

Licence 3: Réseaux et Télécommunications

Généralités sur les réseaux mobiles: 2G et 3G

Sommaire

Historique des réseaux mobiles

Ressource radio

Concept cellulaire

Caractéristiques d'une interface radio

Architecture des réseaux GSM

Mobilité des réseaux mobiles

Généralités sur le GPRS, EDGE, etc...

Systèmes de troisième et quatrième génération (3G&4G)

Sommaire

Historique des réseaux mobiles

Ressource radio

Concept cellulaire

Caractéristiques d'une interface radio

Architecture des réseaux GSM

Mobilité des réseaux mobiles

Généralités sur le GPRS

Systèmes de troisième génération

Historique des réseaux mobiles

❖ 1G: NMT (Nordic Mobile Telephone)

- Mise en service en 1981
- Basée sur une technologie analogique sans fil
- Modulation de fréquence (FM)

Avantages	Inconvénients
Pionnier de la téléphonie sans fil	Tailles imposantes des équipements
	Pas de confidentialité
	Saturation du réseau



Historique des réseaux mobiles

❖ 2G: Global System for Mobile Communications (GSM)

- Développé à partir de 1990
- Première technologie de téléphonie numérique sans fil
- Débit de l'ordre de 9.6 kbits/sec



Avantages	Inconvénients
Meilleurs qualité d'écoute	Débit faible pour la transmission des données
Taille réduite des équipements	
Confidentialité des communications	

Historique des réseaux mobiles

❖ 2.5G: GPRS (General Packet Radio Service)

- Débit théorique de l'ordre de 171.2 kbits/s. Débit effectif de l'ordre de 30 kbits/s
- Objectif: immigrer vers les réseaux IP



Avantages	Inconvénients
Débit	Pas d'accès satisfaisant à internet
Accès WAP (internet)	Aucune application satisfaisante pour le public
Support de plusieurs niveaux de qualité de service	

Historique des réseaux mobiles

❖ 2.75 G: Enhanced Data for GSM Evolution (EDGE)

- Développé au cours de l'année 2005
- Débit réel de l'ordre de 177 Kbits/s
- Nouvelle modulation de phase: 8-Phase Shift Keying (8-PSK)

Avantages	Inconvénients
Solution alternative a la 3G et moins onéreuse	Obligation de changer de terminal
Débit supérieur au GPRS	

Historique des réseaux mobiles

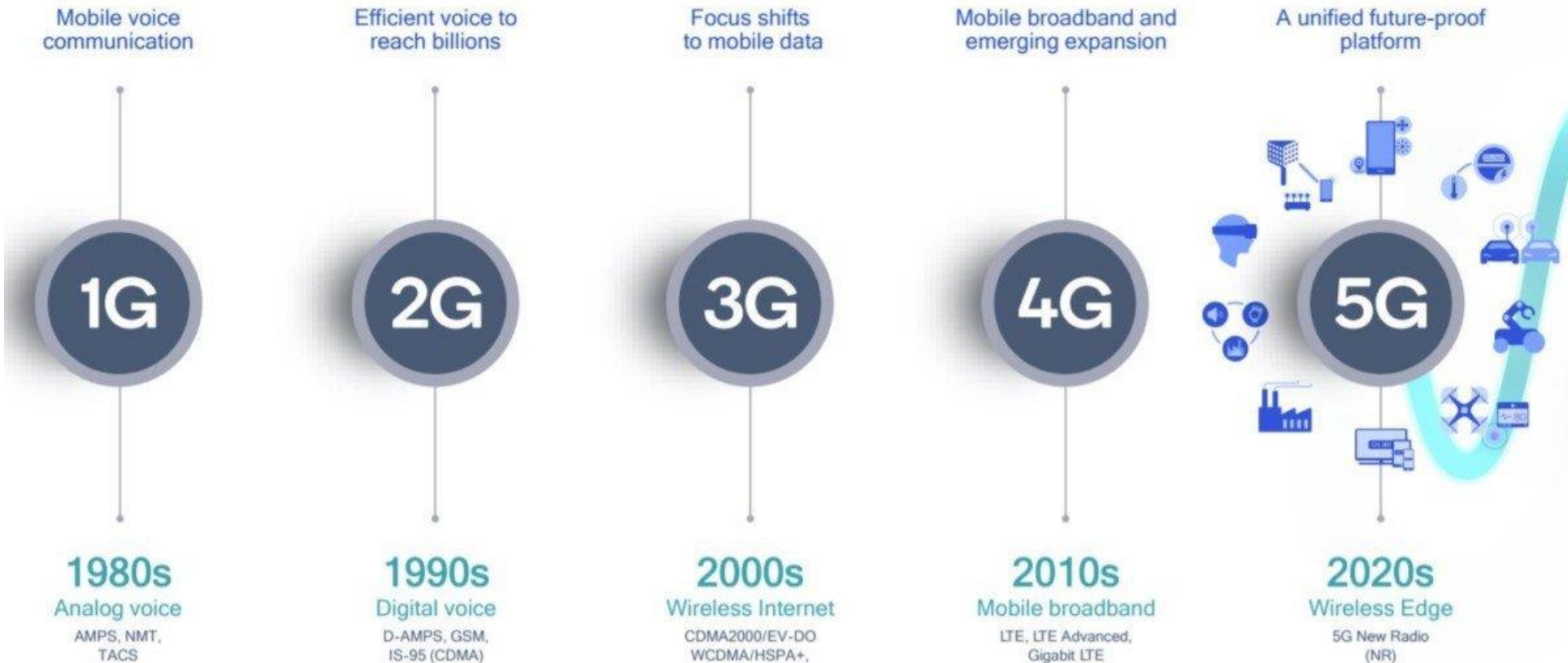
❖ 3G: Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

- Première version développé en 2004 – Release 99 (R99)
- Nouvelle bande de fréquences: 1900-2000 MHz
- Débit réel d'environ 384 Kbits/s (8 fois rapide que le GPRS)

Avantages	Inconvénients
Accès internet haut débit depuis un équipement mobile	Cout
Visiophonie	Changement de certains équipements
Télévision	

Historique des réseaux mobiles

Résumé



Historique des réseaux mobiles

Résumé



Sommaire

Historique des réseaux mobiles

Ressource radio

Concept cellulaire

Caractéristiques d'une interface radio

Architecture des réseaux GSM

Mobilité des réseaux mobiles

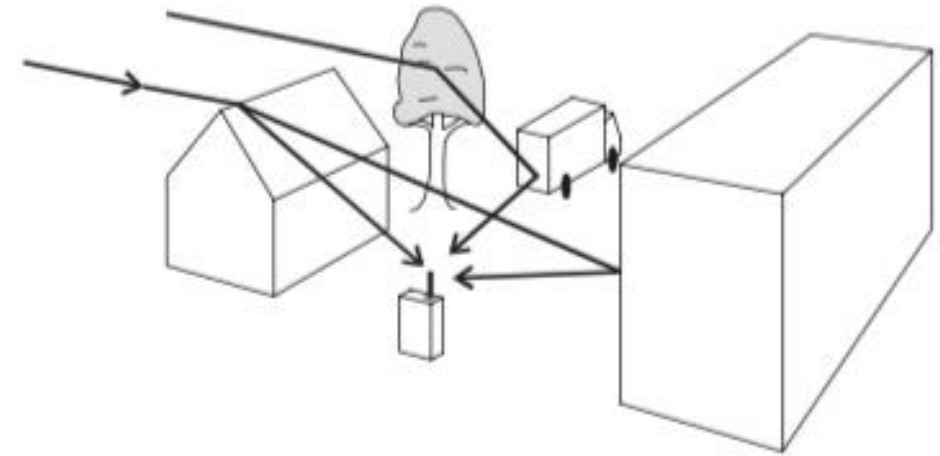
Généralités sur le GPRS

Systèmes de troisième génération

Ressource radio

❖ Propagation

- Réflexion: sur les parois lisses et grandes par rapport a la longueur d'onde du signal
- Diffraction: sur les coins et arêtes grandes en comparaison a la longueur d'onde.
- Diffusion: sur les surfaces rugueuses et/ou avec irrégularités (feuillages, lampadaires, surfaces non lisses) en comparaison a la longueur d'onde du signal
- La diffraction et la diffusion permettent notamment la couverture des zones ombrées.

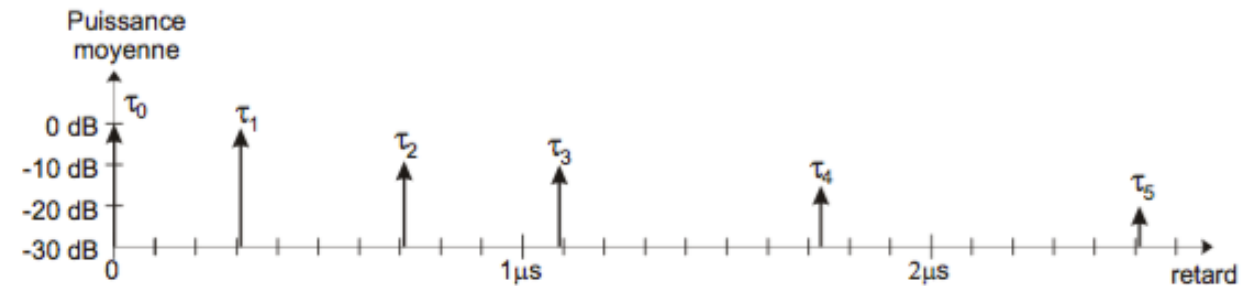
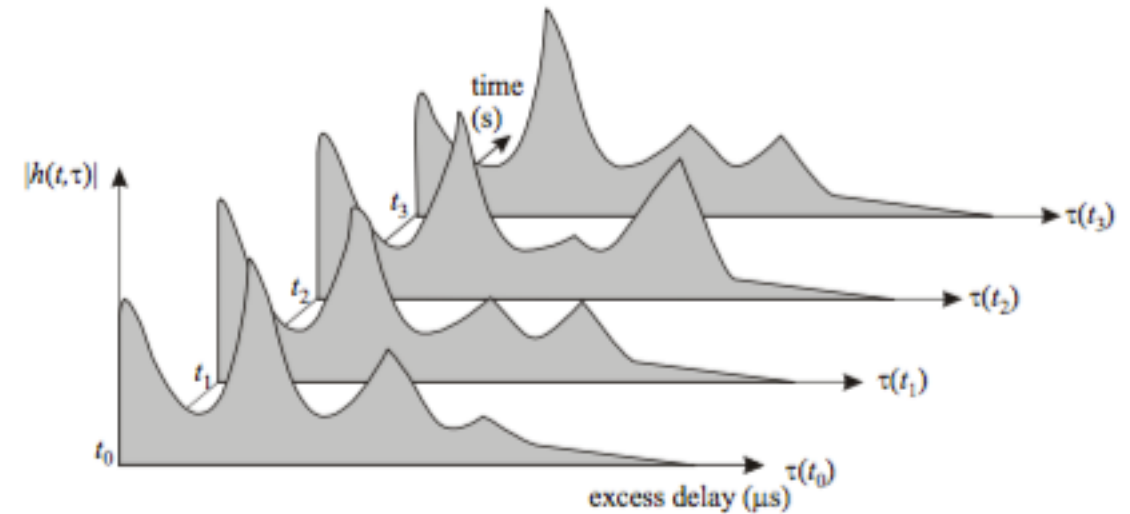


Ces phénomènes de propagation sont a l'origine des multi-trajets

Ressource radio

❖ Caractéristiques des multi-trajets

- Absence fréquente du trajet direct, Line-Of-Sight (LOS)
- Les obstacles ou réflecteurs peuvent être mobiles
 - Variation temporelle de la réponse impulsionnelle

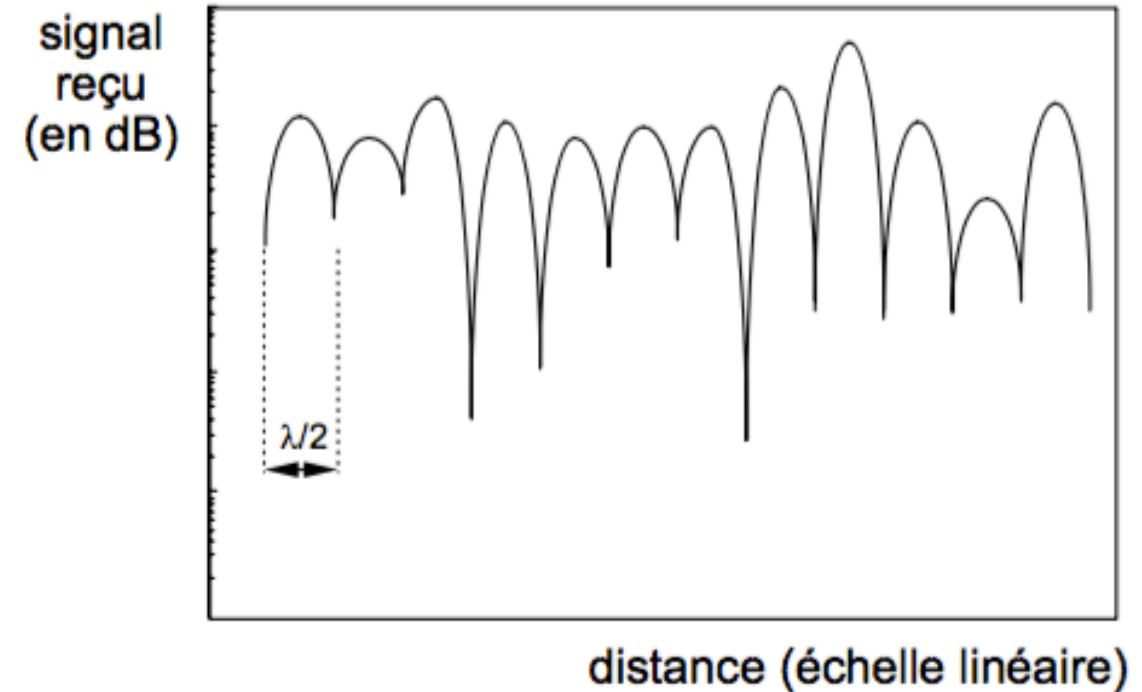


Exemple typique de réponse impulsionnelle (outdoor)

Ressource radio

❖ Effets des multi-trajets

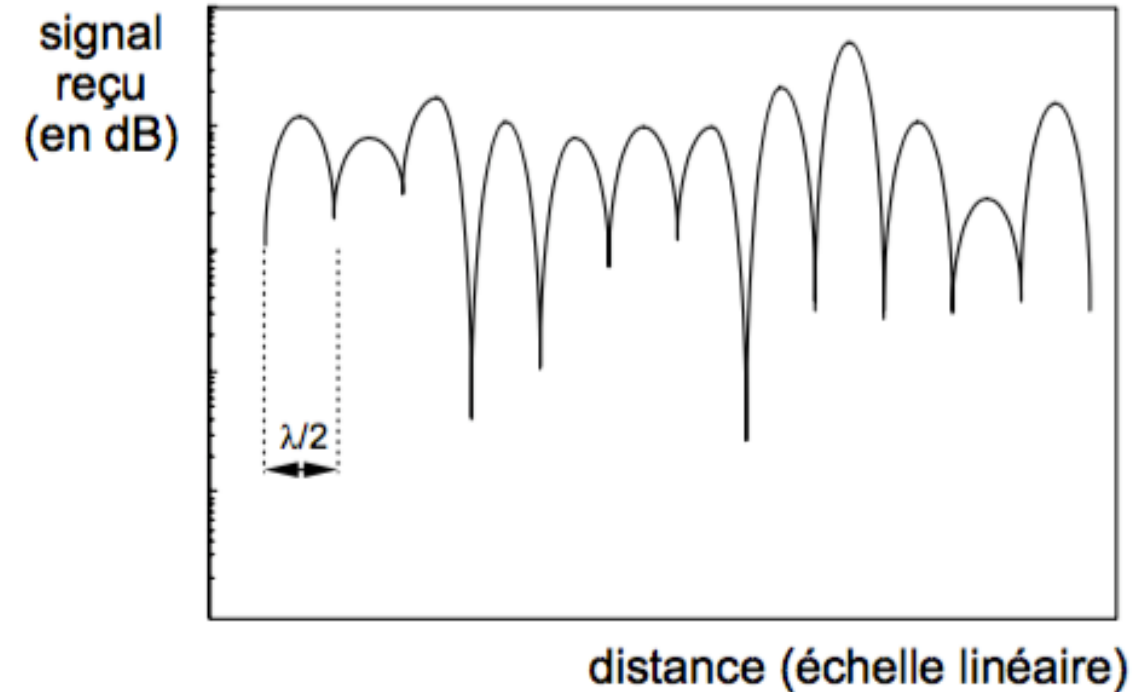
- Variation subite du niveau du signal (bande étroite)
 - Modélisation par une loi de Rayleigh ou Rice
 - Evanouissements (fading) à petite échelle appelée fast fading
- Modification du spectre du signal (large bande)
 - Interférence inter-symboles



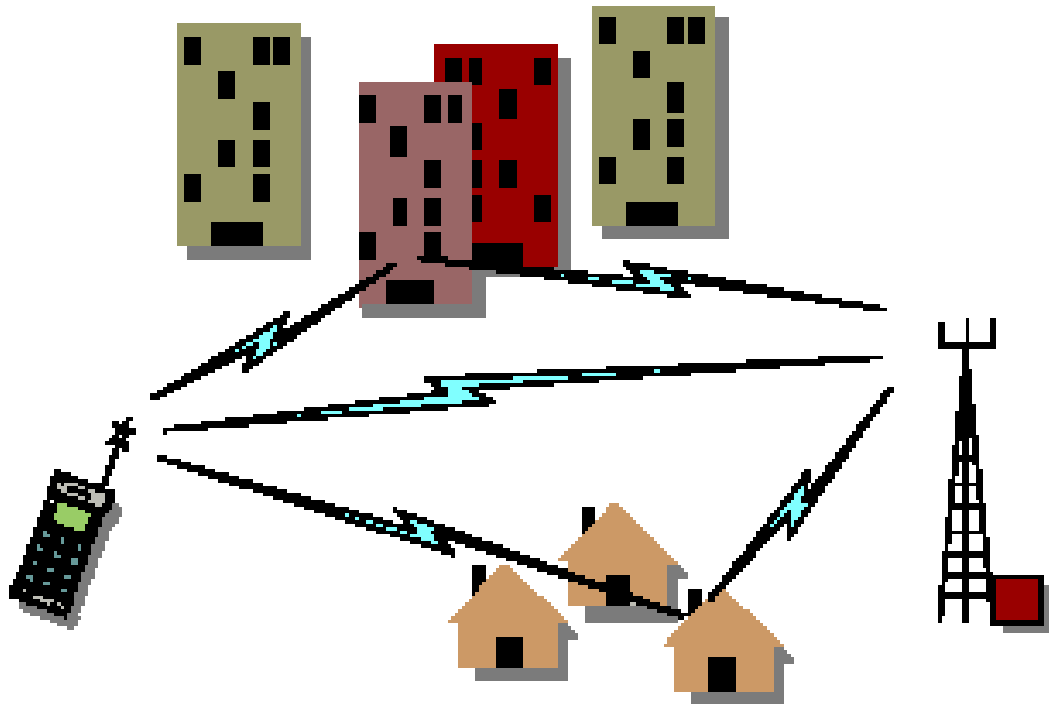
Ressource radio

❖ Conclusion sur les effets de propagation

- Le canal radio est un medium de transmission diffusif, de qualité médiocre, et fluctuant
- Traitement du signal
 - Transmission numérique
 - Codes correcteurs d'erreur
 - Egalisation
- Difficulté de prévoir la qualité d'une liaison radio en un point donné
 - Qualité réseau mobile < Qualité réseau fixe



Ressource radio



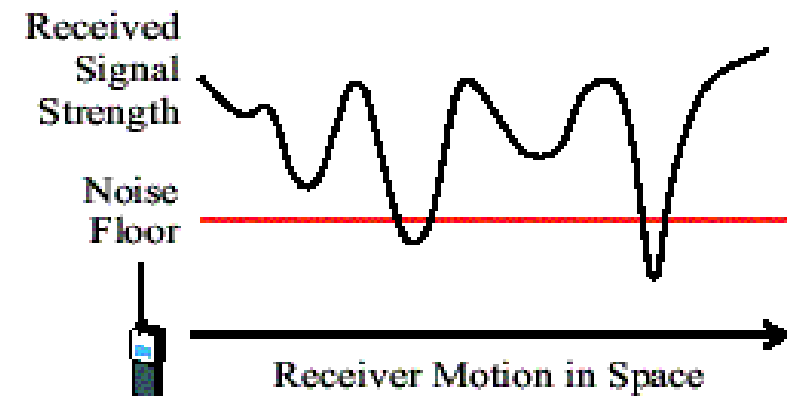
❖ Conséquence propagation radio

- Puissance reçue

$$P_r = P_e G_e G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

avec P_r , P_e , G_e , G_r , λ , d désignant la puissance reçue (W/mW), la puissance émise, le gain de l'antenne d'émission, le gain de l'antenne de réception, la longueur d'onde (m), et la distance séparant les transceivers (m),

Noise-Limited Channel



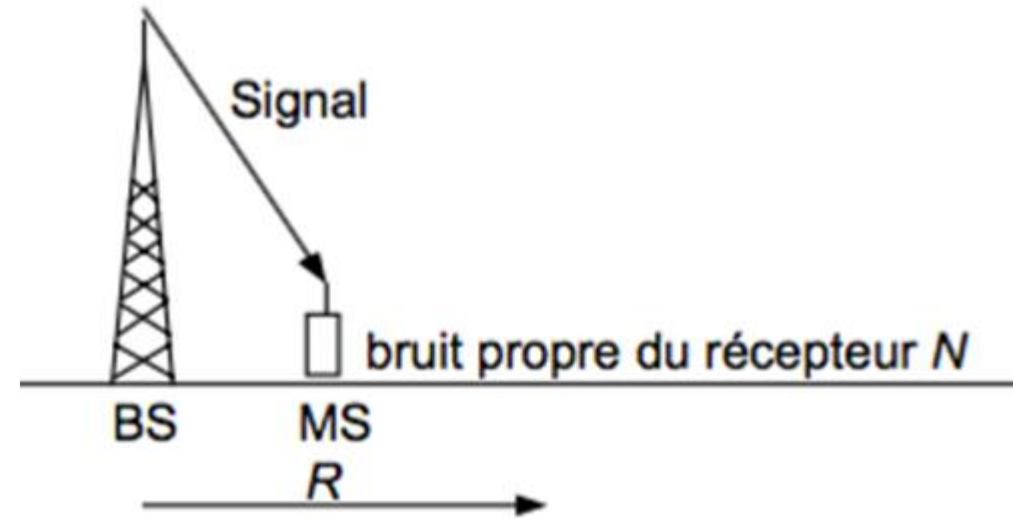
Ressource radio

❖ Couverture radio

- Grandeurs principale utilisées

- Puissance du signal utile P_r
- Niveau de bruit du récepteur N
- Niveau d'interférences I
- Seuil de fonctionnement: $\frac{P_r}{N+I}$ minimum
- Sensibilité S : caractéristique du récepteur

La puissance d'émission et la sensibilité détermine le rayon R de couverture



Ressource radio

❖ Interférence co-canal

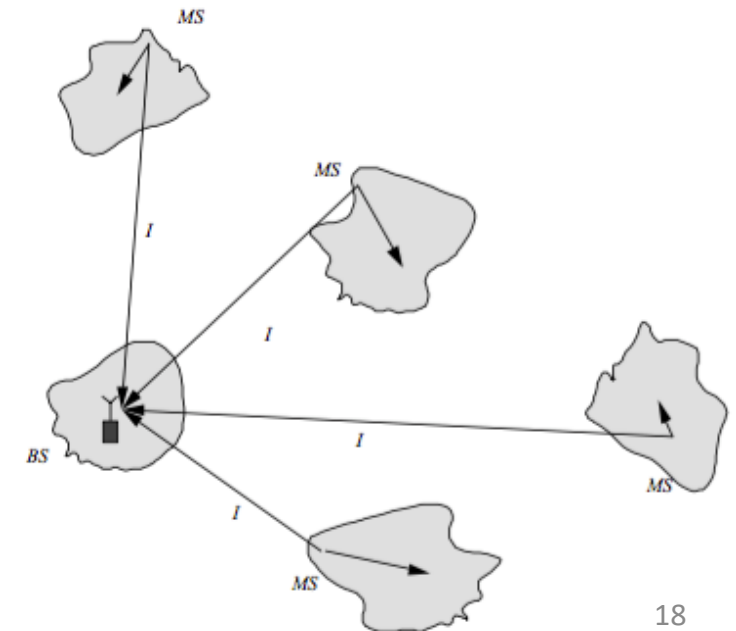
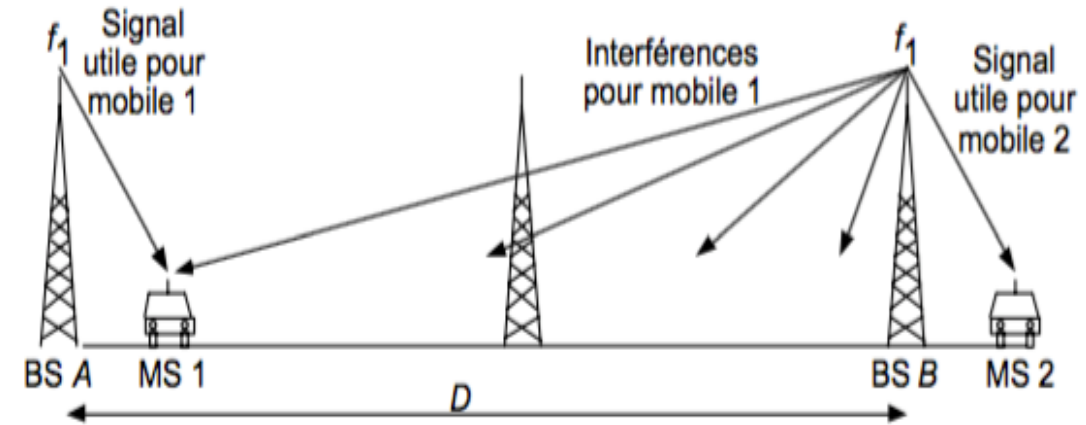
- Causée par la réutilisation de fréquences
- Ensemble des interférences I
- Rapport signal sur bruit

$$SNR = \frac{P_r}{I + N}$$

- $N \ll I$ (due a la réutilisation des fréquences)

