Université Alioune Diop de Bambey
L'excellence est ma constance, l'éthique ma vertu

RÉSEAUX MOBILES

Chapitre 3 : Réseaux mobiles de 3ème génération : UMTS

1

Master I Informatique (Parcours SR & SI)

Département Technologies de l'Information et de la Communication

Dr Abdou Khadre DIOP

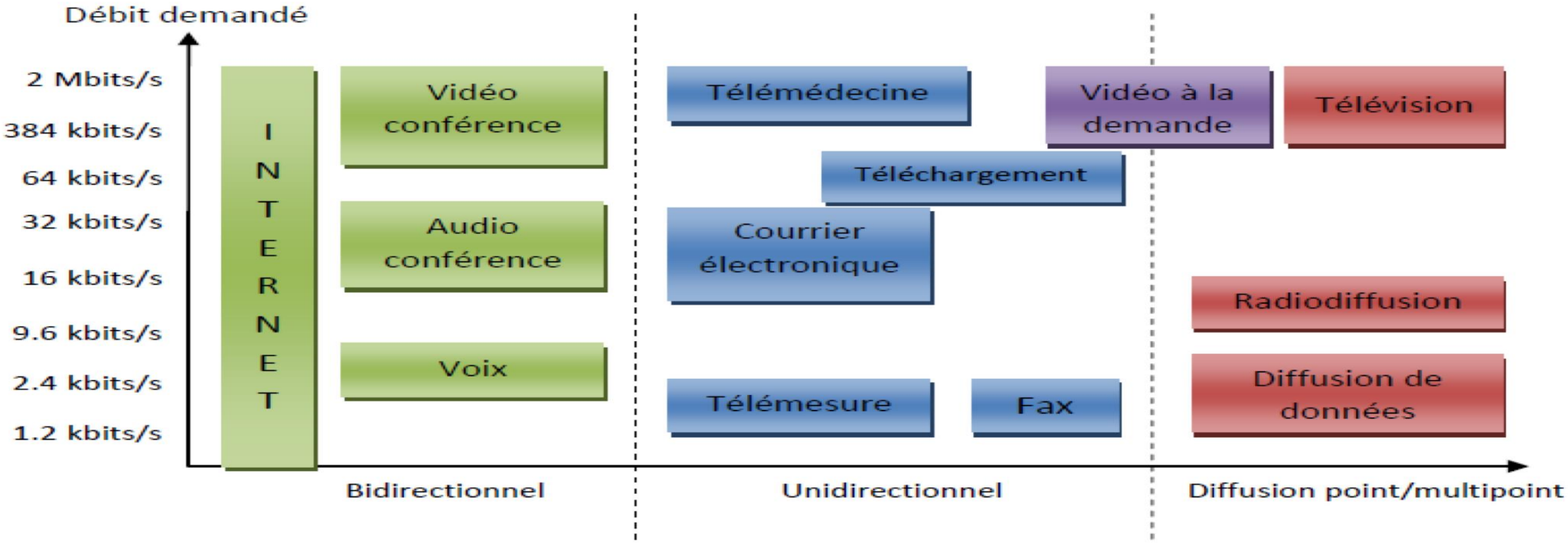
Le réseau UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System)* est classé dans la famille des réseaux de 3ème génération. Il est caractérisé par une interface radio basée sur la technique WCDMA (Wide bande CDMA) en tant que technique d'accès multiple.

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

- Elle rend possible un accès plus rapide à Internet depuis les téléphones portables, par un accroissement significatif des débits des réseaux de téléphonie mobile.
- Elle améliore la qualité des communications en tendant vers une qualité d'audition proche de celle de la téléphonie fixe.
- Elle permet de concevoir une norme compatible à l'échelle mondiale.
- Elle répond au problème croissant de saturation des réseaux GSM, notamment en grandes villes.

Services

Les réseaux 3G de type UMTS sont conçus essentiellement pour répondre à la demande des services multimédia. A cet effet ce réseau est conçu de façon à satisfaire en plus les services conversationnels, les services de type *Streaming, Interactive, Background à débit variable etc.*



Comparatif des systèmes de la 2G (GSM/GPRS) et de la 3G (UMTS).

