

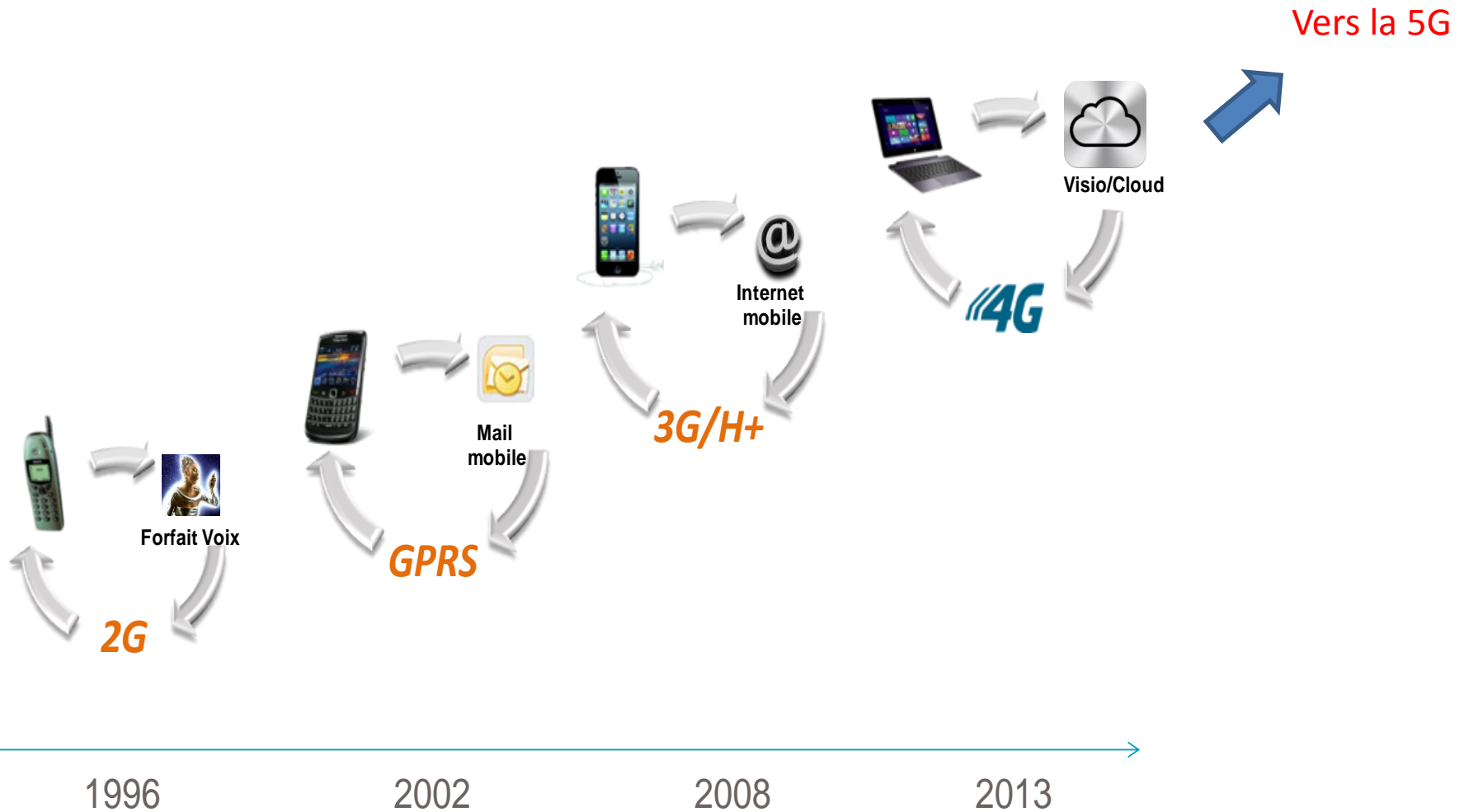
3^{ème} Génération mobile

Technologie UMTS

TOUATI Nadjah

Avril 2016

Rappel génération mobiles



Systemes de 3^{ème} Génération

AGENDA

1. La norme
2. RAPPELS ANCIENNES GENERATIONS
3. OBJETCIFS DE L' UMTS
4. ARCHITECTURE de l' UMTS R99
5. INTERFACES DE L' UTRAN
6. INTERFACE RADIO DE L' UTRAN
7. GESTION DE L' INTERFACE RADIO
8. RESEAU COEUR et EVOLUTION
9. HSDPA
10. PLANIFICATION ET DIMENTIONNEMENT DE L' UTRAN

Systemes de 3^{ème} Génération

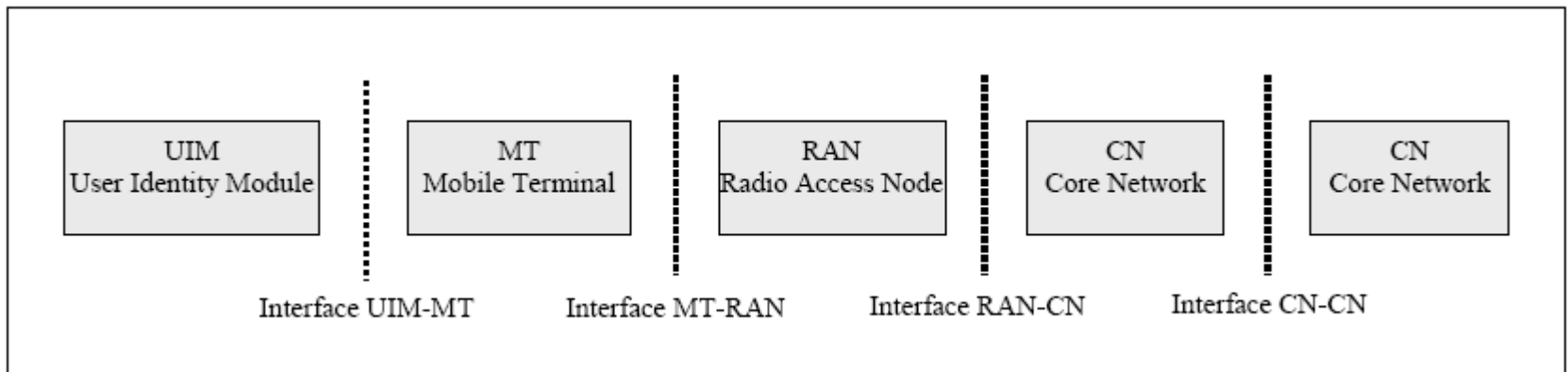
1. la norme

Concept IMT2000

- Projet de l'UIT (Union Internationale des télécommunications), normalisation des systèmes de télécommunications mobiles de troisième génération. Baptisé IMT-2000 (International Mobile Telecommunication System 2000),

Les objectifs du projet IMT-2000 sont :

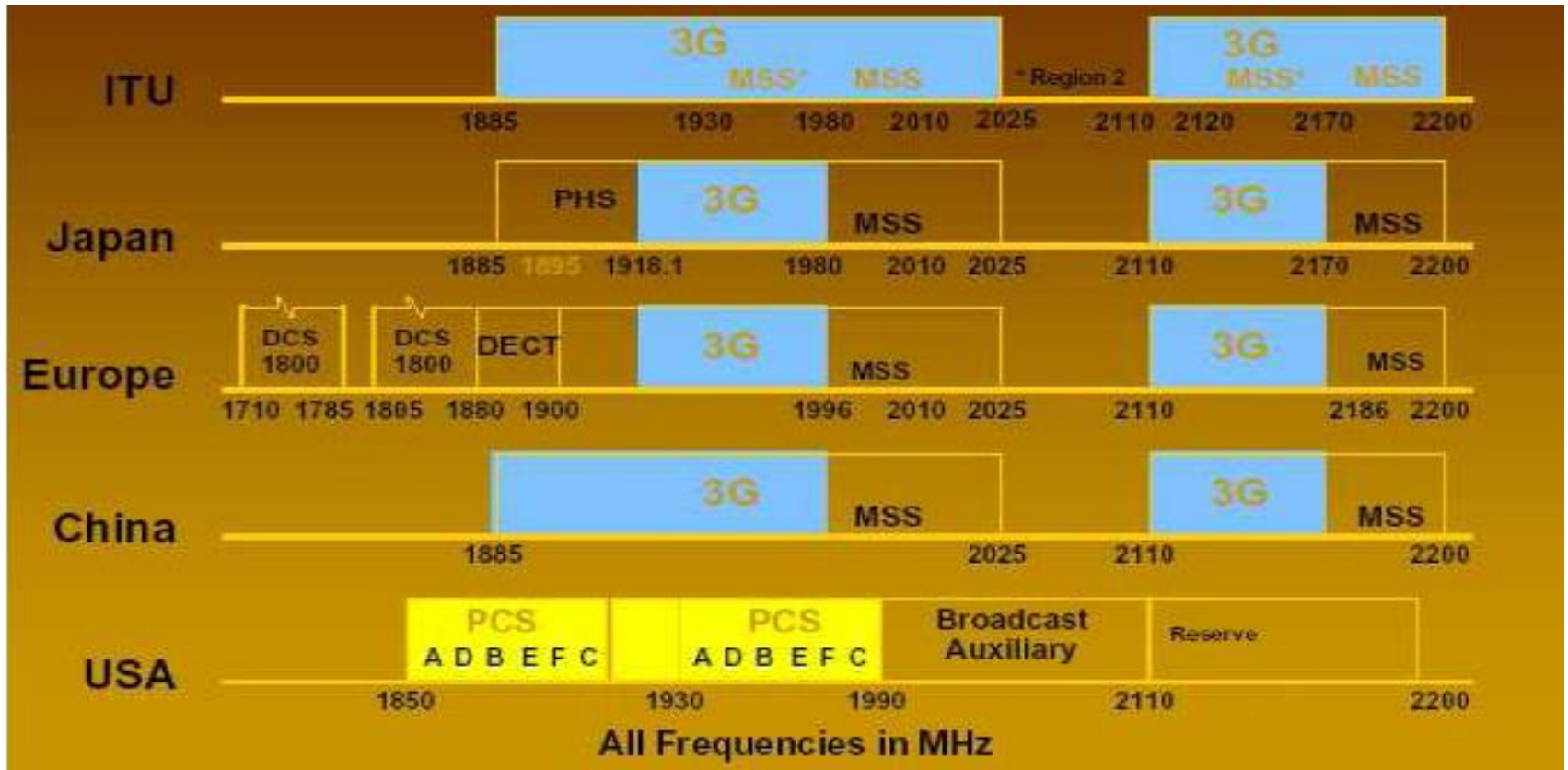
- o La définition d'un cadre pour que les systèmes de cette famille soient compatibles avec eux.
- o Un système cellulaire compatible avec les systèmes de la seconde génération.
- o Des services de phonie
- o Des services de données
- o Des composants et des interfaces normalisés.



Concept IMT2000

- La **3GPP**(**3rd Generation Partnership Project**) a travaillé de son côté sur une norme européenne, il s'agit du projet UMTS qui est devenu membre de la famille IMT-2000.
- **3GPP** est une organisation internationale de standardisation formée par six organisations de standardisation régionales : ARIB (Japan), CWTS (Chine), ETSI (Europe), T1 (USA), TTA (Corée) et TTC (Japan).
- Le travail de spécification technique de 3GPP est effectué dans **des groupes de travail**, les TSG (Technical Specification Group). Il en existait cinq en 2001 :
 - o **Aspects services et système (SA : Services Aspects)**: a pour objectif de spécifier les services usager et l'architecture générale du réseau UMTS.
 - o **Réseau d'accès radio (RAN : Radio Access Network)**: a pour responsabilité la définition des protocoles et l'architecture du réseau d'accès de l'UMTS.
 - o **Réseau de base (Core Network)**: Est en charge des protocoles du contrôle d'appel et de services supplémentaires, ainsi que l'interconnexion avec les réseaux extérieurs.
 - o **Terminaux**: a pour objectif de définir la structure de la carte USIM, et les fonctions et les tests de conformance des terminaux UMTS.
 - o **Réseau d'accès radio GSM/EDGE (GERAN)**.

Allocations de spectre 3G

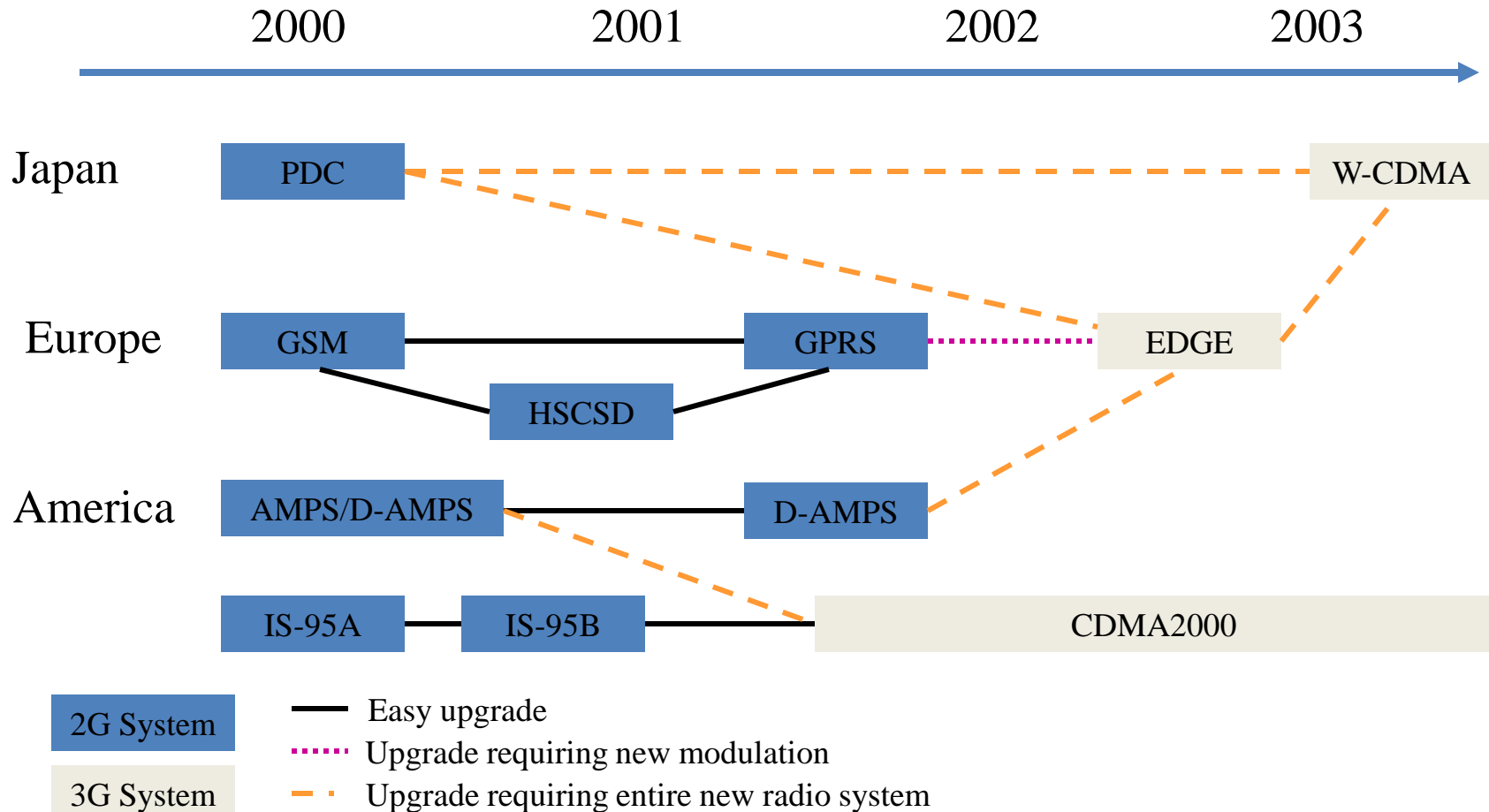


Normes 3G approuvés

UIT a approuvé 4 normes (standards) 3G :

- **EDGE** (*Enhanced Data rates for Global Evolution*)
 - Norme TDMA
 - (2.75G)
- **UMTS** (*Universal Mobile Telephone Service*) ou **WCDMA** (Wideband CDMA)
 - Norme dominante en dehors des USA
 - Vu comme la migration vers le 3G pour les systèmes GSM/TDMA
- **CDMA 2000 3x-RTT**
 - Appelé également (3X et *cdma three*) : en concurrence directement avec le W-CDMA jusqu'à 2 Mbps
 - Vu comme la migration vers le 3G pour les systèmes IS-95 qui dominant aux USA
- **TD-SCDMA** : Norme développée et utilisée uniquement en Chine

Migration Path



UMTS (*Universal Mobile Telephone Service*)

- UMTS est un système 3 proposé par le 3GPP (*3rd generation partnership project*).
- UMTS est un système large bande, basé sur la commutation de circuit et de paquet, transmission de texte, voix numérisée, vidéo et multimédia avec des débits jusqu' à 2 Mb/s (plus avec HSDPA).
- UMTS redéfinit une nouvelle interface radio basée sur la technique d'accès W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access).
- L' évolution du réseau cœur UMTS est plus progressive :
 - première version UMTS Release 99 (R99 ou R3) réutilise les mêmes technologies que la 2G.
 - Les versions ultérieures (R4 et R5, R6) introduisent des évolutions plus importantes (technologies dites « NGN Next Generation Networks »)
- Inclut 2 parties : UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*) et le coeur de réseau hérité du GSM.

Systèmes de 3^{ème} Génération

2. Rappel anciennes générations

2G, 2G+

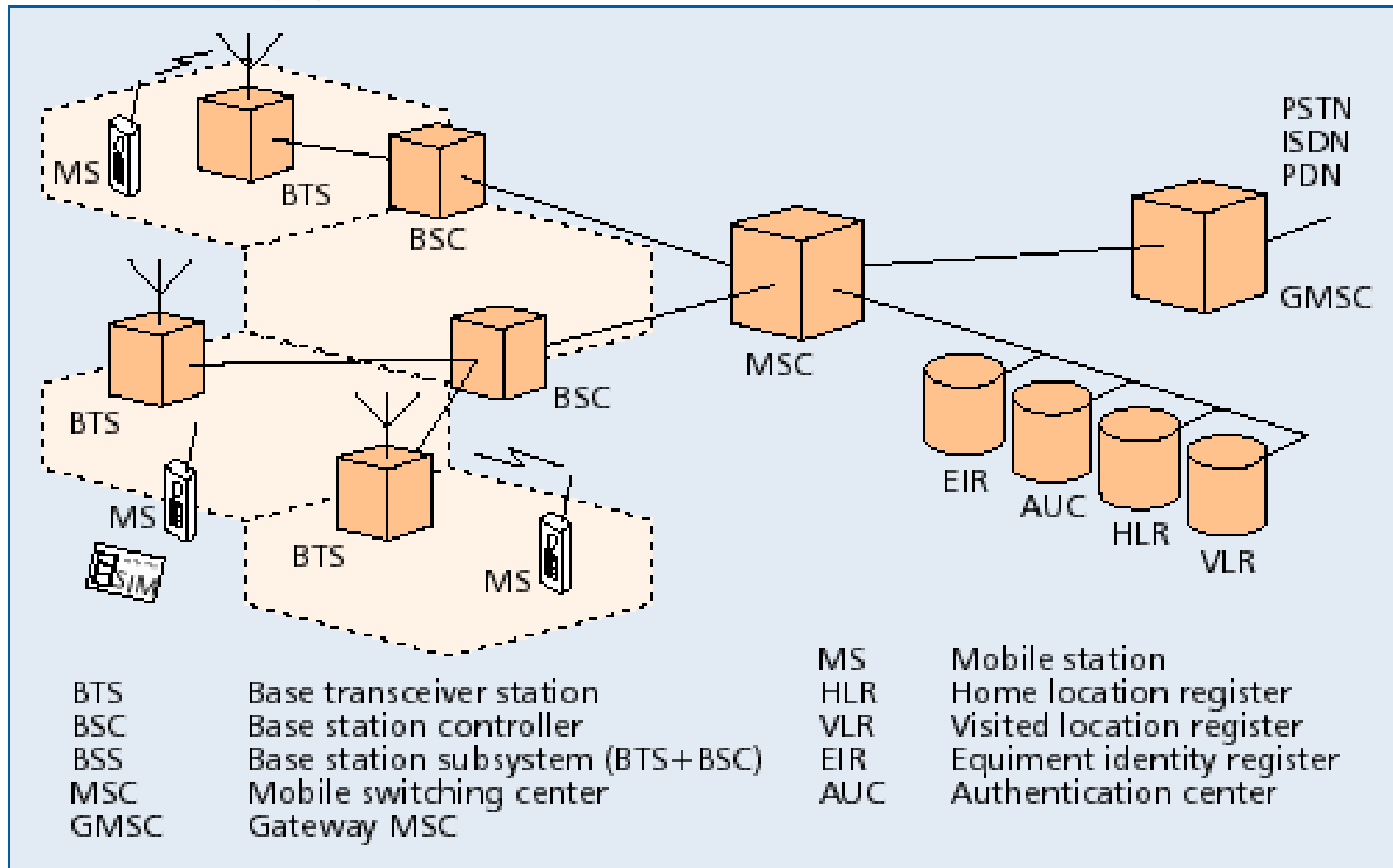
- Le **GSM** conçu pour de la téléphonie mobile, autrement dit pour des communications **en mode circuit** à faible débit. Toutefois, il reste contraignants pour les services de données.
- Pour pallier ces limitations, le standard du **GSM** évolue sans cesse. Dans un premier temps, le **GSM** a standardisé des règles pour réaliser du transfert de données en utilisant les **circuits de voix**.
- Pour améliorer encore l'efficacité du transfert de données, une évolution majeure du **GSM** est normalisée sous le nom de **GPRS** (General Packet Radio Service). Le **GPRS** introduit une architecture réseau en **mode paquet**.
- Enfin, **EDGE** (Enhanced Data for GSM Evolution) propose des débits supérieurs par l'introduction d'une modulation plus efficace, applicable à la fois au **HSCSD** (High Speed Circuit Switched Data) et au **GPRS**.
- L'association du **GPRS** et d'**EDGE** est souvent considérée comme un système **2,5 G** et **2.75 G**, intermédiaire entre les systèmes **2 G** (**GSM**, etc.) et **3 G** (**UMTS**, etc.).