❖ Principe de calcul des interférences

$$SNR = \frac{P_r}{\sum_{j \in J} I_j}$$



Sommaire

Historique des réseaux mobiles

Ressource radio

Concept cellulaire

Caractéristiques d'une interface radio

Architecture des réseaux GSM

Mobilité des réseaux mobiles

Généralités sur le GPRS

Systèmes de troisième génération

Caractéristiques d'une interface radio

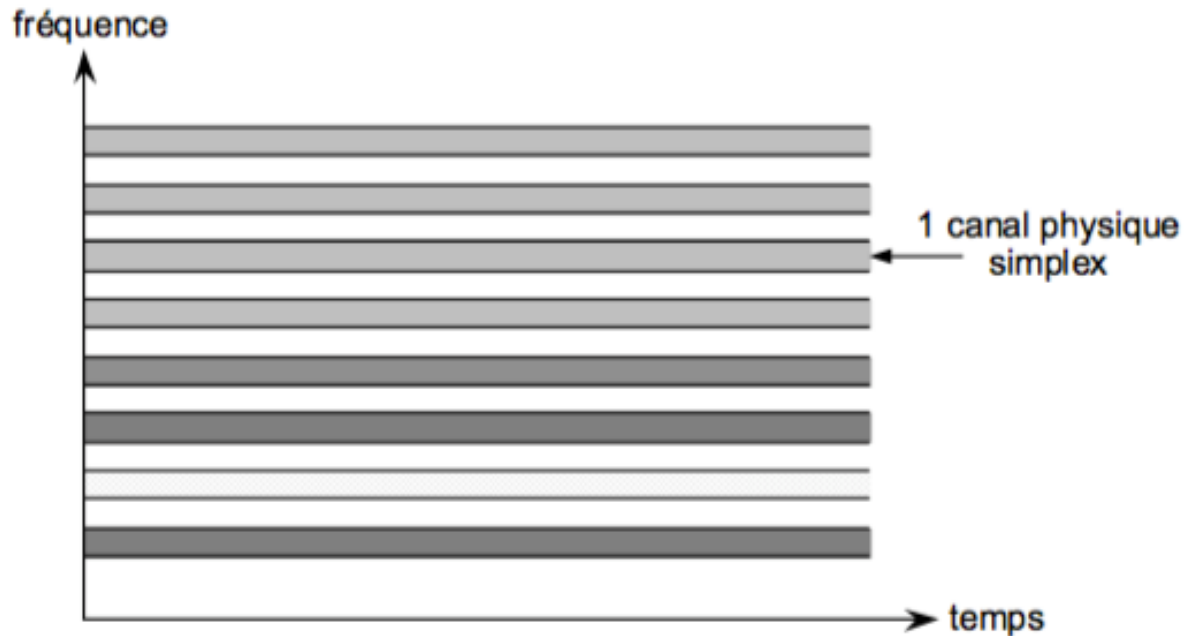
❖ Duplexage

- Deux sens de transmission: sens descendant (*Downlink*) et sens montant (*Uplink*)
- FDD – Frequency Division Duplex
 - Sens montant et descendant sur des fréquences différentes
 - Bien adapté aux cellules de grandes tailles
- TDD – Time Division Duplex
 - Sens montant et descendant sur la même fréquence à des instants différents
 - Bien adapté aux cellules de petites dimensions

Caractéristiques d'une interface radio

❖ Multiplexage – Techniques d'accès multiple

- Frequency Division Multiple Access (FDMA)
 - Partage de la ressource en fréquences (*porteuses*). Un utilisateur par fréquence ou couples de fréquences

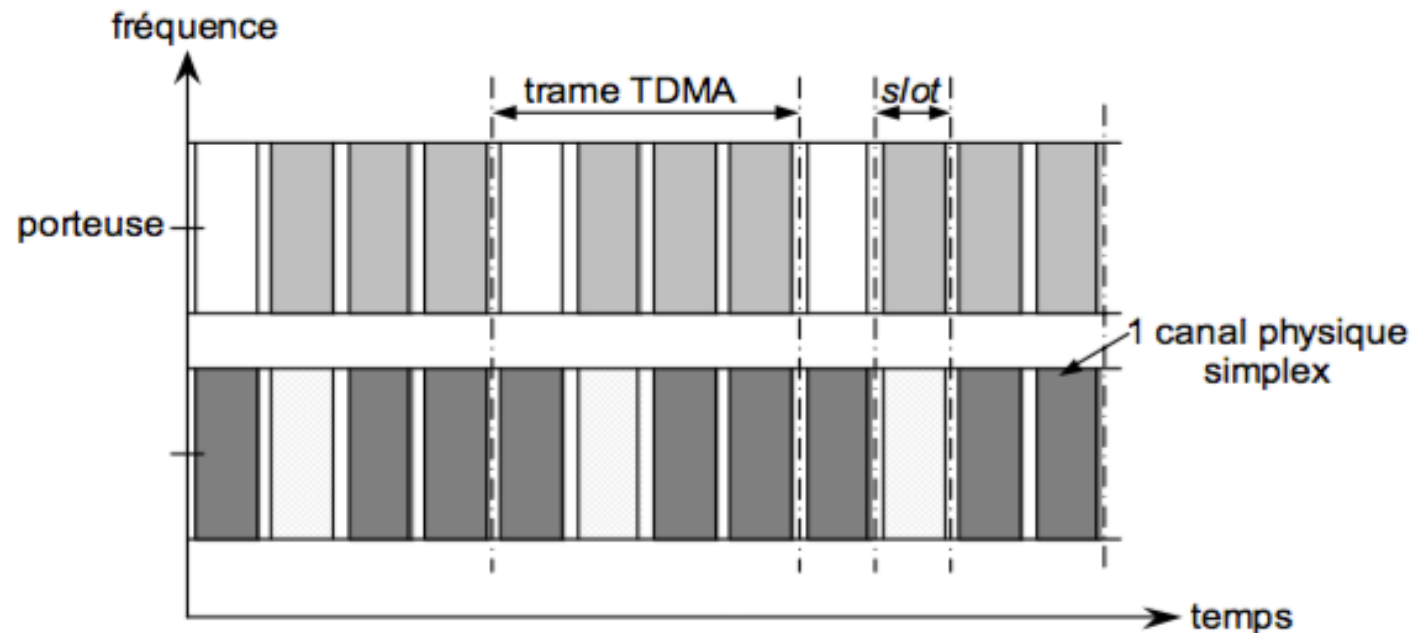


- 1 canal physique simplex=1 fréquence

Caractéristiques d'une interface radio

❖ Multiplexage – Techniques d'accès multiple

- Time Division Multiple Access (TDMA)
 - Partage d'une porteuse en intervalles de temps ou *time slots*



- Les systèmes GSM sont fait de FDMA/TDMA

Caractéristiques d'une interface radio

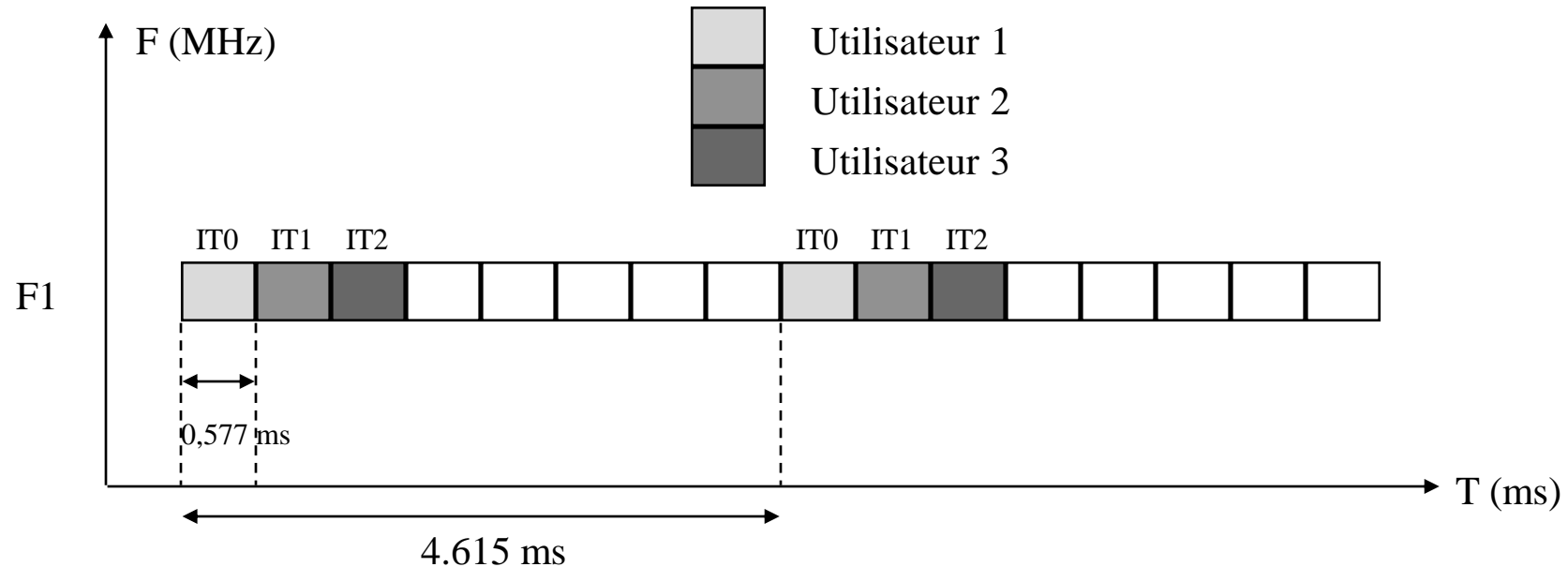
Le multiplexage temporel et fréquentiel (GSM 900)

- Technique de multiplexage : F-TDMA
- Multiplexage fréquentiel (cas du GSM 900): plages de 200 kHz
 - ❑ 890-915 MHz : terminal → station de base
 - ❑ 935-960 MHz : station de base → terminal
 - ❑ 124 voies de communication duplex en parallèle
- Multiplexage temporel d'ordre 8 :
 - ❑ optimiser l'utilisation de la capacité de transmission
 - ❑ $8 \times 577 \mu\text{s} = 4,615 \text{ ms} \equiv \text{une trame GSM} \equiv 1,25 \text{ kbit}$
- Canal physique : 271 kbit/s
- Canaux logiques :
 - ❑ 13 kbit/s pour la parole
 - ❑ 9,6 kbit/s pour la transmission de données

Caractéristiques d'une interface radio

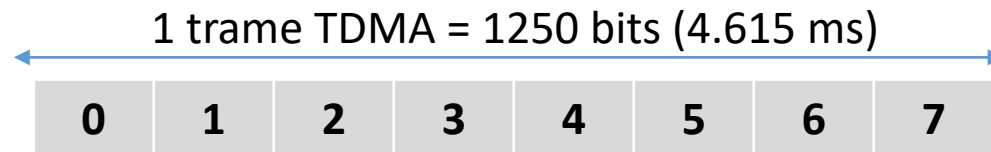
Le multiplexage temporel et fréquentiel

- Le système TDMA (Time Division Multiple Access ou AMRT). Sur la trame TDMA, chaque utilisateur a un intervalle de temps parmi 8 sur une fréquence.



Réseau mobile 2G: GSM

- ❖ Interface radio – Trame TDMA et burst de trafic
 - Un canal physique = 1 slot / trame TDMA = 0.577 ms
 - Chaque canal physique accueille un burst
 - L'unité de transmission est le burst avec différents types
 - Structure du burst:

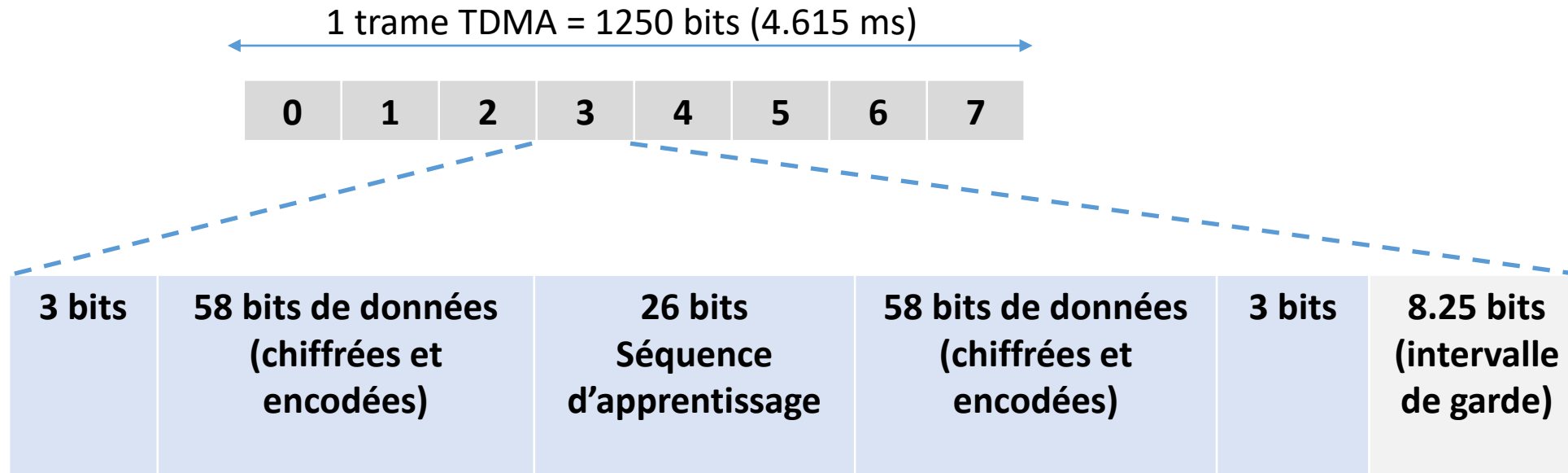


3 bits	58 bits de données (chiffrées et encodées)	26 bits Séquence d'apprentissage	58 bits de données (chiffrées et encodées)	3 bits	8.25 bits (intervalle de garde)
--------	--	--	--	--------	---------------------------------------

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Interface radio – Trame TDMA et burst de trafic

- Structure du burst:



- 3 bits début et fin: augmenter et/ou diminuer la puissance de l'émetteur (contrôle de puissance)
- Séquence d'apprentissage: synchronisation
- Délais de garde: protège le slot suivant des inexactitudes temporelles (due a la propagation)
- 2×58 bits de données utilisateurs ou de signalisation (le 1^{er} bit indique la présence de signalisation ou pas)

Sommaire

Historique des réseaux mobiles

Ressource radio

Concept cellulaire

Caractéristiques d'une interface radio

Architecture des réseaux GSM

Mobilité des réseaux mobiles

Généralités sur le GPRS

Systèmes de troisième génération

Le concept de réseau cellulaire

❖ Concept de base

- ❑ Division du territoire en cellules
- ❑ Partage des ressources radio entre cellules

❖ Cellule : unité géographique du réseau

- ❑ Taille de la cellule variable suivant le relief, la densité d'abonnés...
- ❑ Hiérarchie de cellules (macro-cellules, microcellules...)

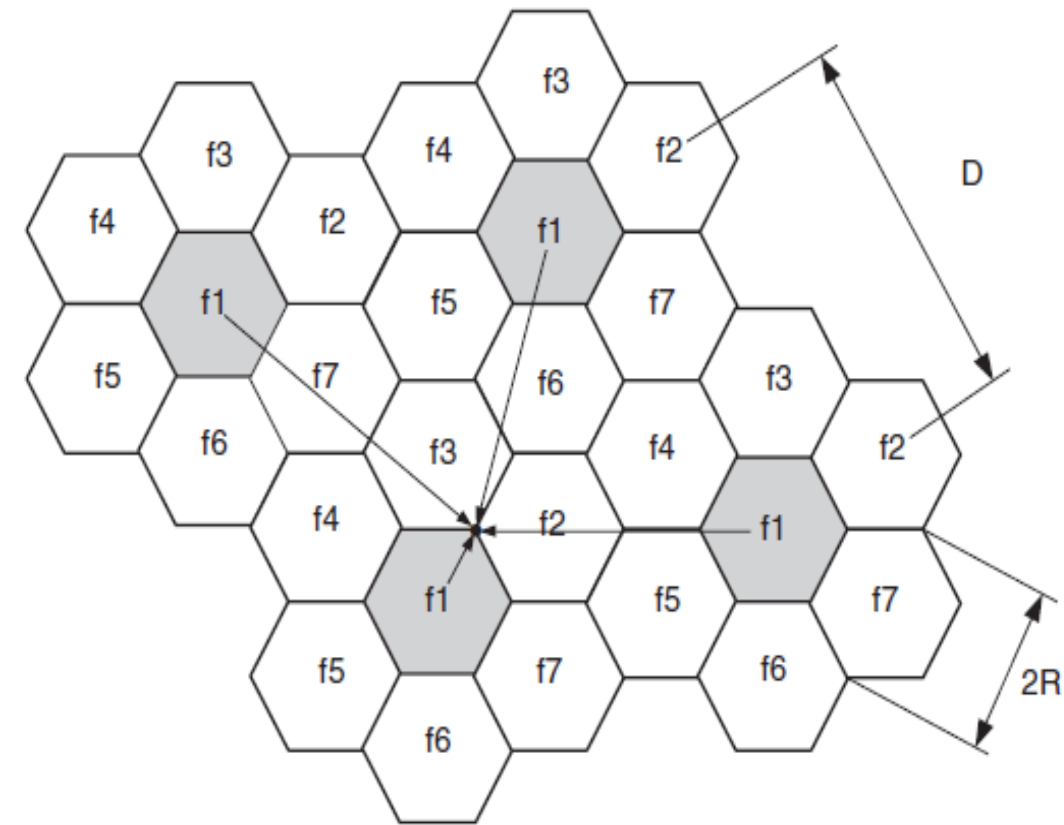
❖ Chaque cellule possède un émetteur-récepteur

- ❑ Groupe de fréquences radio attribué à chaque cellule;
- ❑ Techniques de multiplexage (Frequency Division Multiple Access, Time DMA, Code DMA)

Concept cellulaire

❖ Principales caractéristiques

- Zone à couvrir subdivisée en cellules (zones radio), modélisées de manière simplifiée comme des hexagones. La taille d'une cellule dépend de plusieurs paramètres.
- Une station de base (BTS) située au centre de chaque cellule. Une ou plusieurs fréquences sont attribués à chaque BTS. Les fréquences sont réutilisées dans des cellules lointaines (?)
- A chaque cellule i , un sous-ensemble des fréquences S_i est attribué à partir de l'ensemble total dont dispose l'opérateur (S). Normalement, le nombre de canaux dans un sous-ensemble S_i dépend des exigences de capacité de trafic.

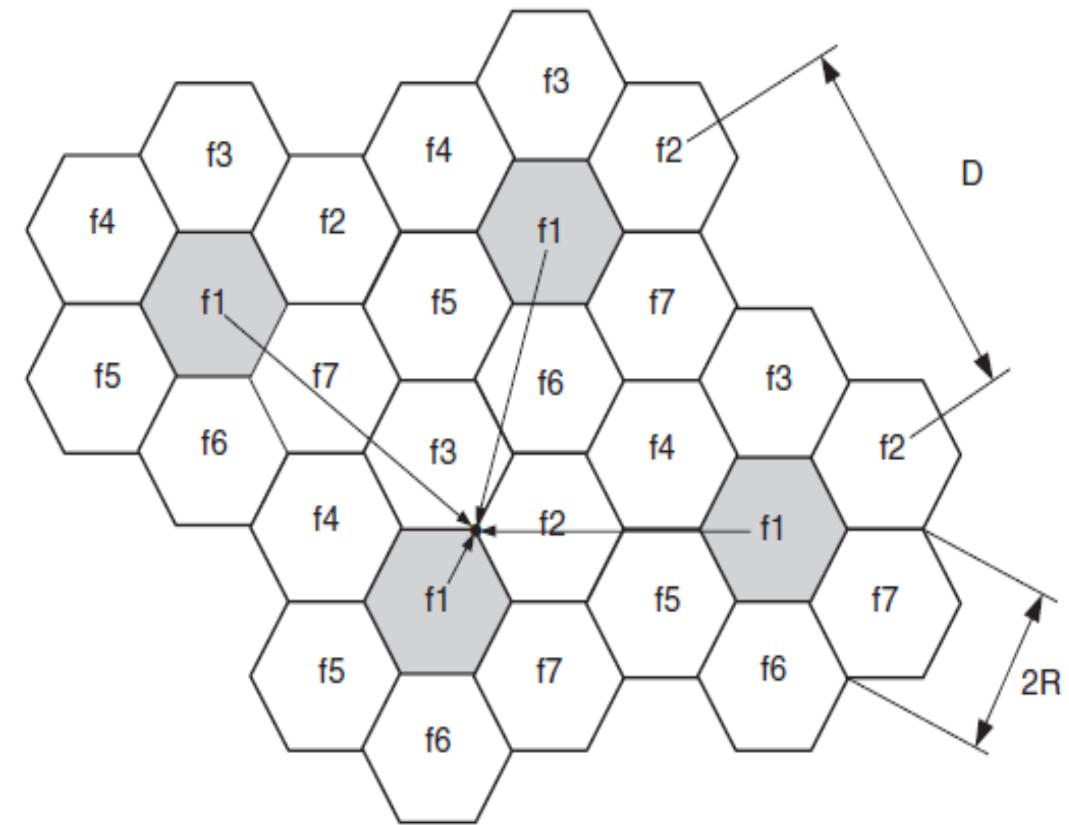


Modèle d'un réseau cellulaire avec réutilisation des fréquences

Concept cellulaire

❖ Principales caractéristiques

- Les cellules voisines n'utilisent pas les mêmes fréquences.
- Seulement qu'à la distance D (distance de réutilisation des fréquences) qu'une fréquence de l'ensemble S_i peut être réutilisée. D doit être choisi suffisamment grand, de sorte que l'interférence co-canal reste suffisamment faible pour ne pas affecter la qualité de la parole
- Lorsqu'une station mobile se déplace d'une cellule à une autre pendant une conversation en cours, un changement automatique de canal/fréquence peut se produire afin de maintenir la connexion vocale active.

