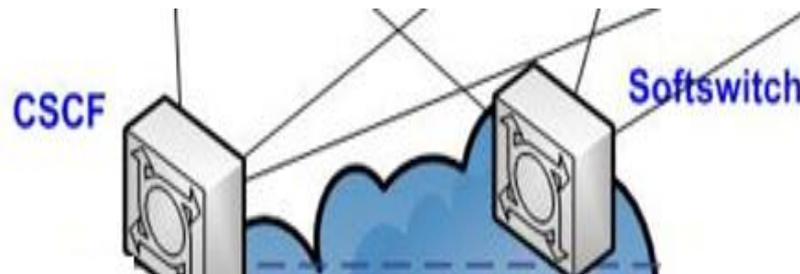
- Regroupe les équipements des utilisateurs permettant la gestion de l'accès au réseaux (Selon une technologie d'accès)

Couche Transport



- Responsable de l'acheminement du trafic voix ou données
(selon le protocole utilisé)
- L'équipement important à ce niveau : MGW
(responsable de l'adaptation des protocoles de transport)

Couche de contrôle



- Gère l'ensemble des fonctions de contrôle de services et de contrôle d'appels
- L'équipement important à ce niveau est le Softswitch (Serveur d'appel)

Couche d'exécution des Services



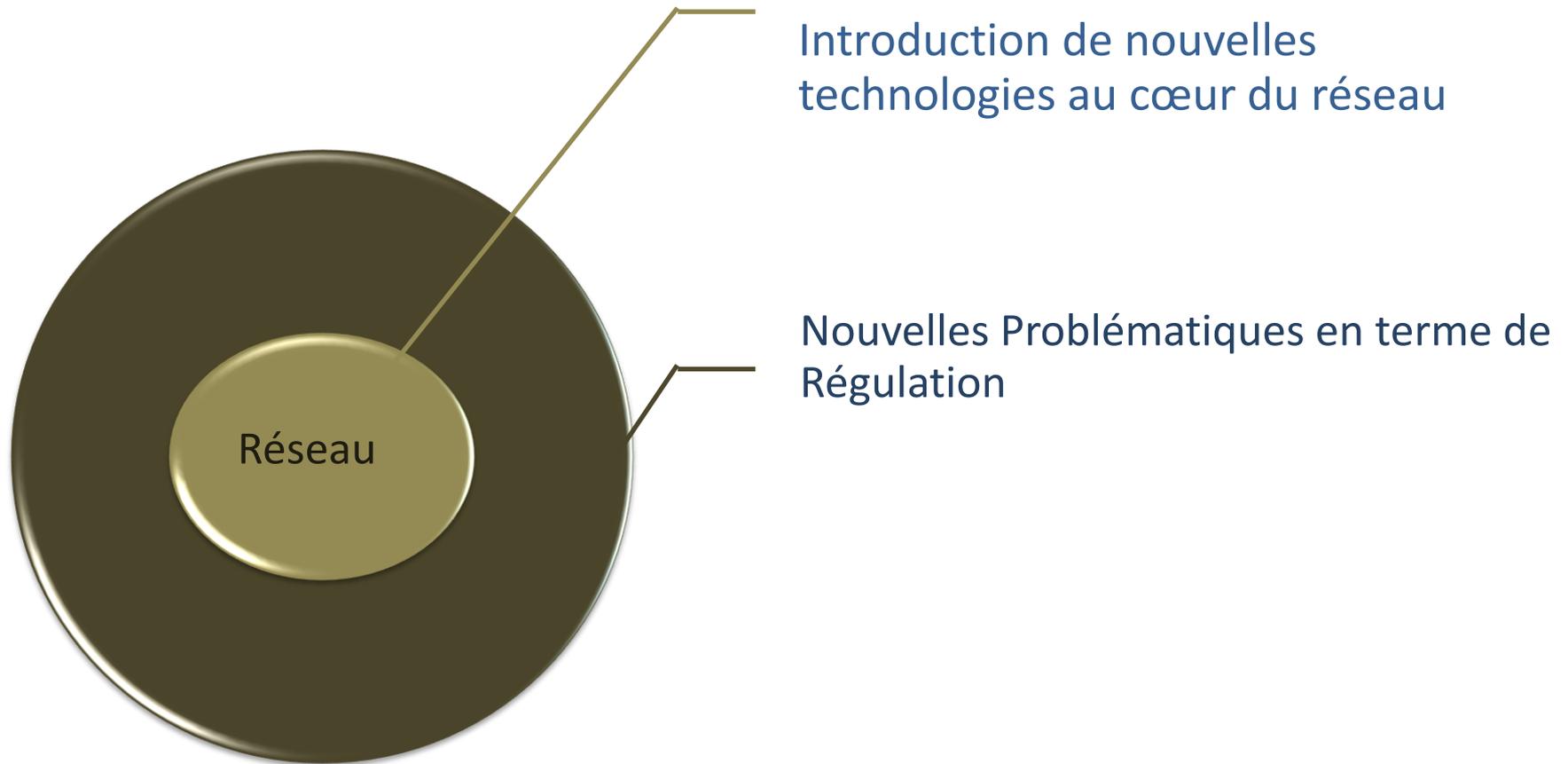
- Regroupe l'ensemble des fonctions permettant la fourniture de services dans un réseau NGN.
- Les équipements importants à ce niveau sont:
 - +les Serveurs d'applications
 - +les «Enablers» qui gèrent l'information
- L'utilisation du :
 - + SIP pour des sessions multimédia
 - + IP pour le service de voix