Principales propriétés de la couche physique

2G

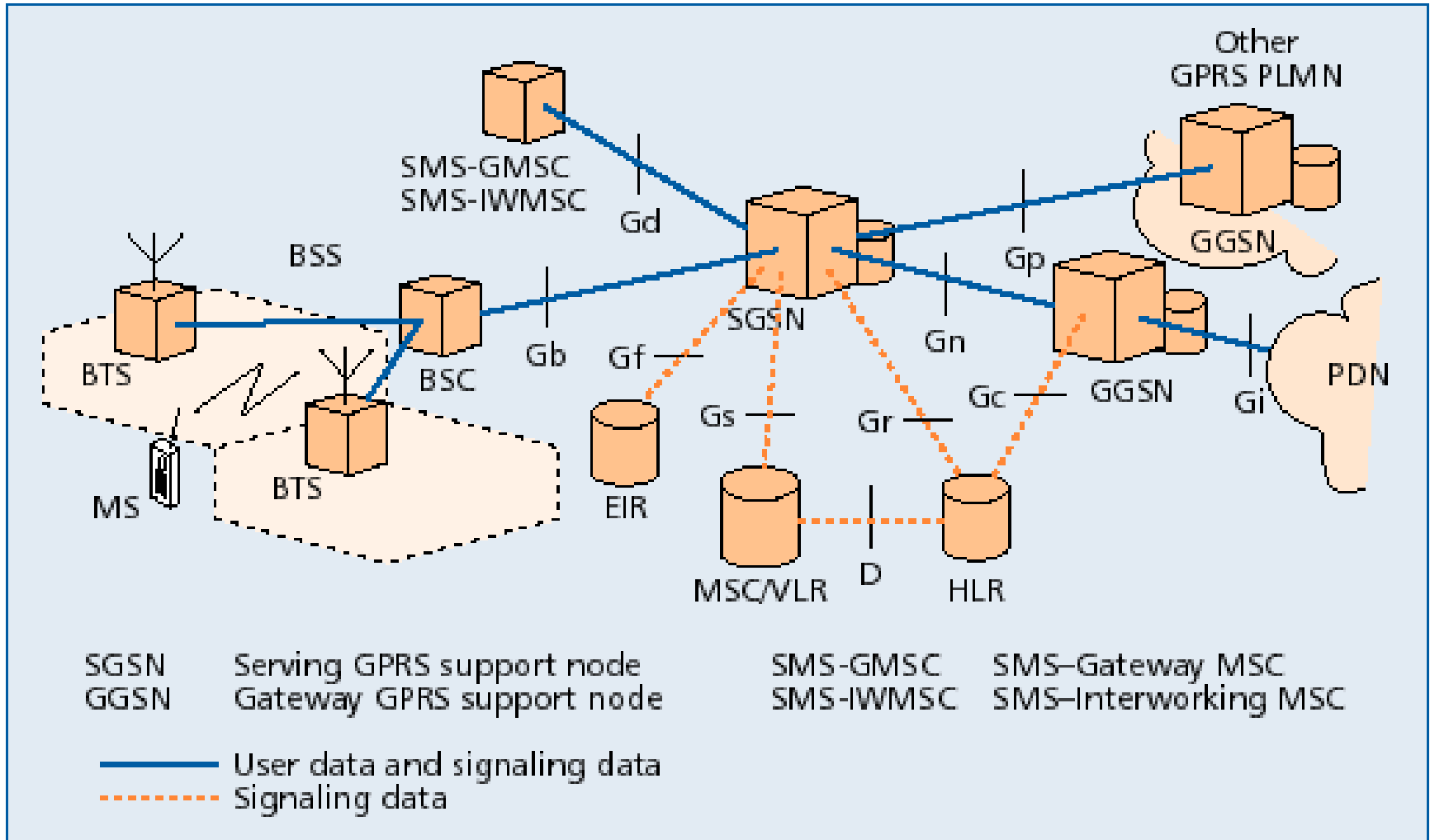
	GSM	DCS
Bande de fréquence	890-915 MHz (up) 935-960 MHz (down)	1710-1785 MHz (up) 1805-1880 MHz (down)
Nombre d'intervalles de temps par trame TDMA	8	8
Nombre de porteuses	124	374
Fréquences porteuses	$f_d = 935 + 0,2 \cdot n$, pour $1 \leq n \leq 124$	$f_d = 1805,2 + 0,2 \cdot (n - 512)$, pour $512 \leq n \leq 885$
Ecart Duplex	45 MHz	95 MHz
Rapidité de modulation	271 kbit/s	271 kbit/s
Débit de la parole	13 kbit/s (5,6 kbit/s)	13 kbit/s (5,6 kbit/s)
Débit après codage d'erreur	22,8 kbit/s	22,8 kbit/s
Débit max de données	12 kbit/s	12 kbit/s
Accès multiple	Multiplexage fréquentiel et temporel, duplexage fréquentiel	Multiplexage fréquentiel et temporel, duplexage fréquentiel
Rayon des cellules	0,3 à 30 km	0,1 à 4 km
modulation	GMSK	GMSK

Rappel de l'architecture GSM

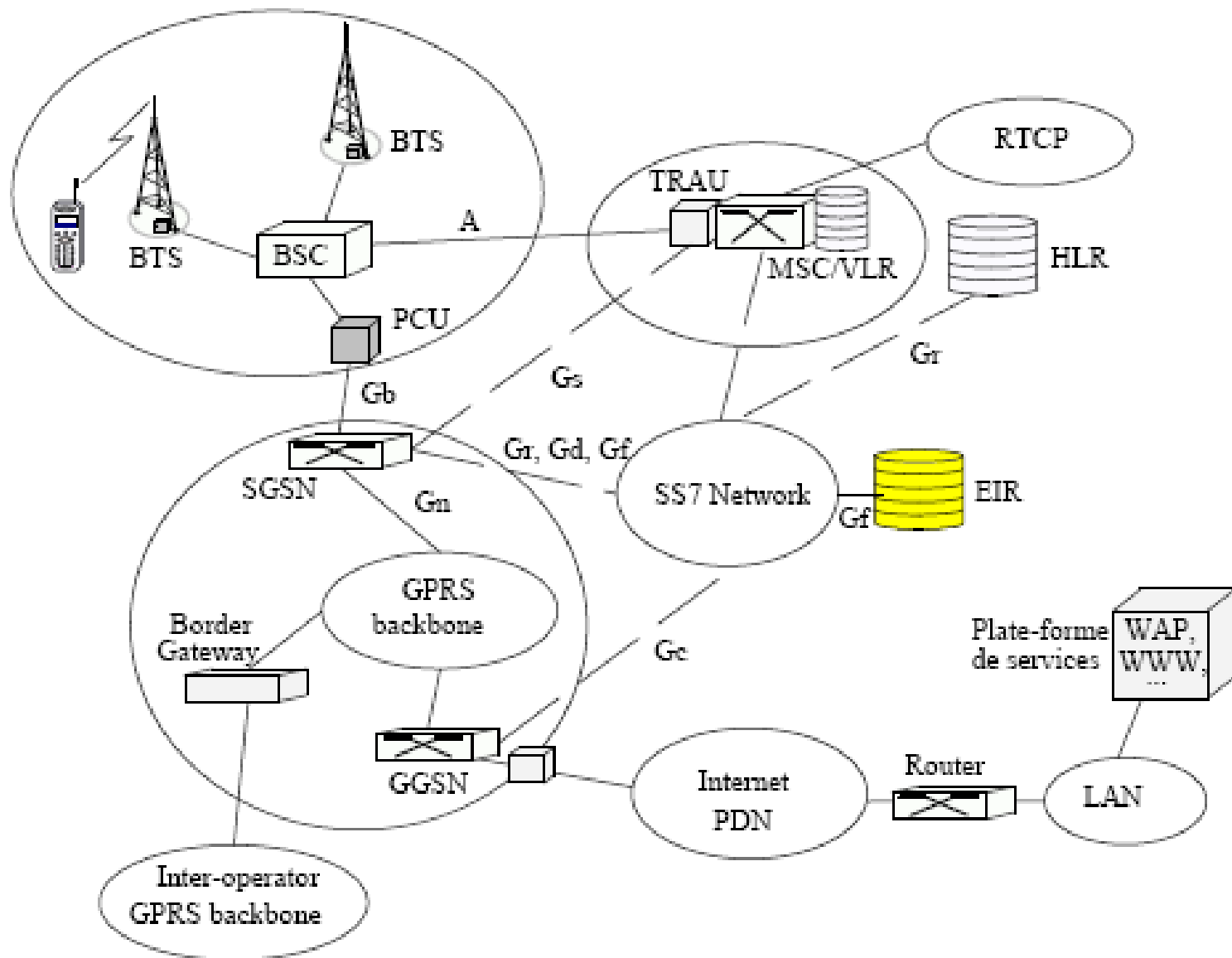


GMSC: permet de fournir la fonction [EDGE](#) aux réseaux [GSM](#). C'est un équipement réalisant une fonction "passerelle" (gateway) avec le [réseau téléphonique commuté](#) public (de signalisation et circuits) et avec les réseaux [IP](#)

L' architecture GPRS



L'architecture GPRS + GSM



Systemes de 3^{ème} Génération

3. Objectifs et base de l' UMTS

Objectifs de l'UMTS

UMTS permet des améliorations substantielles par rapport au GSM, notamment :

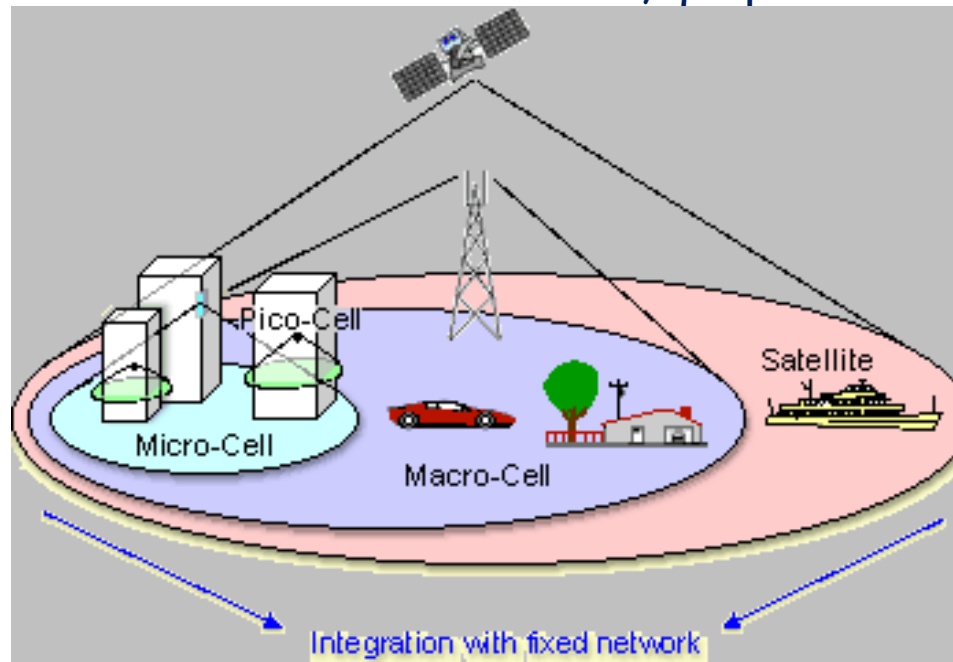
- o Un accès efficace et plus rapide à Internet et aux intranets depuis des téléphones portables ;
- o Une amélioration significative des débits de transmission grâce à l'évolution des technologies radio qui autorise une meilleure efficacité spectrale;
- o Une meilleure qualité des communications tendant vers une qualité d'audition comparable à celle de la téléphonie fixe ;
- o Capacités multimédia et mobilité sur une très grande étendue géographique.
- o Fonctionnement en mode GSM/UMTS : Itinérance totale entre les réseaux GSM et entre les éléments terrestres et satellitaires des réseaux UMTS.
- o Solution au problème croissant de saturation des réseaux GSM, notamment en de grandes villes.

Débits en kbit/s

	GSM (2G)	GPRS (2.5)	EDGE (2.75G)	UMTS R99 (3G)	UMTS HSPDA
Vitesse maxi	9.6	115	384	2000	
Débit réel	9.6	40	100-200	384	3000-4000

Hiérarchie des cellules d'un réseau UMTS

Comme le réseau GSM, l'UMTS est divisé en cellules de taille variables : macro-cellules, micro-cellules, pico-cellules, en fonction de la densité de population à servir. Une extension existe, qui permet un accès par satellite.



Le débit dépend de la vitesse de l'utilisateur supportée par une cellule particulière :

Macro-cellule , 144 kbps, pour 500 km/h,

Micro-cellule , 384 kbps, pour 120 km/h,

Pico-cellule , 2 Mbps, pour 10 km/h.

Métriques de Classes de services

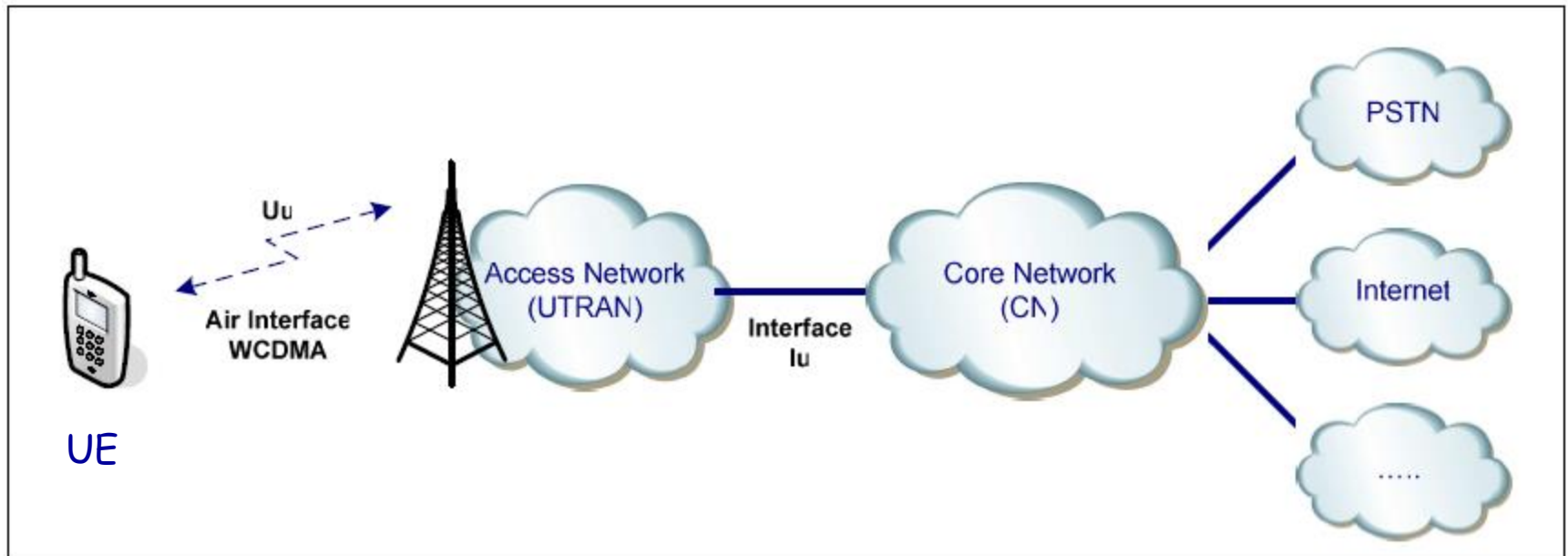
La qualité de service est généralement définie par les critères suivants:

- + **Délai** : temps écoulé entre l'envoi d'un paquet par un émetteur et sa réception par le destinataire. Le délai comprend les délais de propagation, de transmission, de traitement et d'attente dans les systèmes intermédiaires.
- + **Gigue sur le délai** : variation du délai de deux paquets consécutifs.
- + **Bande passante minimum** : taux de transfert minimum pouvant être maintenu entre deux points terminaux.
- + **Fiabilité** : taux moyen d'erreurs d'une liaison.

Classes de services

Classes de service	Caractéristiques	Exemples	Exigence en QoS
Classe A : Conversationnelle	<ul style="list-style-type: none"> - transport bidirectionnel entre deux personnes - contraintes de QoS basées sur la perception humaine - conserve la relation temporelle entre les entités du flot - temps réel 	voix sur IP jeux vidéo vidéo conférence	faible délai faible gigue
Classe B : Diffusion en flux tendu	<ul style="list-style-type: none"> - transport unidirectionnel vers une personne - conserve la relation temporelle entre les entités du flot - temps réel 	flux vidéo flux audio multimédia	faible délai
Classe C : Interactive	<ul style="list-style-type: none"> - transport bidirectionnel entre un usager et un serveur - conserve la charge utile - non temps réel 	navigation internet accès base de données	faible taux d'erreur
Classe D : Tâche de fond	<ul style="list-style-type: none"> - transport unidirectionnel vers une machine - conserve la charge utile - non temps réel 	courrier électronique transfert de fichiers transfert de données	faible taux d'erreur

Architecture du réseau UMTS



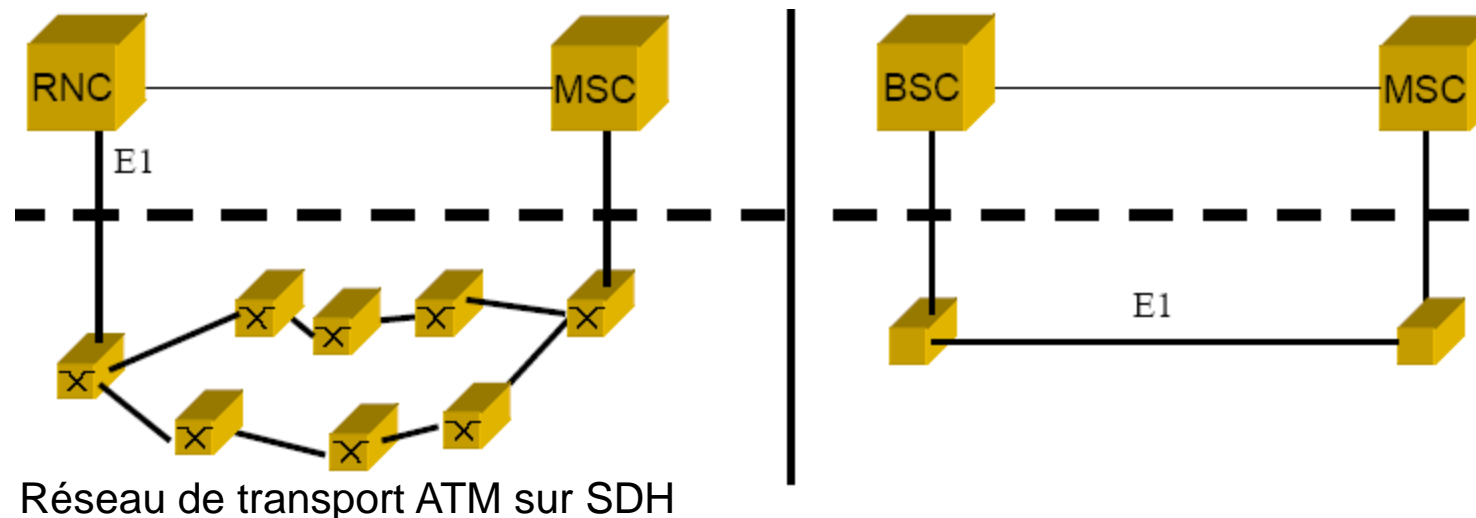
Systemes de 3^{ème} Génération

4. Architecture générale du Réseau UMTS Rel99

UMTS

L' UMTS a introduit une indépendance entre son architecture fonctionnelle et les infrastructures de transmissions chargées de transporter la signalisation et les informations des utilisateurs

Une interface fonctionnelle UMTS n' utilise plus nécessairement une liaison spécialisée mais s' appuie sur un véritable réseau de transport à commutation de « cellules ».



Architecture du réseau UMTS Rel99

l'architecture de la Release 1999 d'UMTS: première version 3G spécifiée par 3GPP.