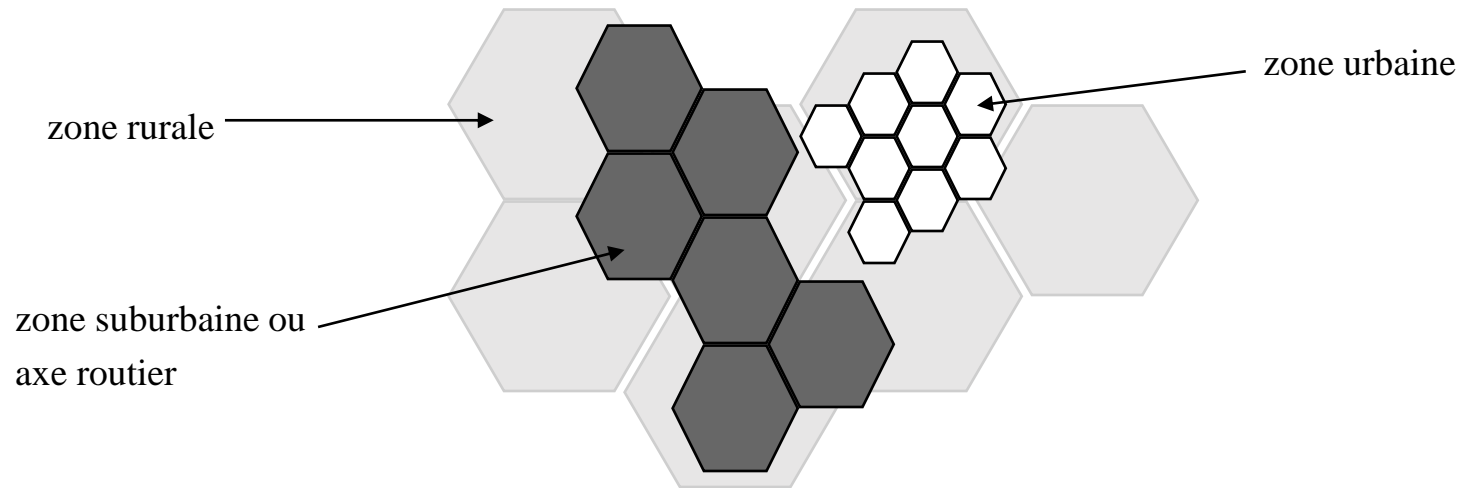


Modèle d'un réseau cellulaire avec réutilisation des fréquences

Concept cellulaire

❖ Principales caractéristiques

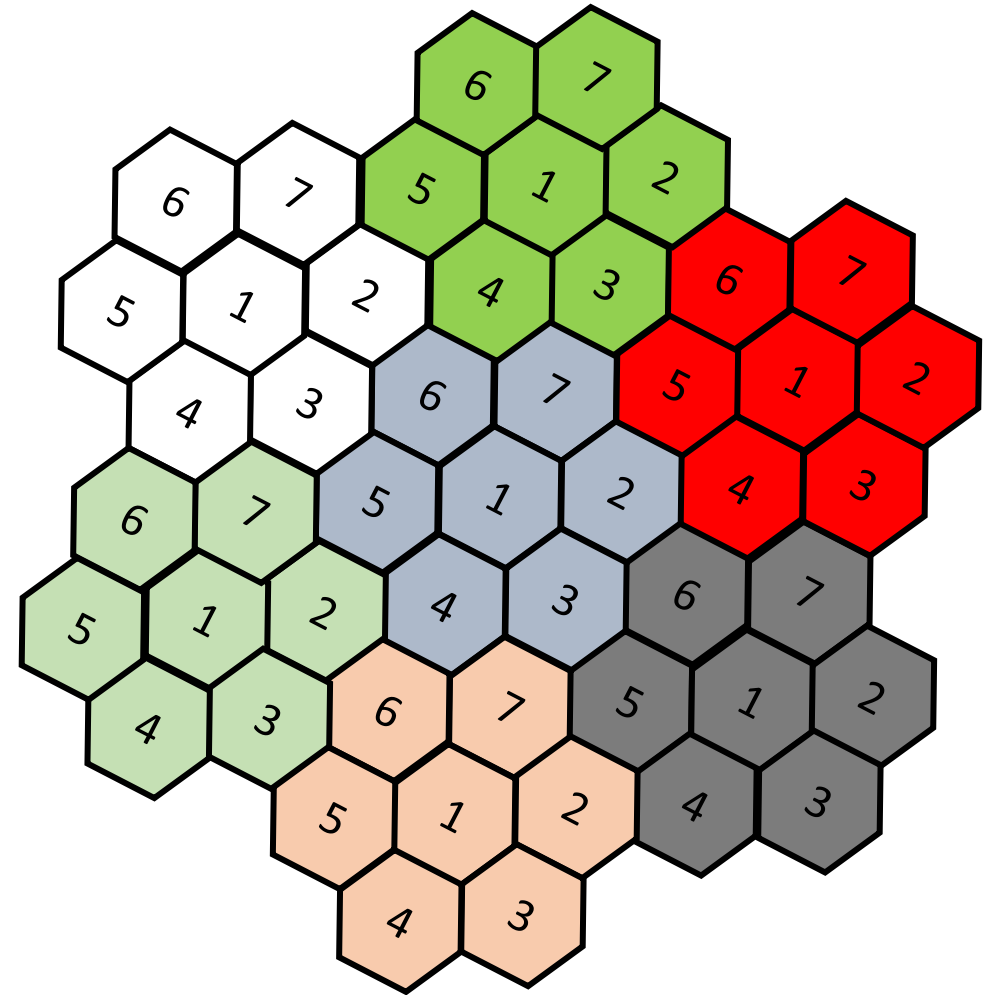
- Zone à couvrir subdivisée en cellules (zones radio), modélisées de manière simplifiée comme des hexagones. La taille d'une cellule dépend de plusieurs paramètres.



Concept cellulaire

❖ Formation de motifs

- Un motif est l'ensemble des cellules dans lequel chaque fréquence de la bande S est utilisée une et une seule fois
- L'ensemble des ressources S peut être alloué à un motif, on réutilise les mêmes fréquences dans les autres motifs
- La taille k du motif est le nombre de cellule qu'il contient
- Motif optimal: $k = i^2 + ij + j^2$ avec $i, j \in \mathbb{N}$
 $i = 0$, motif en forme de losange
 $i \neq 0$, motif invariant par rotation de 120°
- En général on a: $k = 7$ (GSM, UMTS, LTE par exemple)

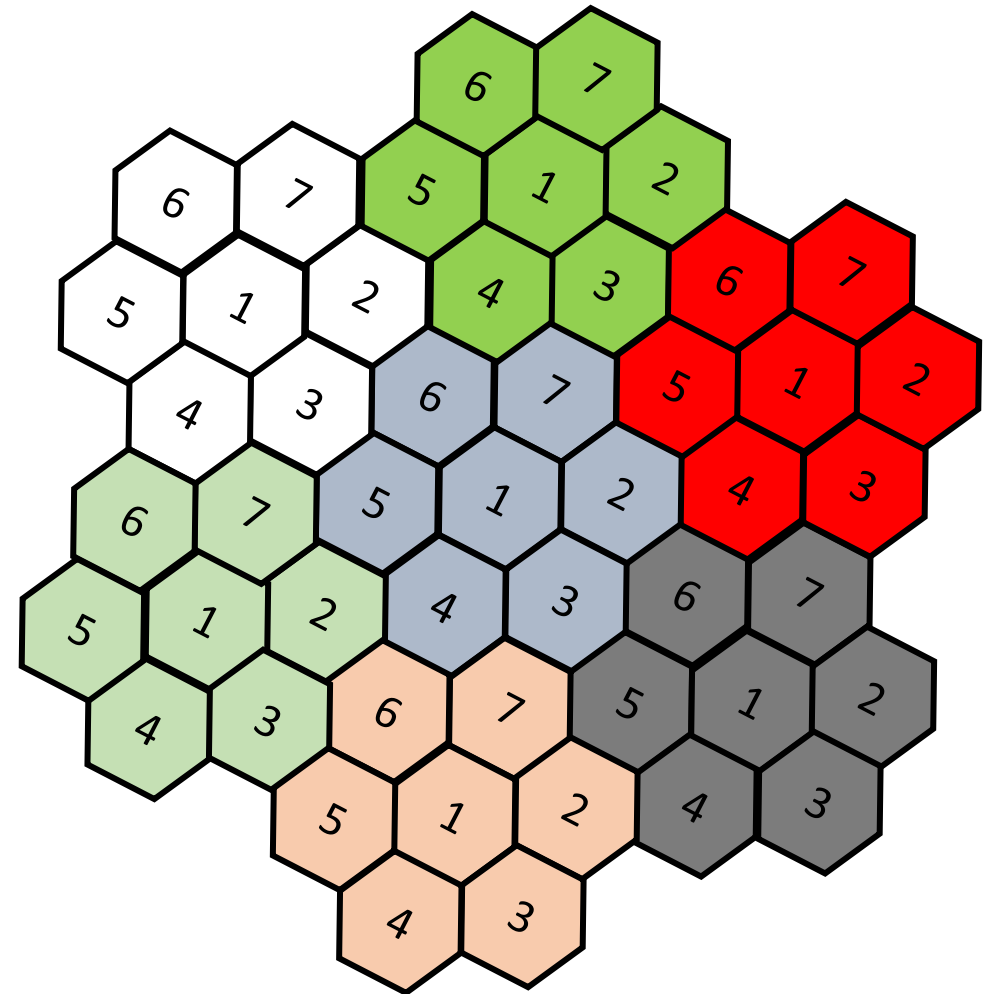


Exemple de motifs régulier et réutilisation de fréquences

Concept cellulaire

❖ Formation de motifs

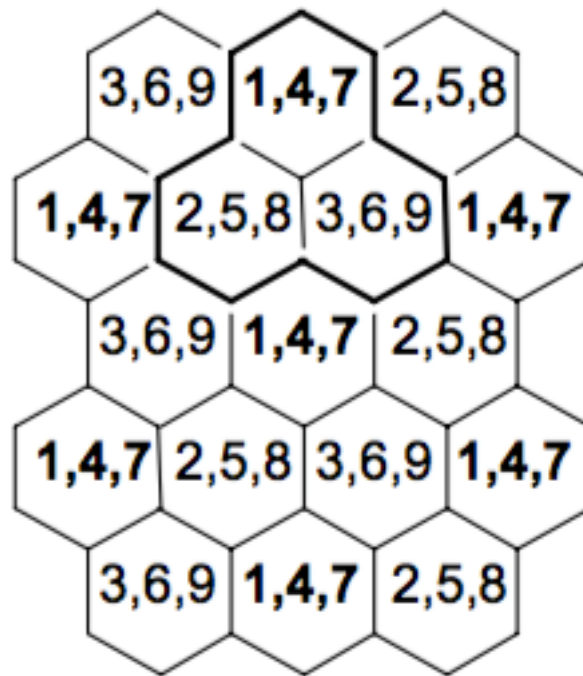
- Au sein d'un *cluster* (motif), aucune fréquence ne peut être réutilisée. Les fréquences d'un ensemble S_i peuvent être réutilisées au plus tôt dans le *cluster* voisin.
- Plus le motif est grand, plus D est grand et plus le $SINR$ est grand. Cependant, plus les valeurs de k sont grandes, plus le nombre de canaux et le nombre d'abonnés actifs supportables par cellule sont petits.
- $D = R\sqrt{3k}$



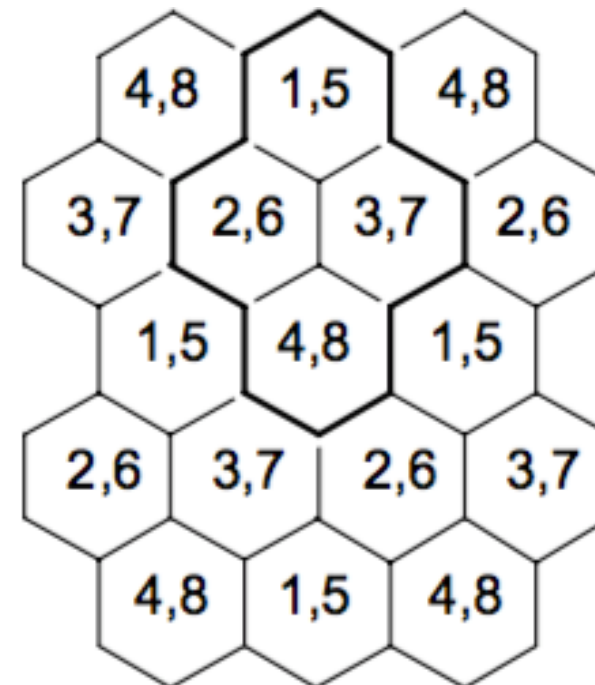
Exemple de motifs régulier et réutilisation de fréquences

Concept cellulaire

❖ Exemple de répartition de fréquences sur motif (10 porteuses)

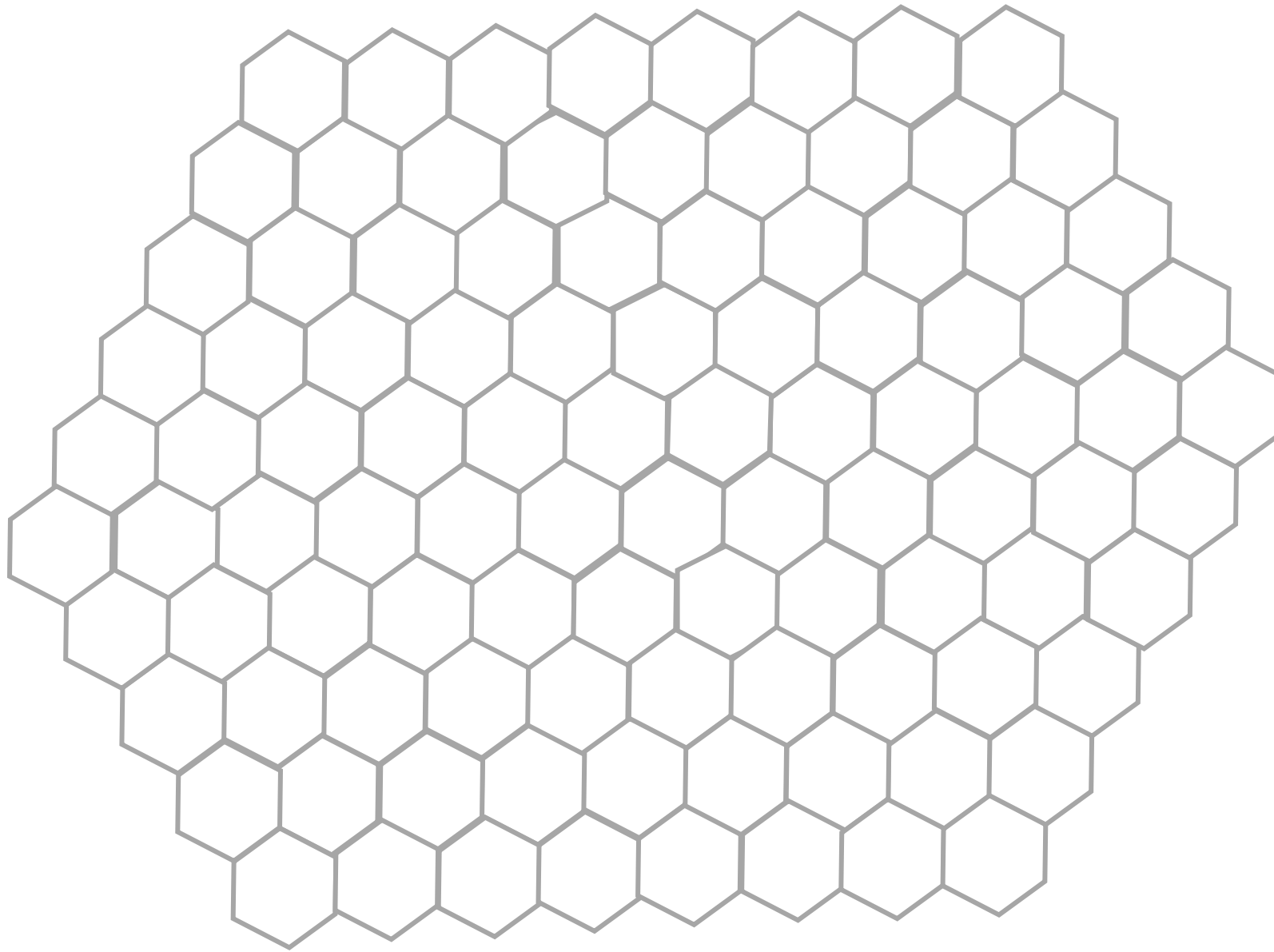


$k = 3$

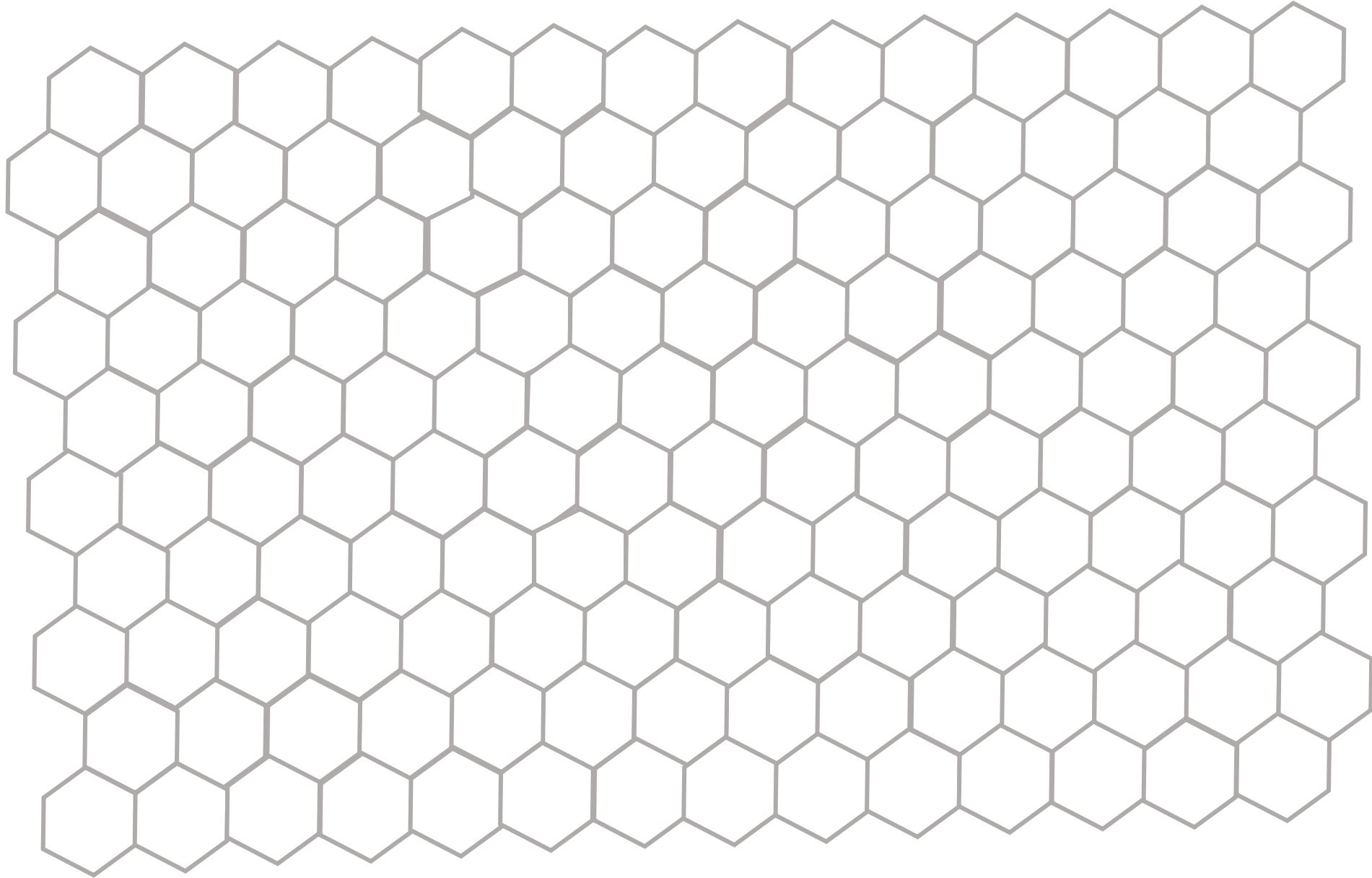


$k = 4$

Exercices



Exercices



Concept cellulaire

❖ Lien entre $SINR$ et motif de réutilisation

- Une interface radio est définie afin de résister aux interférences
Fonctionnement correct: $SINR \geq \text{seuil}$
- Indépendante de la puissance de transmission (à puissance de transmission égale)
- Le motif est seulement fonction du ratio $SINR$
- Pour le GSM, le motif de référence est de taille $k = 7$.

Concept cellulaire - Bilan

❖ Avantages

- Permet de desservir un large territoire
- Utilisation de puissances d'émission moins importantes
- Réutilisation des fréquences à des emplacements proches en diminuant la taille des cellules
 - Augmentation de la capacité

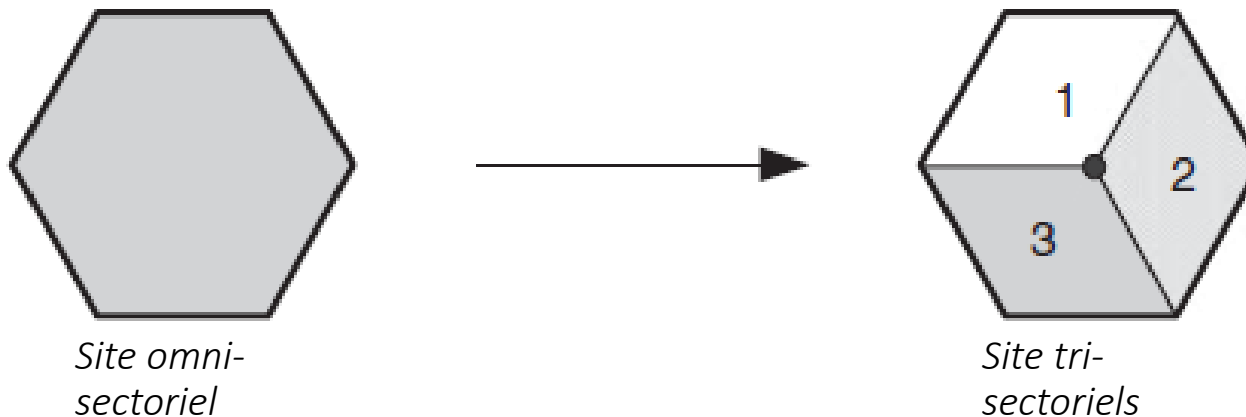
❖ Inconvénients

- Travail de planification délicat et fastidieux

Concept cellulaire

❖ Sectorisation

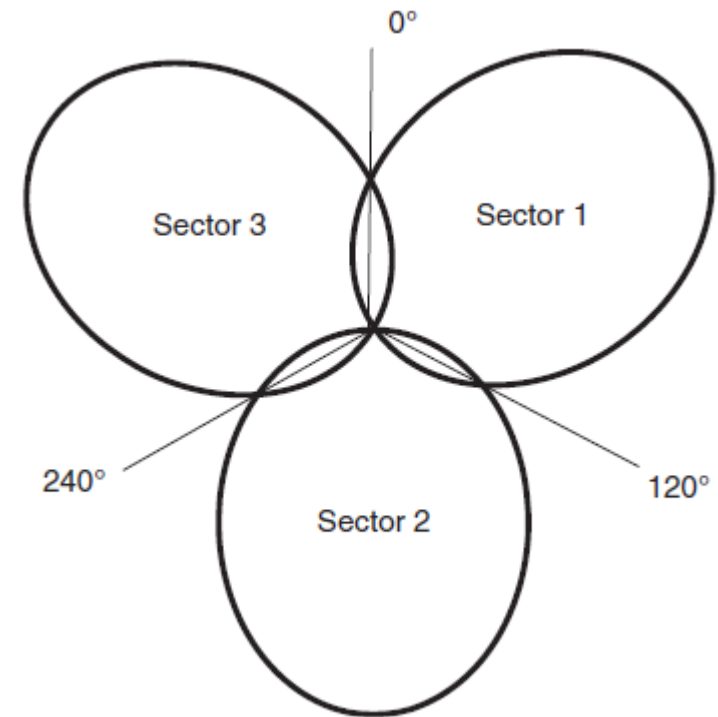
- Une façon de réduire la taille du cluster, et donc d'augmenter la capacité, consiste à utiliser la sectorisation.
- Le groupe de canaux S_i disponibles au niveau de chaque cellule est divisé en trois cellules (secteurs), dont chacune est confinée dans sa couverture à un tiers de la zone de la cellule grâce à l'utilisation d'antennes directionnelles, comme le montre la ci-contre.



Concept cellulaire

❖ Sectorisation

- Une façon de réduire la taille du cluster, et donc d'augmenter la capacité, consiste à utiliser la sectorisation.
- Le groupe de canaux S_i disponibles au niveau de chaque cellule est divisé en trois cellules (secteurs), dont chacune est confinée dans sa couverture à un tiers de la zone de la cellule grâce à l'utilisation d'antennes directionnelles, comme le montre la ci-contre.