Couche Applications



- Regroupe les différents services et applications susceptibles d'être offerts dans une architecture NGN.
- Regroupe l'environnement de création de service qui s'appuie sur les serveurs d'application et les « Enablers » (Couche d'exécution de services)

La migration vers Les NGN



Migration vers les Réseaux NGN

La Migration vers les NGN  Apparaît comme **Processus inévitable**
(Double convergence Voix/Données et Fixe/Mobile)

Cette Migration s'annonce: 

- ✓ **Longue** (de 10 → 20ans)
- ✓ **Incomplète** (Architectures Traditionnelles)
- ✓ **Difficile à court terme** (solutions concurrentes)

Environnement radio-mobile

Concept cellulaire

Architecture des réseaux mobiles

Services

Déroulement d'une connexion (1/5)

- Une BTS à plusieurs canaux (multiplexage en fréquence) dont un réservé à la signalisation
- Lorsque qu'on allume un portable, il parcourt les canaux de signalisation
- possibles pour trouver une ou plusieurs BTS
 - S'il en trouve plusieurs, il sélectionne celle qu'il reçoit le mieux ou la moins occupée
 - S'il n'en trouve aucune, il réessaie périodiquement (*watch dog*)
- Une fois la BTS sélectionnée, il effectue une requête de connexion sur celle-ci.

Déroulement d'une connexion (2/5)