Selon les spécifications, le PLMN de la release 99 d'UMTS incorpore trois catégories majeures d'éléments de réseau :

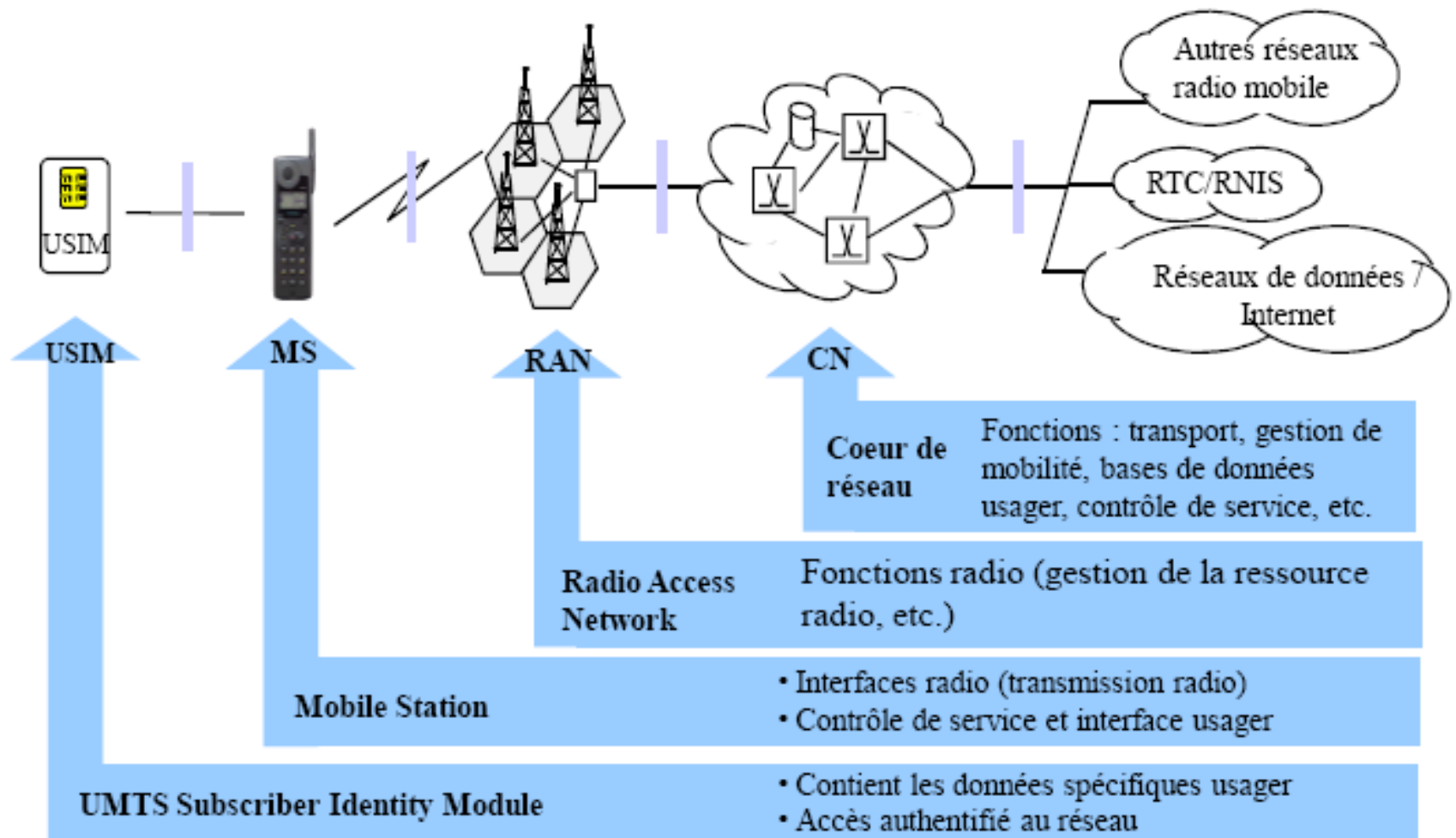
* Les éléments du réseau **GSM** : les Mobile Services Switching Centers, Visitor Location Register, Home Location Register, Authentification Center et l'Equipment Identity Register.

•Evolutions **GSM phase 2** : GPRS (SGSN et GGSN) et la norme CAMEL qui permet aux opérateurs d'accéder à des applications de réseaux intelligents comme le prépayé, la portabilité des numéros...

* Modifications et évolutions spécifiques à l'UMTS : **l'UTRAN** particulièrement.

Cela permet aux opérateurs de garder leurs investissements en 2G+. La différence qui se présente alors est au niveau du réseau d'accès : UMTS introduit UTRAN.

Architecture de base d'un réseau UMTS



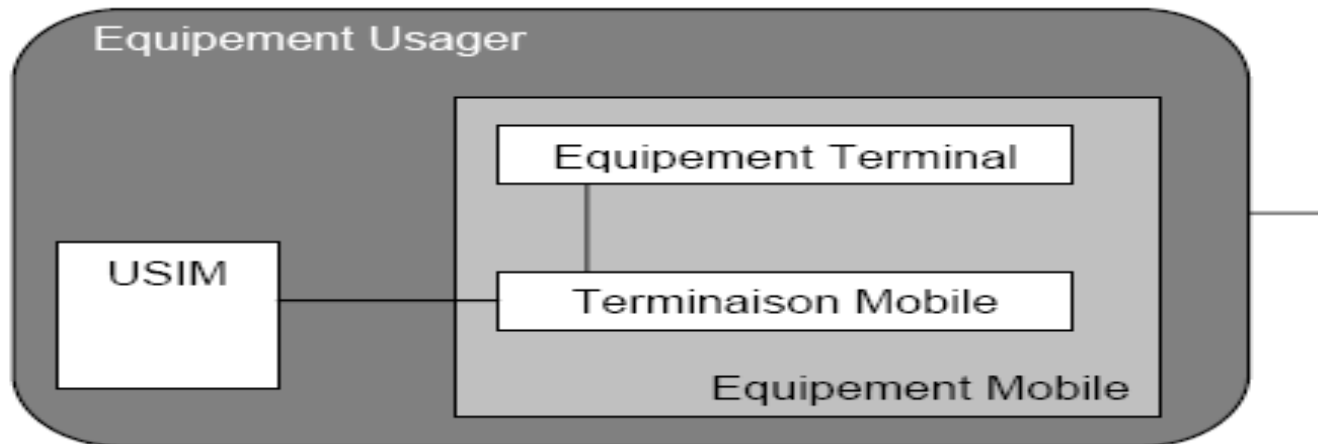
Architecture du réseau UMTS

UMTS UE

Un terminal UMTS est nommé User Equipment (UE). Il est basé sur les mêmes principes que la MS du GSM sauf que des systèmes d'exploitation et des applications y sont intégrées ; cela marque le rapprochement des technologies de l'informatique et des télécommunications.

Dans le modèle fonctionnel de l'UE, on peut distinguer entre deux principales Parties :

- **Mobile Equipment** : Partie fonctionnelle de l'UE composée de deux parties
- **Carte USIM (UMTS Subscriber Identity Module)** : Une carte à puce incluant les données de l'utilisateur, les algorithmes d'authentification, l'identité de l'abonné, les algorithmes de sécurité et les clés de chiffrement.



Mobile Equipment

Partie fonctionnelle de l' UE (user equipment) composée de deux parties:

l' équipement terminal (TE) est la partie où les données d' information sont générées en émission ou traitées en réception:

- Fournit les fonctions applicatives à l' usager
- Communique avec l' entité paire TE à l' autre bout de la session de communication
- Peut être une entité non-UMTS couplée via TAF (Terminal Adaptation Function), par exemple : imprimante, ...

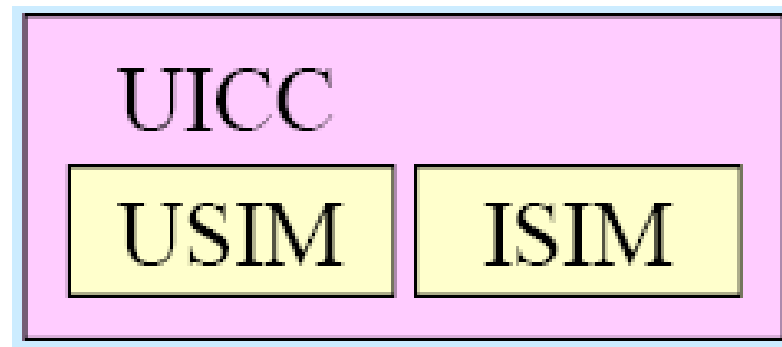
La terminaison Mobile (MT) qui assure la transmission de l' information vers le réseau UMTS ou autre et applique les fonctions de corrections d' erreur:

- Gère la transmission radio - Couple TE et UICC
- Adapte les fonctionnalités TE à celles de la transmission radio

Architecture du réseau UMTS

UMTS UE

L' USIM réside dans une carte à puce appelée UICC (UMTS Integrated Circuit Card).



UICC (Universal Integrated Circuit Card)

- Partie des données d'abonnement de l' usager dépendant de l' UE
- Contient l' un ou les deux modules suivants :
 - USIM (Universal Subscriber Identity Module) • ISIM (IMS Subscriber Identity Module)

USIM

Données spécifiques à l'usager pour accéder au domaine CS/PS :

- Identités:

- Identité USIM (IMSI - International Mobile Subscriber Identity)

- Identité temporaire USIM

(TMSI pour le domaine CS, P-TMSI pour le domaine PS) allouée après enregistrement, utilisé pour protéger l'identité usager contre les écoutes indiscreètes

- Numéros de téléphone de l'usager

(MSISDN - Mobile Station International ISDN number)

- Langue préférée

- Utilisation pour stocker les informations :

- clés de sécurité

- localisation courante

- liste des réseaux inaccessibles

- RA et LA

Architecture du réseau UMTS

Le réseau d'accès UTRAN

Les fonctionnalités du réseau UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) sont :

- Transport du trafic des utilisateurs (voix, données et signalisation) vers le réseau cœur via l'interface Iu.
- Gestion des liens de macro-diversité: un mobile est servi par plusieurs nodes B(Interface Iur).
- Utilisation de l' ATM comme protocole de transport : ce choix est justifié puisque, au moins dans le temps où la décision a été prise, c' était une des plus matures.
- Possibilité de masquer la gestion de la mobilité au réseau cœur (interface Iur, Notion de serving RNC/drift RNC).

Architecture du réseau UMTS

Le réseau d'accès UTRAN

Au niveau de l'UTRAN, on définit les éléments suivants:

1. Radio Access Network (RNS)

Sous-système du réseau d'accès radio qui fait partie de l'UTRAN et qui comprend un RNC et un ou plusieurs Nodes B.

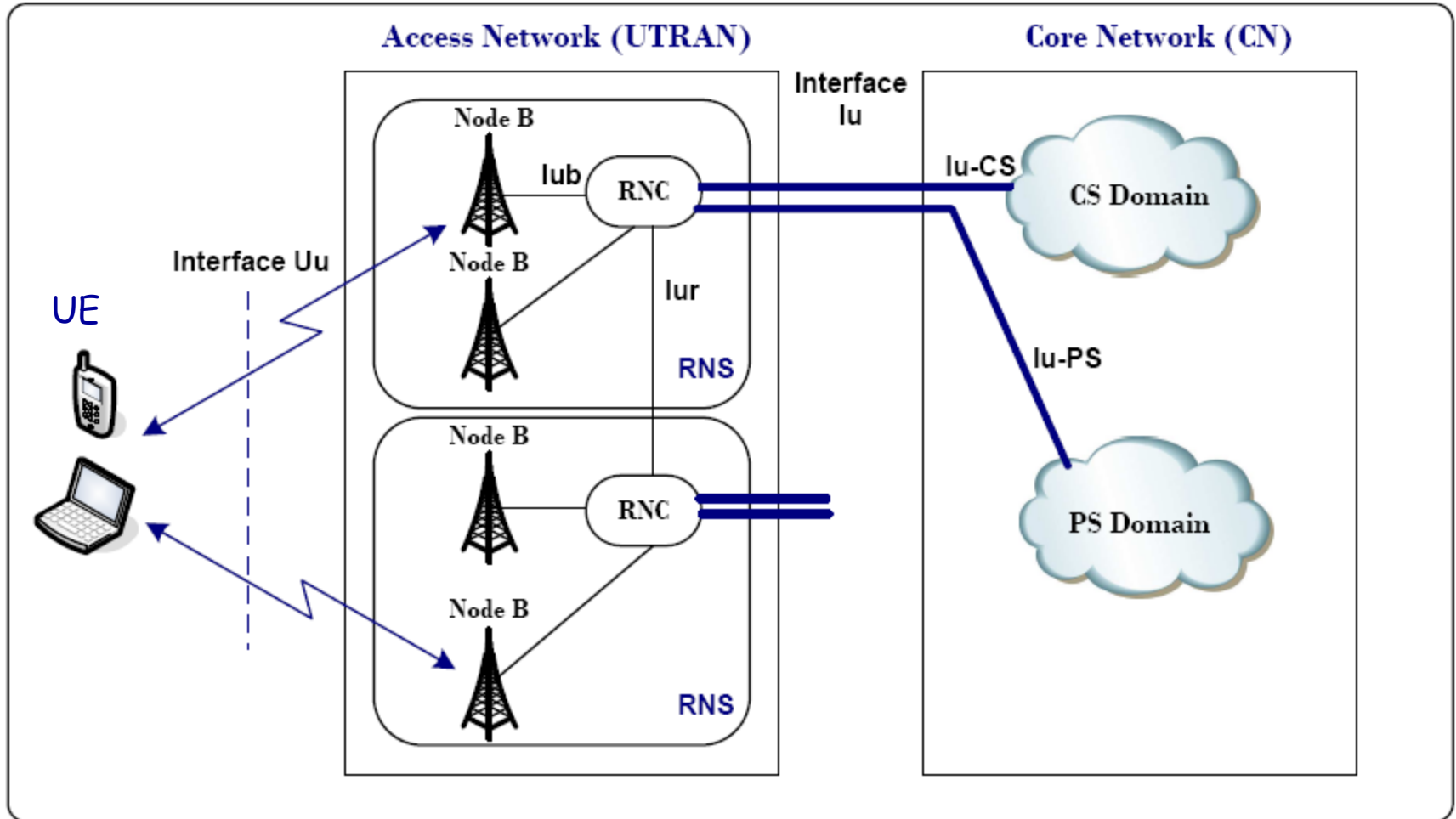
2. Radio Network Controller (RNC)

Contrôleur des stations de base de l'UTRAN. Considéré comme le «cerveau» du RNS,

3. Node B

Architecture du réseau UMTS

Le réseau d'accès UTRAN

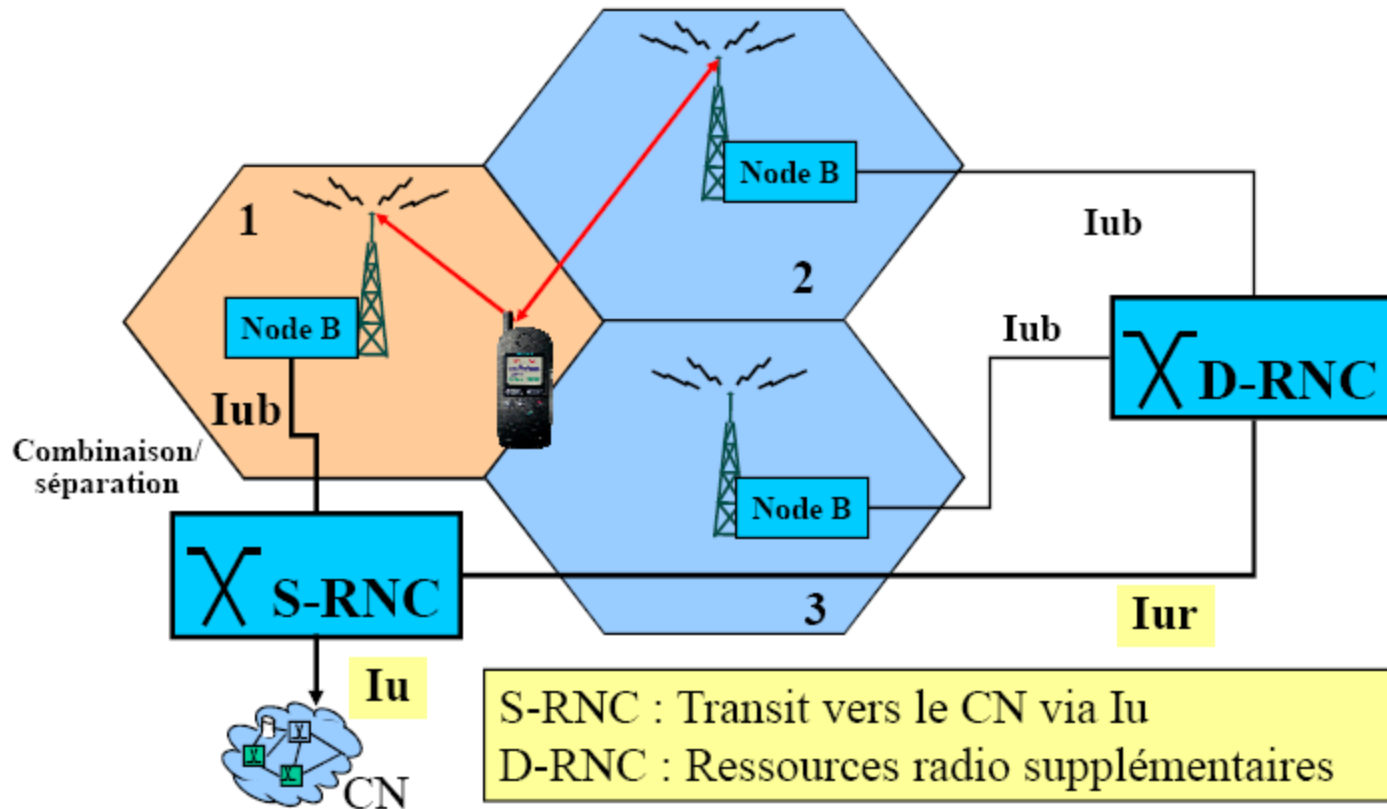


RNC (Radio Network Controller)

le RNC effectue les rôles suivants:

- o Gestion des ressources radio de la zone correspondante : admission, charge, congestion, séquençage dans la transmission des paquets
- o Gestion de la mobilité (handover) : contrairement au BSC, le RNC doit être capable de supporter les Soft Handovers. Ainsi, il doit y avoir une connexion directe entre les RNCs voisins(Iur).
- o Constitue le point d'accès pour le mobile vers le réseau cœur
- o Allocation des codes d'étalement (cf WCDMA)
- o Contrôle de puissance en boucle externe

RNC et Handover



Architecture du réseau UMTS

Le réseau d'accès UTRAN

3. Node B

Le Node B est l'unité physique pour la transmission ou réception radio avec les cellules. Il peut supporter les modes UTRA/FDD et/ou UTRA/TDD.

La tâche principale de ce nœud est de gérer la couche physique de l'interface air,

Il effectue la conversion de données vers et à partir de l'interface radio Uu, en incluant la correction d'erreurs (FEC), l'adaptation de débit, l'entrelacement, l'étalement et désétalement W-CDMA, et la modulation QPSK.

Parmi les procédures qu'il effectue, figure également la combinaison des trajets multiples (suivant le principe du RAKE).

Le Node B participe également au contrôle de puissance en boucle fermée, il permet ainsi à l'UE d'ajuster sa puissance.

Fonctions Node B

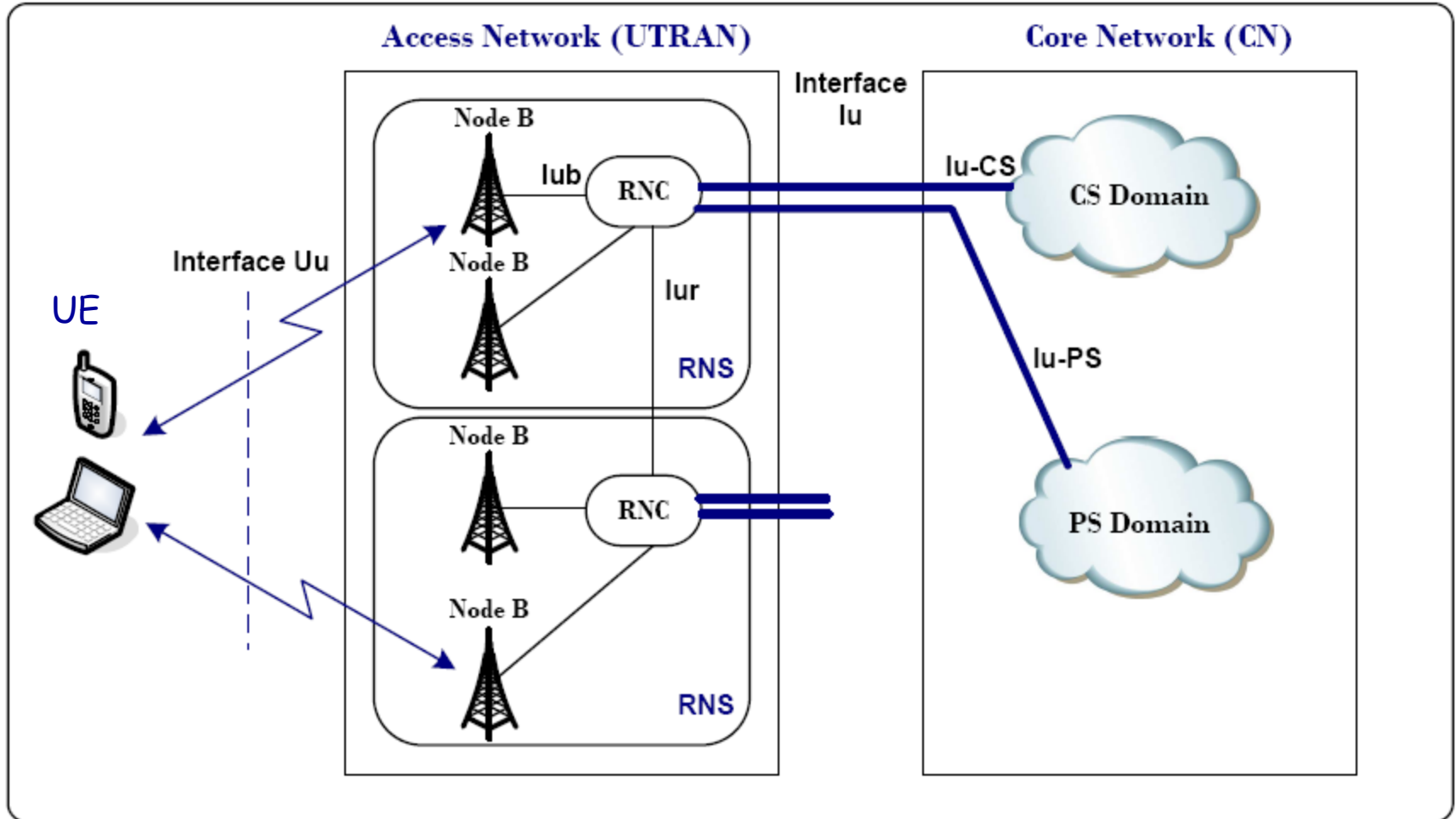
- Gestion de la couche physique (codage canal, entrelacement, adaptation de débit, étalement).
- Gestion de la ressource radio (contrôle de puissance en boucle interne).
- Gère l'interface Iub du côté réseau et Uu du côté terminal usager.

Interfaces Node B

- Uu : transmission sur la liaison radio (traitement RF, codage/décodage canal, multiplexage/démultiplexage, étalement/désétalement, modulation/démodulation, mesures et reports, softer HO, contrôle de puissance, synchronisation).
- Iub : interface avec le RNC (reports de mesures, diffusion des informations système, contrôle d'accès, gestion de mobilité, gestion de la ressource radio, transport des données).