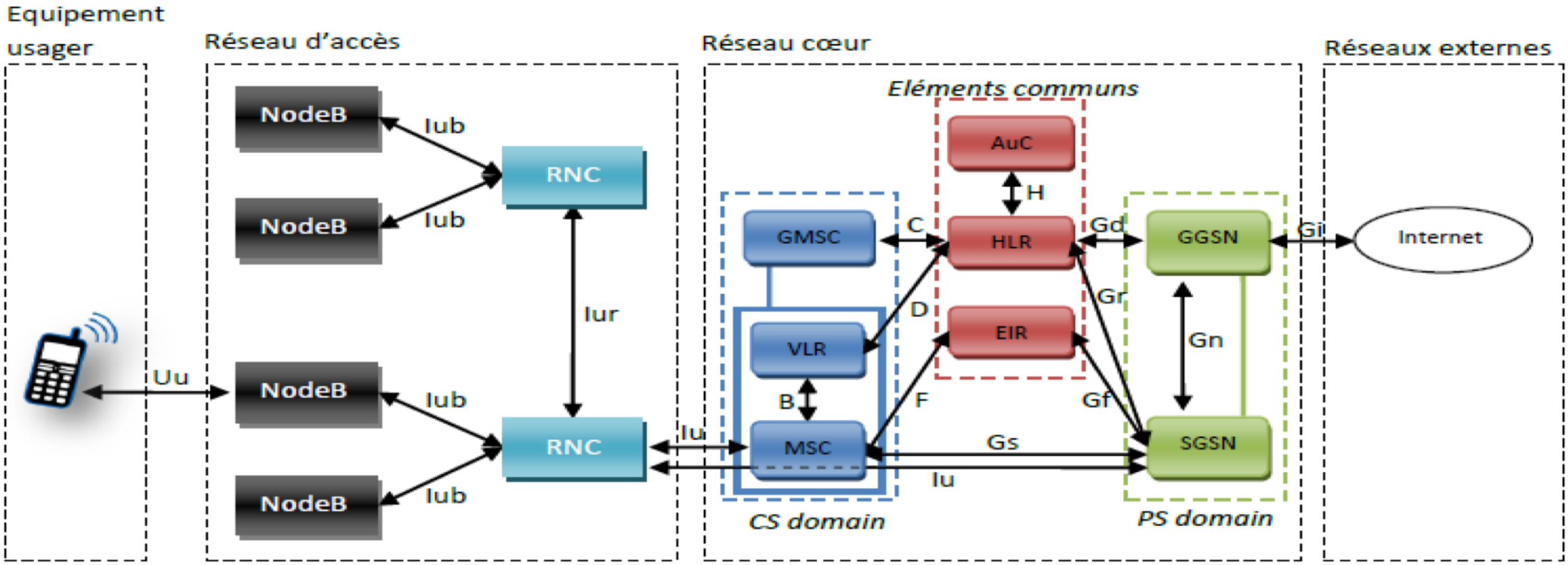
Caractéristiques	GSM/GPRS	UMTS
Bande de fréquence	**Bande dite des 900 890-915 MHz (UL)* 935-960 MHz (DL)* Bande dite des 1800 1710-1785 MHz (UL) 1805-1880 MHz (DL)**	**Système TDD : 1900-1920 MHz Système FDD : 1920-1980 (UL) 2110-2170 (DL)**
Taille des canaux fréquentiels	**200 KHz**	**5 MHz**
Type de multiplexage	**Multiplexage en temps (TDMA Time Division Multiple Access)**	**Multiplexage en codes (CDMA Code Division Multiple Access)**
Duplexage	**FDD (Frequency Division Duplex)**	**TDD (Time Division Duplex) FDD (Frequency Division Duplex)**

Les trois releases de l'architecture UMTS (R3, R4, R5) considèrent une même partie radio (RNS). Par contre, la partie réseau de base (CN) est différente d'une release à l'autre.

La Release 3 (Aussi appelée Release 99) des spécifications de l'UMTS élaborée dans le cadre du projet de partenariat de 3ème génération (3GPP) a défini deux domaines pour la partie CN :

- Le domaine de commutation de circuits (CS, Circuit Switched),
- Le domaine de commutation de paquets (PS, Packet Switched).