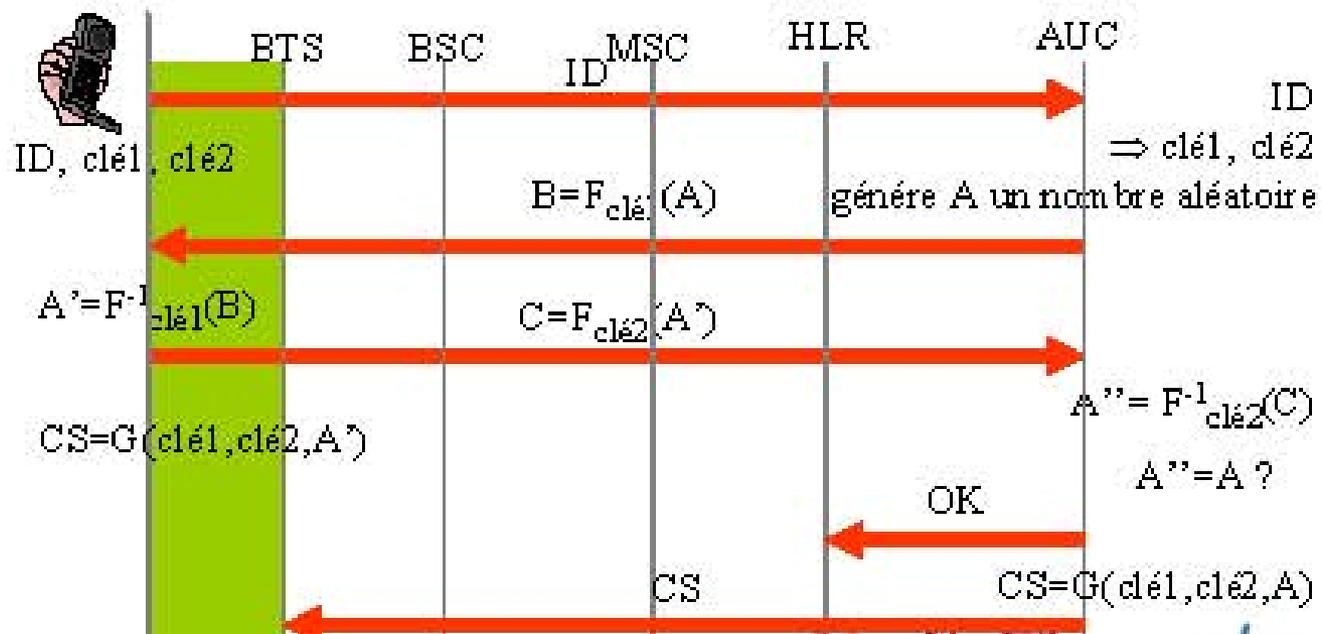
- Pour se connecter, le portable donne son identifiant
 - stocké dans la carte SIM (carte à microprocesseur)
 - + éventuellement l'identifiant du portable (lutte contre le vol de portables)
- La BTS vérifie si elle peut prendre la connexion
 - pour éviter la surcharge d'une BTS
 - si elle ne peut pas, elle envoie un message ALERT pour que le portable cherche une autre BTS
- La BTS transmet la demande de connexion à la BSC qui transmet au MSC auquel elle est associée.

Déroulement d'une connexion (3/5)

- Le MSC enregistre la localisation du portable et transmet au VLR
 - le VLR enregistre la localisation du portable (MSC et zone de localisation associée)
 - Une « zone de localisation » est définie par un ensemble de MSC.
- le VLR transmet au HLR (unique ou dupliqué pour le réseau complet)
 - le HLR possède une table de tous les identifiants des abonnés ainsi que leur dernière localisation et leur clé secrète
 - le HLR demande au VLR de la dernière localisation d'annuler l'enregistrement

(pb. si l'abonné est actif dans le VLR en question...)

Déroulement d'une connexion (4/5)



Déroulement d'une connexion (5/5)

- Une fois la connexion autorisée et la clé de session (CS) reçue, la BTS attribue un canal au portable
- Toutes les communications seront dorénavant cryptées avec la clé de session
 - C'est la BTS qui décrypte... Les communications entre BTS et MSC, entre MSC et RTC sont câblées donc cryptage interdit...

Établissement d'une communication vers un portable

- Le MSC (ou son équivalent pour le RTC) demande au HLR la confirmation que l'abonné existe et sa dernière localisation
- On interroge le MSC en question pour savoir si le portable est toujours connecté à une de ses BTS
 - si oui, on établit la communication BTS-BSC-MSC-RTC pour un appel émis d'un téléphone fixe ou BTS-BSC-MSC-MSC-BSC-BTS (voire BTS-BSCMSC-RTC-MSC-BSC-BTS ou BTS-BSC-MSC-BSC-BTS)
 - si non, on effectue la même recherche sur les autres MSC de la zone de localisation
 - si échec, on essaie les zones adjacentes...
 - si encore échec, recherche exhaustive (sic ! à éviter... choix stratégique : la définition des zones de localisation)