Architecture du réseau UMTS

Le réseau cœur CN



Architecture du réseau UMTS

Le réseau cœur CN

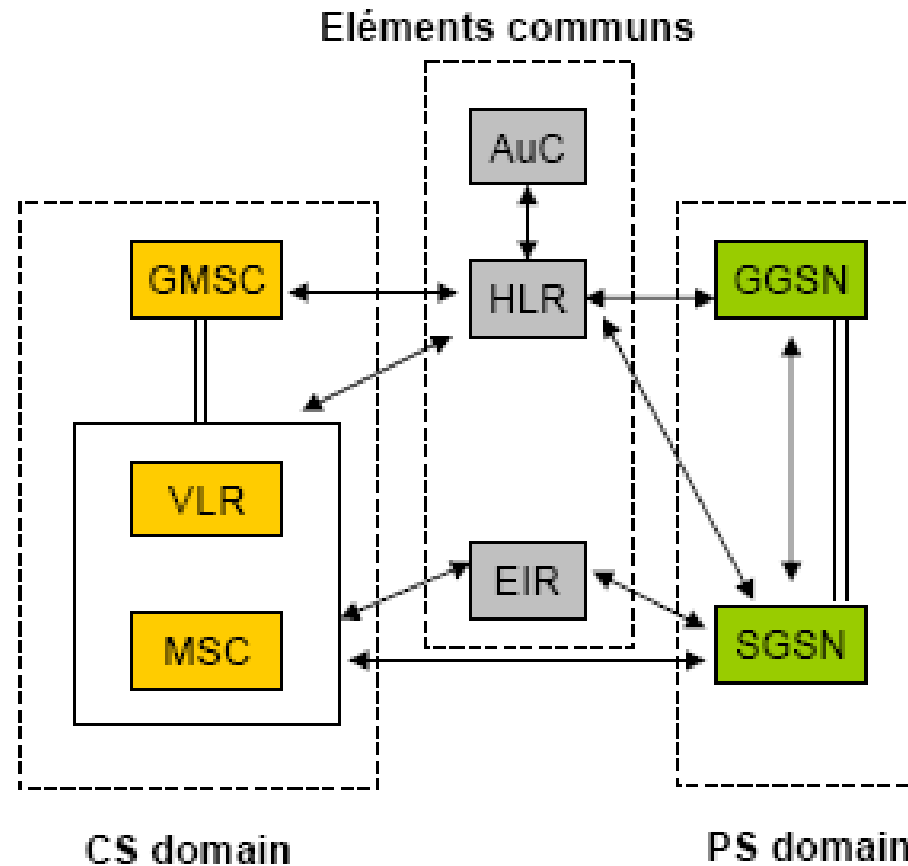
Le réseau Cœur peut être divisé en deux domaines:

- o Le Circuit Switched (CS) : généralement connecté à l'ISDN et aux autres réseaux 2G et 3G
- o Le Packet Switched (PS) : connecté aux autres réseaux de données; son rôle est de supporter le transport des paquets IP dans un système 3G.

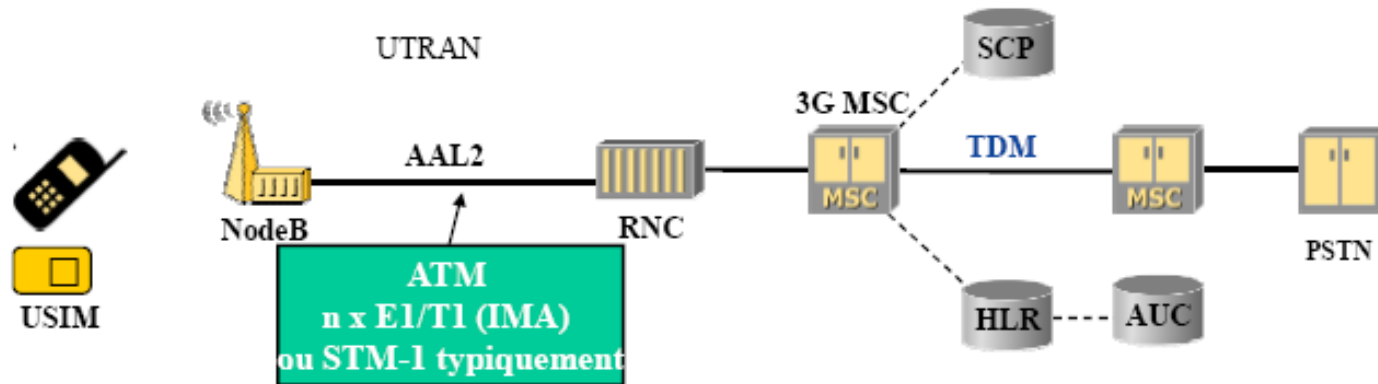
Ces deux blocs fonctionnels sont raccordés par l'interface Iu, se déclinant en deux parties:

- o Iu-CS interface d'interconnexion au domaine circuit (réseau cœur circuit)
- o Iu-PS interface d'interconnexion au domaine paquet (réseau cœur paquet)

Réseau Cœur R99



Commutation de circuits 3G Release 99



Nouveaux terminaux
nécessaires
Codec AMR

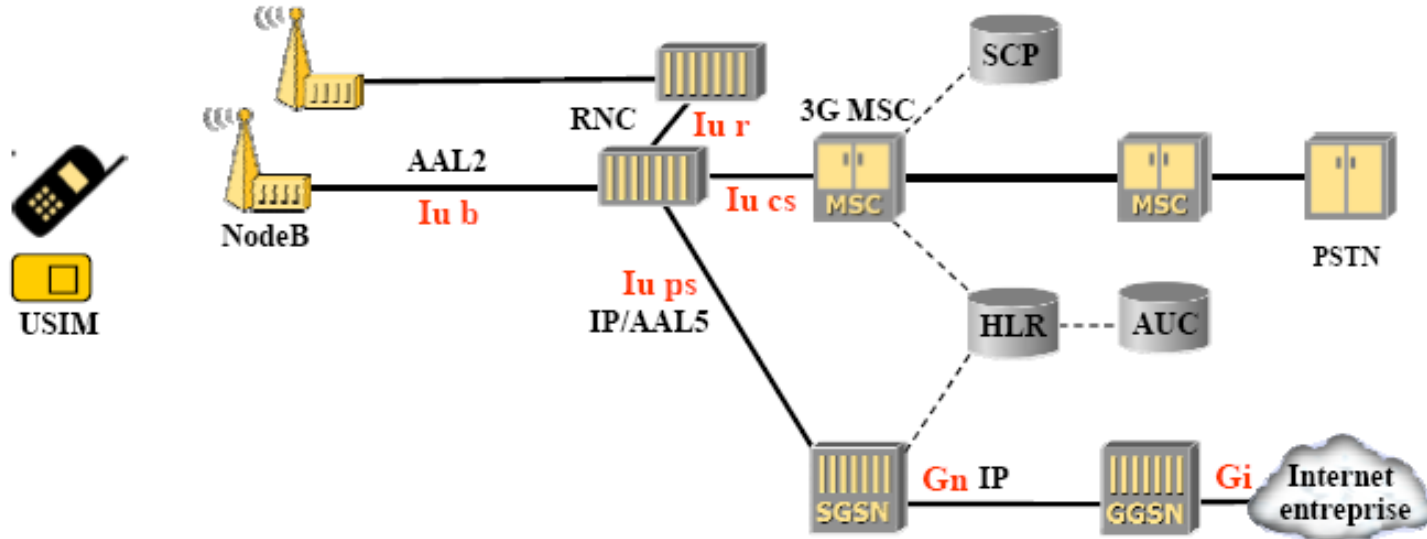
*UMTS Subscriber
Identity Module*
Nouvelle SIM

Node B (station de base 3G)
W-CDMA 2GHz
Transport AAL2/ATM
QoS

Radio Node Controller (RNC)
Transport AAL2/ATM
Handover
QoS
Transmet aux coeurs CS et PS

UMTS Terrestrial Radio Access Network
(UTRAN)

Commutation de paquets 3G Release 99



3G SGSN

Transfert de paquet de et vers les zones de services
Enregistrement et Authentification Gestion de mobilité
Liens logiques au RNC, tunnel vers le GGSN
QoS

3G GGSN

Contextes PDP multiple
QoS (extensions GPRS pour les classes de trafic temps réel etc)

Domaines CS et PS

Chaque domaine évolue de façon indépendante.
Un opérateur peut implanter 1 ou 2 domaines.

Un UE UMTS peut s'inscrire :

- aux 2 domaines simultanément CS /PS (**Classe A GPRS**)
- au domaine CS exclusivement (terminaux **GSM** « classiques »)
- au domaine PS exclusivement (**Classe C GPRS**)

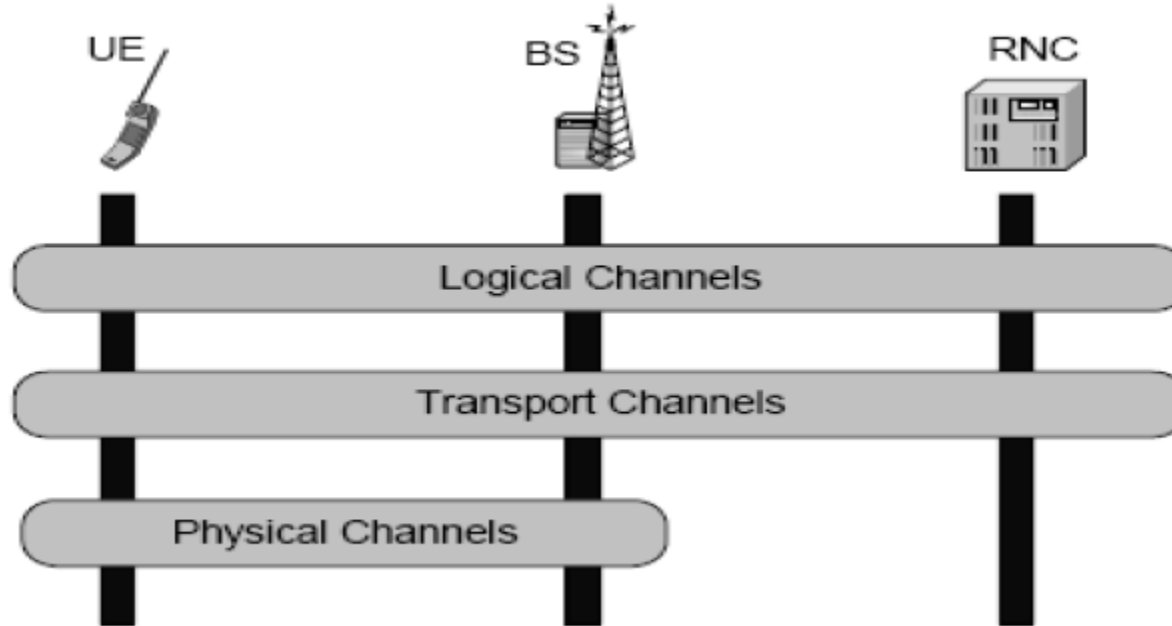
Tâches UE relatives à la technologie

Avec le Node B	Adaptation de débit Étalement et modulation Contrôle de puissance Correction d'erreurs
Avec le RNC	Signalisation pour l'établissement et la libération de connexion Signalisation pour le handover Chiffrement / Déchiffrement Mesures pour le déclenchement de HO : rapport S/N, BER, puissance du signal,... Contrôle de puissance
Avec le coeur de réseau	Gestion de mobilité Gestion de session Établissement et maintien de connexion Négociation de port et de QoS Gestion de mobilité Gestion des identités Transmission de données

Systemes de 3^{ème} Génération

5. Interface Radio de l' UTRAN

Types de canaux UTRAN



Canaux physiques : représentent l'existence physique de l'interface Uu entre le domaine UE et le domaine d'accès.

Le RNC gère les **canaux de transport** : transportent les flux d'information sur l'interface Uu. Indiquent comment l'information est transportée

Canaux logiques : différentes tâches du réseau et du terminal sont réalisées à des instants différents. Les canaux logiques matérialisent la correspondance entre ces tâches et les canaux de transport sont des services offerts aux couches supérieures

Canaux :

- **Canaux logiques :**

- canaux offerts par le MAC au RLC,
- spécifient le type d'information indépendamment de la manière dont elle est transmise, Quoi ?
- canaux de contrôle et de trafic.

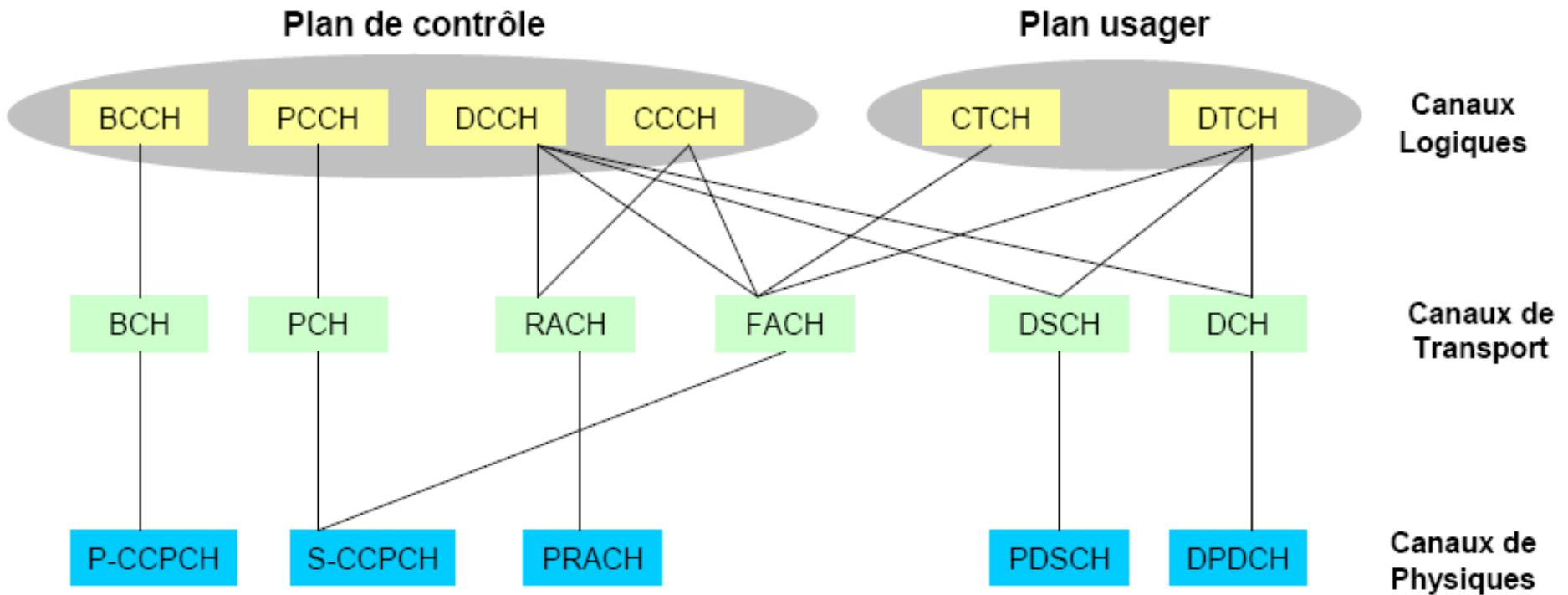
- **Canaux de transport :**

- services offerts par la couche PHY aux couches supérieures,
- définis par la manière dont les données sont transférées essentiellement codage et délai, i.e. TTI), Comment ?
- canaux dédiés ou communs.

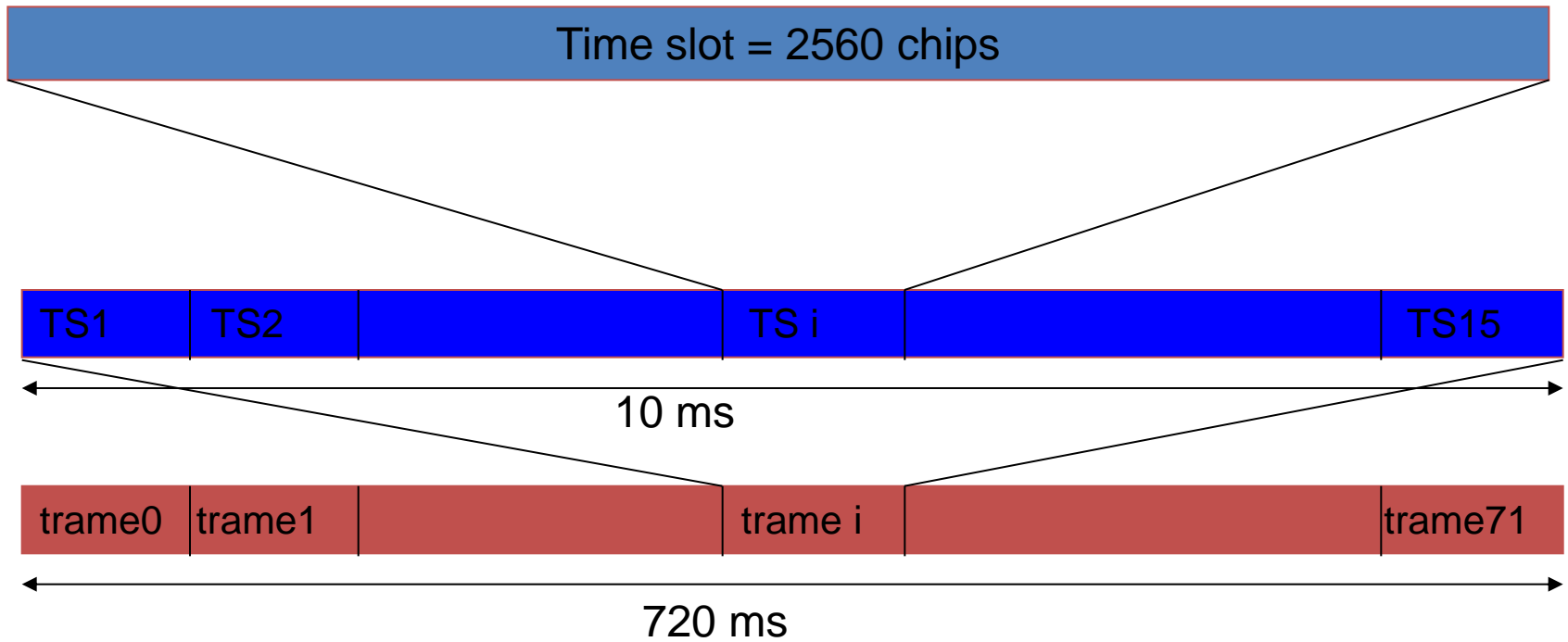
- **Canaux physiques :**

- définis par un code d'embrouillage, de canalisation (éventuellement), une structure temporelle.