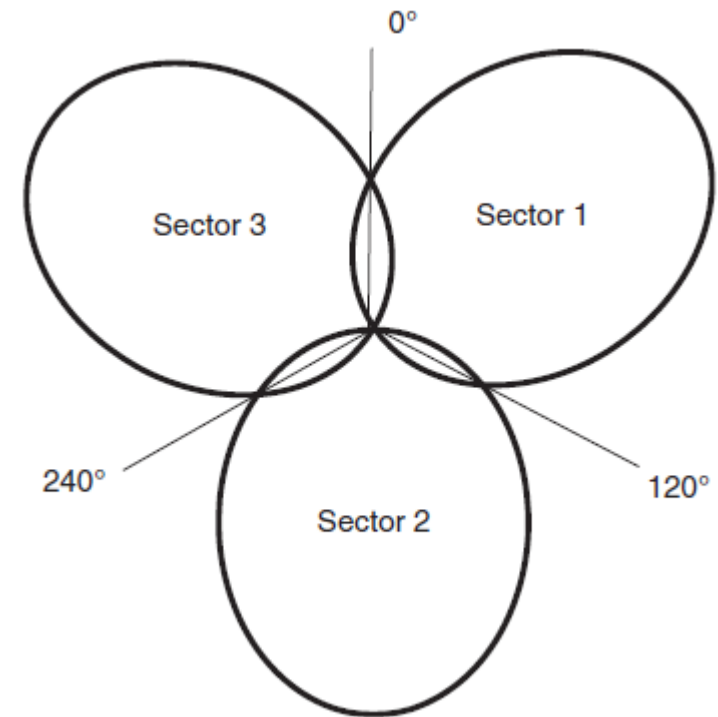


Diagrammes d'antenne pour un site cellulaire avec trois secteurs de 120°

Concept cellulaire

❖ Allocation de ressources

- Une façon de réduire la taille du cluster, et donc d'augmenter la capacité, consiste à utiliser la sectorisation.
- Le groupe de canaux S_i disponibles au niveau de chaque cellule est divisé en trois cellules (secteurs), dont chacune est confinée dans sa couverture à un tiers de la zone de la cellule grâce à l'utilisation d'antennes directionnelles, comme le montre la ci-contre.



Diagrammes d'antenne pour un site cellulaire avec trois secteurs de 120°

Sectorisation

❖ Avantages

- Permet de desservir un large territoire
- Utilisation de puissances d'émission moins importantes
- Réutilisation des fréquences à des emplacements proches en diminuant la taille des cellules
 - Augmentation de la capacité

❖ Inconvénients

- Travail de planification délicat et fastidieux

Sommaire

Historique des réseaux mobiles

Ressource radio

Concept cellulaire

Caractéristiques d'une interface radio

Architecture des réseaux GSM

Mobilité des réseaux mobiles

Généralités sur le GPRS

Systèmes de troisième génération

Réseau mobile 2G: GSM

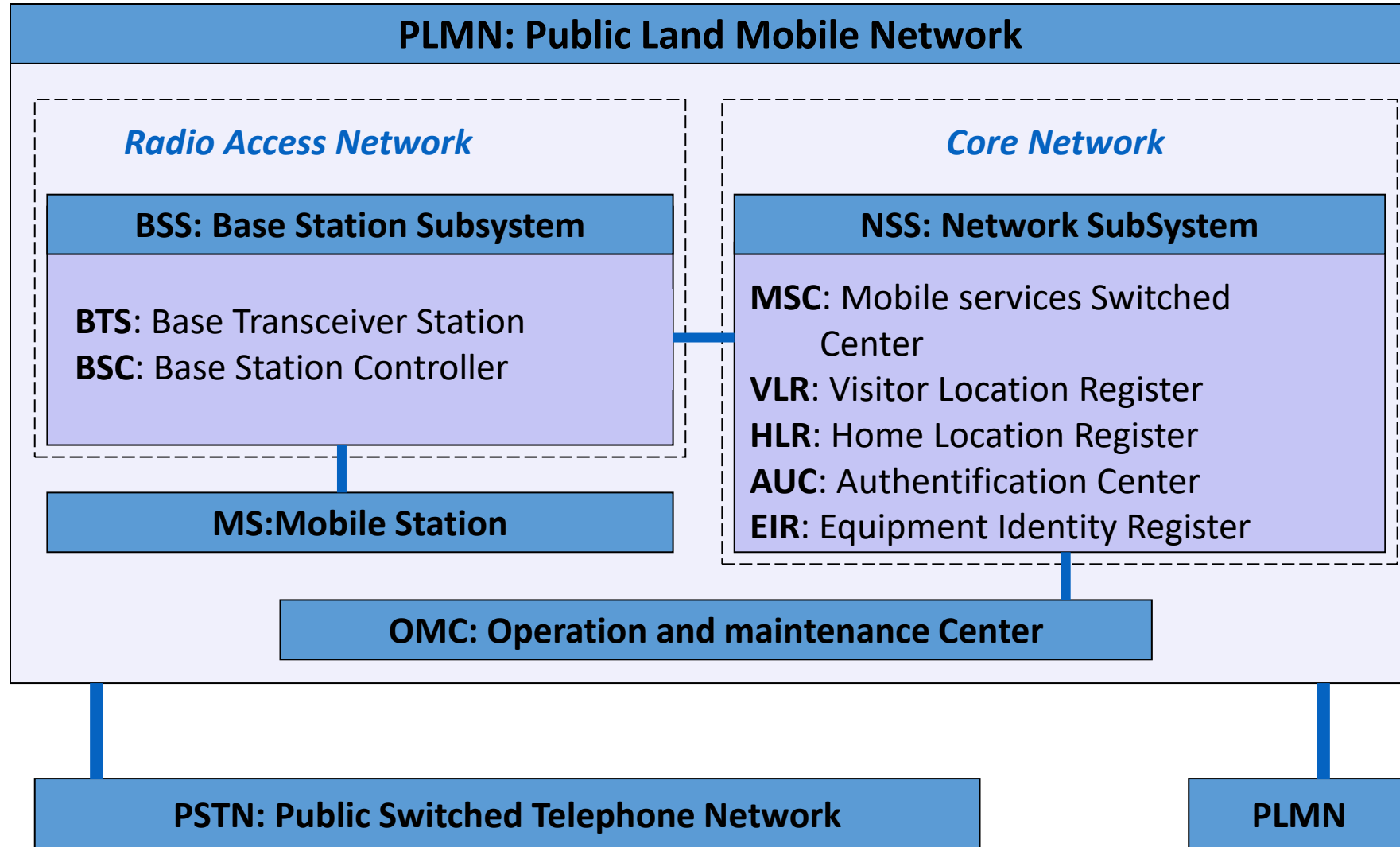
❖ Problématique

- Grand nombre de standard incompatibles
- Services limités aux territoires locaux et absence de d'économie de grandes échelles pour les constructeurs

❖ Objectif

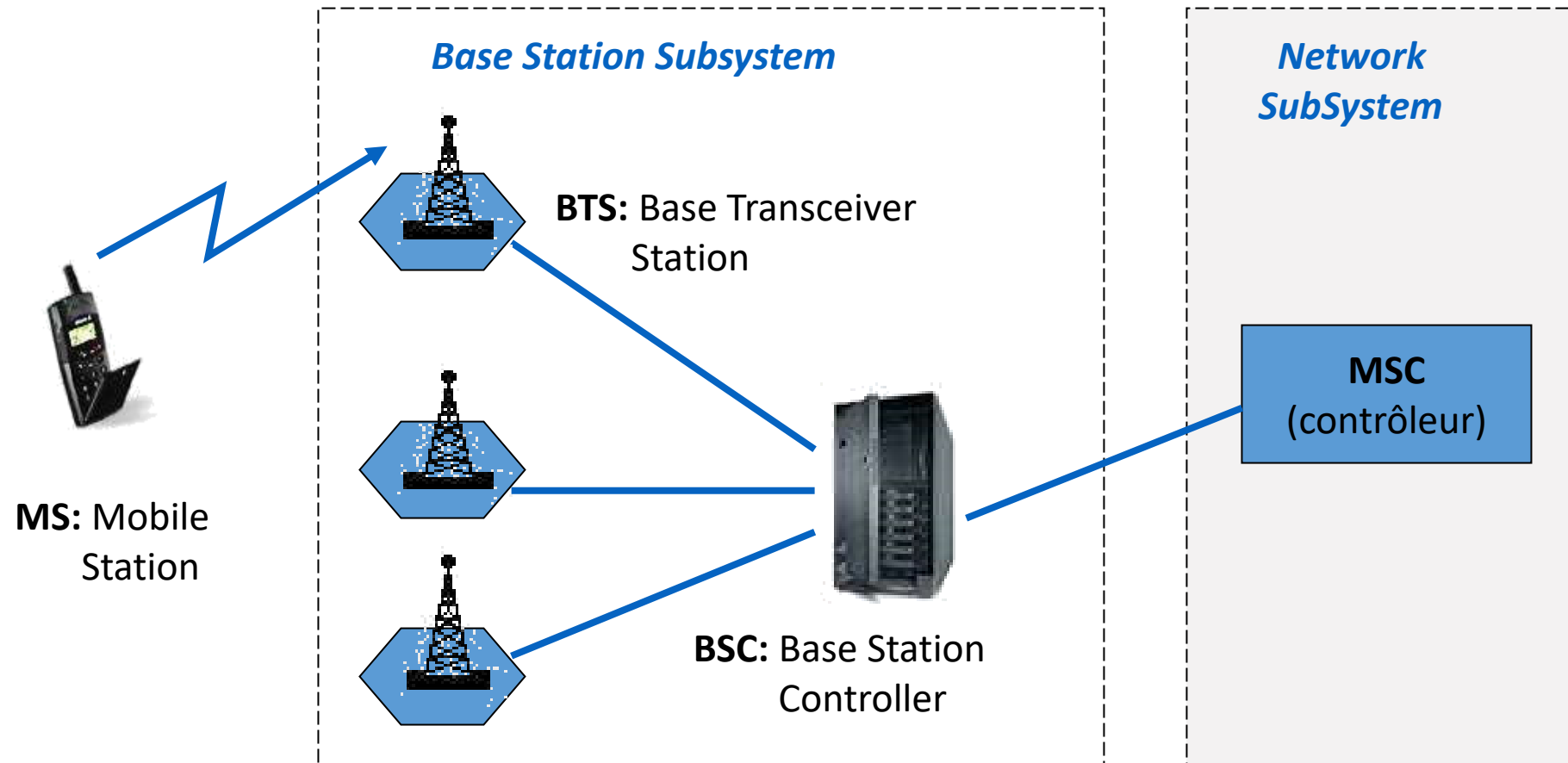
- Service de téléphonie mobile de voix et de données compatibles avec les réseaux fixes
- Efficacité (transmission numérique)
- Protection (confidentialité et sécurité)
- Mobilité totale, possibilité de roaming international, portabilité, etc...

Architecture générale d'un réseau GSM



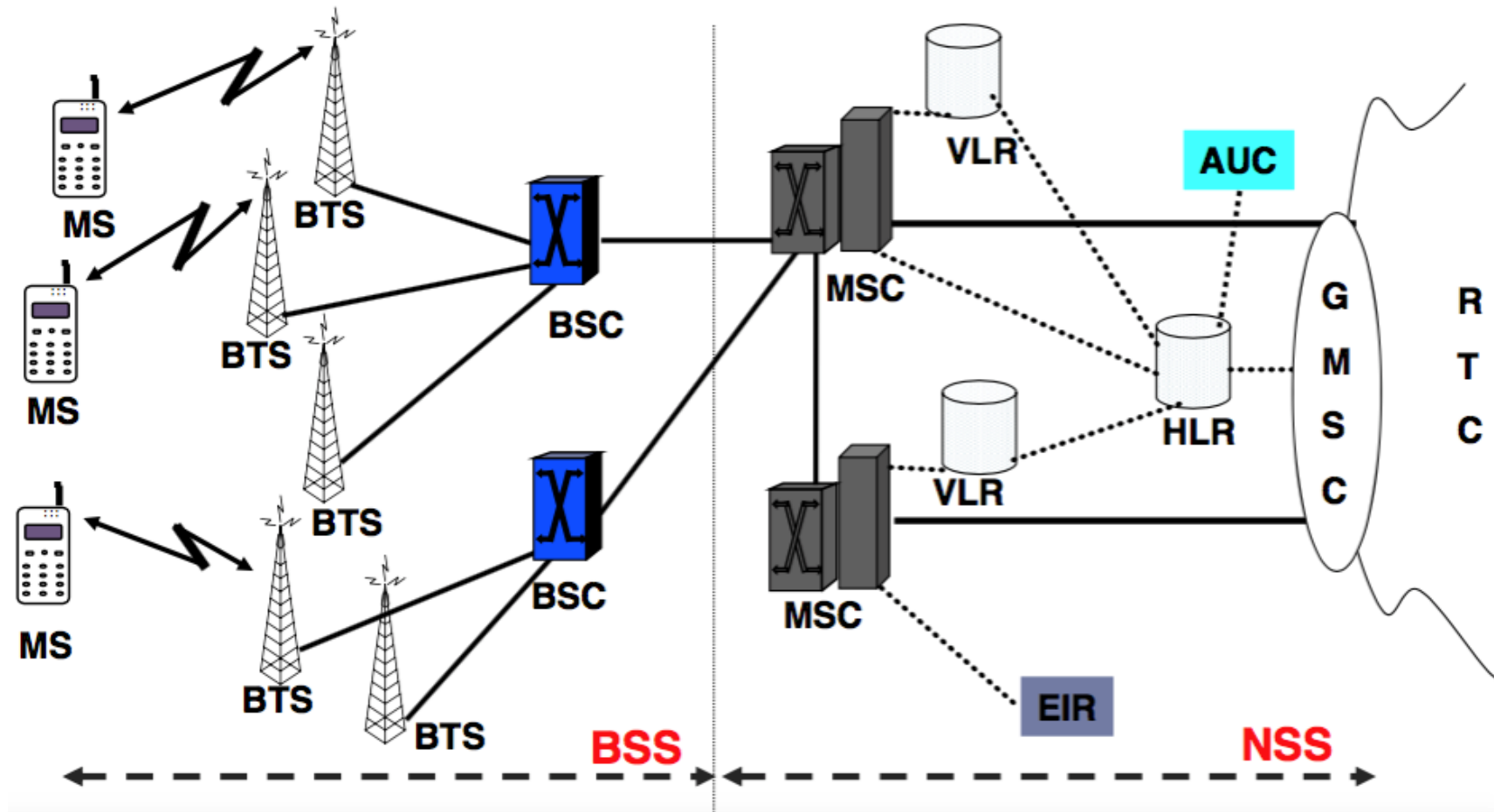
Le sous système radio BSS (Base Station Subsystem)

- Gérer l'accès au réseau via l'interface air



Réseau mobile 2G: GSM

❖ Architecture



Réseau mobile 2G: GSM

❖ Architecture

- La station mobile (MS): contient deux équipements
 - Equipement physique
 - Utilisé par l'utilisateur du réseau GSM pour accéder aux services de télécommunications
 - Identifié par l'**IMEI** (International Mobile Equipment Identity). ***#06#**
 - La carte SIM (subscriber Identity Module) utilisée pour identifier l'abonné
 - Caractérise l'abonné par l'**IMSI** (International Mobile Subscriber Identity)
 - Contient l'identité temporaire de l'abonné **TMSI** (Temporal Mobile Subscriber Identity)
 - Contient le MS ISDN (Mobile Station International Subscriber Directory Number)
 - Contient les algorithmes d'authentification, de chiffrement et les clés correspondantes



Réseau mobile 2G: GSM

❖ Architecture (2/2) - BSS

- La station de base (BTS): Base Transceiver Station
 - Composant radio émetteur-récepteur à antennes
 - Transmission radio: modem, égalisation, codage d'erreurs, etc...
 - Gère toute la couche physique: multiplexage, chiffrement, saut de fréquences, etc...
 - Effectue les mesures radio nécessaires: vérification de l'état de la communication
 - Gère la couche liaison de données pour l'échange de signalisation entre les mobiles et l'infrastructure
 - Une BTS peut desservir une ou plusieurs cellules selon le type d'antennes



Le sous système radio BSS (Base Station Subsystem)

BTS (Base Transceiver Station)

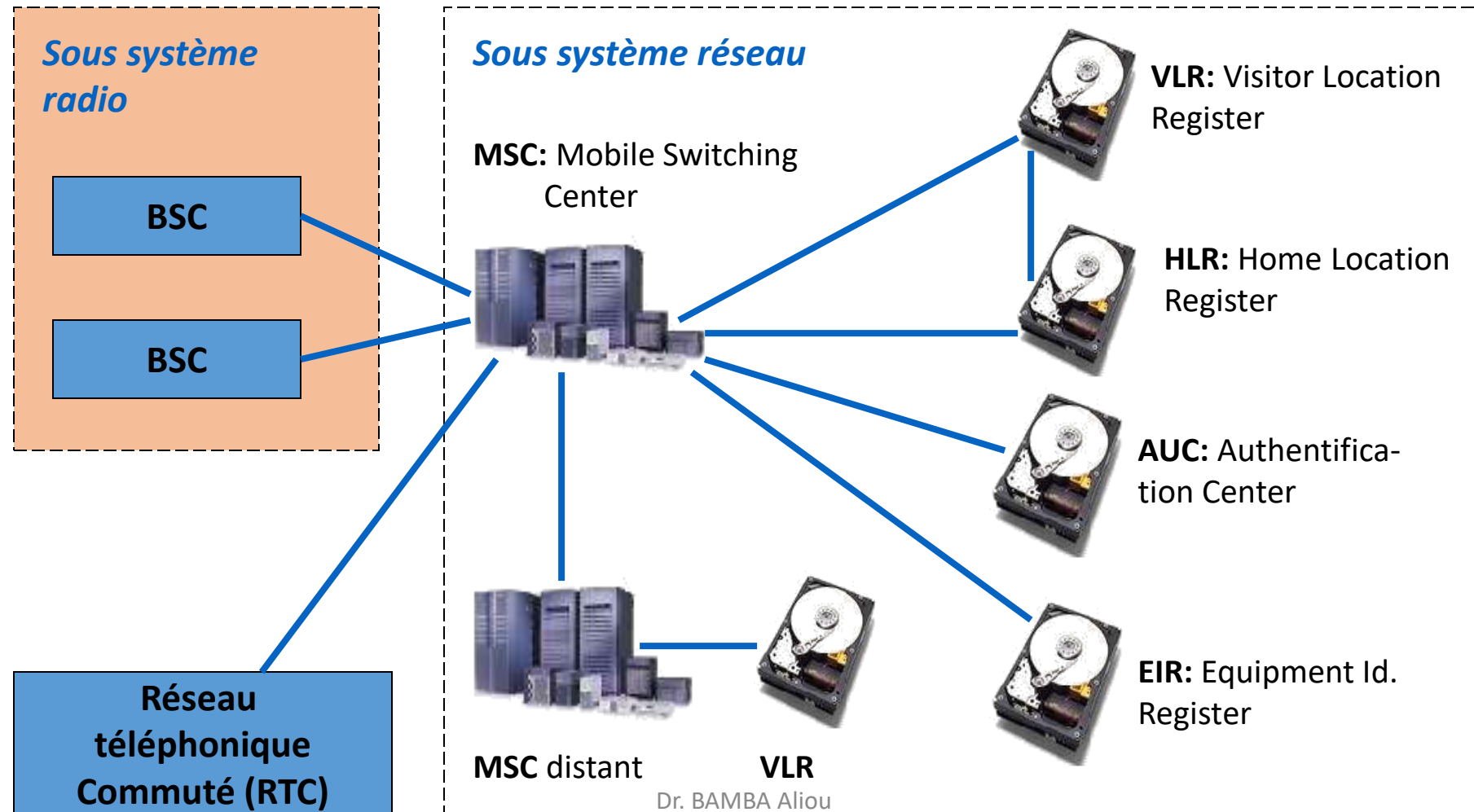
- Station de base d'émission et de réception
- Assure couverture radio d'une cellule (rayon de 200 m à environ 30 km)
- 1 à 8 porteuse(s) radio, 8 canaux plein débit par porteuse
- Prend en charge: modulation/démodulation, correction des erreurs, cryptage des communications, mesure qualité et puissance de réception

Le sous système radio BSS (Base Station Subsystem)

BSC (Base Station Contrôler)

- Pilote un ensemble de station de base (typiquement 60)
- C'est un carrefour de communication:
 - ❑ concentrateur de BTS
 - ❑ aiguillage vers le BTS destinataire
- Gestion des ressources radio: affectation des fréquences, contrôle de puissance...
- Gestion des appels: établissement, supervision, libération des communications, etc.
- Gestion des transferts intercellulaires (handover)
- Mission d'exploitation

Le sous système réseau NSS (Network SubSystem)



Le sous système réseau NSS (Network SubSystem)

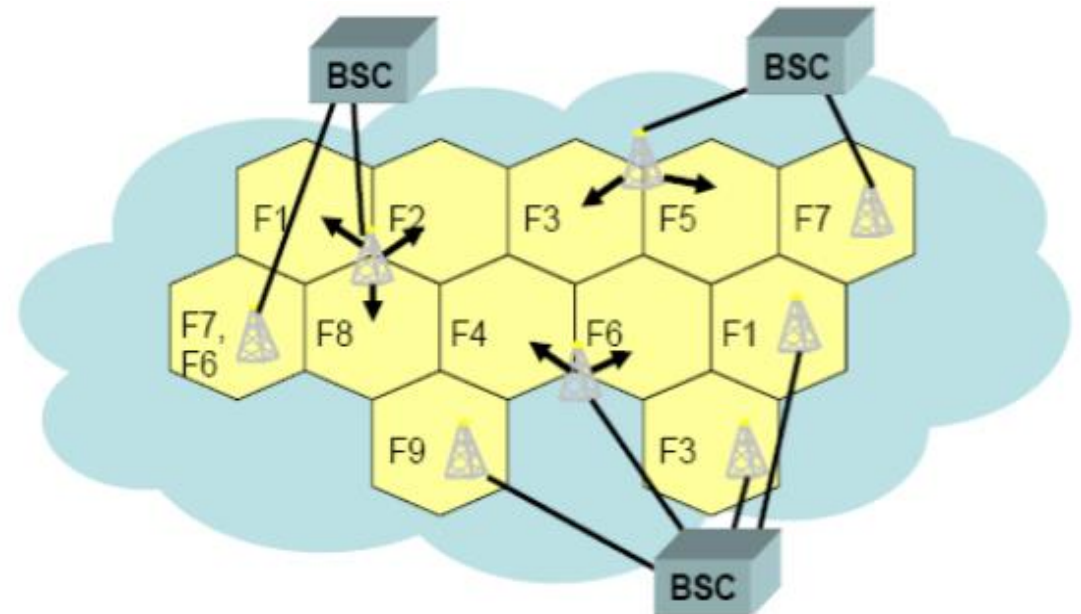
Le sous système réseau: le MSC

- Commutateur numérique en mode circuit
 - ❑ Oriente les signaux vers les BSC
 - ❑ Établi la communication en s'appuyant sur les BD
- Assure l'interconnexion avec les réseaux téléphoniques fixes (RTC, RNIS), les réseaux de données ou les autres PLMN
- Assure la cohésion des BD du réseau (HLR, VLR)
- Participe à la gestion de la mobilité et à la fourniture des téléservices
- Fournit 3 types de services:
 - ❑ services de support (transmission données, commutation...)
 - ❑ téléservices (téléphonie, télécopie...)
 - ❑ compléments de services (renvoi/restriction d'appels...)