Gestion de la mobilité en cours de connexion (1/4)

- Deux cas : en-ligne ou hors-ligne
 - en-ligne est prioritaire, il ne faut pas que la communication soit coupée



Gestion de la mobilité en cours de connexion (2/4)

- Condition de hand-over :
 - Quand la qualité de connexion passe en dessous d'un seuil
 - Qualité du connexion = fonction qualité du signal, énergie du portable (handover= coûteux en énergie), surcharge de la BTS, date du dernier hand-over
 - seuil est différent si l'on est en-ligne ou hors-ligne
 - lorsque l'on est en-ligne, il vaut mieux déclencher le hand-over le plus tôt possible pour pouvoir pré-router
- Quand on reçoit un message ALERT de la BTS
 - signifie que la BTS est surchargée et que la communication risque de couper (⇒ choix de positionnement des BTS est capital... zone urbaine plus maillée que zone rurale)

Gestion de la mobilité en cours de connexion (3/4)

- Choix de la BTS cible :
 - fonction de la qualité du signal (canal de signalisation), de la surcharge et de l'appartenance ou non au même MSC.
 - si la BTS cible appartient au même MSC
 - simple re-routage interne, la MSC valide la redirection en interrogeant la BTS cible et enregistre la nouvelle localisation
 - NB : les algos de hand-over sont confidentiels

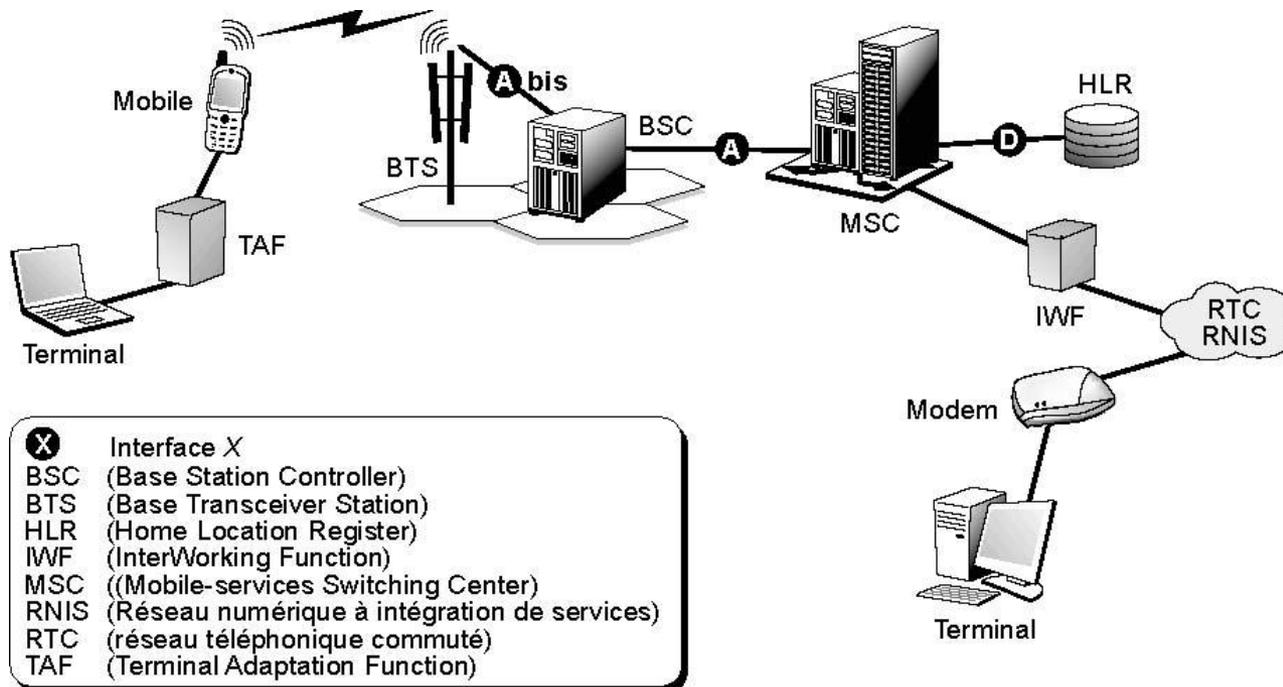
Gestion de la mobilité en cours de connexion (4/4)