Correspondances entre canaux



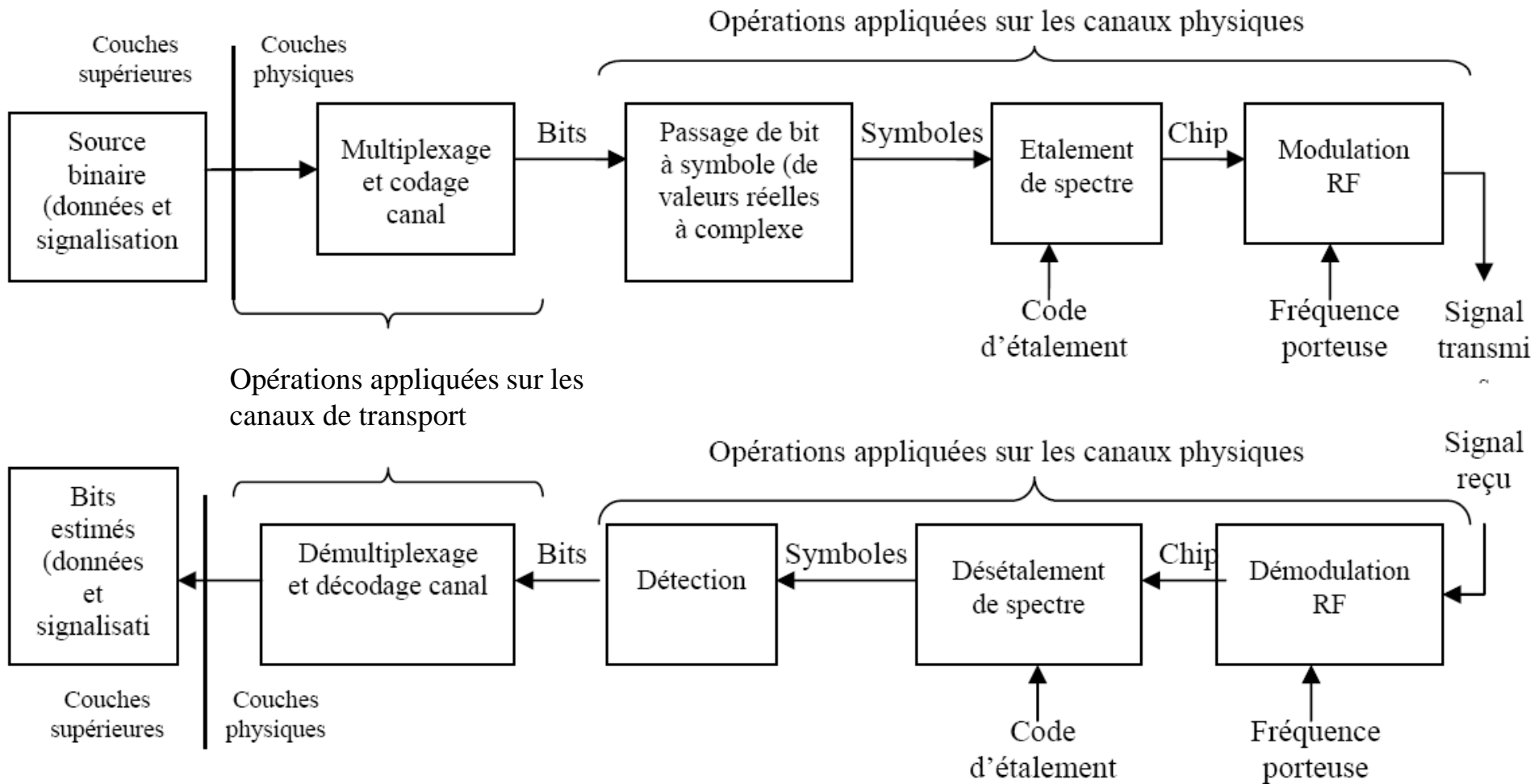
Canaux physiques



Systèmes de 3^{ème} Génération

6. Couche physique de l' UTRAN

Couche physique de l'UTRAN



Couche physique de l'UTRAN

- Couche conçue pour être adaptée aux technologies des précédentes générations (GSM)
- Enchaînement des opérations sensiblement identique pour un canal descendant que pour un canal montant
- Couche responsable de plusieurs fonctionnalités
 - ✓ Étalement et Désétalement de spectre
 - ✓ Modulation des signaux transmis
 - ✓ Codage et Décodage du canal pour la protection contre les erreurs
 - ✓ Multiplexage de plusieurs canaux de transport en un bloc composite
 - ✓ Répartition en réception
 - ✓ Synchronisation en fréquence et en temps
 - ✓ Contrôle de puissance en boucle fermée

- **Codage de source :**



Exemples :

- GSM : FR, EFR, HR
- UMTS : AMR

Vocodeur

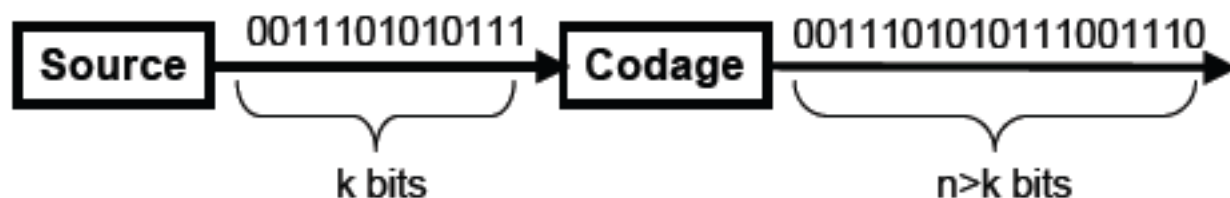
...0011101100110110101

- **Codage canal (*channel coding*) :**

- codage correcteur d'erreurs
- protection contre les erreurs
- présents dans à peu près tous les systèmes
- lié à la théorie de l'information : capacité de Shanon
- le codage dépend du service et de la qualité du lien radio
- permet d'abaisser l'EbNo cible

Exemples :

- Codage convolutionnel (décodage de Viterbi)
- Turbo code
- etc

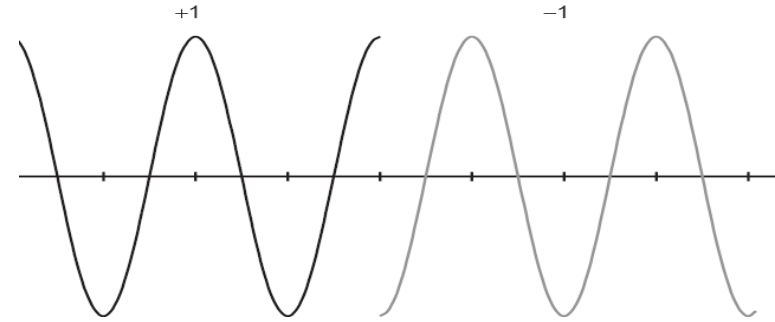


Taux de codage
(rate) :
 $R = k/n$

Modulation de phase PSK

BPSK : Binary Phase Shift Keying

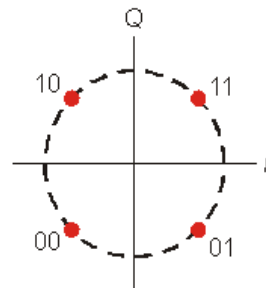
- ✓ Modulation de phase à deux états
- ✓ Robuste, simple
- ✓ bit 1 : sinusoïde
- ✓ bit -1 : sinusoïde inversée ($\pm \pi$)
- ✓ Utilisée en communication UMTS, GPRS, satellite...



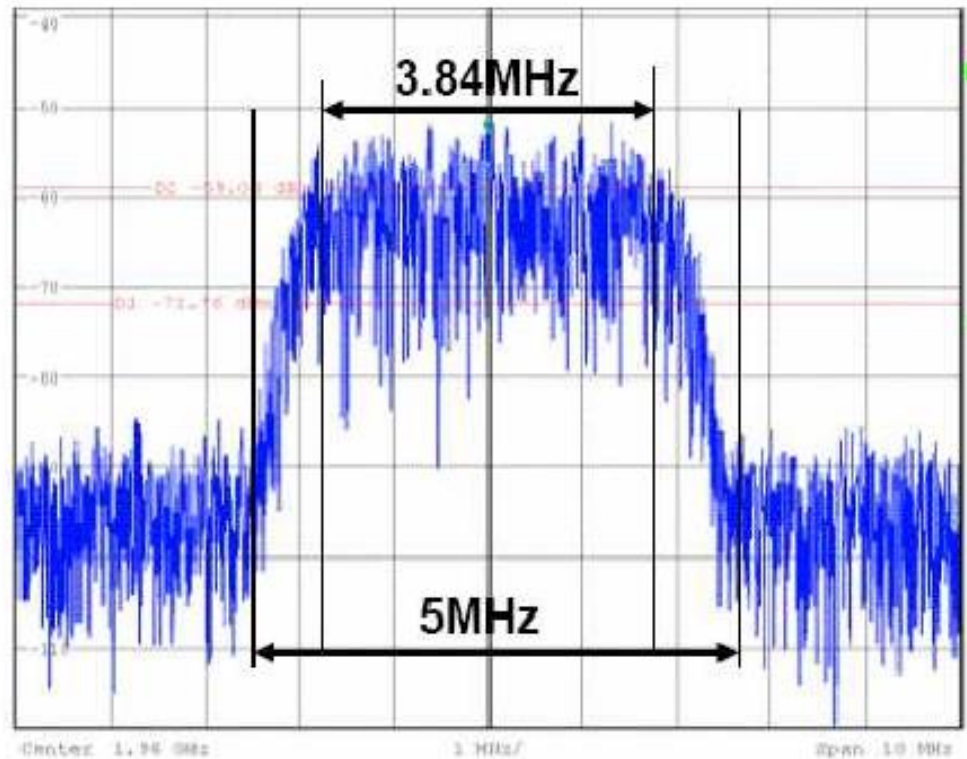
QPSK : Quadrature Phase Shift Keying

- ✓ Changement de phase selon quatre états
- ✓ Regroupement des bits (2 bits par symbole)
- ✓ $T_s = 2 \cdot T_b$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \text{ ou } \frac{3\pi}{2} \\ \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \frac{5\pi}{4}, \text{ et } \frac{7\pi}{4} \end{array} \right.$$



Porteuse WCDMA



Couche physique UMTS

Accès multiple

CDMA: Code Division Multiplexage Access

- Utilisé en 3^{ème} Génération
- Plusieurs utilisateurs dans la même bande de fréquence
- Chaque utilisateur a un code
- Cela permet un plus grand nombre d'utilisateurs qu'en TDMA
- Le CDMA donnera naissance au W-CDMA
- W-CDMA: Wideband CDMA
 - *CDMA large bande
 - * Utilise l'étalement de spectre

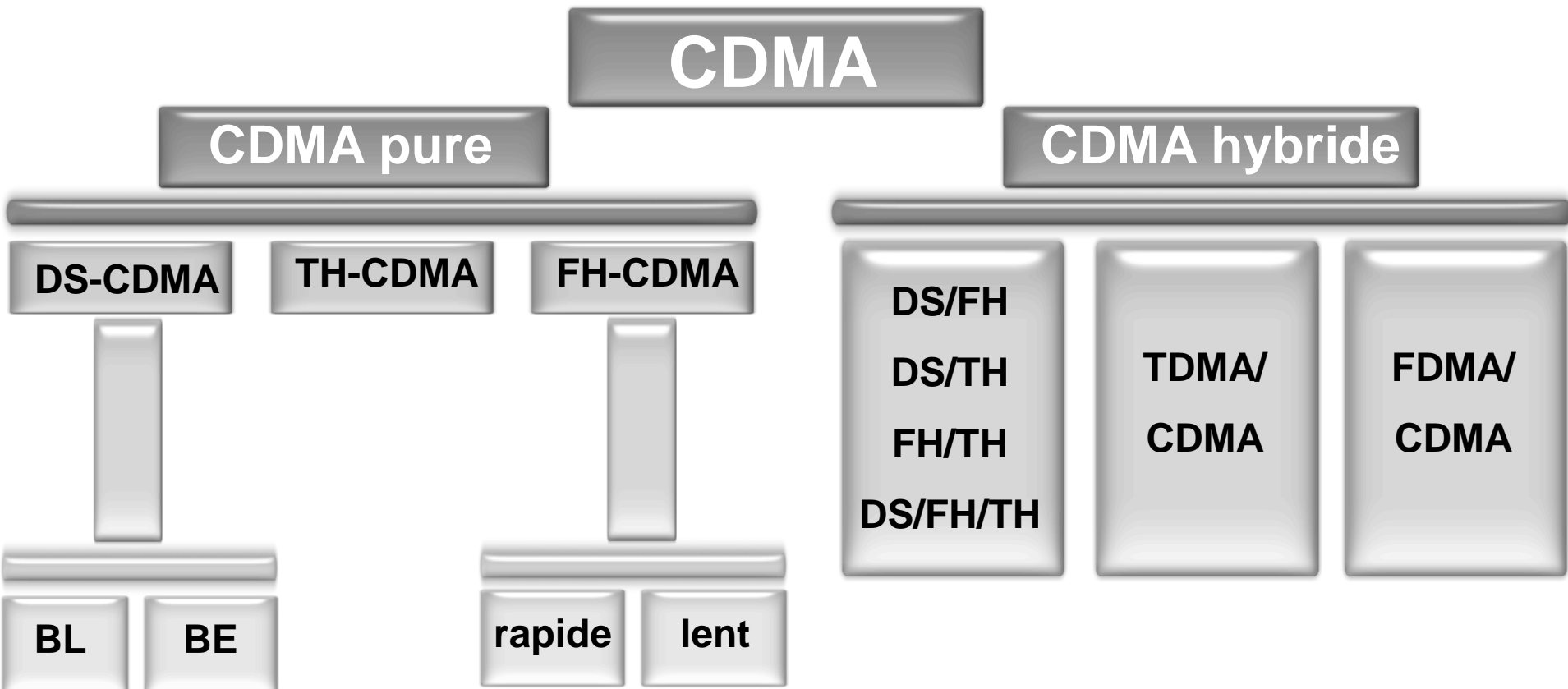
Technique d'accès multiple CDMA



CDMA : Code Division Multiple Access

- ✓ Distinction et définition des cellules à débit largement supérieur au débit d'une voie
- ✓ Codage unique à chaque utilisateur pour différenciation des utilisateurs
- ✓ Différenciation des canaux pour chaque utilisateur
- ✓ Complexité au niveau du terminal (codage)
- ✓ Faible probabilité d'interception, confidentialité

Classification CDMA



Classification CDMA

FH-CDMA : Frequency Hopping-Code Division Multiple Access

- ✓ Étalement de spectre à saut de fréquence
- ✓ Fabrication d'un signal numérique modulé autour de f_p
- ✓ Décalage selon une loi donnée
- ✓ Spectre du signal numérique autour de $f_p + Df$
Df : écart de fréquence variable avec le temps

SFH-CDMA : FH-CDMA à saut de fréquence lent

- Plusieurs données émises à la même fréquence avant un changement de fréquence

FFH-CDMA : FH-CDMA à saut de fréquence rapide

- Saut de fréquence plus rapide que le débit de données
- Même donnée transmise sur plusieurs fréquences

TH-CDMA : Time Hopping-Code Division Multiple Access

- ✓ Étalement de spectre à saut de temps
- ✓ Transmission de donnée de manière non continue
- ✓ Séquence pseudo-aléatoire définissant la position temporelle de la donnée à transmettre

DS_CDMA

DS-CDMA : Direct Sequence-Code Division Multiple Access

Séparation par codes => étalement de spectre par côtoiement de plusieurs utilisateurs dans le même canal en créant des signaux séparables entre eux

- ❑ Dans ce type d'étalement de spectre, le signal d'information est directement modulé par une séquence ou code appelé «code d'étalement».
- ❑ L'élément le plus important d'un émetteur DS-CDMA est le générateur de codes d'étalement (un multiplicateur).
- ❑ Le code généré constitue une séquence de longueur fixe dont chaque élément constitue un «chip».
- ❑ Le rapport entre le débit du signal étalé et le débit du signal non étalé est appelé facteur d'étalement SF (*Spreading Factor*).
- ❑ Il représente une propriété importante de l'étalement du spectre.

DS_CDMA

- ✓ Multiplication de chaque symbole informatif de période T_s par une séquence pseudo-aléatoire entière (signature) de période $T_c \Rightarrow$ signal DS-SS
- ✓ Étalement de la puissance du signal sur toute la bande passante du code par séquence directe
- ✓ Augmentation du débit des données transmises (code de cadence de chip élevée)

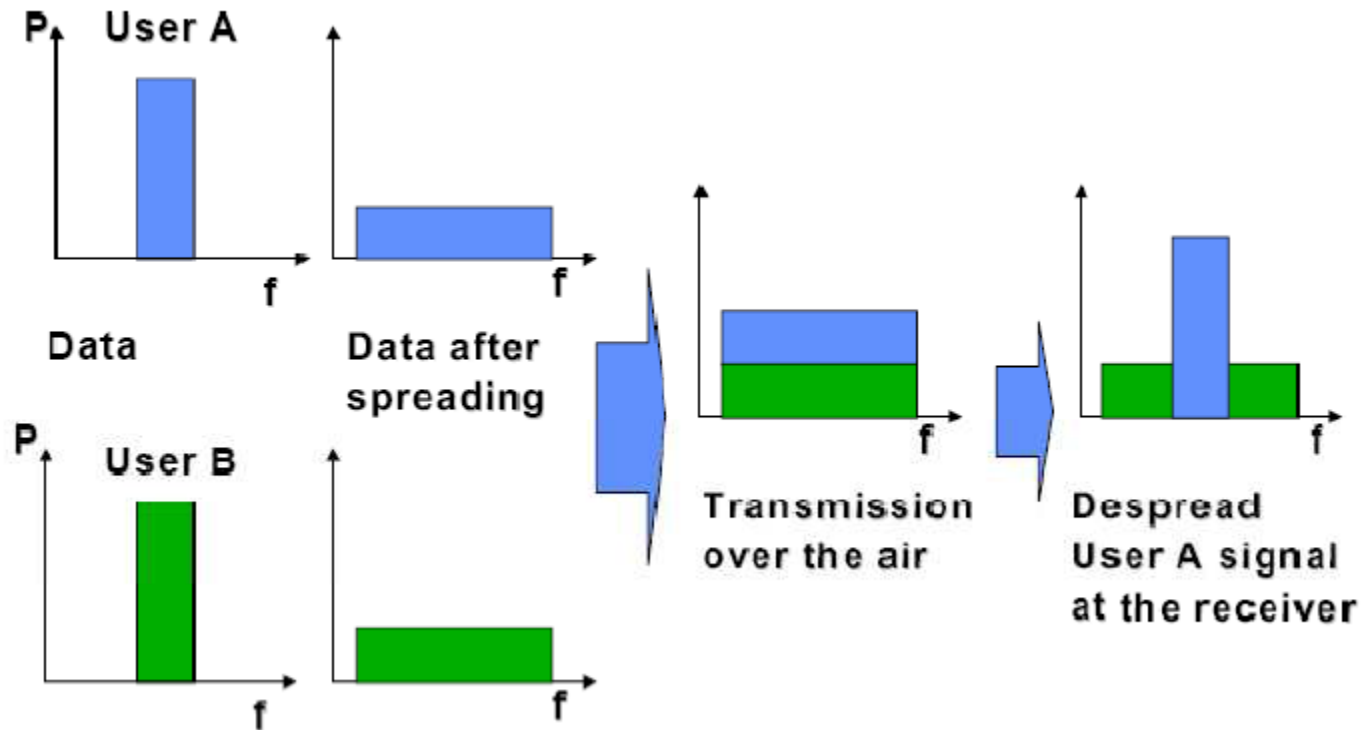
**Facteur
d'étalement**

$$SF = \frac{\text{bande}_{diffusion}}{\text{bande}_{initiale}}$$

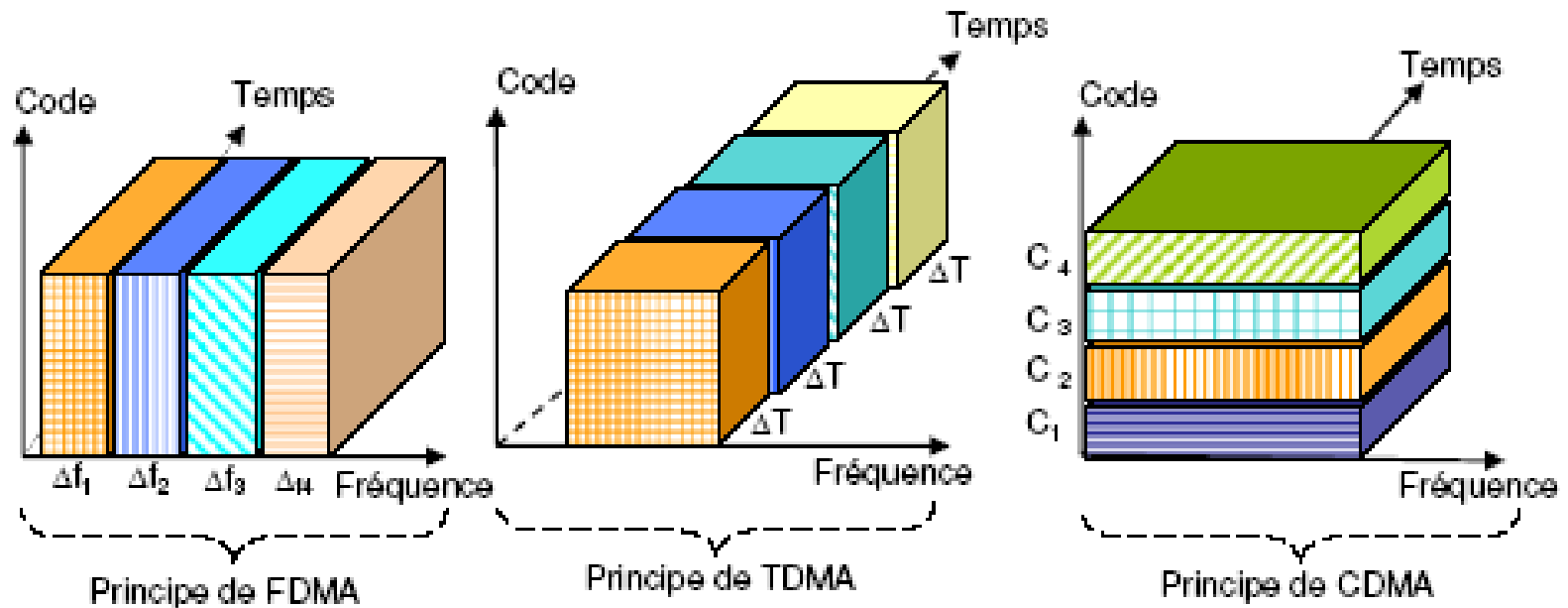
**Gain de
traitement**

$$Gp = \frac{\text{débit}_{chips}}{\text{débit}_{binaire}}$$

Principe de l'étalement de spectre



Accès Multiple



Principe du WCDMA

Les fonctions de corrélation et d'intercorrélation mesurent le degré de différence entre deux signaux.

Dans un système CDMA:

- la fonction d'autocorrélation $R_s(i)$ est maximale à $t=0$ et faible ou négative lorsque i est différent de 0
- l'intercorrélation est faible ou négative, voir nulle

Familles de codes

L'étalement de spectre :

- Code de Walsh-Hadamard
- Code de Gold

Dans la voie descendante:

- Code de Walsh-Hadamard => Code de canalisation
Identifier les utilisateurs dans une cellule
- Code de Gold => Code d'embrouillage
Identifier la station de base

Dans la voie montante:

Chaque utilisateur possède au minimum un code de canalisation et un code d'embrouillage

Codes de canalisations

- *Codes de canalisation* (*channelisation codes*) : obtenus à partir de l'arbre OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*, codes orthogonaux à facteur d'étalement variable). Font varier le facteur d'étalement et maintiennent l'orthogonalité entre codes.

Matrice d'Hadamard pour une même longueur de code.

Dans une même cellule : codes OVSF ne peuvent être utilisés tous simultanément.