Le réseau UMTS comporte deux sous-systèmes fonctionnels de base indispensables pour le fonctionnement du réseau, le sous-système radio UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network) et le sous-système réseau CN et* un troisième sous-système non fonctionnel (OMC) :



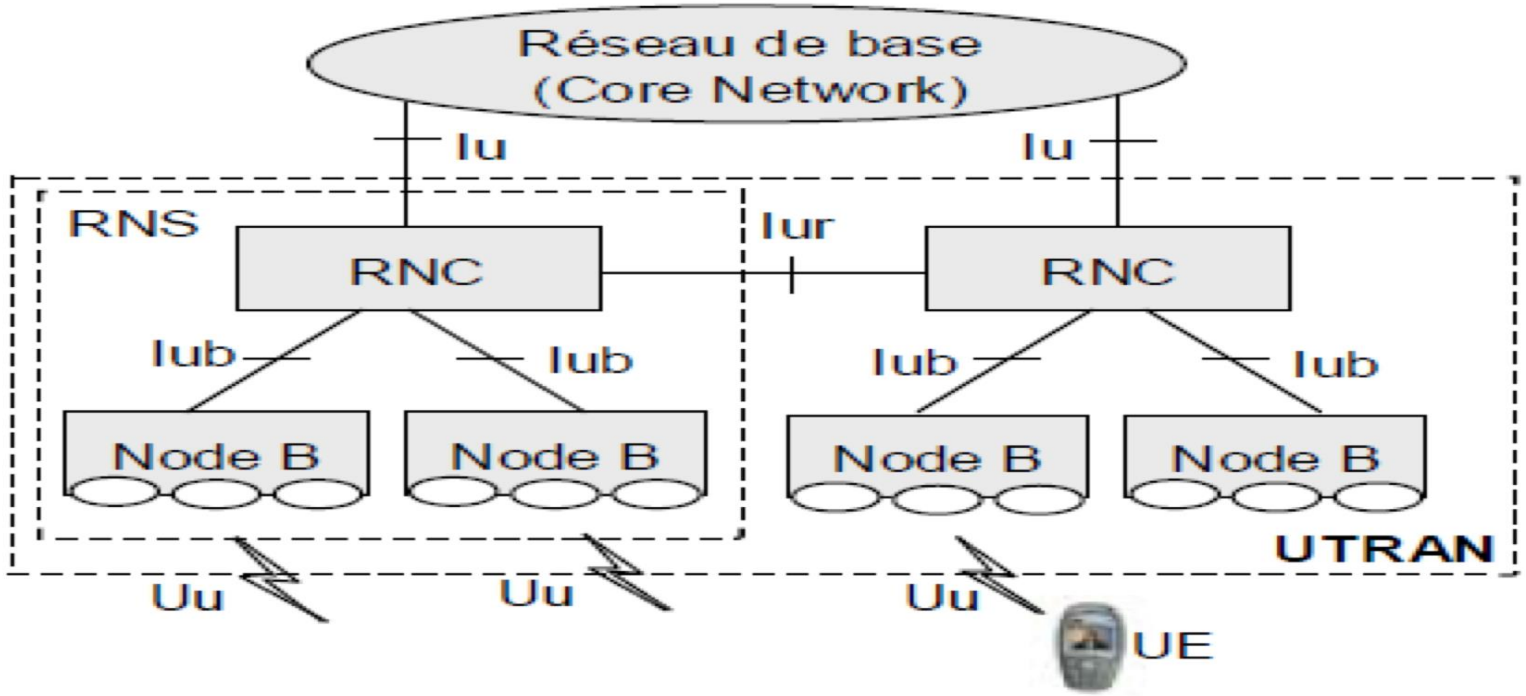
Le réseau d'accès :

Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'usager.

- ✓ **Sécurité :** Il permet la confidentialité et la protection des informations échangées par l'interface radio en utilisant des algorithmes de chiffrement et d'intégrité.
- ✓ **Mobilité :** Une estimation de la position géographique est possible à l'aide du réseau d'accès UTRAN.
- ✓ **Gestion des ressources radio :** Le réseau d'accès est chargé d'allouer et de maintenir des ressources radio nécessaires à la communication.
- ✓ **Synchronisation :** Il est aussi en charge du maintien de la base temps de référence des mobiles pour transmettre et recevoir des informations.

Le réseau d'accès :

Le sous-système radio se compose de deux éléments distincts, à savoir le nœud B (NodeB) et le contrôleur de réseau radio (**RNC, Radio Network Controller)**



RNC : Radio Network Controller
RNS : Radio Network System
UTRAN : UMTS Terrestrial Radio Access Network
UE : User Equipment

Le réseau d'accès :

✓ **Station Mobile (UE, User Equipment)**

L'utilisateur UMTS est équipé d'un UE (User Equipment) qui est composé du Mobile Equipment (ME) correspondant au combiné téléphonique (terminal mobile) et la carte USIM (UMTS Subscriber Identity Module).