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Architecture (2/2) - BSS

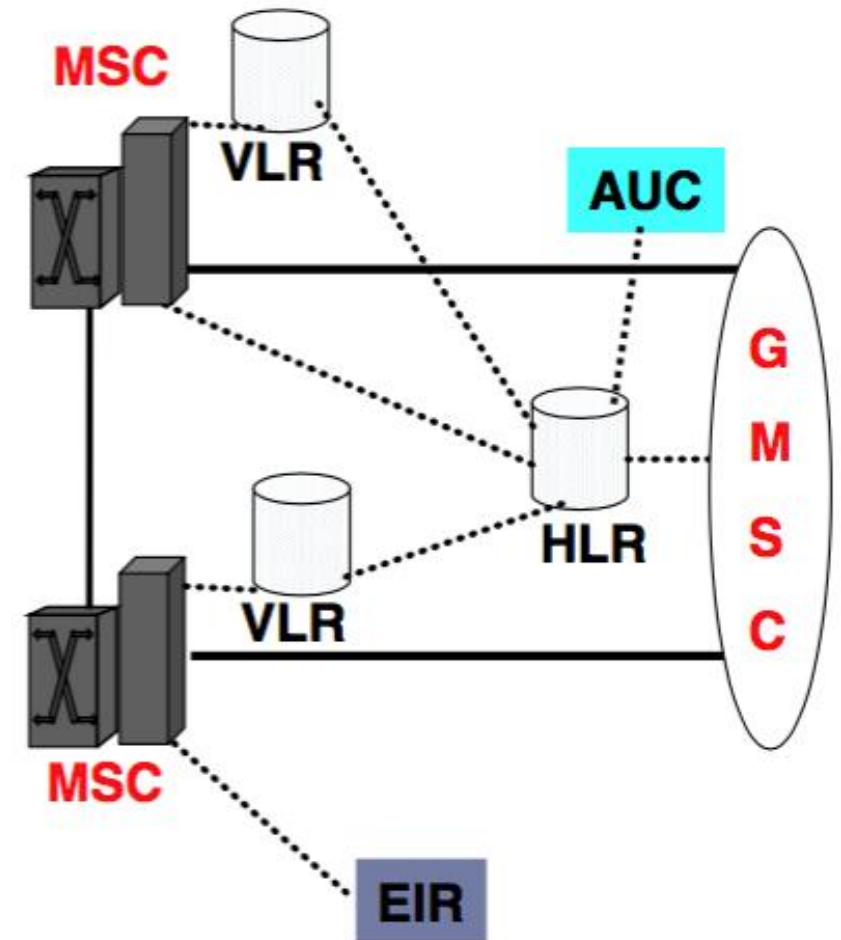
- Le contrôleur des BTS (BSC): Base Station Controller
 - Organe *intelligent* du BSS (Base Station Subsystem), il gère l'allocation des ressources du réseau (fréquences, contrôle de puissance, contrôle d'admission, etc...)
 - Interprète les mesures effectuées par les BTS
 - Interface BTS-BSC: A-bis



Réseau mobile 2G: GSM

❖ Architecture - NSS

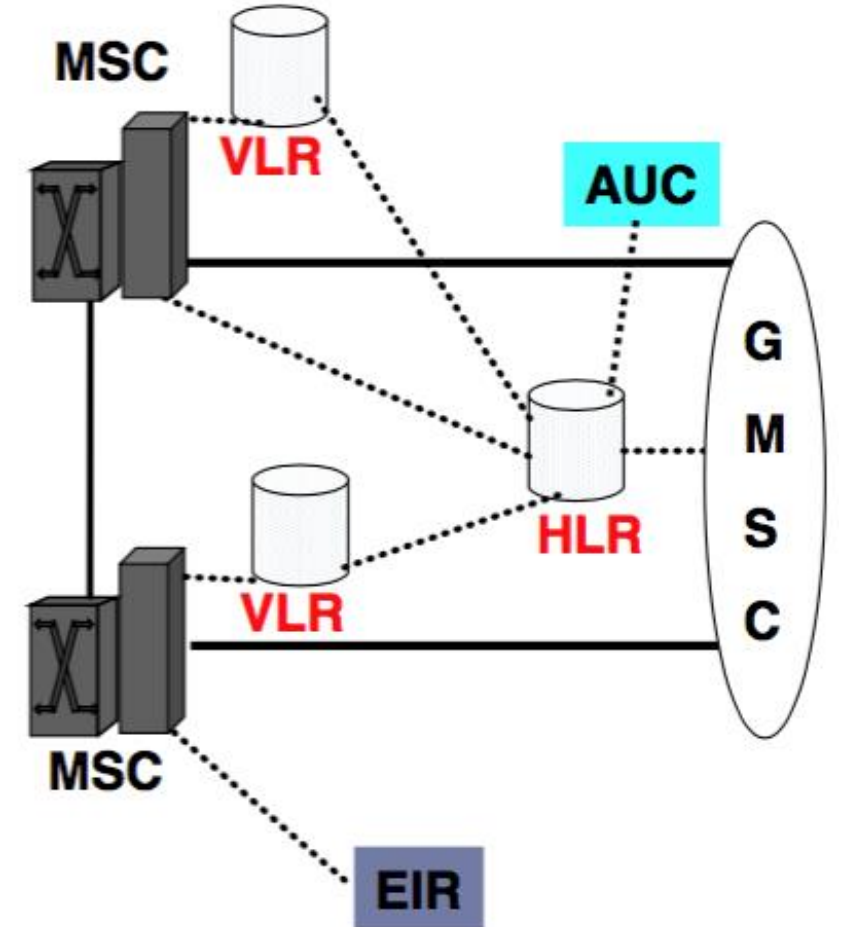
- Le Centre de commutation de services mobiles (MSC): Mobile-services Switching Center
 - Gère l'établissement des communications entre un mobile et un autre appartenant à un autre MSC du même PLMN (public land mobile network)
 - Transmission des messages courts - Facturation
 - Gestion du handover inter-BSC
 - Dialogue avec les registres de localisation pour gérer la mobilité des usagers
 - Interface A: relie les MSC et BSC
- Le GMSC: Gateway MSC
 - Sert de passerelle lors d'appels d'abonnés fixes et mobiles et/ou entre des PLMNs différents



Réseau mobile 2G: GSM

❖ Architecture - NSS

- Home Location Register (HLR)
 - Base de données contenant les informations sur tous les abonnés d'un PLMN
 - Données statiques: IMSI, MS ISDN, type d'abonnement, clé de chiffrement, etc...
 - Données dynamiques: état du mobile, localisation, etc...
 - Sert de référence à tout le réseau
- Visitor Location Register (VLR)
 - Base de données de location locale – un VLR par MSC
 - Informations concernant les abonnés présents dans une zone
 - Données identiques au HLR, avec le TMSI en plus
 - Les informations suivent le mobile lors de ses déplacements



Le sous système réseau: le HLR

- HLR (Home Location Register):

Base de données contenant les informations relatives aux abonnés

- i. données statiques: IMSI, no d'appel, type abonnement...
 - ii. données dynamiques: localisation, état du terminal...
- Un HLR logique par PLMN. En pratique, plusieurs bases de données redondantes
- Le HLR sert de référence pour tout le réseau
- Dialogue permanent entre le HLR et les VLR

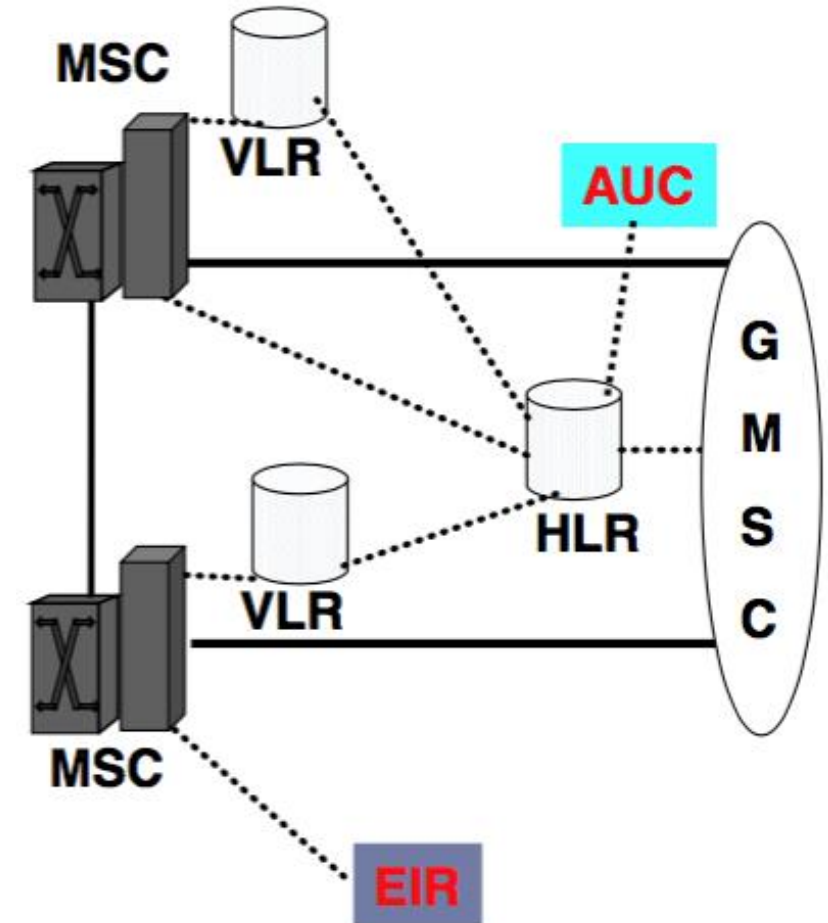
Le sous système réseau: le VLR

- VLR (Visitor Location Register) : base de données locale
En général, un VLR par commutateur MSC
- Contient les informations relatives aux abonnés présents dans la *Location Area (LA)* associée
Même info que dans HLR + identité temporaire (TMSI) + localisation
- VLR mis à jour à chaque changement de cellule d'un abonné

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Architecture - NSS

- Equipment Identity Register (EIR)
 - BD annexe contenant les identités des terminaux (IMEI)
 - Le MSC peut refuser l'accès au réseau après consultation de l'EIR (terminal non homologué, volé, (black-white)listé, etc...)
- Authentication Center (AUC)
 - Mémoire pour chaque abonné une clé secrète (authentification des demandes de services, chiffrement des communications, etc...)
- Le EIR et AUC sont parfois considérés dans le sous système d'exploitation et de maintenance OSS



Le sous système réseau: le AUC

- AUC (AUthentication Center):
Contrôle l'identité des abonnés et assure les fonctions de cryptage
- Authentification de l'abonné:
Subscriber Identity Module (carte SIM) contient plusieurs clés secrètes
- Cryptage des données au niveau du terminal

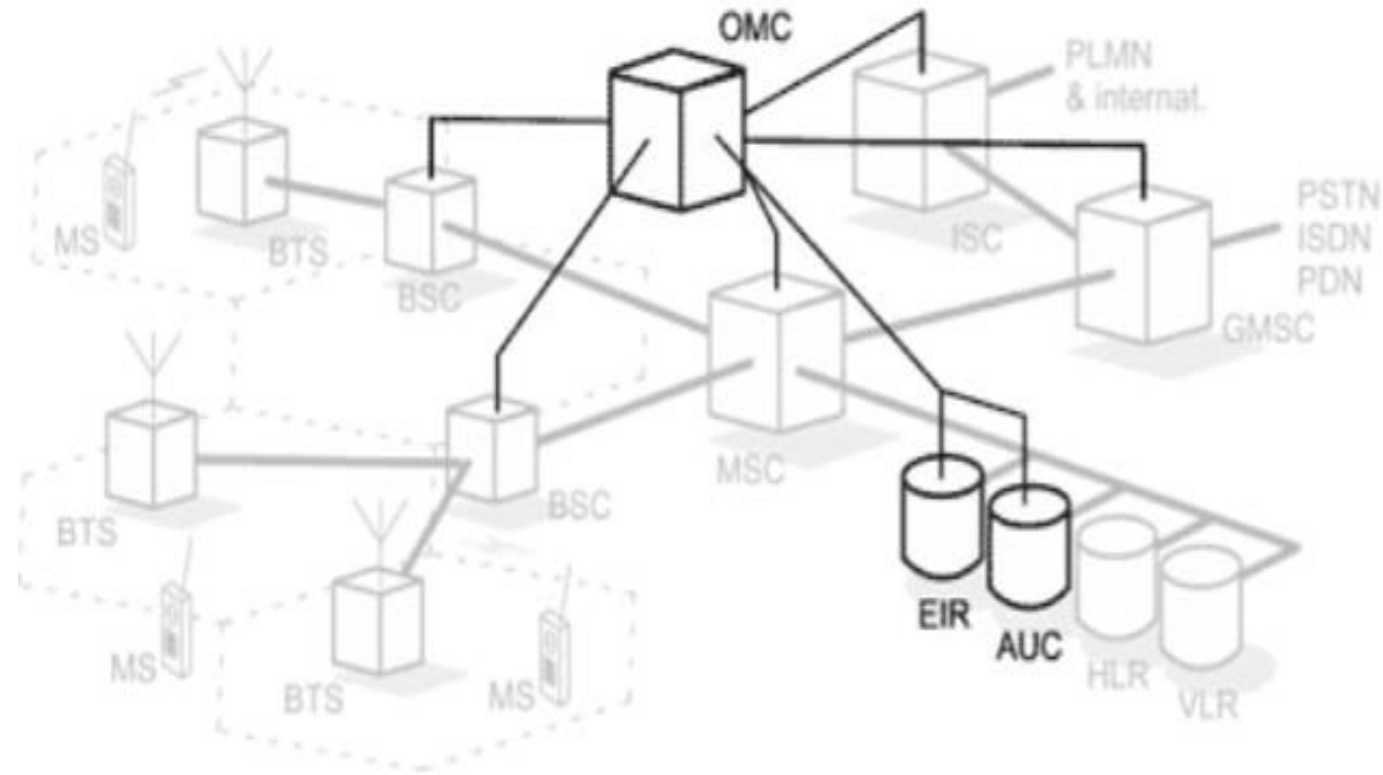
Le sous système réseau: le EIR

- EIR (Equipment Identity Register) empêche l'accès au réseau aux terminaux non autorisés (terminaux volés)
- A chaque terminal correspond un numéro d'identification: le IMEI (International Mobile Equipment Identity)
- A chaque appel, le MSC contacte le EIR et vérifie la validité du IMEI

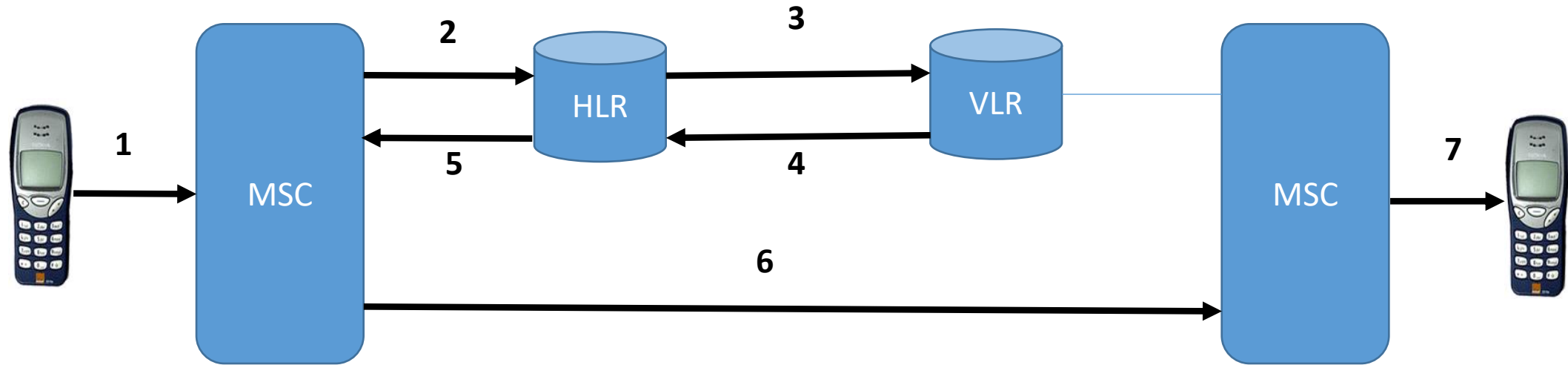
Réseau mobile 2G: GSM

❖ Architecture - OSS

- Operation Support Subsystem (OSS)
 - Operation Maintenance Center (OMC)
 - Entités permettant à l'opérateur de contrôler son réseau
 - Gestion commerciale et/ou administrative du réseau: abonnés, terminaux, facturation, comptabilité, statistiques, etc...
 - Gestion de la sécurité, des performances
 - Maintenance et gestion des alarmes/alertes

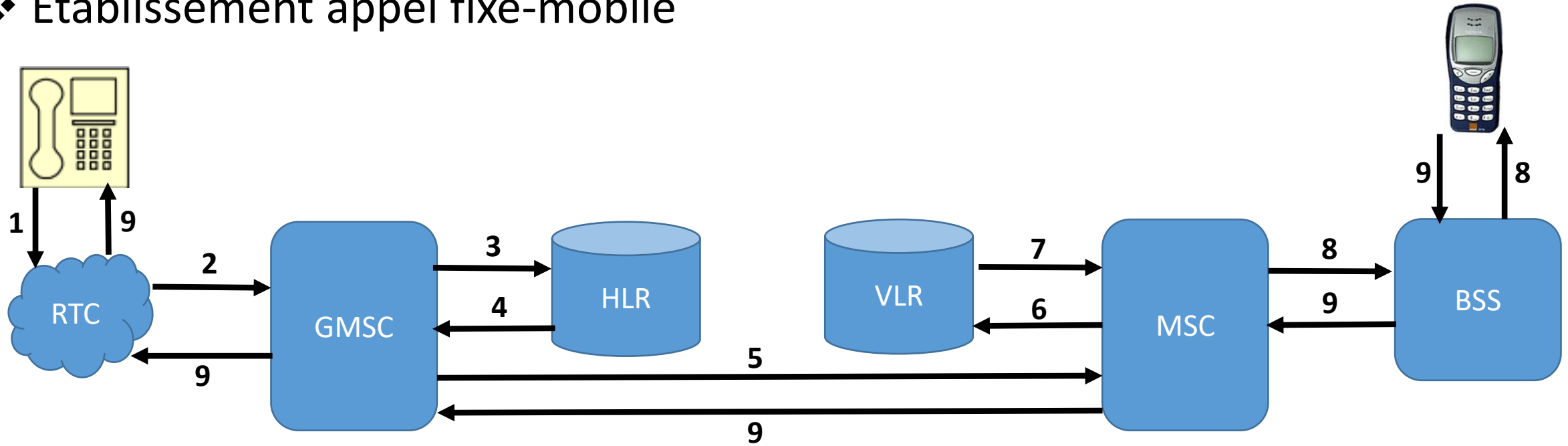


❖ Établissement appel mobile-mobile



1. Le MS ISDN est numéroté. Le réseau mobile transmis au MSC courant
2. Le MSC interroge le HLR pour connaître le MSC courant du mobile
3. Le HLR traduit le MS ISDN en IMSI et interroge le VLR
4. Le VLR attribue un TMSI au mobile et le transmet au HLR
5. Le HLR transmet la réponse au MSC
6. Le MSC courant établit l'appel vers le MSC destinataire comme un appel normal (MS ISDN et TMSI)
7. Le MSC destinataire va enfin appeler le mobile en utilisant l'ID temporaire, i.e., TMSI

❖ Établissement appel fixe-mobile



1. Appel du téléphone fixe avec le MS ISDN d'un mobile
2. Le réseau RTC commute l'appel au GMSC connecté au réseau GSM cible
3. Le GMSC contact le HLR pour connaître le MSC responsable
4. Réponse avec les informations de commutation indiquant la localisation de l'abonné
5. Routage de l'appel vers le MSC de destination
6. Le MSC requiert la position exacte du mobile dans le VLR
7. Le VLR fournit l'état du mobile et son BSS courant
8. Paging de la requête d'appel (diffusion dans tout le BSS)
9. Le MS décroche et l'appel peut être établi

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Les canaux logiques - Définition

- Chaque mobile station utilise un time slot par trame pour transmettre son burst de trafic qui définit un canal logique de données
- Besoin de transmettre d'autres informations
 - Problèmes de lien radio au niveau de la propagation e.g., atténuation, interférences, etc.
 - Gestion du réseau: rattachement d'une MS à la BTS la plus favorable, établissement, contrôle et maintien d'une communication, etc.
- Utilisation de canaux logiques
 - Canaux de diffusion: pour le maintien du rattachement d'un mobile au réseau
 - Canaux de contrôles communs: information de contrôle communes à plusieurs MS dans la cellule
 - Canaux de contrôles dédiés: information de contrôle dédiés à une unique MS pour le maintien du lien avec le réseau
 - Canaux de trafic dédiés: plein et demi débit

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Les canaux logiques - Définition

- Canaux de diffusion
 - Emis sur la voie balise (fréquence particulière sur le slot 0), uniquement en downlink dans toutes les cellules du réseau
 - Frequency Correction Channel (FCCH)
 - ✓ Permet le calage du mobile en fréquence (synchronisation fréquentielle)
 - ✓ 148 bits à 0
 - Synchronisation Channel (SCH)
 - ✓ Fournit aux mobiles les éléments nécessaires pour une synchronisation complète (synchronisation temporelle et identification de la cellule)
 - ✓ Contient le BSIC (3 bits: code couleur d'une BTS dans un PLMN + 3 bits: code couleur du PLMN)
 - Broadcast Control Channel (BCCH)
 - ✓ Permet la diffusion d'informations sur les caractéristiques de la cellule
 - ✓ Plusieurs types d'informations émises à des périodes différentes en fonction de la fréquence avec laquelle le mobile les apprend (numéro de la zone de localisation, liste des porteuses allouées à la BTS, saut de fréquence, identité de la BTS au sein de la zone de localisation, etc.)

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Les canaux logiques - Définition

- Canaux de contrôle communs
 - Random Access Channel (RACH) – Uplink
 - ✓ Accès aléatoire au réseau pour demande de ressources physiques
 - ✓ Le burst utilisé est plus court que le burst normal
 - ✓ Requête contenant une indication de la catégorie du service demandé avec un chiffre aléatoire
 - Access Grant Channel (AGCH) - Downlink
 - ✓ Réponse pour allocation de ressources (confirmation avec le chiffre aléatoire du RACH)
 - ✓ Allocation du SDCCH envoyé (numéro de porteuse, numéro de slot) pour passer en mode dédié
 - Paging Channel (PCH) – Downlink
 - ✓ Signal de paging diffusé indiquant l'identité d'un mobile appelé
 - Cell Broadcast Channel (CBCH) - Downlink
 - ✓ Canal permettant de diffuser à l'ensemble des mobiles de la cellule des informations spécifiques sous forme de message court (météo, informations routières, sportives, etc.)

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Les canaux logiques - Définition

- Canaux de contrôles dédiés
 - Standalone Dedicated Control Channel (SDCCH)
 - ✓ Les informations provenant des couches applicatives du système sont des données, transportées par des canaux TCH ou de la signalisation transportée par des canaux SDCCH
 - ✓ Transporte les informations suivantes: contrôle de puissance d'émission du mobile, contrôle de la qualité du lien radio, rapatriement des mesures effectuées sur les stations voisines, authentification, vérification
 - Slow Associated Control Channel (SACCH)
 - ✓ Canal de signalisation associé à un canal trafic
 - ✓ Signalisation lente: synchronisation, réglage de puissance, initialisation du Handover
 - Fast Associated Control Channel (FACCH)
 - ✓ Canal de signalisation rapide associé, e.g., exécution rapide du Handover
 - Cell Broadcast Channel (CBCH)
 - ✓ Canal permettant de diffuser à l'ensemble des mobiles de la cellule des informations spécifiques sous forme de message court (météo, informations routières, sportives, etc.)
- Canaux de trafic (TCH)
 - Full-rate (TCH/F)
 - Half-rate (TCH/H)

❖ Les canaux logiques - Résumé

Catégorie	Nom	Sens	Rôle
Diffusion (commun)	BCCH (Broadcast Control CHannel)	Downlink	Diffusion d'info. système spécifique à la cellule
	FCCH (Frequency Correction CHannel)	Downlink	Synchronisation fréquentielle
	SCH (Synchronisation CHannel)	Downlink	Synchronisation temporelle et identification de la cellule
Contrôle (commun)	AGCH (Access Grant CHannel)	Downlink	Réponse du réseau à l'accès initial
	CBCH (Cell Broadcast CHannel)	Downlink	Diffusion de message court
	PCH (Paging CHannel)	Downlink	Appel du mobile
	RACH (Random Access CHannel)	Uplink	Appel initial du mobile
Contrôle (dédié)	FACCH (Fast Associated Control CHannel)	Down(uplink)	Signalisation rapide
	SACCH (Slow Associated Control Channel)	Down(uplink)	Contrôle de transmission
	SDCCH (Stand-alone Dedicated Control CHannel)	Down(uplink)	Signalisation
Trafic (dédié)	TCH (Trafic CHannel)	Down(uplink)	Transmission de données

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Echange de canaux – Mise en route d'un mobile

1. Le mobile recherche un canal BCCH par scanning
2. Il repère la cellule ayant la grande puissance
3. Il lit les informations relatives à la fréquences et aux canaux logiques
4. Il envoie alors un message d'acquiescement sur le canal RACH
5. Le réseau répond sur le canal AGCH et alloue un canal SDCCH pour les échanges de protocoles ainsi qu'un canal associé SACCH pour le contrôle de puissance et l'avance de temps
6. Les échanges se produisent alors sur ce canal SDCCH jusqu'au retour en mode veille sur le canal BCCH
7. L'identité de la zone de localisation (LAI: Localisation Area Identity) est inscrite sur la carte SIM
8. Le mobile est inactif pendant six intervalles de temps sur huit
9. Pendant un intervalle de temps, le mobile écoute les BCCH des cellules voisines pour éventuellement changer son inscription.

Sommaire

Historique des réseaux mobiles

Ressource radio

Concept cellulaire

Caractéristiques d'une interface radio

Architecture des réseaux GSM

Mobilité des réseaux mobiles

Généralités sur le GPRS

Systèmes de troisième génération

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Mobilité des réseaux mobiles – itinérance

- Le mobile peut se trouver dans 3 modes:
 - Eteint
 - Allumé, mais hors communication. Mode idle
 - En communication
- L'itinérance

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Mobilité des réseaux mobiles – itinérance

- Mode idle, mise à jour de localisation (Location Updating)
- Périodiquement, le réseau envoie une demande de mise à jour de localisation (Periodic Location Updating) au mobile qui lui répond.