- débit canal physique 3.84Mchips
- Débit faible -> longueur OVSF grande
- Distinction des canaux logiques

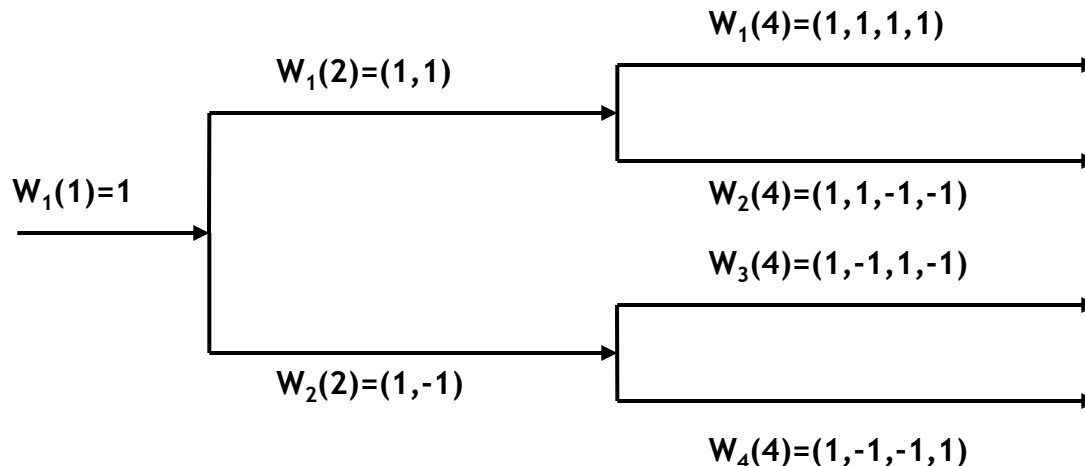
Codes de canalisation

✓ Séquences orthogonales plus simple à construire

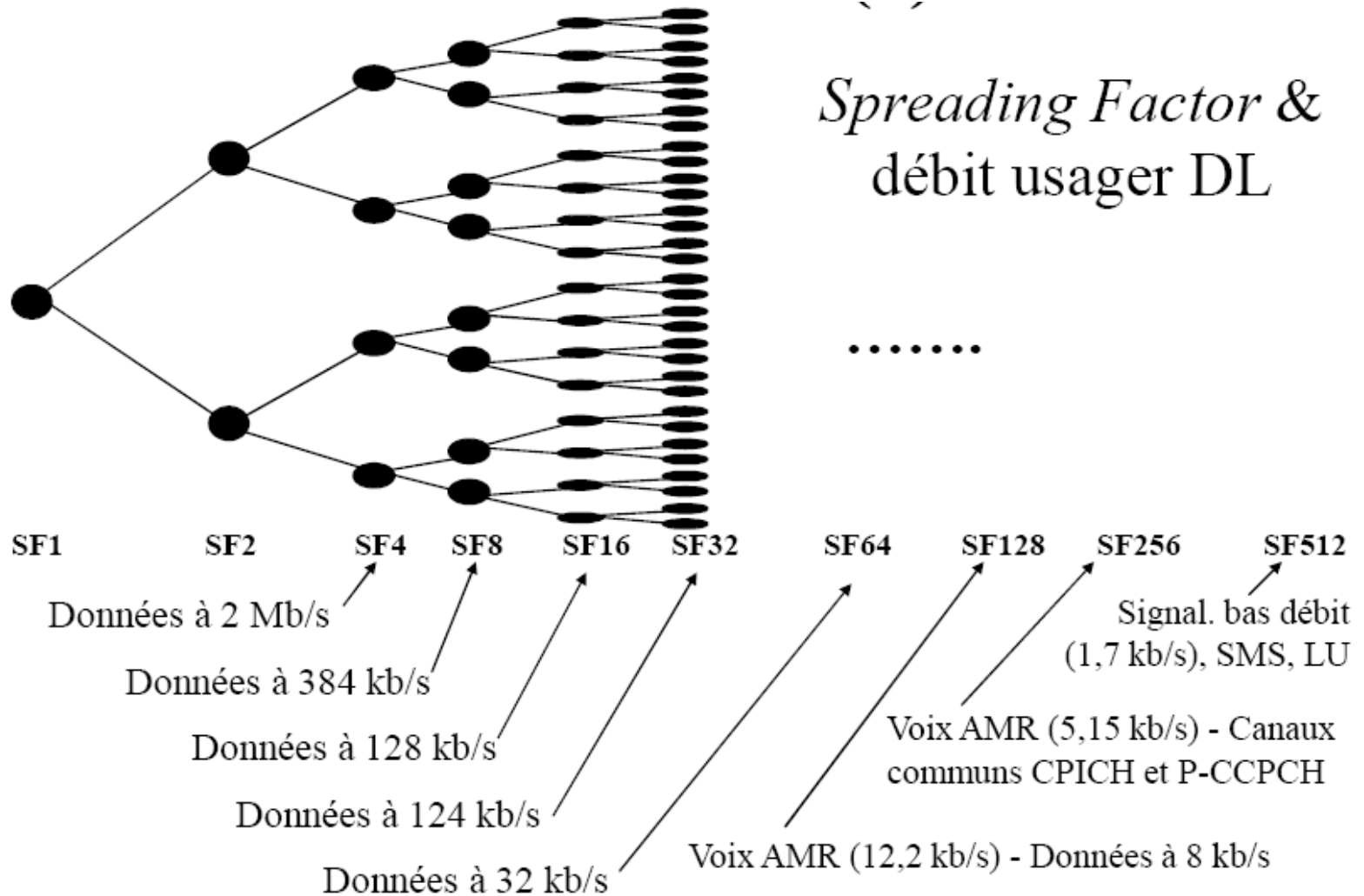
✓ Obtenues à partir de la matrice d' HADAMARD : $H_{2n} = \begin{bmatrix} H_n & H_n \\ H_n & -H_n \end{bmatrix}$

✓ Chaque ligne de la matrice matérialisant une fonction de Walsh

✓ Caractérisées par des propriétés d' inter-corrélation très faible



Arbre OVSF



Codes d'embrouillages

- *Codes d'embrouillage (scrambling codes)* :
- Recours aux codes d'embrouillage pour distinguer les cellules entre elles : un code d'embrouillage parmi 512 (motif de réutilisation = 512).
Doivent être planifiés (comme les fréquences en TDMA/FDMA).
- Distingue les mobiles entre eux : 224 codes possibles.
- **Générateurs : registres à décalage**
- **Pseudo aléatoire**
- **Longueur fixe**
- **Distinction utilisateurs / cellules**

Codes d'embrouillages

- *Scrambling codes* : séquences pseudo-aléatoires (PN) caractérisées par une propriété d'autocorrélation parfaite.
- Fonction d'autocorrélation d'un SC nulle pour tout décalage temporel et pic pour un décalage nul.
- Propriété essentielle pour séparer les signaux de différentes sources synchrones.
- Après application des codes OVSF, application d'un SC.
- Codes PN sur UL : SC utilisés pour séparer les flux des différents mobiles. Séquences générée à partir de 24 registres à décalage (code long).
- Codes PN sur DL : Les SC séparent les signaux des Nodes B. Séquences générée à partir de 18 registres à décalage (code court).
- Planification des codes sur le DL (plan de fréquences en FDMA/TDMA).

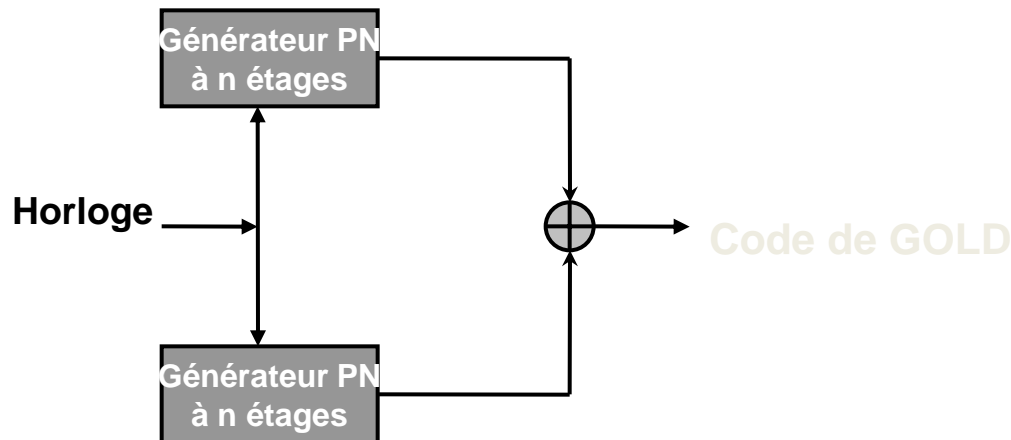
Codes pseudo-aléatoires

- ✓ Codes de propriétés mathématiques particulières
- ✓ Obtenues à partir de registres à décalage de n étages
- ✓ Utilisées pour différencier plusieurs utilisateurs entre eux
- ✓ Codes de faibles intercorrélations partielles pour minimiser les termes parasites
- ✓ Codes parfaitement auto-corrélés pour éviter le brouillage
- ✓ Générées en différents types : GOLD, KASAMI...

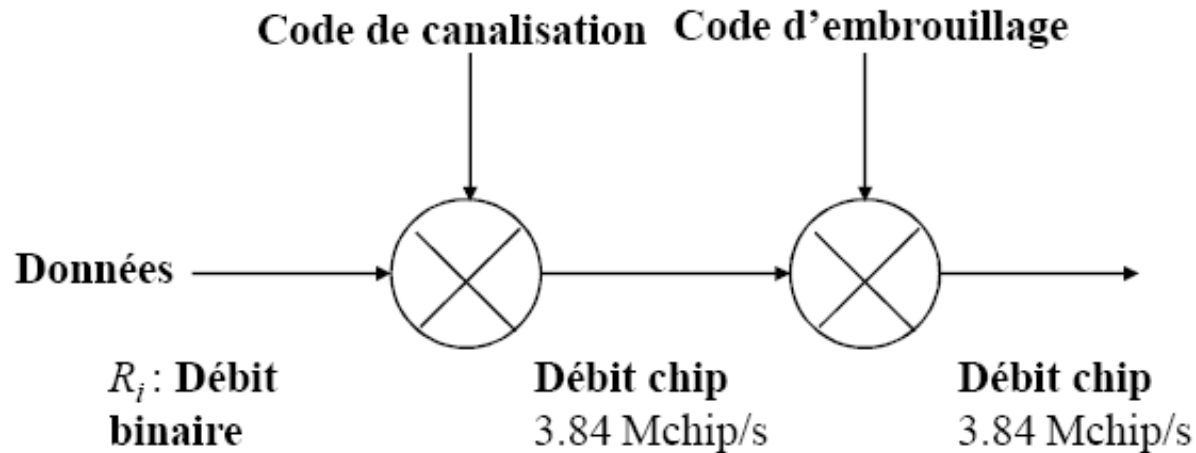


Codes pseudo-aléatoires (Gold)

- ✓ Codes de bonnes propriétés d'auto et d'inter-corrélation
- ✓ Générées à l'aide de deux registres à décalage et d'un « OU exclusif »
- ✓ Codes plus nombreux (2^n+1) et plus longs (2^n-1)



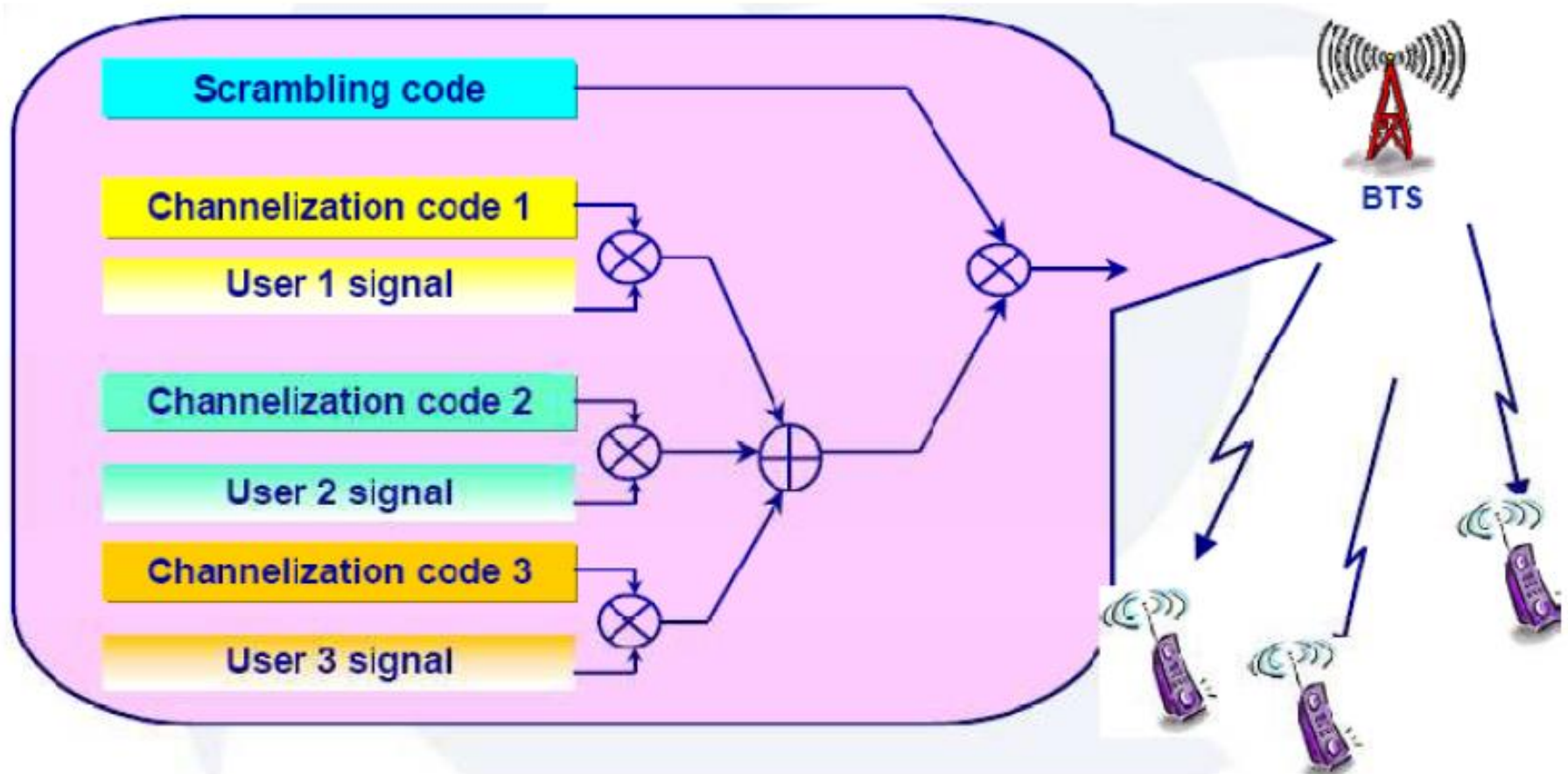
Codes d'embrouillage et de canalisation



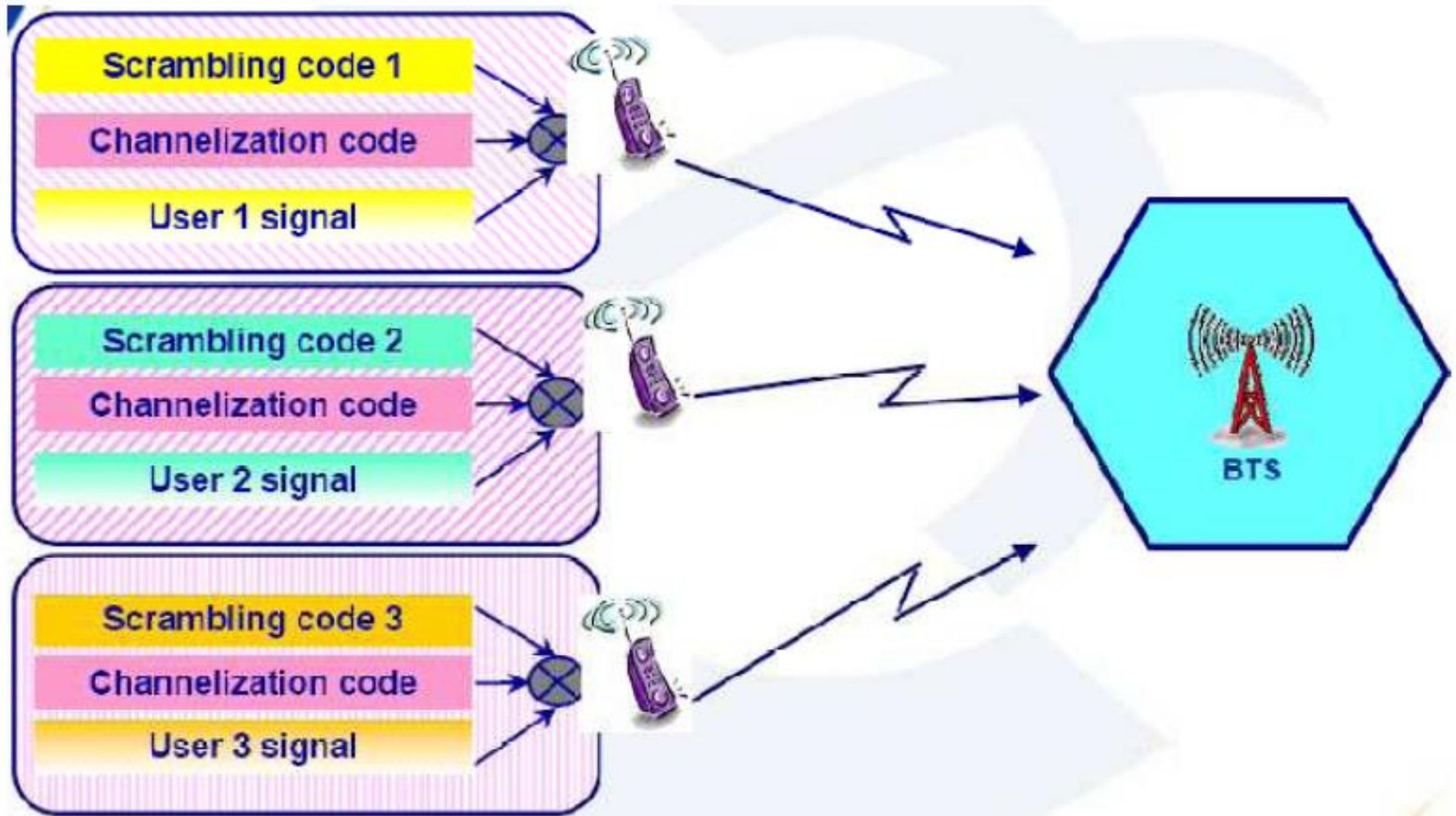
Fonctions des 2 types de codes

Type de code	Fonction du code en UL	Fonction du code en DL	Famille de codes
Code de canalisation	Séparation des canaux de données d'un même terminal.	Séparation des connexions des utilisateurs dans une cellule.	OVSF
Code d'embrouillage	Séparation des terminaux. Code à longue séquence : $2^{24}-1$	Séparation des cellules. Code à courte séquence : $2^{18}-1$	Code de Gold

Codes d'embrouillage et de canalisation - Utilisation en DL



Codes d'embrouillage et de canalisation - Utilisation en UL



Paramètres	3GPP WCDMA
Carrier spacing	5MHz. (nominal)
Chip rate	3.84 Mchip/s
Roll off factor for chip shaping	0.22
Frame length	10ms
Number of slots/ frame	15
modulation	QPSK
Coherent Detection	Pilot Symbols/ channel
Multirate	Variable spreading and multicode
Spreading factors	4-256
Power control	Open and fast closed loop (1.5 KHz)
Handover	Soft Handover, interfrequency Handover

Procédures de gestion de l'interface radio

RRM (Radio Resource Management)

Fonctions de gestion de la charge

- **Contrôle d'admission (AC)**

- Gère tout le trafic frais. Vérifie si la nouvelle connexion peut être acceptée dans le système et génère des paramètres pour cette connexion.

- **Contrôle de charge (LC, Load Control)**

- Gère la situation où la charge du système dépasse le seuil et certaines mesures doivent être prises pour remettre le système dans une charge acceptable.

- **Packet Scheduler (PS)**

- Gère tout le trafic non temps réel (données paquet). Il décide quand la transmission paquet est initiée et le débit à utiliser.

Fonctions de gestion de la liaison

- **Contrôle de handover (HC)**

- Gérer et décider la décision de handover.

- **Contrôle de puissance (PC)**

- Maintien la qualité du lien radio.
- Minimise et contrôle la puissance utilisée sur l'interface radio, maximisant ainsi la capacité de la cellule.

Implantation des algorithmes RRM



UE

- Contrôle de puissance
- Mesures de qualité
- Report de mesures



Node B

- Séquenceur de paquets
- Contrôle de charge rapide
- Contrôle de puissance rapide
- Adaptation de débit



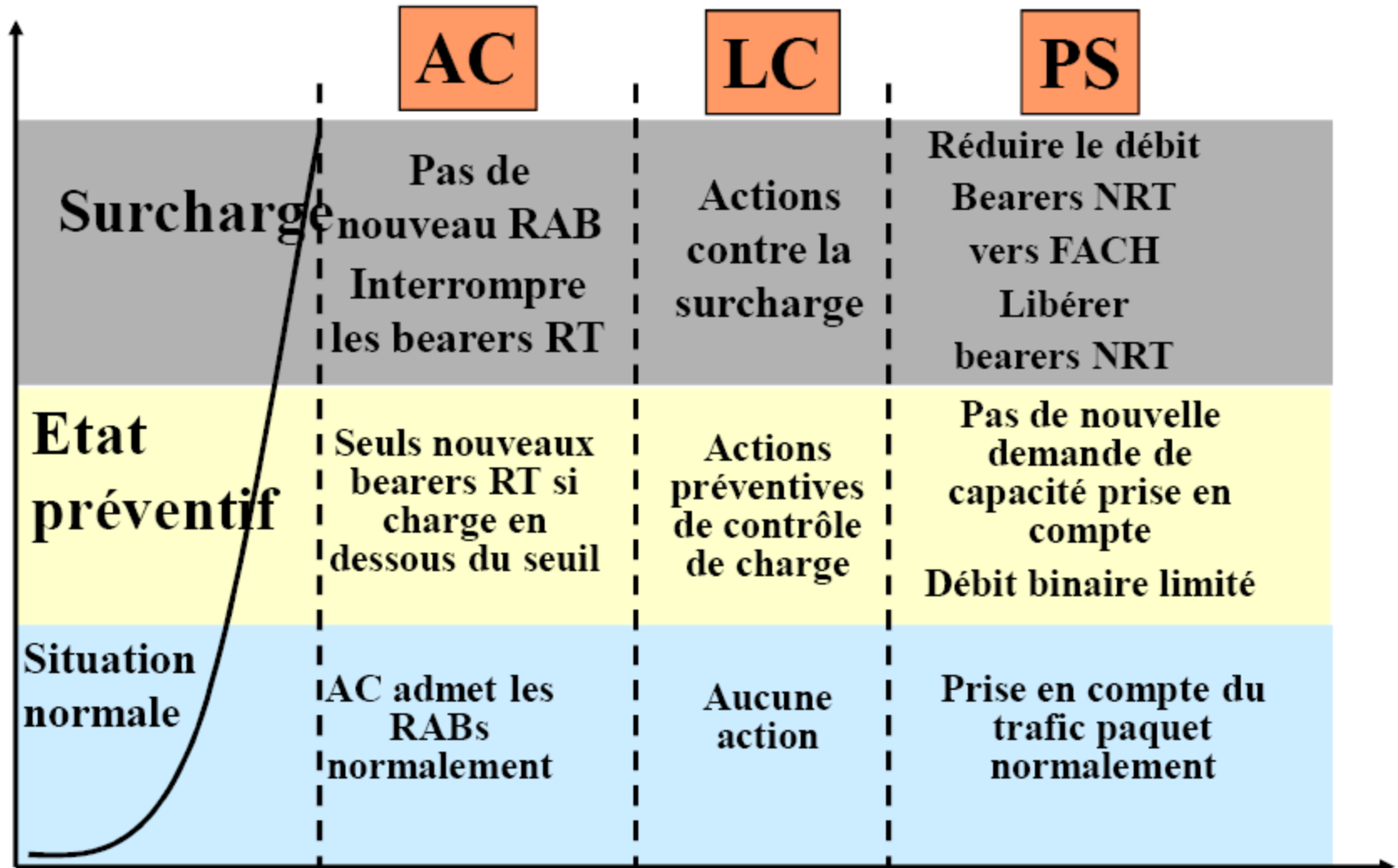
RNC

- Contrôle d'admission
- Contrôle de charge
- Contrôle de HO
- CP boucle externe

Contrôle d'admission et de congestion

- ***Congestion*** : Prendre la bonne réaction à une surcharge.
 - o Services non temps réel retardés,
 - o Réduction des débits des services,
 - o Fermeture de connexions.
- ***Admission*** :
Décider d'accepter ou de rejeter des abonnés en anticipant le risque de surcharge.
Etablissement de RAB et demandes de RRC refusées quand conditions non remplies.
- ***Gestion de puissance et de séquençement***
permettent également de jouer sur la capacité.