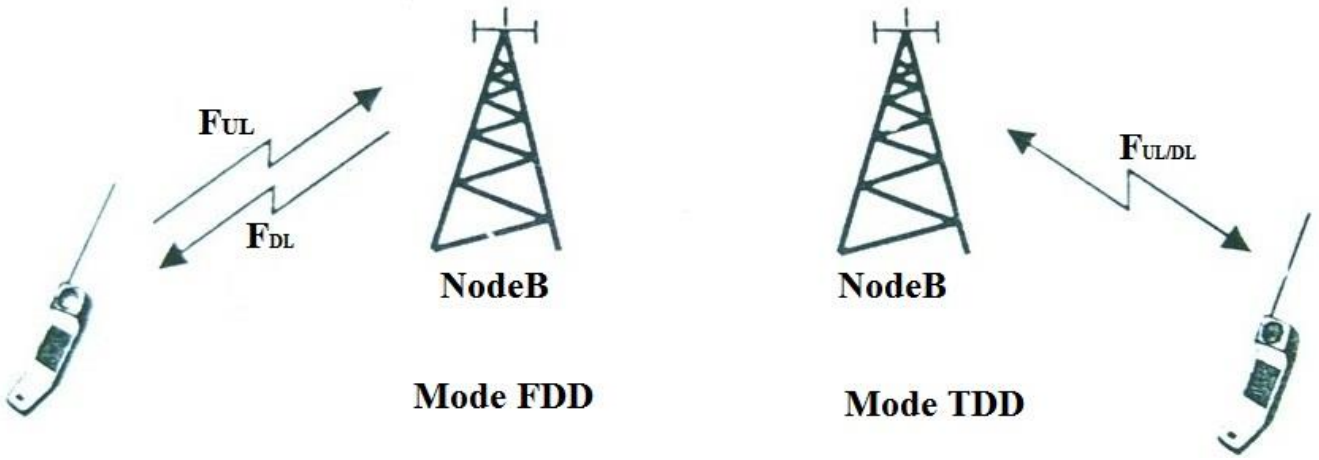
Le rôle de l'USIM est semblable à celui de la carte SIM en GSM. Elle enregistre les identités de l'abonné telles que IMSI, TMSI, les données de souscription, la clé de sécurité (Ki) et les algorithmes d'authentification et de génération de clé de chiffrement. L'UE peut se rattacher simultanément aux domaines circuit (MSC) et paquet (SGSN) et peut alors disposer simultanément d'un service GPRS et d'une communication téléphonique.

Le réseau d'accès :

✓ NodeB

Le rôle principal du NodeB est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager. Le NodeB travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI (codage et décodage).

Il existe trois types de NodeB correspondant aux deux modes UTRA : NodeB UTRA-FDD, NodeB UTRA-TDD et NodeB mode dual, ce dernier pouvant utiliser les deux modes simultanément.



Le réseau d'accès :

✓ Interfaces de communications

Plusieurs types d'interfaces de communication coexistent au sein du réseau UMTS :

- **Uu :** Interface entre un équipement usager et le réseau d'accès UTRAN. Elle permet la communication avec l'UTRAN via la technologie CDMA.
- **Iu :** Interface entre le réseau d'accès UTRAN et le réseau cœur de l'UMTS. Elle permet au contrôleur radio RNC de communiquer avec le SGSN.
- **Iur :** Interface qui permet à deux contrôleurs radio RNC de communiquer.
- **Iub :** Interface qui permet la communication entre un NodeB et un contrôleur radio RNC.