- Si la BTS cible appartient à un autre MSC
 - le MSC associé à la BTS cible doit valider la redirection.
 - après validation la MSC cible met à jour la localisation vis-à-vis de la VLR qui lui associée (si différente de celle de la MSC source, il faut aussi annuler l'enregistrement précédent)
 - mise à jour dans la HLR
- Choix du regroupement des BTS et BSC puis MSC est important
 - s'il y a fréquemment des hand-over entre deux BTS (exemple le long d'une voie rapide), il vaut mieux qu'elles appartiennent au même MSC

Transfert de données

- À l'instar des codecs qui transforment le signal de parole en un train de bits, le GSM a normalisé dès ses premières phases de développement des interfaces pour les données.
- Ces interfaces se présentent comme des sortes de modems permettant d'adapter le passage d'un flux de données dans le terminal et entre le réseau mobile et le réseau public.
- Cette fonction est réalisée côté mobile par un élément appelé TAF (Terminal Adaptation Function) et côté réseau par l'IWF (InterWorking Function).

Architecture type d'un transfert de données

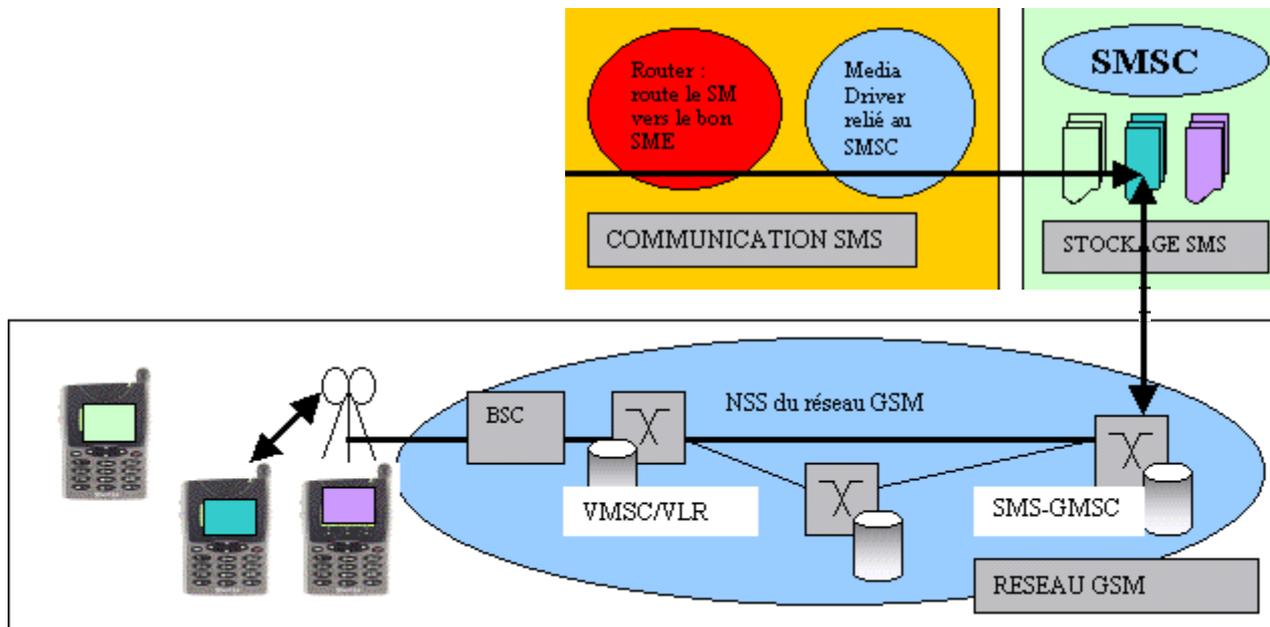


Le service SMS (1/2)