Fonctions de gestion du trafic



Fonctions de gestion de la liaison

Contrôle de puissance

Anticipe un niveau excessif d'interférence et l'effet *Near-far*

• *Contrôle de puissance en boucle ouverte*

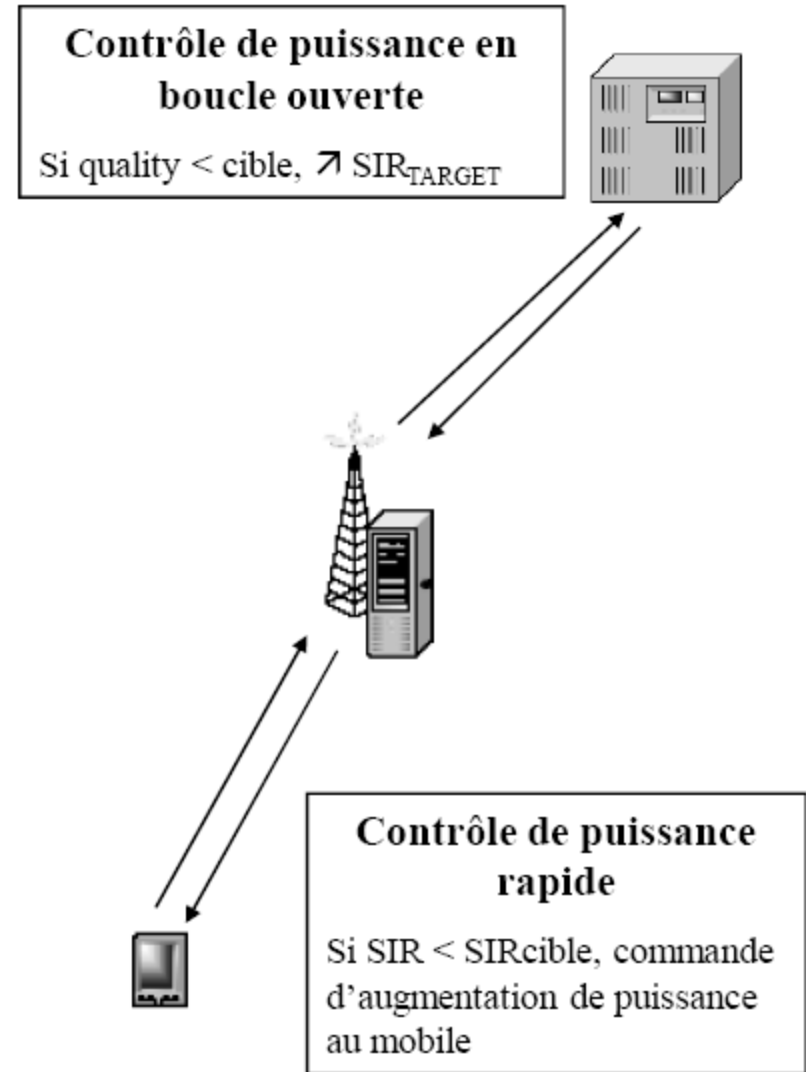
- Estimation de la perte de propagation du signal reçu
- Positionnement de la puissance initiale, ou quand aucun canal de retour n'existe

• *Contrôle de puissance rapide*

- Boucle de retour de cycle 1.5kHz pour ajuster la puissance UL/DL à son minimum
- Plus rapide que le fading de Rayleigh pour les mobiles de vitesse modérée

• *Contrôle de puissance en boucle externe*

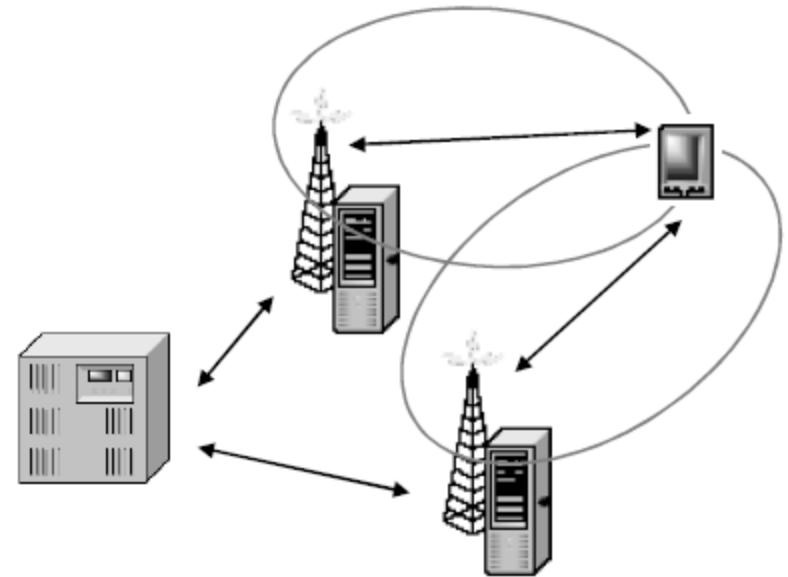
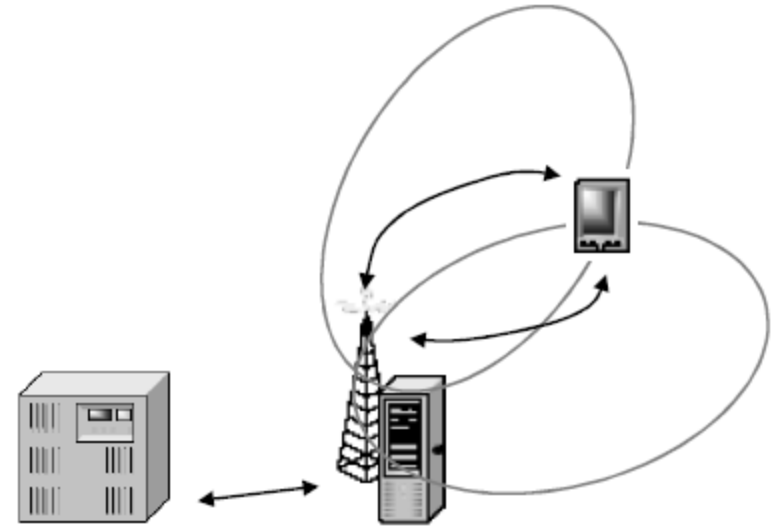
- Ajuste le SIR seuil du Node B en fonction du BER seuil
- Commandé par le RNC



Fonctions de gestion de la liaison

Handover

- Softer Handover
- Soft Handover



Contrôle de Puissance

Principes

- Ajustement du niveau de puissance transmis à la QoS requise (boucles interne et externe).
- Planification des différents services et de QoS en fonction de la charge radio.
- Adaptation de la puissance UL et DL en fonction de :
 - Service,
 - Distance,
 - Interférences inter et intra cellulaires,
 - Environnement de propagation (multi-trajets).

Types de contrôle de puissance

Objectifs

- Lutter contre le *near/far effect* sur l'UL,
- Réduire l'interférence inter-cellulaire en DL,
- Compenser les pertes de propagation (*pathloss, mask effect, fast fading*),
- Augmenter la durée de vie de la batterie des UE.

1. Contrôle de puissance en boucle ouverte (*open loop power control*)
2. Contrôle de puissance en boucle fermée (*closed loop power control*)
 - *Boucle interne de contrôle de puissance (inner loop power control)*
 - *Boucle externe de contrôle de puissance (outer loop power control)*.

CP en boucle ouverte

DL

- Utilisé pour déterminer la puissance initiale des canaux DL,
- Se base sur les mesures de *pathloss en DL*,
- Fonction implantée dans l'UE et dans l'UTRAN.

UL

- Déterminer la puissance de transmission initiale,
- L'UE établit la puissance initiale pour le premier PRACH et pour le DPCCH avant d'initier le CP en boucle interne.

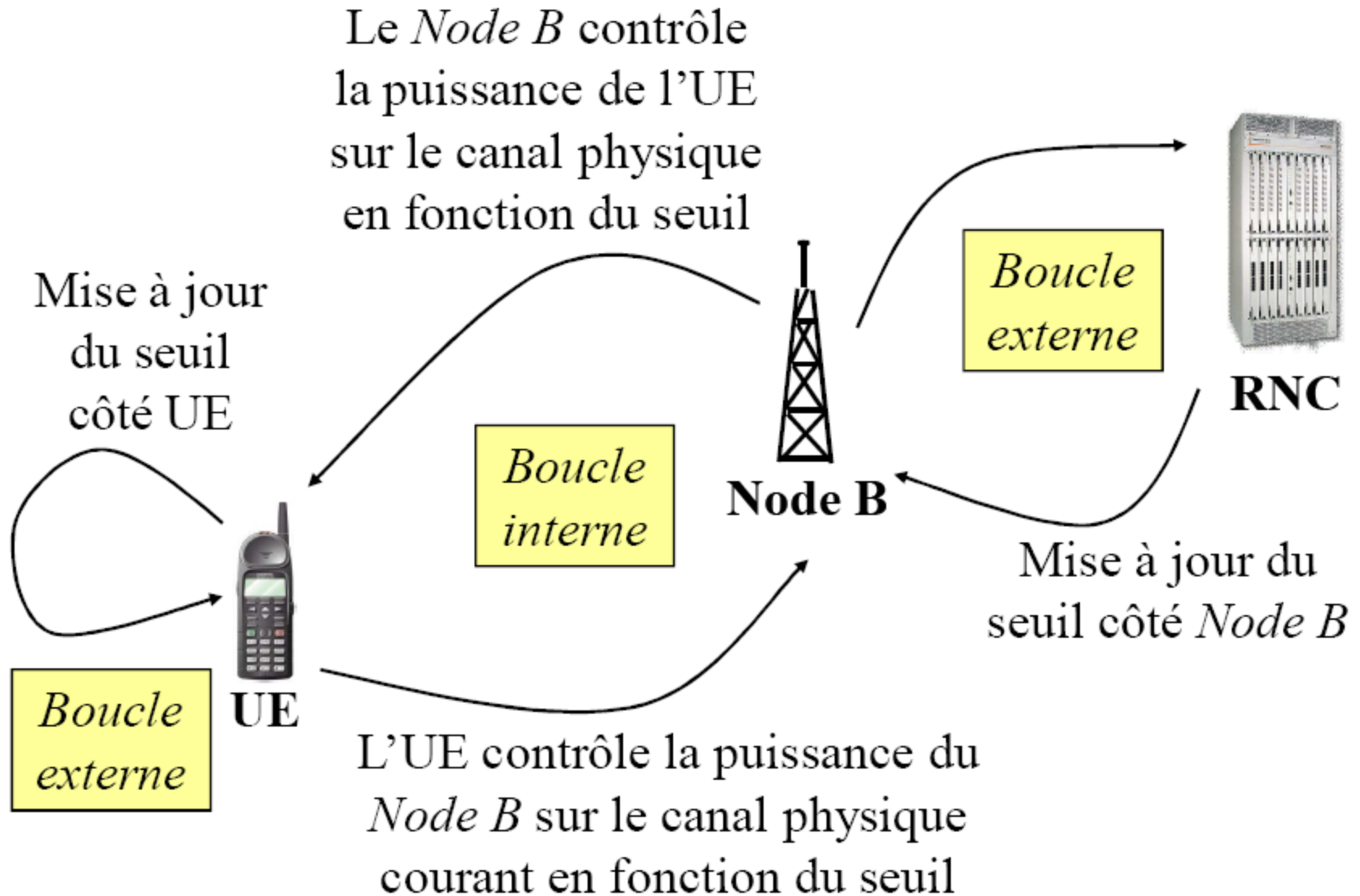
CP en boucle fermée

Le contrôle de puissance en boucle fermé est effectuée durant les sessions actives et implique les trois entités : l'équipement utilisateur, le node B, et le RNC. Deux mécanismes appelés boucle interne (inner loop) et boucle externe (outer loop) ajustent la puissance instantanée et le seuil SIR.

➤ Le Contrôle de puissance boucle interne est le premier contrôle de puissance en circuit fermé effectué entre l'équipement utilisateur et le node B. il est basé sur les mesures de SIR aux récepteurs, et employé contre les fluctuations du canal et d'interférence. L'objectif de l'algorithme de contrôle de puissance est de garder le SIR a un niveau approprié en ajustant les puissances d'émission vers le haut ou vers le bas.

➤Le contrôle de puissance de la boucle externe maintient la qualité de communication pour chaque service en employant la puissance aussi bas que possible. Le RNC effectue le contrôle de puissance boucle externe en ajustant le seuil SIR pour maintenir le taux d'erreur de bloc (BLER) dans une plage donnée. La boucle externe de la liaison montante est située dans le RNC. Le RNC ajuste le SIR en recevant SIR mesuré par le nodeB et en mesurant le BLER.

CP en boucle fermée



Contrôle de puissance (synthèse)

Boucle interne

Fréquence : 1500 Hz

Si $SIR_{mesuré} > SIR_{seuil} \longrightarrow puissance \searrow$

Si $SIR_{mesuré} < SIR_{seuil} \longrightarrow puissance \nearrow$

Boucle externe

Mesure du E_b/N_0 et ajustement du SIR_{seuil} .

Handover

Types de Handover(s)

En UMTS en mode FDD, Trois types de Handover sont définis:

- Softer Handover
- Soft Handover
- Hard Handover

Procédures de handover

Types :

- *Intra Node B* avec changement de fréquence/code sans changement de cellule,
- *Intra Node B* avec changement de cellule, à l'intérieur du même Node B,
- *Inter Node B* et *intra RNC* (changement de Node B sans changement de RNC),
- *Inter Node B* et *inter RNC* (changement de Node B et de RNC).
- *Inter système* (de l'UTRAN vers GSM par exemple, ou vice-versa).

Handover(s)

Les réseaux CDMA utilisent le ***soft handover***:
la transmission n'est pas interrompue lors du changement de cellule de l'utilisateur.

La technique de soft handover permet au mobile d'être connecté simultanément à plusieurs stations de base.

L'ensemble des liens radio utilisés simultanément entre le réseau et le mobile est appelé **active set**

Gestion des ensembles de cellules

Le terminale remonte périodiquement des mesures au RNC
Sur la base des mesures le RNC décide le Handover

Deux ensembles de cellules sont gérés au niveau du mobile :

- *Active Set* : Cellules impliquées dans une situation de soft handover (toutes les cellules de cet ensemble sont connectées au mobile à travers une ou plusieurs liaisons).
- *Neighbour Set (Monitored Set)* : Cellules mesurées en permanence par le mobile mais pour lesquelles la valeur de E_c/I_0 n'est pas suffisante pour être incluses dans l'*Active Set*.

Algorithme de déclenchement du Handover (1)

Critères de déclenchement :

- Si $Pilot_Ec/I_0 > Best_Pilot_Ec/I_0 - Reporting_range + Hysteresis_event1A$ pendant DT et si la liste *Active Set* n'est pas pleine, la cellule est ajoutée à la liste *Active Set*.

Événement appelé « *Event1A* » ou « *Radio Link Addition* ».

- Si $Pilot_Ec/I_0 < Best_Pilot_Ec/I_0 - Reporting_range + Hysteresis_event1B$ pendant DT , la cellule est éliminée de la liste *Active Set*. Événement appelé « *Event1B* » ou « *Radio Link Removal* ».

- Si la liste *Active Set* est pleine et que

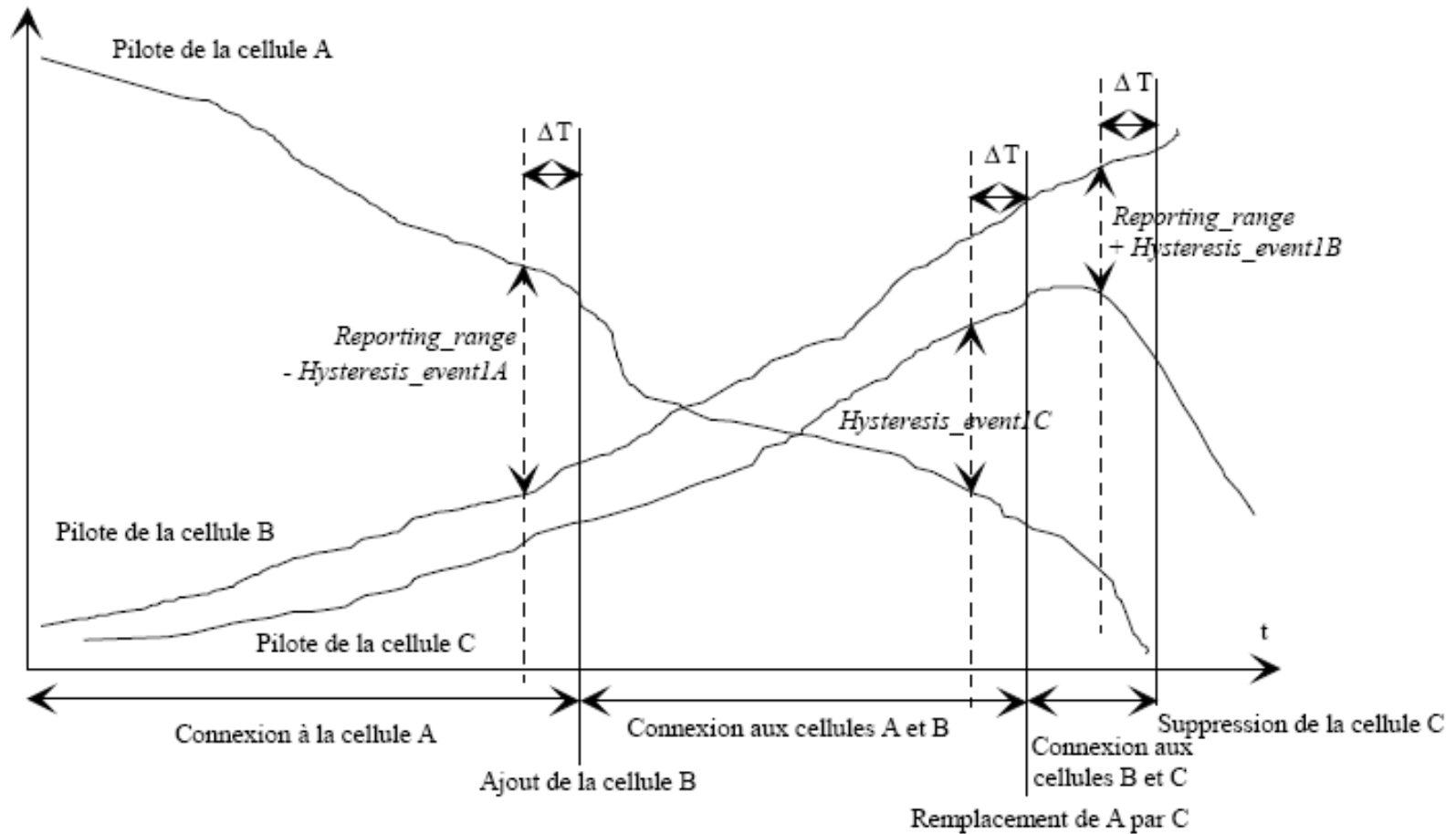
- $Best_candidate_Pilot_Ec/I_0 > Worst_Old_Pilot_Ec/I_0$ pendant DT , la cellule de plus faible Ec/I_0 de la liste *Active Set* est remplacée par la cellule de plus fort Ec/I_0 de la liste *Monitored Set*. Événement appelé « *Event1C* » ou « *Combined Radio Link Addition and Removal* ».