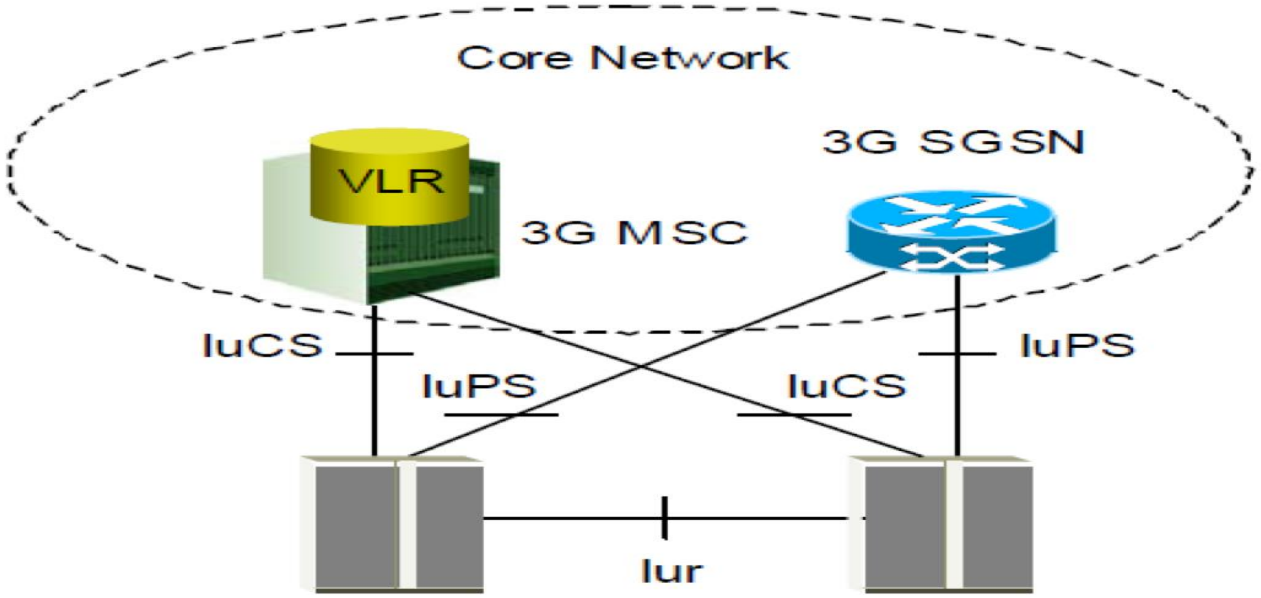
Le réseau d'accès :

✓ **RNC**

Le rôle principal du RNC est de router les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS.

Il travaille au niveau des couches 2 et 3 du modèle OSI (contrôle de puissance, allocation de codes).

Le RNC constitue le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur. Le RNC et les NodeB sont connectés entre eux et au réseau de base par trois interfaces.



Le réseau d'accès :