- Le service de messages courts offert par le réseau GSM (SMS, pour Short Messages Service) permet à un utilisateur de composer un message textuel d'au plus 160 caractères (codés à l'aide d'ASCII 7 bits sur 140 octets) à partir de son terminal mobile et de l'envoyer à un destinataire possédant également un téléphone radio-mobile GSM ou à une entité extérieure au réseau GSM appelée SME (Short Message Entity).
- Le service SMS nécessite la mise en place d'un ou plusieurs serveurs spécifiques dans le réseau. Le serveur de messages courts (SMSC) assure le stockage des SM (dans des bases de données), la distribution des SM aux terminaux mobiles destinataires (quand ceux-ci se sont manifestés dans le réseau GSM auquel ils appartiennent) et le traitement des dates de validité des SM.

Le service SMS (2/2)

- Le SMSC est repéré par un numéro de téléphone appartenant au PLMN. Le dialogue entre le SMSC et le terminal mobile se fait à travers le MSC.
- Pour l'acheminement d'un SM vers un terminal mobile destinataire, une passerelle (gateway) est nécessaire : la SMS-G-MSC. Celles-ci routent les SM vers le MSC visité (VMSC pour Visited MSC) en interrogeant le HLR. Un SM issu d'un terminal mobile est routé vers le SMSC du MSC associé au terminal mobile vers le MSC associé au SMSC.



Canaux de signalisation (1/2)

- le canal de la voix (abonnement classique): la voix est encodée et transmise numériquement par le réseau GSM : c'est le canal de téléphonie classique.
- le canal des données (service Data/Fax de GSM): les données (issues d'un PC relié au téléphone mobile) sont encodées de manière différente de la voix et transmises par le réseau GSM. Les données et la voix sont transmises sur les mêmes canaux logiques de trafic (TCH, pour Traffic Channel) ;
- le canal de signalisation (canal sémaphore SS7) : les messages courts transitent sur ce canal. Un tel canal est désigné par SDCCH, pour Stand-alone Dedicated Control Channel ;