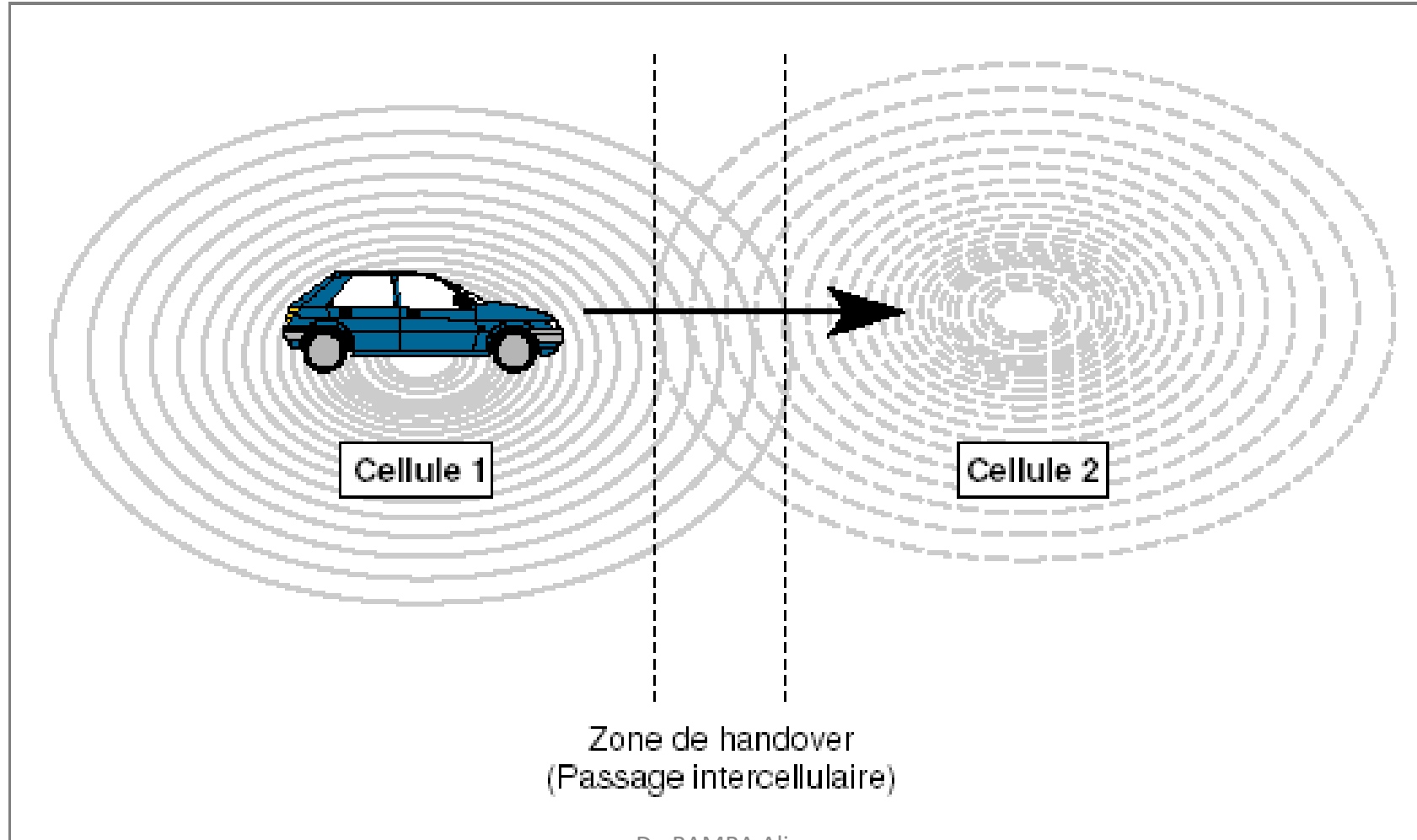
Réseau mobile 2G: GSM

❖ Mobilité des réseaux mobiles – itinérance

- Mobile éteint, le réseau renvoie directement sur la boîte vocale
- L'IMSI (International Mobile Subscriber Identity) est invariante à l'intérieur du réseau GSM. C'est pas le biais d'une procédure sur l'IMSI que le réseau suit le mobile, lorsque celui-ci est allumé
- L'IMSI est différent du MSISDN (Mobile Station Integrated Services Digital Network Number) qui est le numéro de téléphone de l'abonné (ex. 07 60 ** **).

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Mobilité des réseaux mobiles – Handover



Réseau mobile 2G: GSM

❖ Mobilité des réseaux mobiles – Handover

- La mobilité est la possibilité qu'a le mobile de maintenir la communication lors de son déplacement
- Le réseau effectue la procédure de HandOver (HO), c'est-à-dire le changement de ressources (passage d'une cellule et/ou fréquence à l'autre) afin d'assurer la meilleure qualité de la communication
- Paramètres définissant la qualité de la communication:
 - Le niveau de puissance du signal de la cellule Rx_{lev} (nombre entier)
 - La qualité du signal de la cellule Rx_{Qual} (traduit le BER dans les trames TDMA)

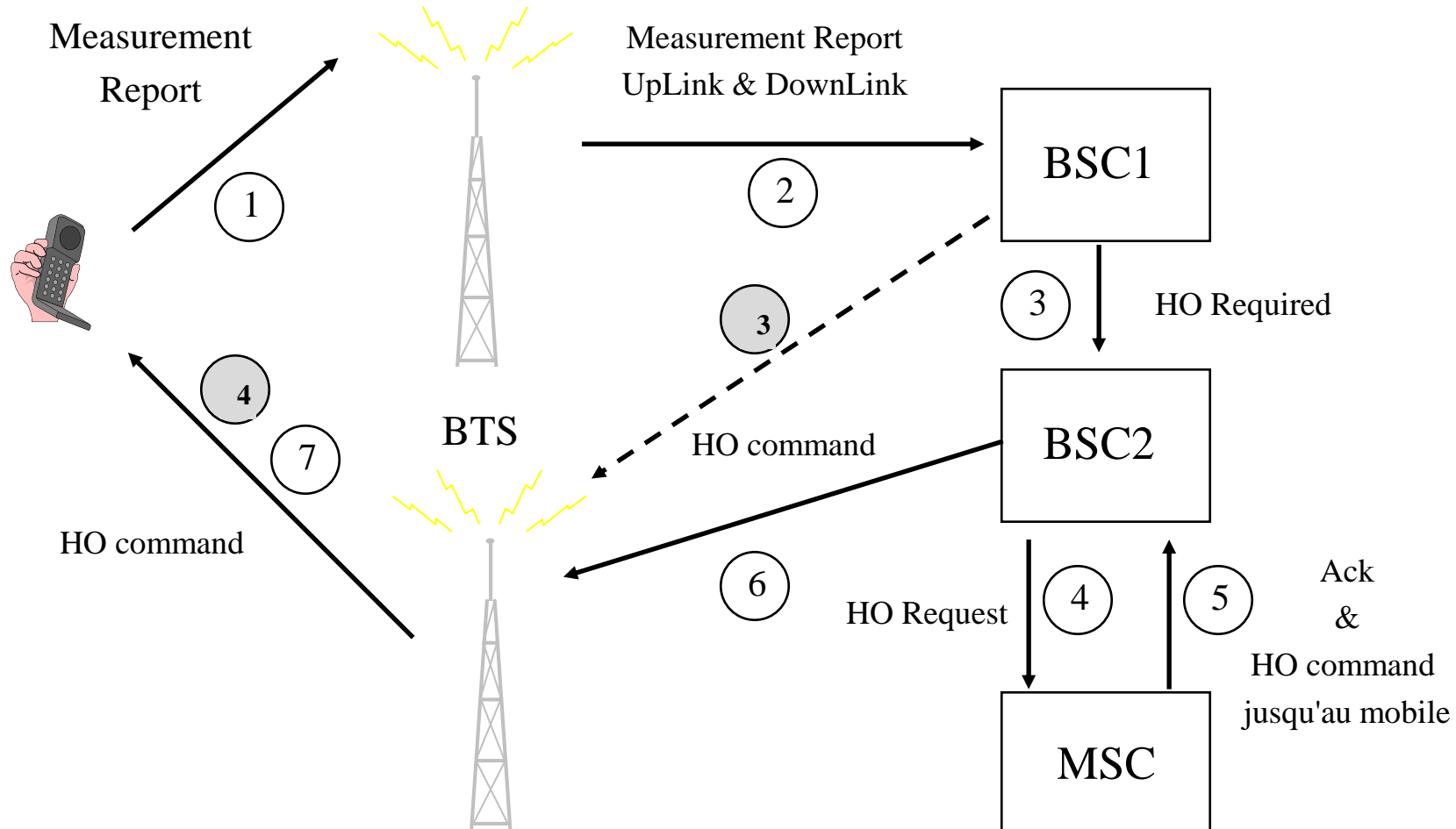
Réseau mobile 2G: GSM

❖ Mobilité des réseaux mobiles – Handover

- Le HO se déclenche à l'initiative du réseau pour les raisons suivantes:
 - Si le Rx_{lev} de la cellule serveuse est insuffisant => HO sur niveau (Rx_{lev} UpLink ou DownLink).
 - Si le niveau de qualité (Rx_{Qual}) de la cellule serveuse est insuffisant => HO sur Qualité (Rx_{Qual} UpLink ou DownLink).
 - Si le mobile est trop loin de la BTS => HO sur distance (la distance maximale entre Mobile et BTS est de 35 km)
 - Si une cellule voisine est meilleure ou de qualité égale mais nécessitant une puissance plus faible sans que la cellule serveuse soit mauvaise => HO sur bilan de liaison
- Le mobile est à l'écoute de diverses informations qui lui permettront d'établir une liste des cellules voisines possibles. Il mesure:
 - le niveau de champ de la cellule serveuse et des cellules voisines
 - la qualité de la cellule serveuse
 - la distance par rapport à la cellule serveuse.
 - l'identité de la cellule serveuse et des cellules voisines.
 - la LAC sur laquelle il est connecté

Réseau mobile 2G: GSM

❖ Mobilité des réseaux mobiles – Procédure de HandOver



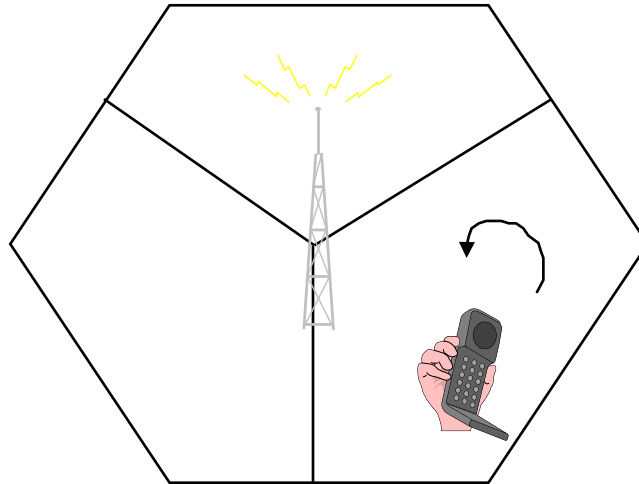
Réseau mobile 2G: GSM

❖ Mobilité des réseaux mobiles – Handover

- Il existe plusieurs types de HO:
 - HO intracellulaire. Sur la même cellule, le mobile change d'intervalle de temps sur la trame

Réseau mobile 2G: GSM

- Il existe plusieurs types de HO :
 - HO intracellulaire. Sur la même cellule, le mobile change d'intervalle de temps sur la trame



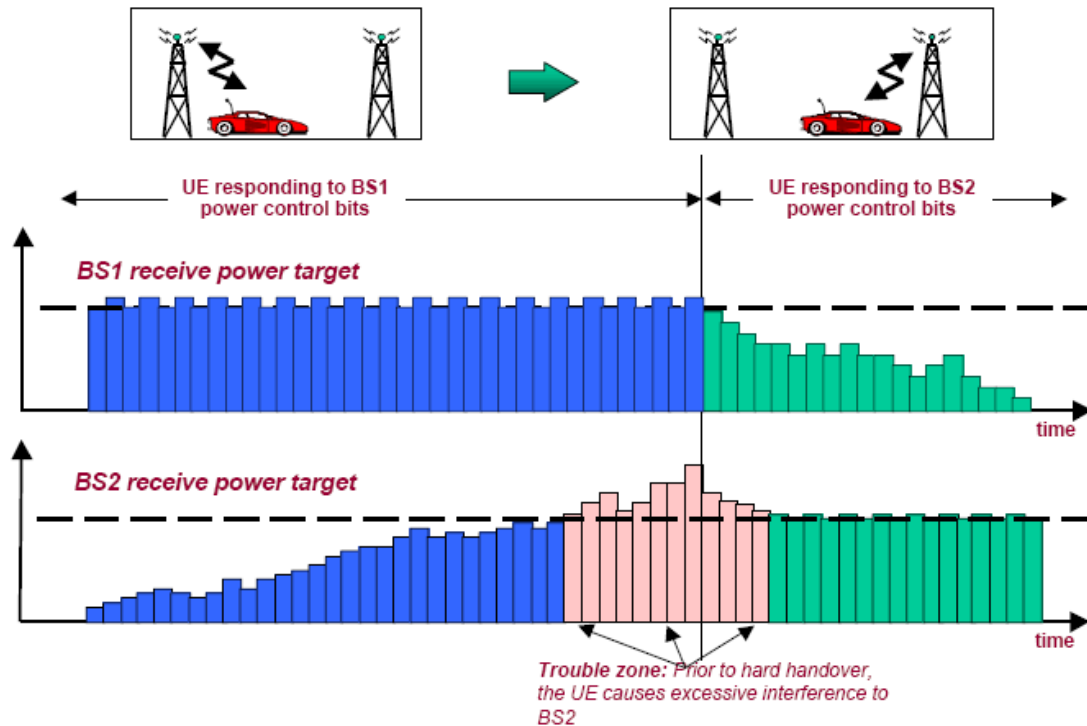
- HO interBSC
- HO interMSC

Réseau mobile 2G: GSM

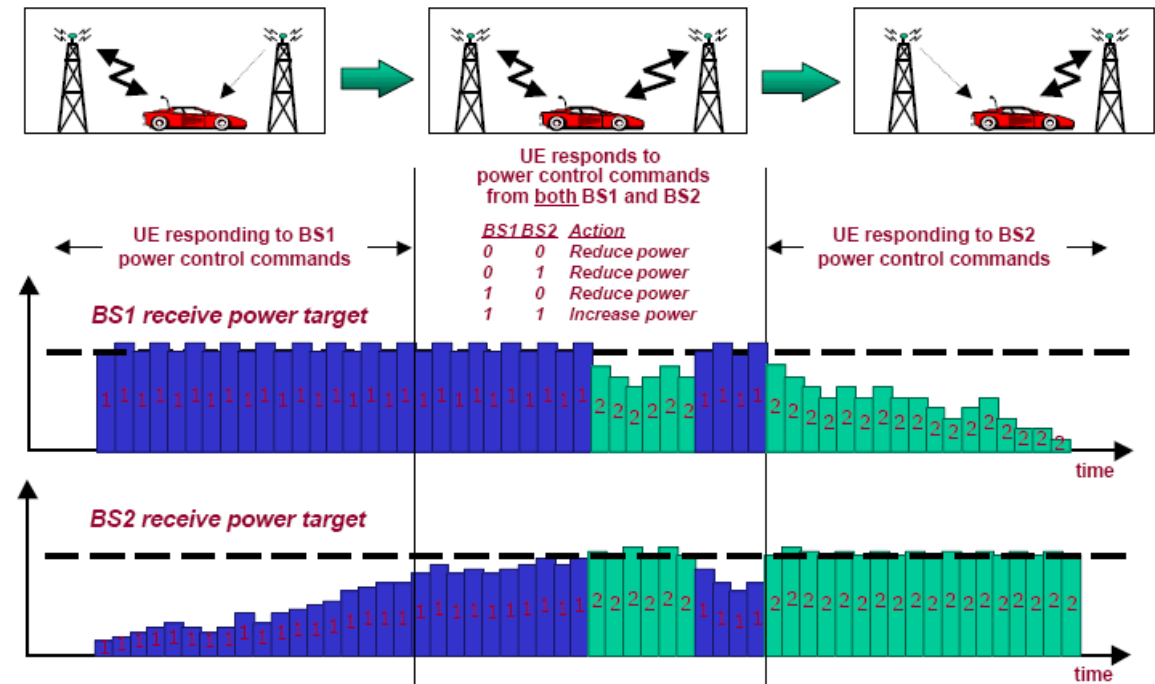
- Les étapes du processus de HO :
 - Détection d'une alarme : comparaison des mesures (UL & DL) aux seuils prédéfinis et paramétrables → BTS.
 - Sélection d'une cellule cible : Algorithme de HO dans la BTS.
 - Décision du HO : Algorithme de HO dans la BTS. Information transmise au BSC.
 - Activation d'un canal sur la cellule cible : BSC.
 - Tentative d'exécution du HO sur la cellule cible : Mobile.
 - Libération de l'ancien canal si le HO a réussi : BTS.
 - Retour sur l'ancien canal si le HO a échoué (HO_FAILURE) : Mobile.

Soft handover – Example of Advantage

Power Control without Soft Handover



Power control with Soft Handover



Conclusions 2G

Phénomènes de propagation

Base du réseau mobile pour tous

Service voix et data à faible débit (sms)

Briques indispensables aux réseaux mobiles (techniques d'accès, mobilité, gestion des identifiants, canaux logiques, architecture, etc...)

De L'UMTS au LTE

Sommaire

- Introduction à la 3G
- Architecture générale de l'UMTS
- L'UTRAN
- Le WCDMA
- L'accès stratum (AS)
- Le NAS
- L'évolution de l'UMTS
- Conclusion

De L'UMTS au LTE

Introduction

- Années 70 : 1 G AMPS aux Etats-Unis ainsi qu'en Europe, norme NMT (Nordic Mobile Telephone) (basées sur la technologie FDMA autour de la bande 400Mhz)
- Années 90
 - ✓ 2G: Explosion des normes numériques avec un rôle prépondérant de l'Europe et du GSM
 - ✓ 2.5 G: Ajout de la transmission de données sous forme de paquet avec le GPRS
 - ✓ 3G: Début des travaux de l'ITU sur la troisième génération
- Années 2000
 - ✓ 2.75 G: augmentation du débit avec l'EDGE qui change essentiellement la modulation
 - ✓ 2.99 G Edge Evolution avec une nouvelle modulation (16/32/64 QAM) et des optimisations radios comme la réception sur 2 fréquences (Multi Carriers)
 - ✓ 3 G Fin du rêve d'universalité de l'IMT 2000 avec 6 systèmes proposés pour la version *terrestrial*

De L'UMTS au LTE

Technologies d'accès de l'IMT2000

Technologie 3G	IMT2000
UTRA FDD	IMT2000 CDMA direct Spread
UTRA TDD – TD/SCDMA	IMT2000 CDMA TDD
CDMA 2000	IMT2000 CDMA Multi carrier
UWC 136	IMT2000 CDMA Single carrier
DECT	IMT2000 FDMA/TDMA

De L'UMTS au LTE

Caractéristiques de l'IMT2000

- Service haut débit avec au moins 144 Kbits/s dans tout types d'environnement et 2Mbits/s en environnement intérieur
- Service symétrique et asymétrique
- Service utilisant la technique de commutation de circuit et celle de commutation de paquet
- Service voix avec des qualités subjectives identiques aux réseaux câblés
- Capacités et efficacités spectrales supérieures aux systèmes 2G
- Gestion de la qualité de services (QOS) pour des services multimédia
- Interopérabilité avec les systèmes 2G et entre systèmes 3G

De L'UMTS au LTE

Organismes de standardisation

- European Telecommunications Standards Institute (ETSI): organisme de standardisation européen à l'origine du GSM , GPRS, DECT, et l' EDGE. Il a eu la volonté de lancer l'UMTS en le gardant compatible avec le GSM et ses évolutions
- 3rd Generation Partnership Project (3GPP): Organisme de travail sous l'égide de l'ETSI regroupant aussi ses homologues Américain, Japonais et Chinois et qui a comme mission de travailler sur les normes de la 3G et ses futures évolutions

De L'UMTS au LTE

Definition de l'UMTS

- Système cellulaire de 3G faisant partie de l'IMT2000
- Les spécifications sont faites au sein du 3GPP
- Le système d'accès radio est basé sur l'UTRAN(Universal Terrestrial Access Network)
- Cœur de réseau basé sur celui du GSM Phase 2+ jusqu'à la release 4 puis des évolutions plus marquées ont été introduites notamment en Release 5
- L'UTRAN est basée sur le CDMA Large Bande avec 2 variantes: le FDD et le TDD

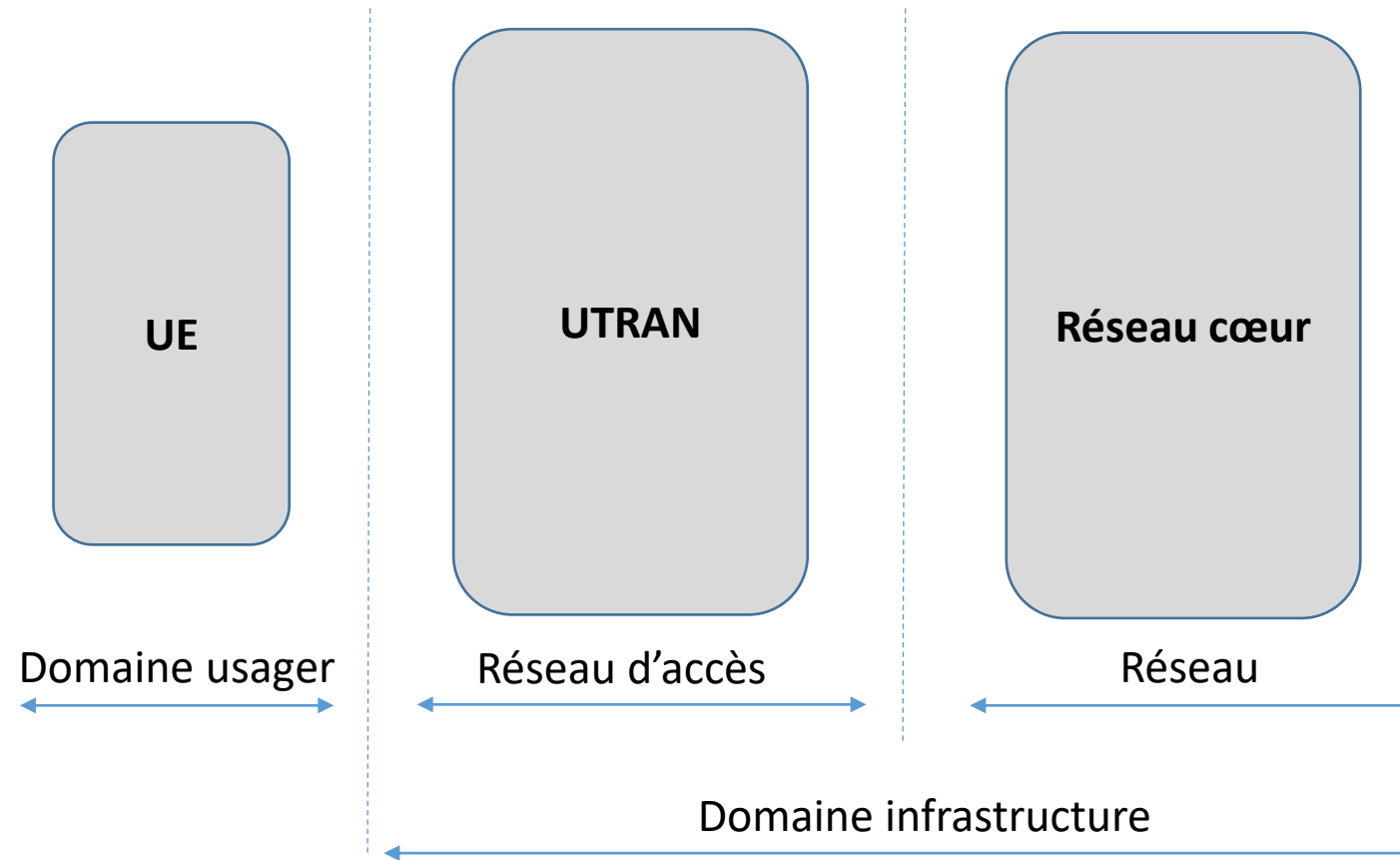
De L'UMTS au LTE

Sommaire

- Introduction à la 3G
- **Architecture générale de l'UMTS**
- L'UTRAN
- Le WCDMA
- L'accès stratum (AS)
- Le NAS
- L'évolution de l'UMTS
- Conclusion

De L'UMTS au LTE

Vue d'ensemble de l'UMTS



De L'UMTS au LTE

User Equipment (UE)