Algorithme de déclenchement du Handover (2)

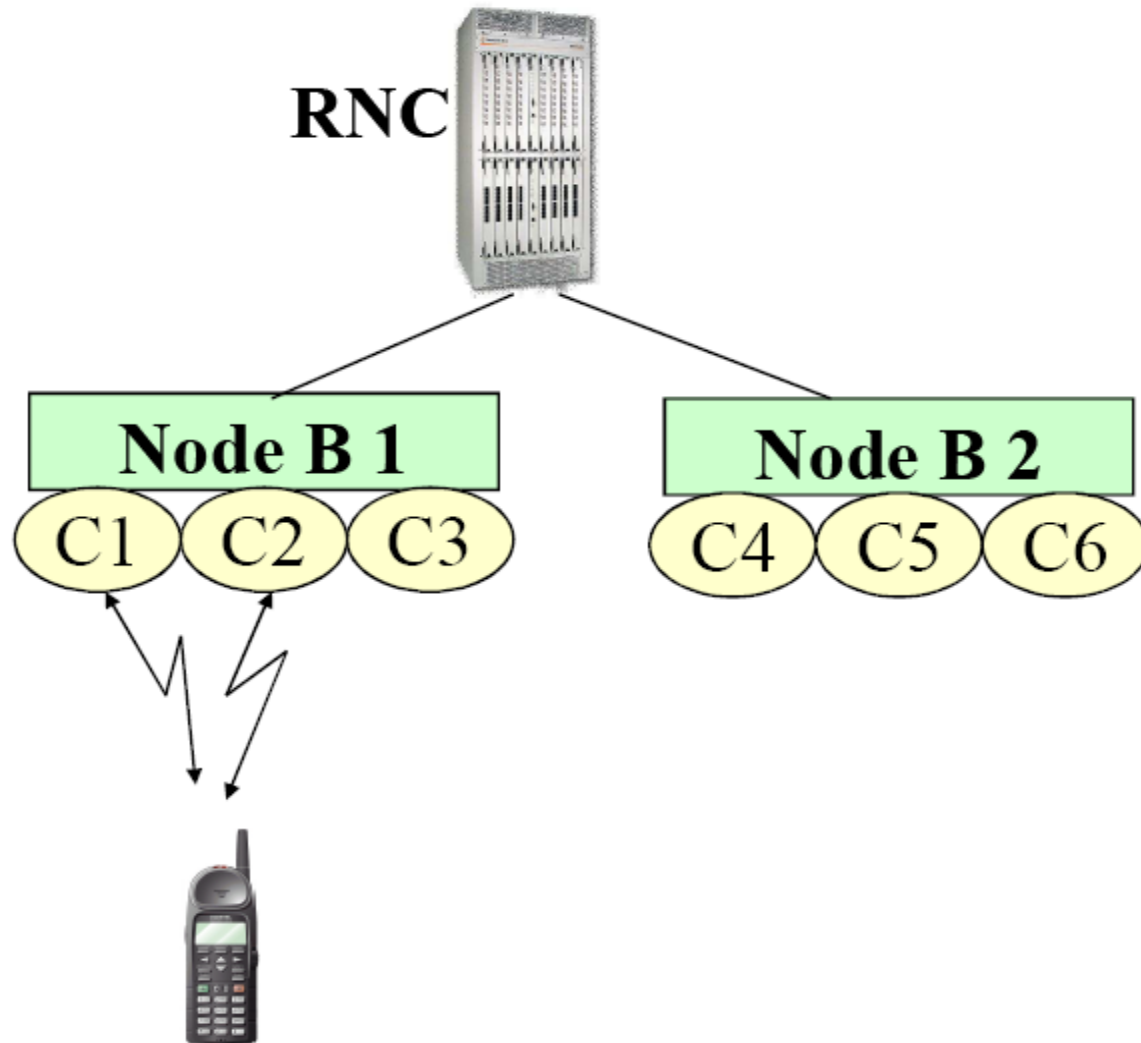
Paramètres :

- *Reporting_range* : seuil de soft handover,
- *Hysteresis_event1A* : hystérésis d'ajout d'une cellule,
- *Hysteresis_event1B* : hystérésis de suppression d'une cellule,
- *Hysteresis_event1C* : hystérésis de remplacement d'une cellule,
- *DT* : temporisation utilisée avant de déclencher une action,
- *Best_Pilot_Ec/I0* : cellule de *Ec/I0* pilote le plus puissant de la liste *Active Set*,
- *Worst_Old_Pilot_EC/I0* : cellule de *Ec/I0* pilote le plus faible de la liste *Active Set*,
- *Best_candidate_Pilot_Ec/I0* : cellule de *Ec/I0* pilote le plus fort de la liste *monitored Set*.
- *Pilot_Ec/I0* : valeur de *Ec/I0* pilote mesuré et traité d'une cellule donnée.

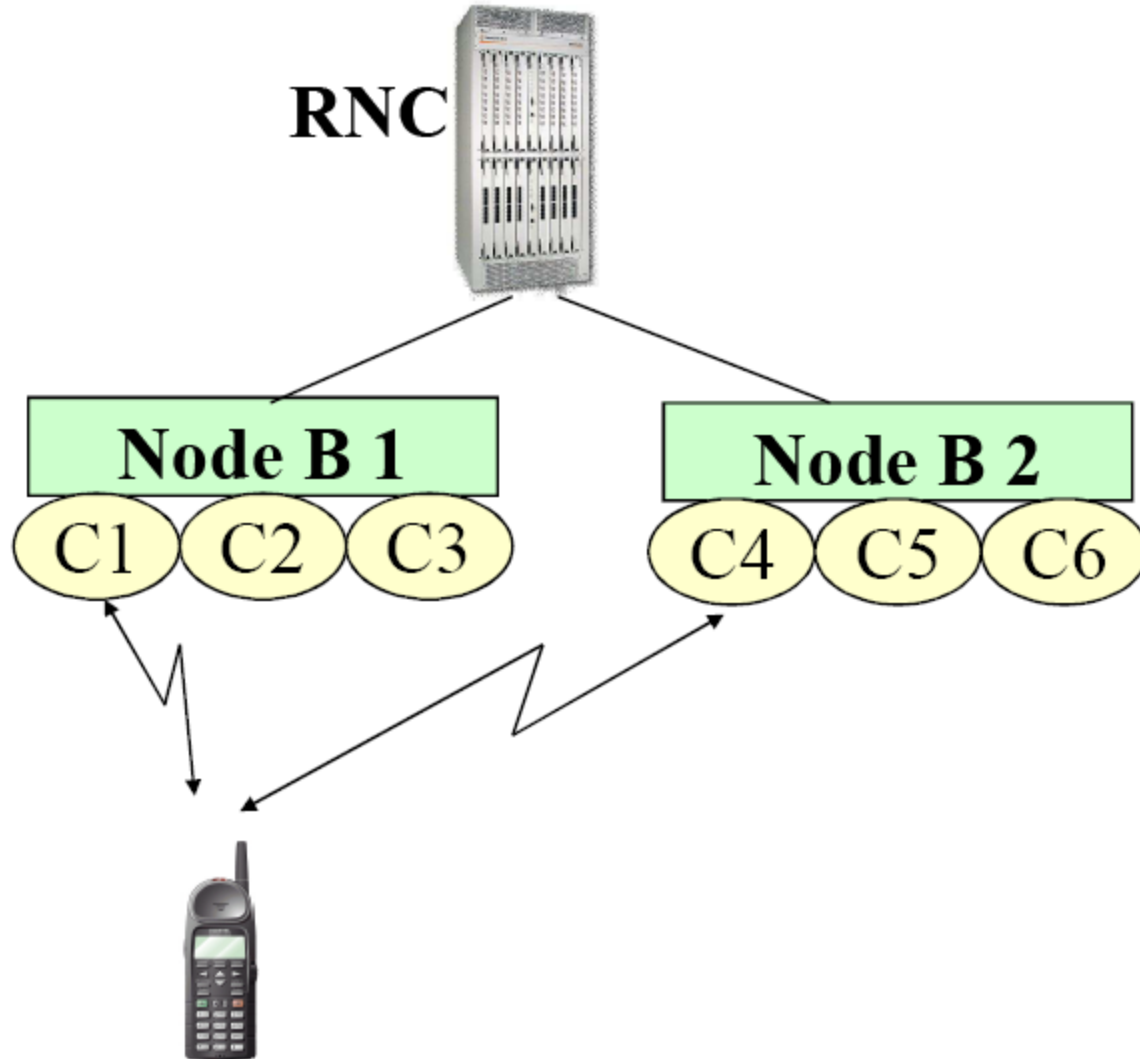
Exemple de déroulement du Handover



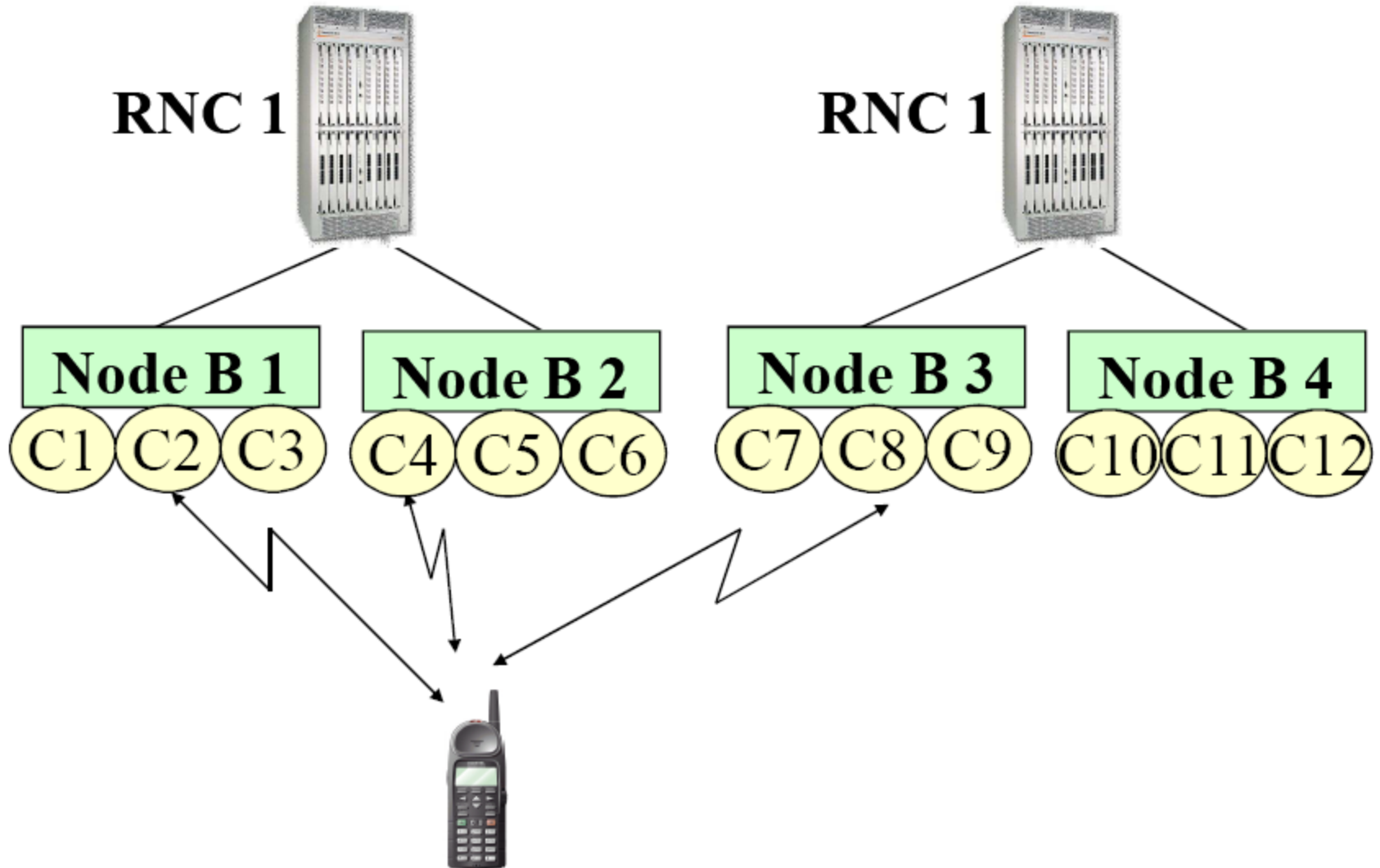
Softer HO



Soft Handover (1)



Soft Handover (2)



Hard Handover

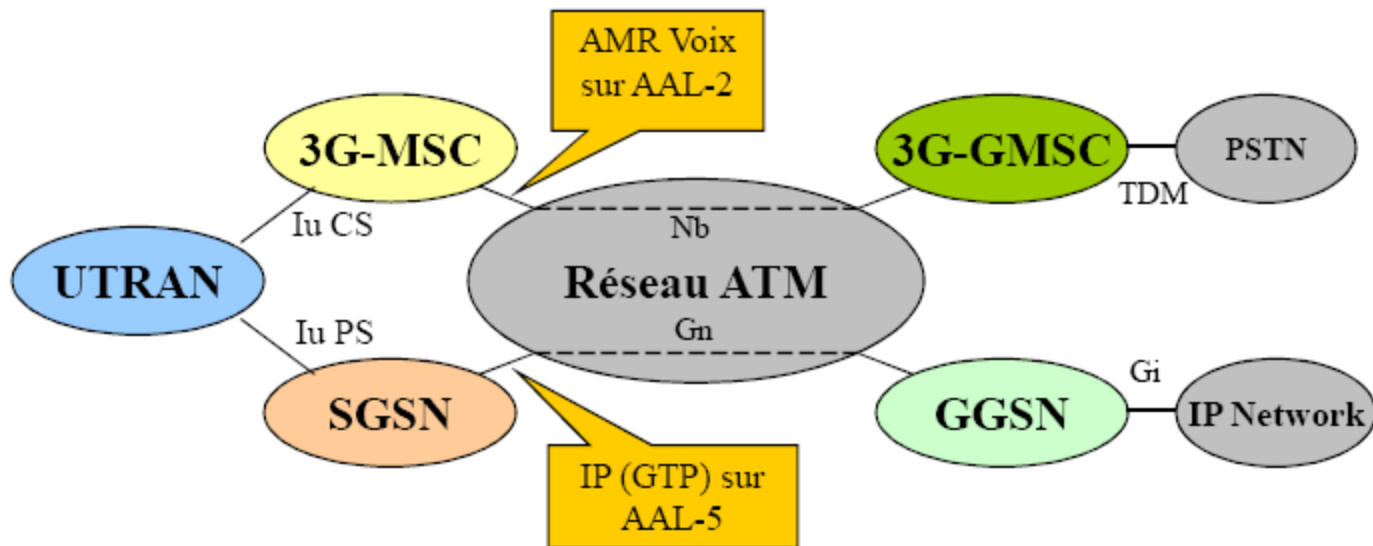
tous les anciens liens radio du UE sont supprimés avant l'établissement de nouveaux liens.

Première version d'UMTS : release 99 (R3)

Les fonctionnalités majeures de la Release 1999 incluent :

- Le nouveau réseau d'accès radio UTRAN déployant WCDMA;
- Un transport ATM dans le réseau d'accès.
- Des débits de données évolués et variables par rapport à l'EDGE : débit de transmission de données d'au moins 64 kbps par utilisateur en mode circuit et 2 Mbps en mode paquet ;
- support de tous les services spécifiés pour le GSM phase 2+ ;
- Support de divers services multimédia tel que la visiophonie;
- Evolutions de plusieurs aspects du réseau coeur, incluant des fonctionnalités du réseau intelligent, une architecture sécuritaire, et le GPRS.
- possibilité de moduler la QoS des services supports au cours de la communication.
- possibilité d'interconnexion avec un RTCP, un RNIS, un réseau X25 ou IP.
- possibilité pour un terminal bi-mode GSM/UMTS d'être itinérant entre ces deux réseaux sans coupure de communication.

Architecture réseau Release 3 (99)



- R99 permet la connexion aux réseaux CS existants 2G et GPRS.
- ATM utilisé dans le RAN (interfaces Iub, Iu_PS, Iu_CS)

Evolutions R99 vers R4

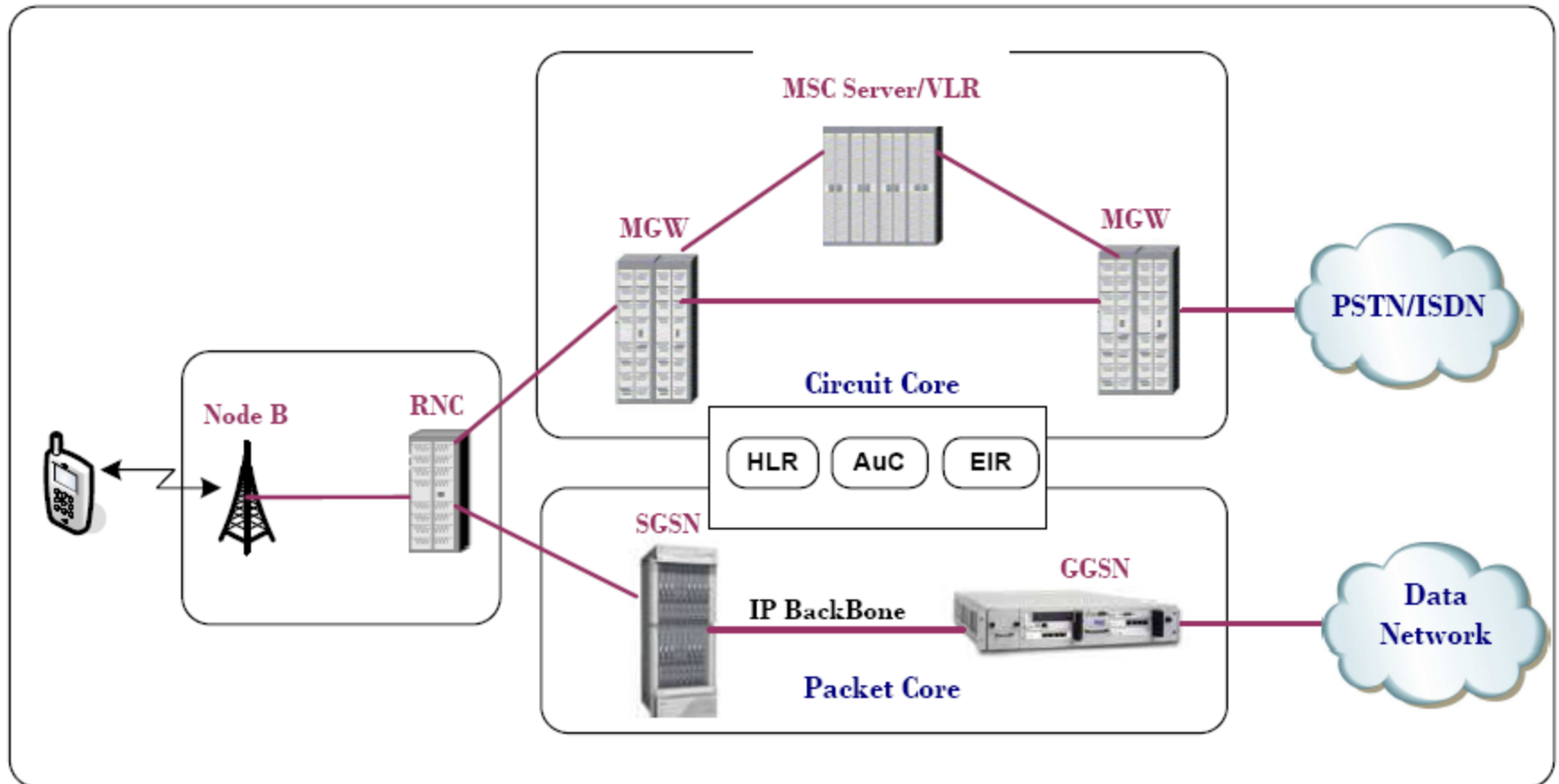
- o Introduction du NGN pour le domaine circuit.
- o Séparation du plan contrôle au plan commutation d'appels.
- o Possibilité du transport IP dans le réseau cœur.
- o Un plus complet support des services de localisation.
- o Introduction d'une compression d'entête plus robuste.
- o Efficacité de commutation plus élevée par rapport au release 99, ce qui permet la fourniture de nouveaux services aux utilisateurs finaux à des faibles coûts comme la vidéo streaming.
- o Une meilleure efficacité de transport et une convergence avec le domaine à commutation de paquets.

Rq: De R99 à R4, la partie radio et le domaine PS du réseau cœur n'ont subi aucun changement. Cependant, l'architecture du domaine CS a été radicalement révisée.

Evolutions R99 vers R4

- Séparation du support transport et du support contrôle dans le coeur de réseau CS : MSC divisé en *MSC Server* et *Media Gateway (MGW)*. Permet le déploiement des 2 types d'entités de façon distribuée.
- Introduction de nouvelles interfaces dans le cœur de réseau CS
- ATM (AAL2) ou IP peut être utilisé comme transport de données dans le domaine CS
- Interface Gb basée sur IP • IPv6 optionnel

Evolutions R99 vers R4



Glossaire

- SCH : Synchronisation Channel,
- CPICH : Common Pilot Channel,
- P-CCPCH : Primary Common Control Physical Channel,
- S-CCPCH : Secondary CCPCH,
- PICH : Paging Indication Channel
- PRACH : Physical Random Access Channel,
- AICH : Acquisition Indication Channel,
- BCH : Broadcast Channel,
- PCH : Paging Channel,
- FACH : Forward Access Channel,
- RACH : Random Access Channel,
- DPDCH : Dedicated Physical Data Channel,
- DPCCH : Dedicated Physical Control Channel,
- PDSCH : Physical Downlink Shared Channel,
- PCPCH : Physical Common Packet Channel,
- AP-AICH : CPCH Access Preamble Acquisition Indicator Channel,
- DCH : Dedicated Channel,
- DSCH : Downlink Shared Channel,
- CPCH : Common Packet Channel,
- CSICH : CPCH Status Indicator Channel,
- TSTD : Time-Switched Transmit Diversity,
- PSC : Primary Synchronisation Channel,
- SSC : Secondary Synchronisation Channel,
- TDD : Time Division Duplex,
- FDD : Frequency Division Duplex,
- TrCH : Transport Channel,
- TTI : Transmission Time Interval,
- UMTS : Universal Mobile Telecommunications Systems,
- MBS : Mobile Broadband Systems.