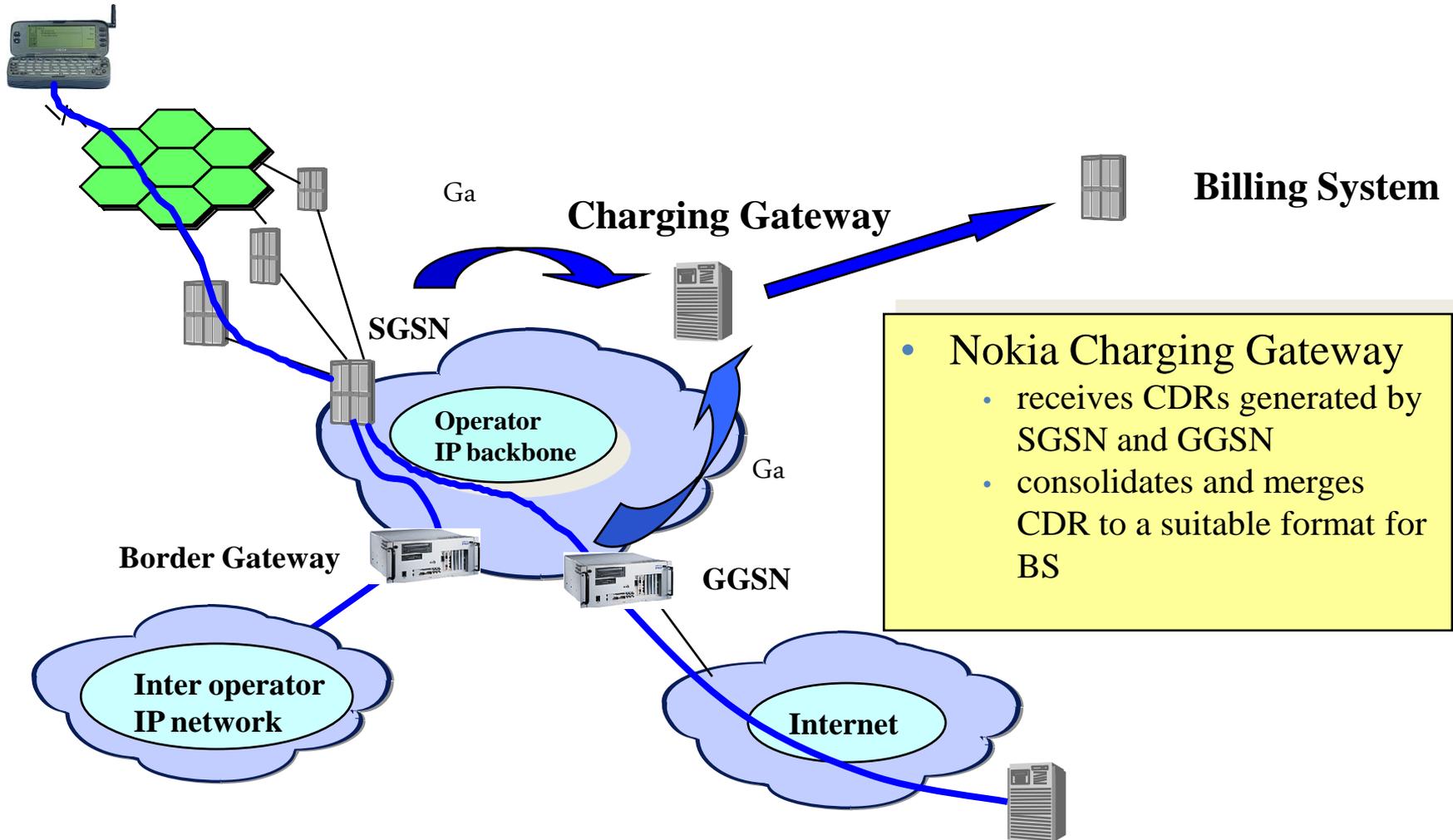
Canaux de signalisation (2/2)

- Les canaux logiques de trafic (TCH) permettent de transmettre la parole à 5,6 ou 13 kbit/s (selon le mode plein ou demi-plein) ou des données jusqu'à 12 kbit/s. Par contre les canaux logiques de signalisation (SDCCH) n'autorisent qu'un débit de 800 bits/s.
- De plus, à ces 2 types de canaux logiques, il est nécessaire d'associer un canal logique de contrôle des paramètres physiques de la liaison (SACCH, pour Slow Associated Control CHannel). Ces 3 types de canaux logiques sont ensuite multiplexés dans des canaux physiques.
- Un canal physique est constitué de l'association d'une fréquence porteuse et d'un intervalle de temps dans une trame multiplexée dans le temps (TDMA , pour Time Division Multiple Access). Un canal physique peut supporter soit un TCH et le SACCH associé, soit huit canaux de signalisation SDCCH et leurs SACCH associés.