- Terme générique pouvant s'appliquer à tout terminal mobile 3G
- Permet à l'utilisateur d'avoir accès à l'infrastructure par l'intermédiaire de l'UTRAN
- Cependant, on distingue:
 - ✓ le ME (Mobile Equipment)
 - ✓ la USIM module de gestion de l'identité

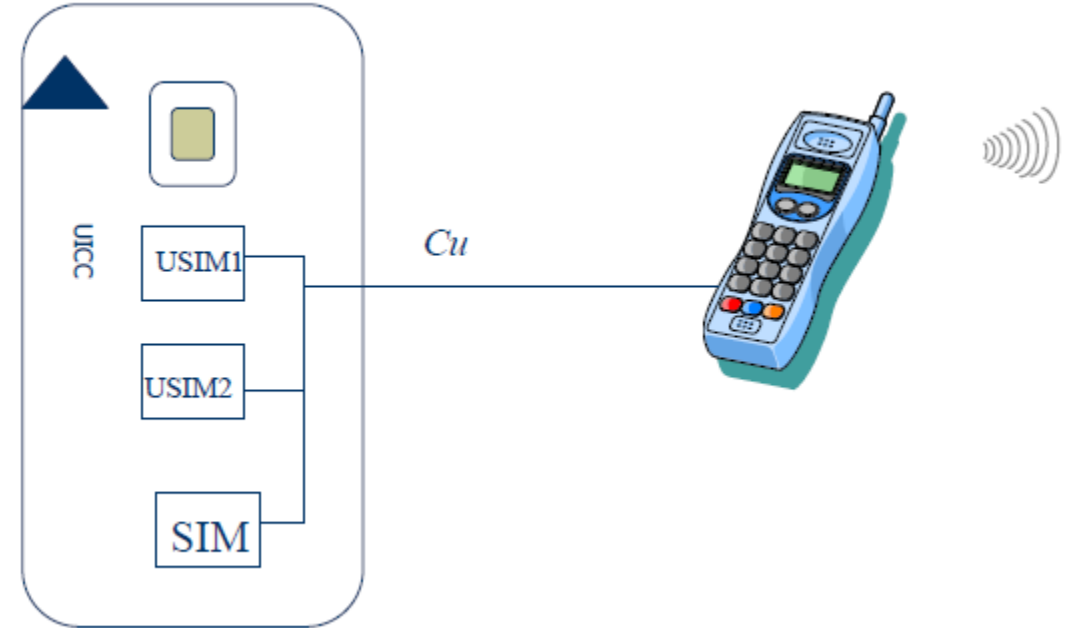
Mobile Equipment

- TE: partie de l'équipement mobile qui gère l'application, i.e., la visiophonie
- MT: permet d'avoir un échange fiable avec le cœur réseau , essentiellement la NAS et l'AS

De L'UMTS au LTE

Définition USIM (*Universal Subscriber Identity Module*)

- Carte à Puce ou UICC (*Universal Integrated Circuit Card*)
- Plusieurs USIM ou SIM peuvent cohabiter sur la même UICC
- Interface CU avec le MT ou ME



De L'UMTS au LTE

Définition USIM (*Universal Subscriber Identity Module*)

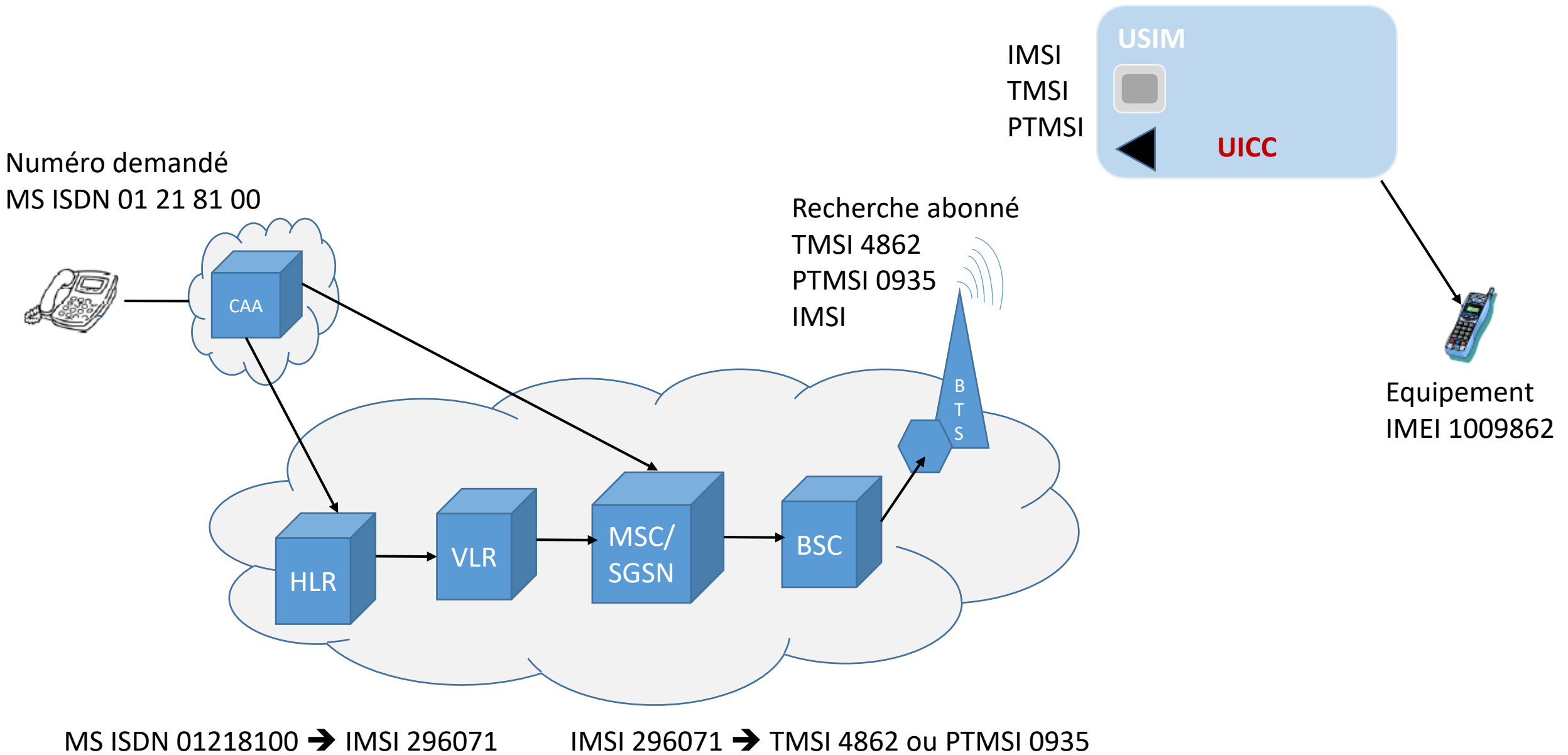
- L'USIM est un module logiciel ou logique:
 - ✓ Code Pin ou procédure d'identification
 - ✓ La ou les Langues à utiliser
 - ✓ Répertoire des applications
 - ✓ MSI/MSISDN
 - ✓ Le ou Les identifiants temporaires
 - ✓ Les clefs de chiffrements
 - ✓ Codes d'urgence
 - ✓ Dernières données de localisation du ME
 - ✓ Réseaux Autorisés et préférences d'accès
 - ✓ Porteuses d'une cellule
 - ✓ ...

De L'UMTS au LTE

Identifiants de l'UMTS

- IMSI (International Mobile Subscriber Identifier): permet d'identifier l'utilisateur dans le réseau
- MSISDN (Mobile Subscriber ISDN) : numéro de téléphone de l'utilisateur
- TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity): identifiant temporaire du mode circuit
- PTMSI (Paquet-TMSI): identifiant temporaire du mode paquet
- IMEI (International Mobile Equipment Identity): identifiant du terminal

Identifiants de l'UMTS – Vue d'ensemble



De L'UMTS au LTE

Classement des terminaux UMTS

- Fonction de la puissance d'émission
- Fonction de l'interopérabilité avec la 2G
- Fonction de la capacité de débit

De L'UMTS au LTE

Classement des terminaux UMTS

- Classe des UE UMTS en fonction de la puissance

Classe	Puissance max. FDD	Puissance max. TDD
1	+33 dBm (2 W)	+30 dBm (1W)
2	+27 dBm (0,5 W)	+24 dBm (0,25 W)
3	+24 dBm (0,25 W)	+21 dBm (0,126 W)
4	+21 dBm (0,126 W)	+10 dBm (0,01 W)

De L'UMTS au LTE

Classement des terminaux UMTS

- Type des UE UMTS en fonction de l'interopérabilité avec la 2G

Type 1	Soit le mode 2G ou 3G. L'activation de l'un des modes désactive l'autre
Type 2	Mesures radio possibles sur les deux modes. Le basculement est automatique mais on ne peut recevoir dans les deux modes
Types 3	Type 2 + réception sur les deux modes simultanément
Type 4	Type 3 + émission sur les deux modes en même temps

De L'UMTS au LTE

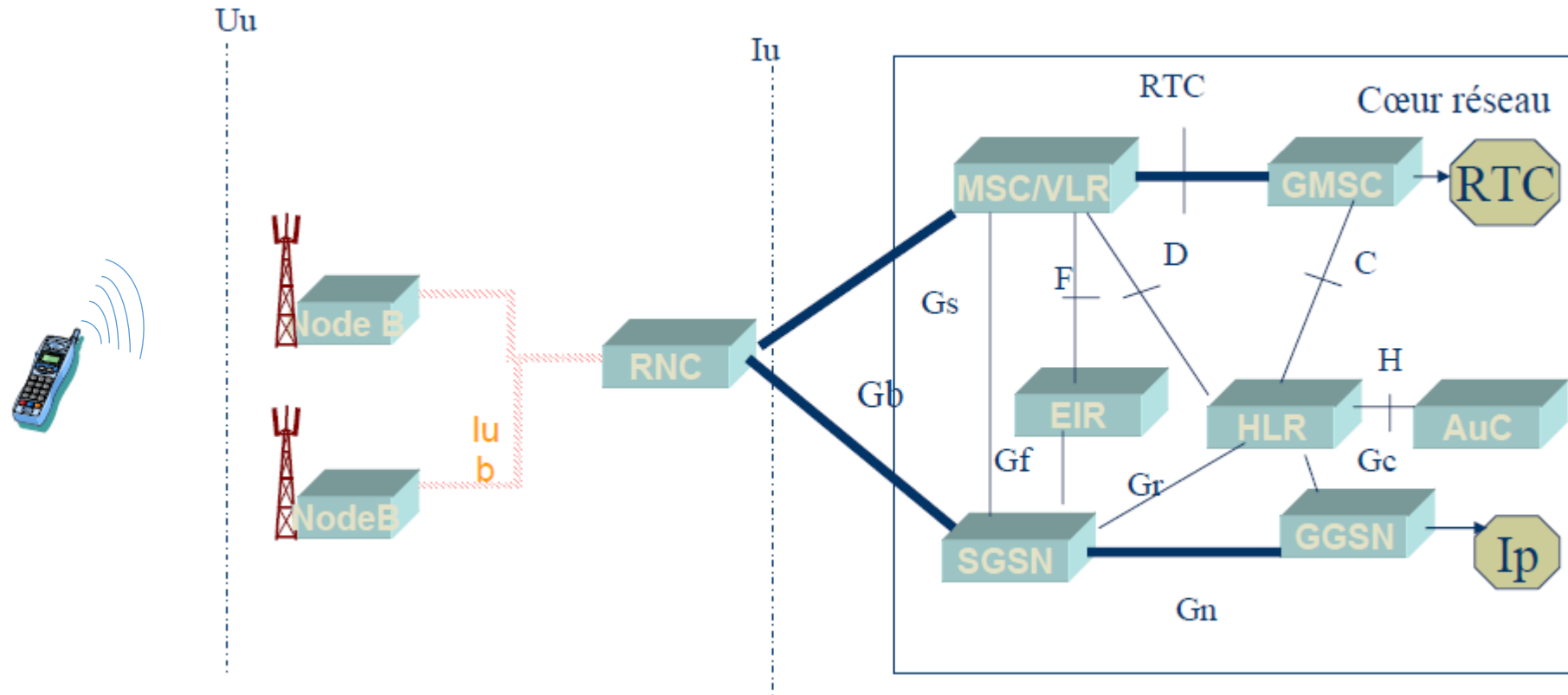
Classement des terminaux UMTS

- Type des UE UMTS en fonction du débit

	Classe 32 Kbits/s	Classe 64 Kbits/s	Classe 128 Kbits/s	Classe 768 Kbits/s	Classe 2048 Kbits/s
Downlink (Kbits/s)	32	64	128	768	2048
Uplink (Kbits/s)	32	64	128	768	

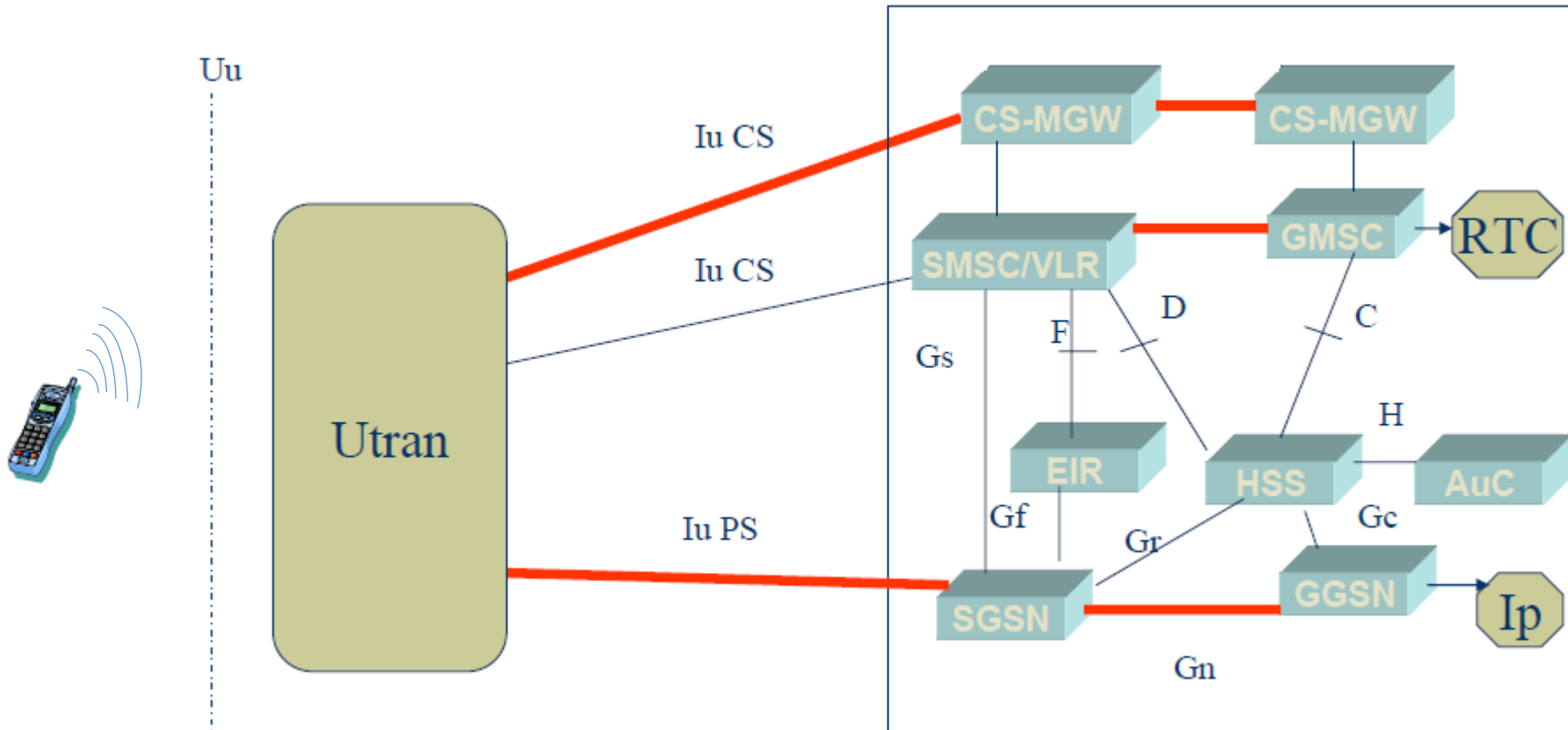
De L'UMTS au LTE

Architecture réseau 3G Release 99



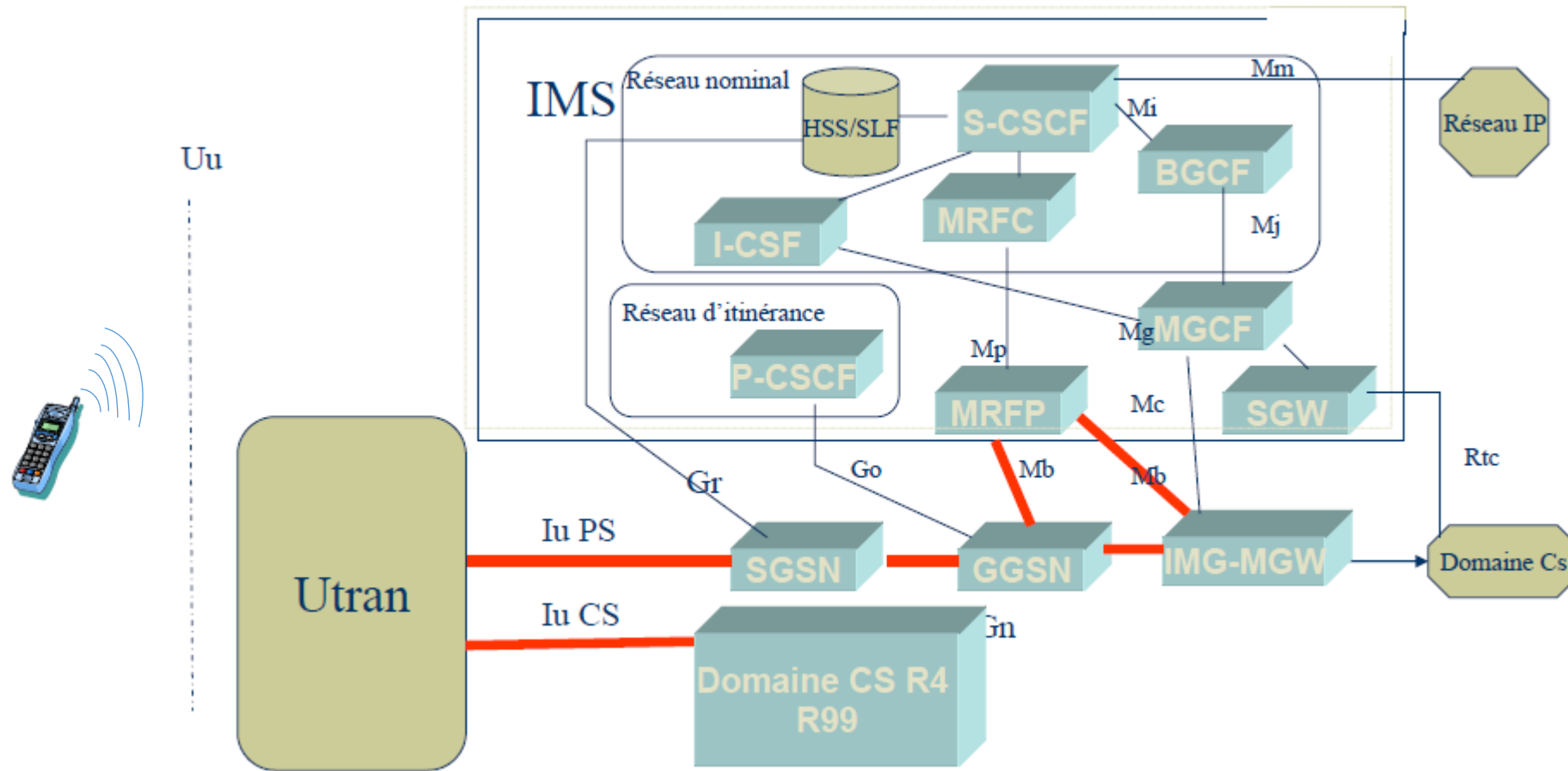
De L'UMTS au LTE

Architecture réseau 3G Release 4



De L'UMTS au LTE

Architecture réseau 3G Release 5



De L'UMTS au LTE

Description des entités d'un réseau 3G

- HSS: Home Subscriber Service, version évoluée du HLR avec les mêmes fonctionnalités
- MGW: Media Gateway, fonction d'interface permettant l'échange de signalisation entre domaine CS et IP
- MRFC (Multimédia Ressource Function Control): Fonction nécessaire à établir des appels multimédia avec plusieurs destinataires
- MGCF: Media Gateway Control Function
- BGCF: Breakout Gateway Control Function: sélectionne le réseau avec le quel l'IMS doit s'interconnecter
- SGW: Signaling Gateway Function, convertit les messages SS7 en signalisation propre au protocole IP et vice-versa
- CSCF: Call State Control Function, entité chargé du routage
- P-CSCF: Proxy CSCF, Gestion des protocoles SIP
- I-CSCF: Interrogating CSCF: Point de contact du réseau nominal en cas d'itinérance de l'UE
- S-CSCF: Session CSCF, Gestion des appels multimédias

De L'UMTS au LTE

Résumé des évolutions cœur réseau

	RAN	CN domaine circuit	CN domaine paquet
Release 99	Réseau de transport basé sur ATM	Réutilisation des technologies GSM existantes (SS7, transmission)	Réseau de transport basé sur des techniques IP sur ATM Reprise de plusieurs protocoles du GPRS
Release 4	Réseau de transport basé sur ATM	Utilisation de IP dans le réseau transport Utilisation de H.248 (commande de passerelles de transcodage) Utilisation de SIGTRAN (transport de signalisation sur IP)	Utilisation de IP dans le réseau de transport Utilisation de H.248 (commande de passerelles de transcodage) Utilisation de SIGTRAN (transport de signalisation sur IP)
Release 5 et +	Possibilité d'utiliser de l'IP dans le RAN HSDPA (de type W-CDMA) HSDPA et OFDM (R6)	Idem R4	Définition du sous système IP multimédia (introduction de SIP)

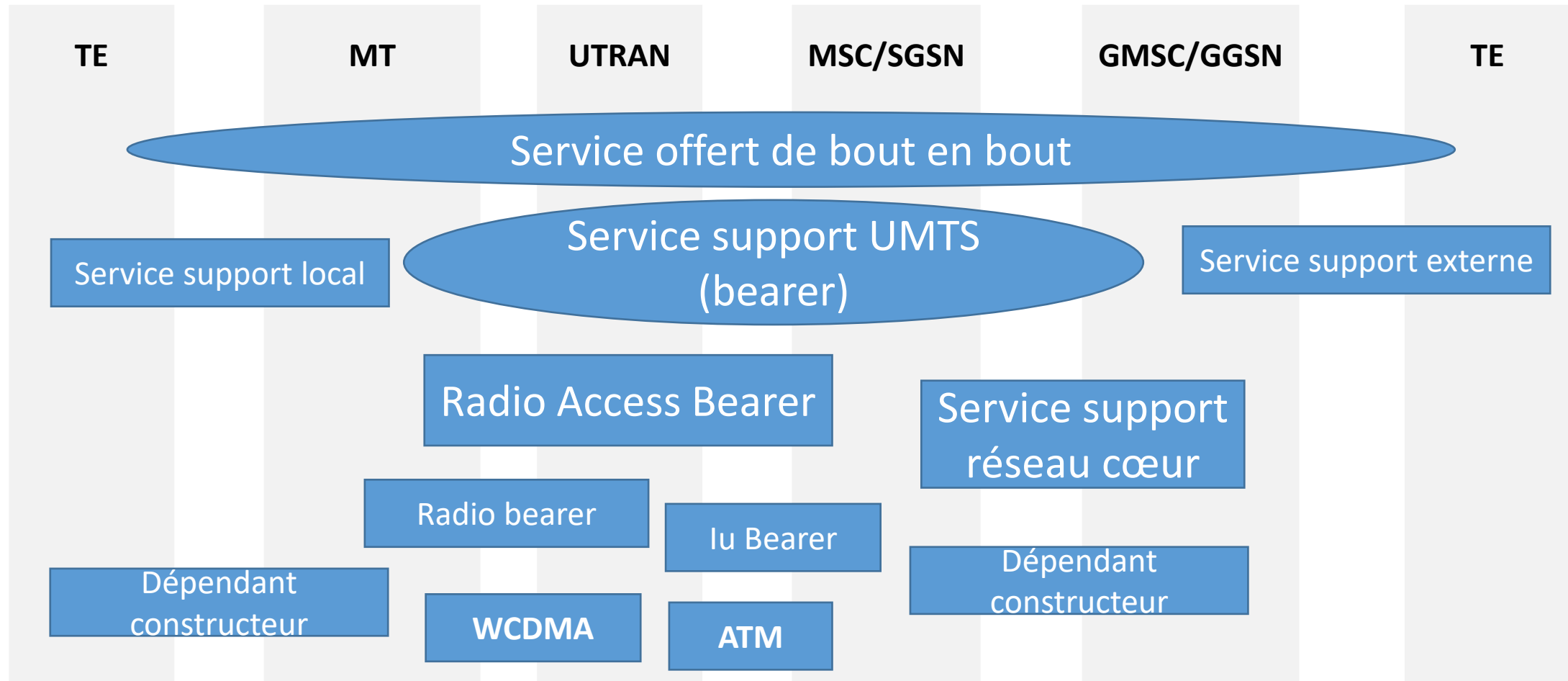
De L'UMTS au LTE

Comparaison des différentes techniques d'accès radio

	GSM	UTRA/FDD	UTRA/TDD
Technique d'accès	FDMA/TDMA	FDMA/CDMA	FDMA/CDMA
Séparation porteuses	200 KHz	5 MHz	5 MHz
Spectre	890 - 915 MHz (Up) 935 – 960 MHz (Down) 1710 – 1785 MHz (Up) 1805 – 1880 MHz (Down) 1850 – 1910 MHz (Up) 1930 – 1990 MHz (Down)	1920 – 1980 MHz (Up) 2110 – 2170 MHz (Down)	1900 – 1920 MHz (Up/Down) 2010 – 2025 MHz (Up/Down)
Modulation	GMSK	BPSK (Up) QPSK (Down)	QPSK
Contrôle de puissance	2 Hz	1500 Hz	100 à 750 Hz
Durée trame	4,615 ms (8 IT)	10 ms	10 ms (15 IT)