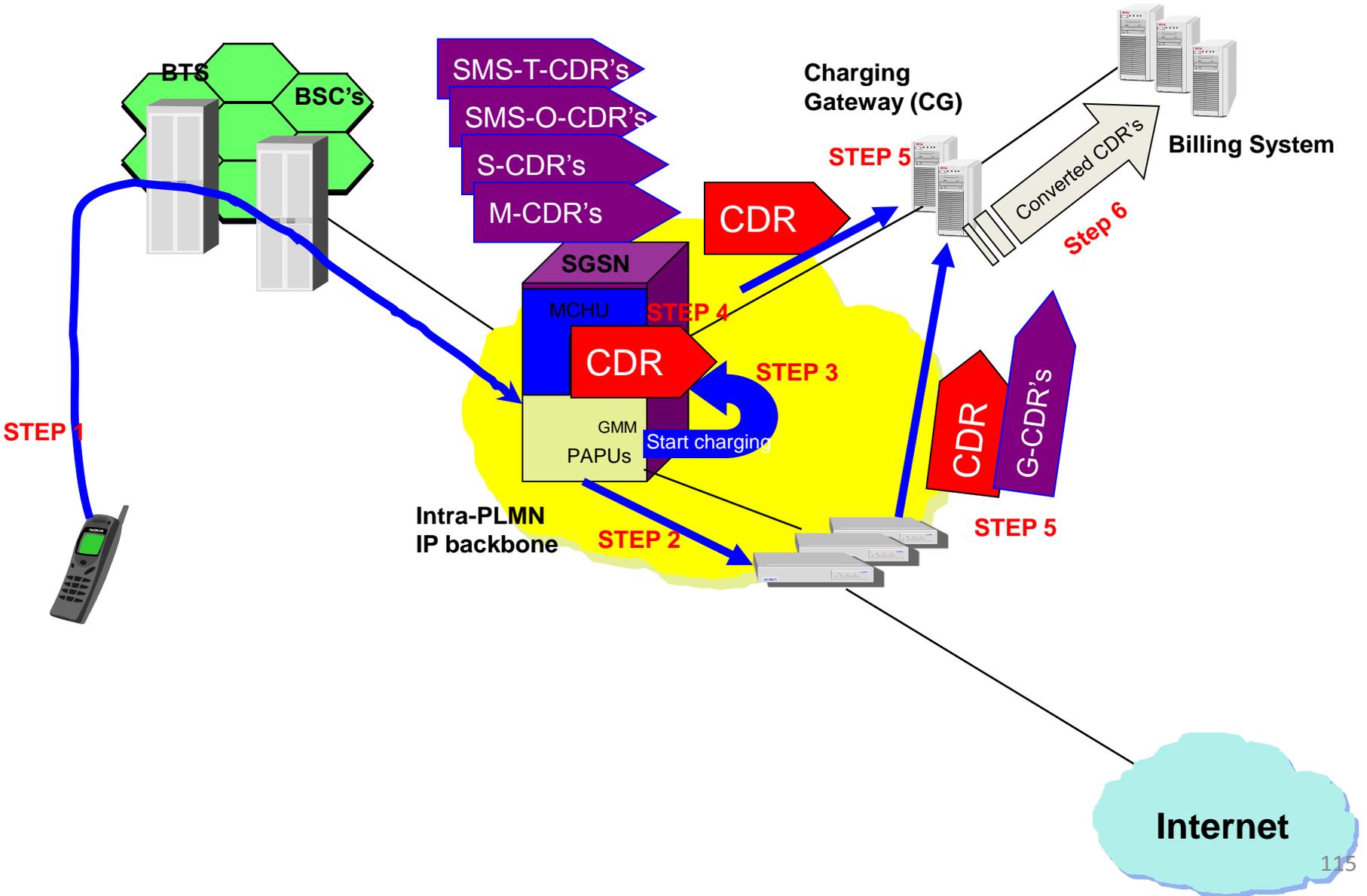
Services GPRS

- * **Communications-** E-mail, fax, intranet/ internet access.
- * **Value added services -** Information services, games, e-commerce.
- * **Location-based applications -** Navigation, traffic conditions, airline/rail schedule, location finder.
- * **Location sensitive Advertising -** A user nearing a cinema hall or a restaurant receives flashes of advertisement

Facturation



Facturation (suite)



Options de facturation dans le GPRS

- Flat Rate (Internet Access)
- Traffic Volume based rate
- Rate based on time spent on line
- Per access point
- Unified messaging service
- QoS Negotiated
- Access Point Name