De L'UMTS au LTE

Services offerts par l'UMTS



De L'UMTS au LTE

Services supports

- Commutations de circuit (CS): réservation du médium pendant tout le temps (ex: visiophonie)
- Commutation de paquet (PS): pas de ressources dédiées, transfert sous forme de paquet IP ou en tout cas encapsulé dans de l'IP-MGCF: Media Gateway Control Function
- Caractéristiques d'un service support:
 - ✓ Débit minimum nécessaire
 - ✓ Qualité de service minimum (QoS)

De L'UMTS au LTE

QoS UMTS

- Classe de service (streaming, interactive, background)
- Débit max.
- Débit garantie
- Livraison ordonnancé
- Taille max. des SDU
- Taux d'erreur de SDU reçu
- Taux d'erreur binaire résiduel
- Délais de transfert
- Délais maximum toléré
- Variation de délais
- Priorité d'allocation

De L'UMTS au LTE

Les différentes classes de services

- Streaming: ex Vidéo à la demande ou visiophonie, ce service est soumis aux contraintes de temps, d'erreur résiduelle et de consommation mémoire
- Interactive: ex Navigation Web, ce service est moins sensible au problème de temps si celui ci est raisonnable
- Background: ex envoie de mail ou téléchargement en tâche de fond, ce service est soumis à des contraintes d'erreurs faibles par contre le délais d'acheminement a peu d'importance

De L'UMTS au LTE

Différentes valeurs de QoS possibles en UMTS

			Service temps réel	Service non temps réel
Types d'environnement	Vitesse relative au sol	Débit	BER Délais max.	BER Délais max.
Rural	500 km/h (TGV)	144 Kbits/s	10^{-5} 10^{-8} 20 – 300 ms	10^{-3} 10^{-4} > 150 ms
Urbain	120 km/h	384 Kbits/s	10^{-5} 10^{-8} 20 – 300 ms	10^{-3} 10^{-7} > 150 ms
Indoor à courte portée	< 10 km/h	2048 Kbits/s	10^{-5} 10^{-8} 20 – 300 ms	10^{-3} 10^{-7} > 150 ms

De L'UMTS au LTE

Les services USSD (Unstructured Supplementary Service Data

- Ce sont des services propres à chaque opérateur ex: #122# (resp. *100#) chez Orange (resp. Moov) pour accéder à son compte
- Ils nécessitent l'établissement d'une connexion
- Ils utilisent les canaux de signalisation UMTS ou GSM

De L'UMTS au LTE

Sommaire

- Introduction à la 3G
- Architecture générale de l'UMTS
- **L'UTRAN**
- Le WCDMA
- L'accès stratum (AS)
- Le NAS
- L'évolution de l'UMTS
- Conclusion

De L'UMTS au LTE

Définition de l'UTRAN

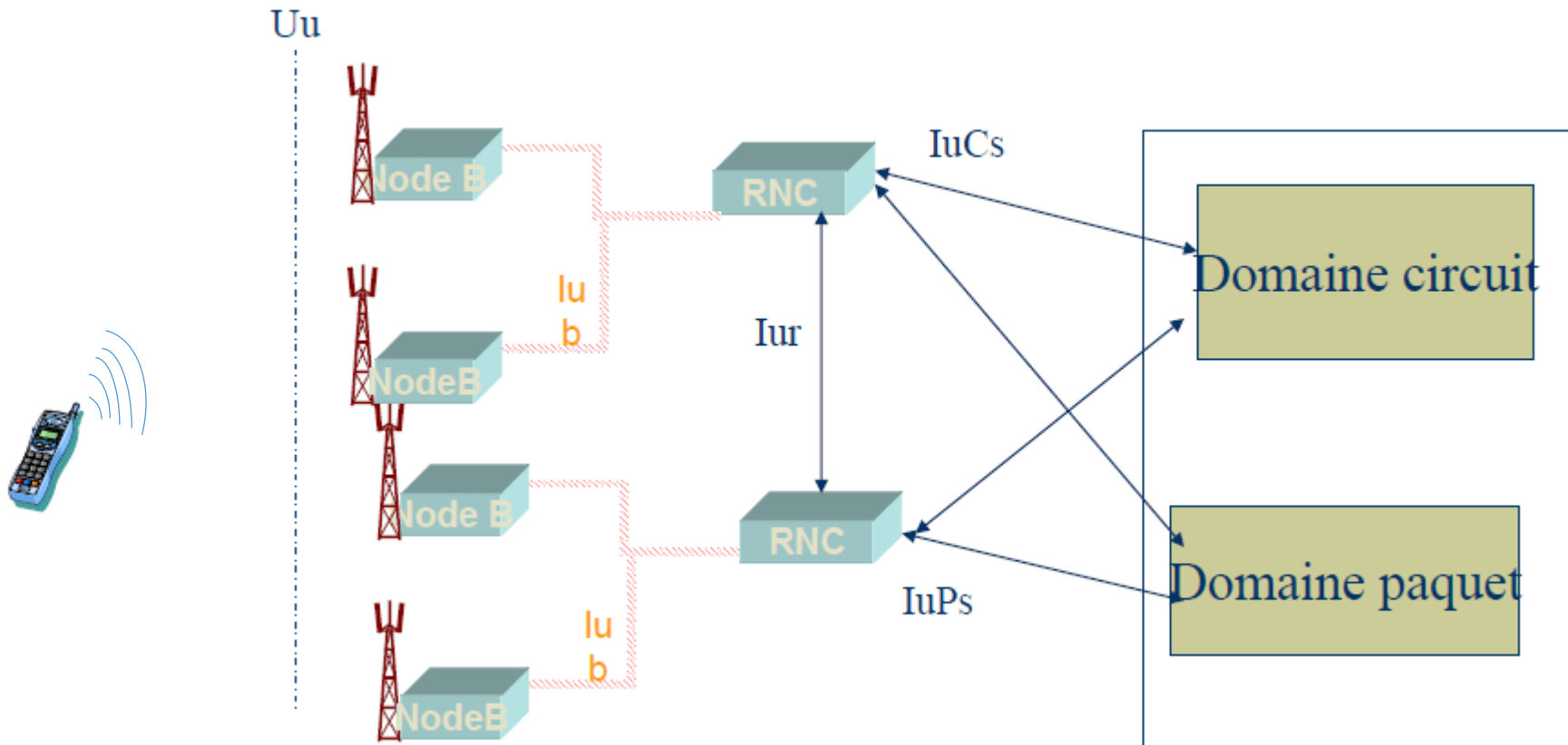
- Universal Terrestrial Radio Access Network
- Point de liaison entre le cœur réseau et le mobile

Rôles de l'UTRAN

- Contrôler la gestion des ressources radio
- Garantir le transfert des données de signalisation ou d'utilisateur
- Gérer une partie des fonctions de la mobilité

De L'UMTS au LTE

Architecture de l'UTRAN



De L'UMTS au LTE

Interface de l'UTRAN

Interface UMTS	Localisation	Description	Equivalent GSM
Uu	UE/UTRAN	Interface qui permet la communication mobile UTRAN	Um
Iu	UTRAN/Cœur réseau	Permet au RNC du domaine concerné de dialoguer avec le MSC/VLR ou le SGSN concerné	A (domaine CS) Gb (domaine PS)
Iur	RNC/RNC	Permet à deux RNC de communiquer entre eux, notamment lors de la mobilité	Nouveau (n'existe pas en GSM)
Iub	Node B/RNC	Permet la communication Node B/RNC	Abis

De L'UMTS au LTE

Radio Network Subsystem (RNS)

- Un Nœud B (Node B): station de base UMTS en charge de la transmission et la réception WCDMA, elle est en contact direct avec le RNC
- Un RNC: Equipement qui contrôle l'utilisation et l'intégrité des ressources radio

De L'UMTS au LTE

Le Node B

- Nœud d'accès à l'UTRAN
- Il existe un Node B par cellule ou secteur identifié
- Il a un rôle primordial dans les tâches physiques
 - ✓ Codage/décodage canal
 - ✓ Entrelacement
 - ✓ Étalement de spectre
 - ✓ Modulation/Démodulation
- Il participe au contrôle de puissance
 - ✓ Node B → UE et UE → Node B, adaptation de puissance en boucle interne
 - ✓ Ce contrôle de puissance est basé sur un seuil de qualité
- Il joue un rôle dans le handover en prélevant la qualité du signal

De L'UMTS au LTE

Le Node B et la macro diversité

- Une fréquence peut être partagée par une ou plusieurs cellules
- La macro diversité revient à transmettre l'information sur plusieurs cellules ou secteurs en même temps
- Le mobile combine les signaux des différentes cellules pour une meilleure réception (principe même du *rake receiver*)

De L'UMTS au LTE

Handover et macro diversité

Hard handover



Soft handover



De L'UMTS au LTE

Contrôleur du réseau radio (RNC)

- Equivalent du BSC en GSM
- Ses rôles principaux sont:
 - ✓ Contrôler la puissance en boucle externe
 - ✓ Contrôler le Handover
 - ✓ Gérer l'admission et la charge des mobiles sur le réseau
 - ✓ Allouer des codes CDMA
 - ✓ Séquencer la transmission en mode paquet
 - ✓ Gérer la macro diversité

De L'UMTS au LTE

RNC de contrôle

- Rôle indépendamment d'une connexion avec un mobile ou pas
- Contrôle l'admission ou le refus d'un utilisateur
- Contrôle les ressources radios lors d'un handover
- Il y a un seul RNC de contrôle par NodeB

RNC serveur

- Gère individuellement les besoins radio de chaque utilisateur après une connexion RRC
- Gère la connexion radio avec l'UE
- Gère la macro diversité en sélectionnant les trames des différents NodeB

RNC de dérivation

- Joue un rôle dans la macro diversité
- On parle de RNC de dérivation si les cellules appartiennent à des RNS différents

De L'UMTS au LTE

L'URA et les nouveaux identifiants

- URA (UTRAN Registration Area): ensemble de cellules ou de secteurs de cellules (proche de la RA en 2G)
- En plus du TMSI et du PTMSI des nouveaux identifiants ont été créés:
 - ✓ SRNTI (Serving-Radio Network Temporary Identities): permet d'associer d'une manière unique un UE à un SRNC
 - ✓ DRNTI (Drift-Radio Network Temporary Identities): permet d'associer un UE à un DRNC de manière unique
 - ✓ CRNTI (Cell-Radio Network Temporary Identities): c'est identifiant est alloué au mobile dès que ce dernier passe sous la couverture du Contrôle RNC
 - ✓ URNTI (UTRAN-Radio Network Temporary Identities): association du SRNTI et de l'identifiant du SRNC il permet d'identifier le mobile dans l'UTRAN

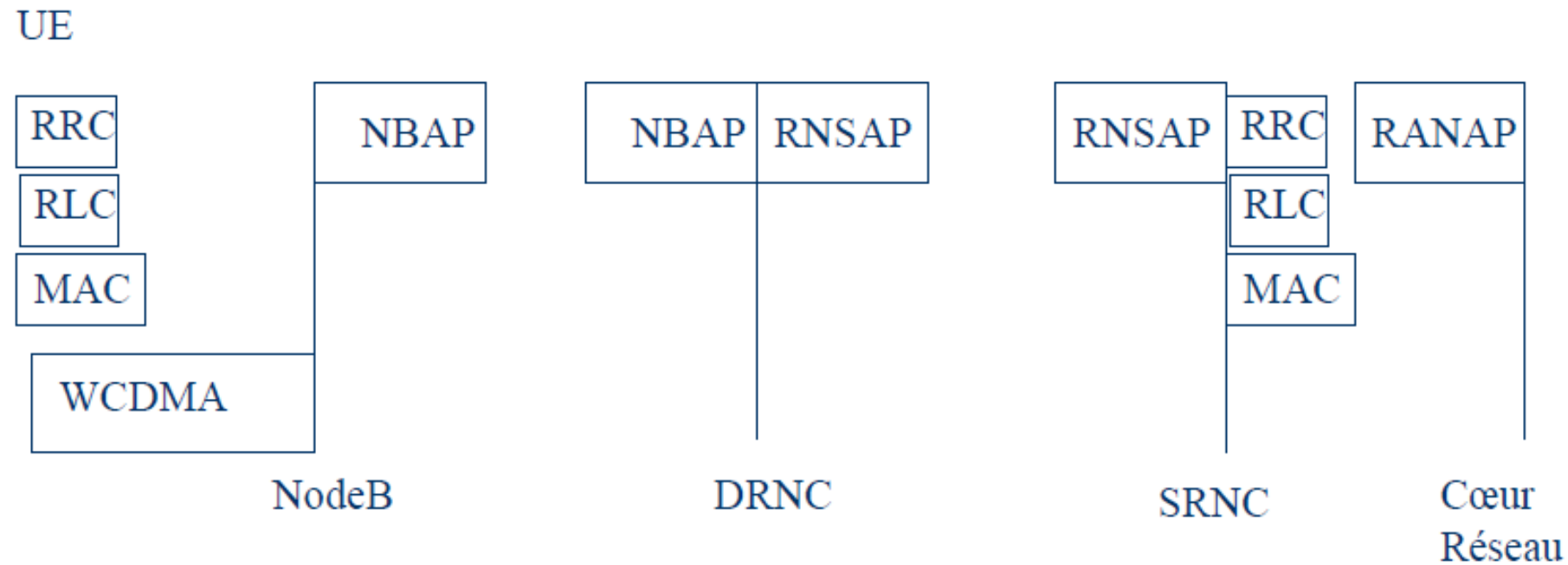
De L'UMTS au LTE

Protocole de transport au sein de l'UTRAN: l'ATM

- Le choix de l'ATM a été guidé par ses nombreux avantages:
 - ✓ Gestion dynamique des ressources avec une allocation selon les besoins
 - ✓ Possibilité grâce l'ATM de garantir la QOS au moins au sein du réseau de l'opérateur
 - ✓ ATM a été choisi aussi pour les réseaux Broadband on a donc une interopérabilité plus grande
 - ✓ Gestion optimisée du routage grâce à la création de liens virtuels

De L'UMTS au LTE

Différents protocoles de l'UTRAN



De L'UMTS au LTE

Le protocole NBAP (NodeB Application Part)

Deux types de procédures sont associées à ce protocole

1. Aux canaux communs (RACH, CPCH, FACH,PCH)

- ✓ Établissement de canaux
- ✓ Modifications de canaux
- ✓ Libérations
- ✓ Mesures pour garder une certaine qualité de connexion

2. Aux canaux dédiés (DCH)

- ✓ Même procédure qu'en 1)
- ✓ Contrôle de puissance pour éviter « d'éblouir » d'autres utilisateurs
- ✓ En FDD, établissement du mode compressé ou non pour faire les mesures

De L'UMTS au LTE

Le protocole RNSAP (Radio Network Sub-system Application Part)

- Ce protocole gère la signalisation entre 2 RNC généralement celui de contrôle et de dérivation
- Ce protocole incorpore 4 fonctionnalités:
 - ✓ La gestion de la mobilité
 - ✓ La gestion des canaux communs
 - ✓ La gestion des canaux dédiés si nécessaires
 - ✓ La gestion des procédures globales

De L'UMTS au LTE

Le protocole RANAP (Radio Access Network Application Part)

- Ce protocole gère la signalisation entre l'UTRAN et le réseau cœur
- Il gère les relocalisations de SRNS (donc de RNC)
- Il gère le transport des messages de signalisations entre la NAS du mobile et celle du réseau cœur
- Il gère complètement les Radio Access Bearer (RAB)
- Il gère les messages de paging
- Il gère les procédures d'authentification et de chiffrement
- Il gère la localisation du mobile au sein de l'UTRAN

De L'UMTS au LTE

Sommaire

- Introduction à la 3G
- Architecture générale de l'UMTS
- L'UTRAN
- **Le WCDMA**
- L'accès stratum (AS)
- Le NAS
- L'évolution de l'UMTS
- Conclusion

De L'UMTS au LTE

Définition de l'étalement de spectre

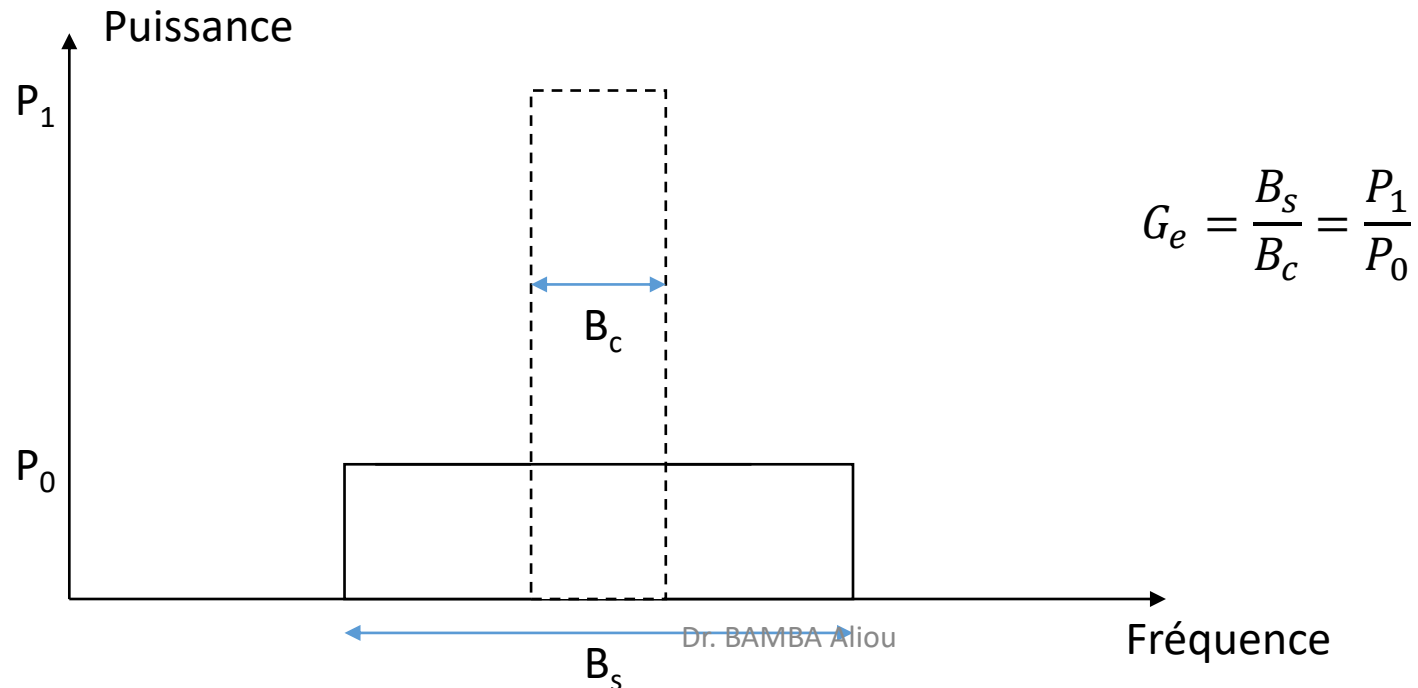
- Transmission d'un signal d'information sur une largeur de bande supérieure à la largeur de bande que nécessite le signal
- Cette technique peut être assimilée à une technique de modulation
- Le code d'étalement doit être indépendant du signal de départ
- Le récepteur doit utiliser ce même code pour désentrelacer le signal

De L'UMTS au LTE

Intérêt de l'étalement de spectre

- Le rapport signal à bruit est inversement proportionnel à la largeur de bande donc si la largeur de bande augmente et la capacité du canal reste identique le rapport signal à bruit nécessaire diminue

Influence de l'étalement de spectre



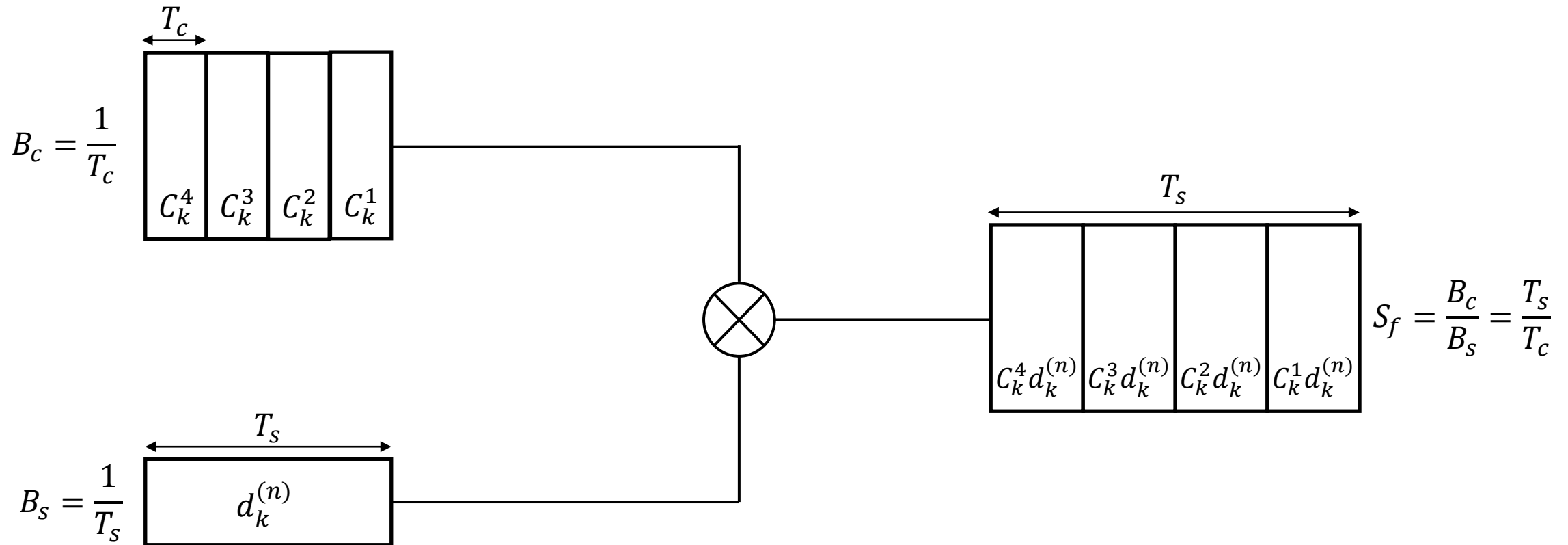
De L'UMTS au LTE

Etalement de spectre par séquence directe (émission)

- Le rapport signal à bruit est inversement proportionnel à la largeur de bande donc si la largeur de bande augmente et la capacité du canal reste identique le rapport signal à bruit nécessaire diminue

De L'UMTS au LTE

Etalement de spectre par séquence directe (émission)



De L'UMTS au LTE

Les propriétés des codes de Walsh Hadamard

- Le premier élément du code C_i est toujours +1
- Ils sont générés par la matrice dite de Hadamard avec $H_1 = +1$

De L'UMTS au LTE

Les codes de Walsh Hadamard

- Ils sont orthogonaux
- Ils sont générés par la matrice dite de Hadamard avec $H_1 = +1$

$$H_{2m} = \begin{pmatrix} H_m & H_m \\ H_m & H_{-m} \end{pmatrix}$$

$$H_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

$$H_4 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

Conclusions 3G

Révolution du réseau mobile

Service voix et data à débit acceptable (développement d'applications)

Nouvelles bandes de fréquences

Techniques d'accès améliorées pour augmenter la capacité

Gestion de la QoS