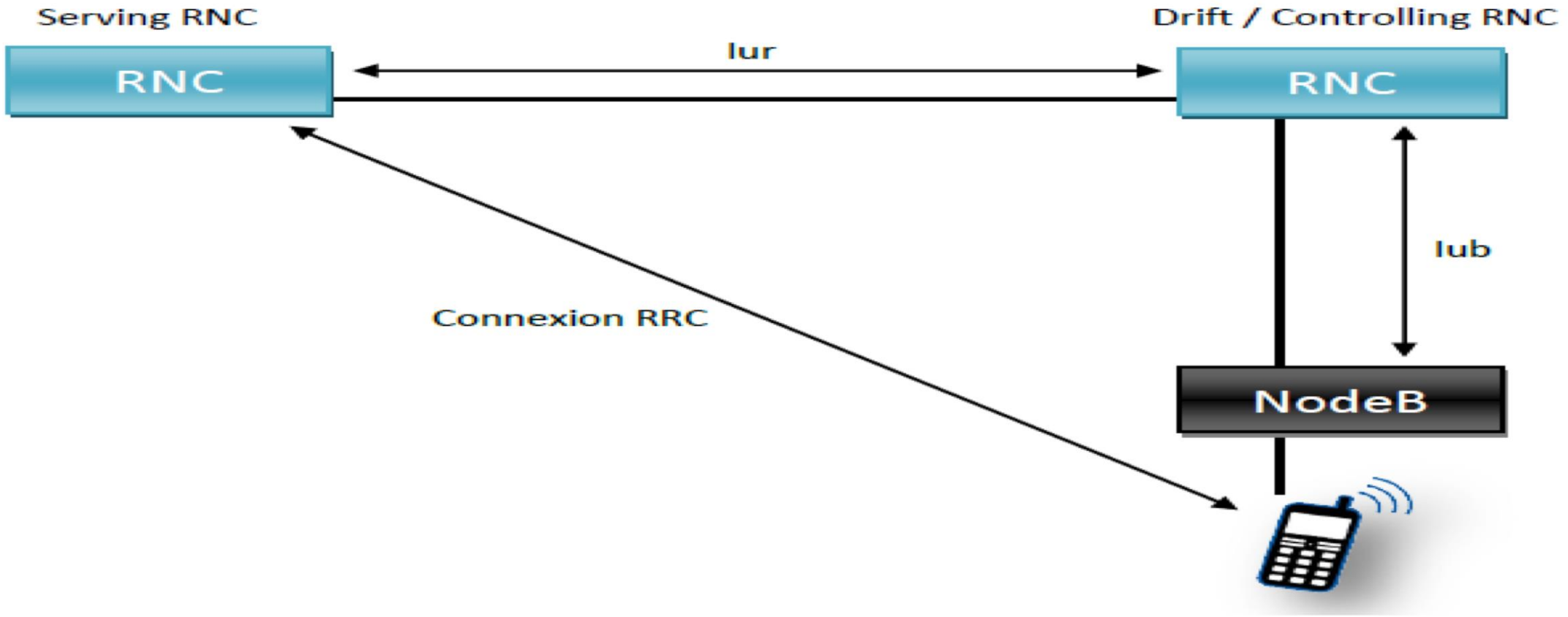
✓ **RNC**

Lorsqu'une communication est établie par un équipement usager, une connexion de type RRC (Radio Resource Control) est établie entre celui-ci et un RNC du réseau d'accès UTRAN. Dans ce cas de figure, le RNC concerné est appelé SRNC (Serving RNC). Si l'usager se déplace dans le réseau, il est éventuellement amené à changer de cellule en cours de communication. Il est d'ailleurs possible que l'usager change de NodeB vers un NodeB ne dépendant plus de son SRNC.

Le RNC en charge de ces cellules distantes est appelé « controlling RNC ». Le RNC distant est appelé « drift RNC » du point de vue RRC. Le « drift RNC » a pour fonction de router les données échangées entre le SRNC et l'équipement usager.

Le réseau d'accès :

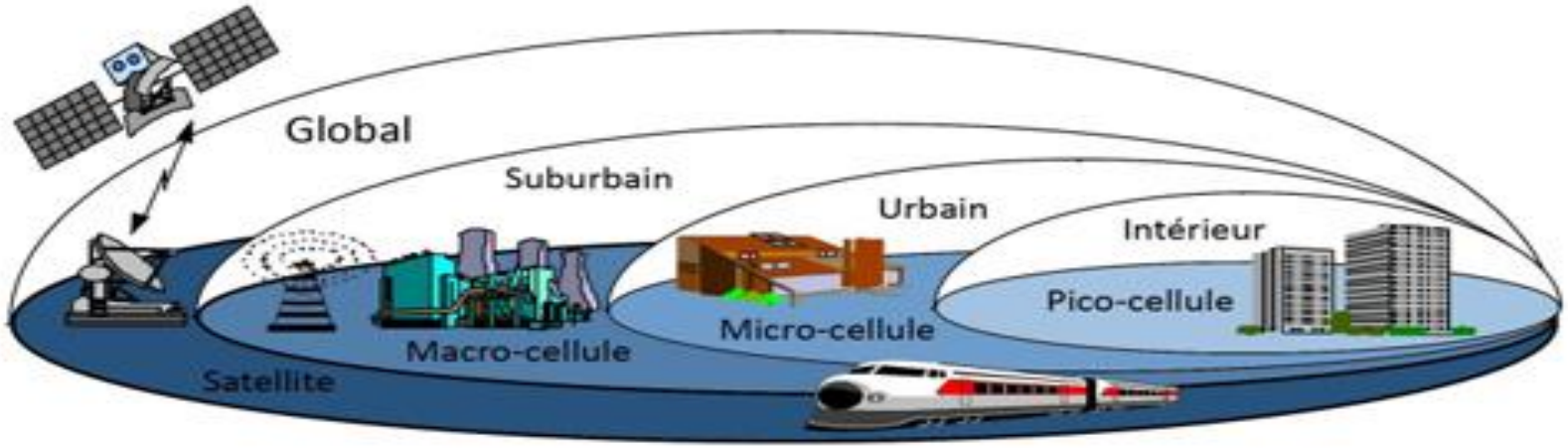
- ✓ **RNC**



Le réseau d'accès :

✓ **Classe des cellules**

	Macrocellules (*M*)	***Microcellules (μ)***	***Picocellules (p)***
Rayon moyen	**>= 1 Km**	**Quelques centaines de mètres**	**< 50 m**
Domaine d'application	Outdoor Rural	Suburbain/urbain Outdoor	Outdoor / Indoor Faible portée
Vitesse maximale	500 Km/h	120 Km/h	10 Km/h
Débit maximal	144 Kbits/s	384 Kbits/s	2 Mbits/s

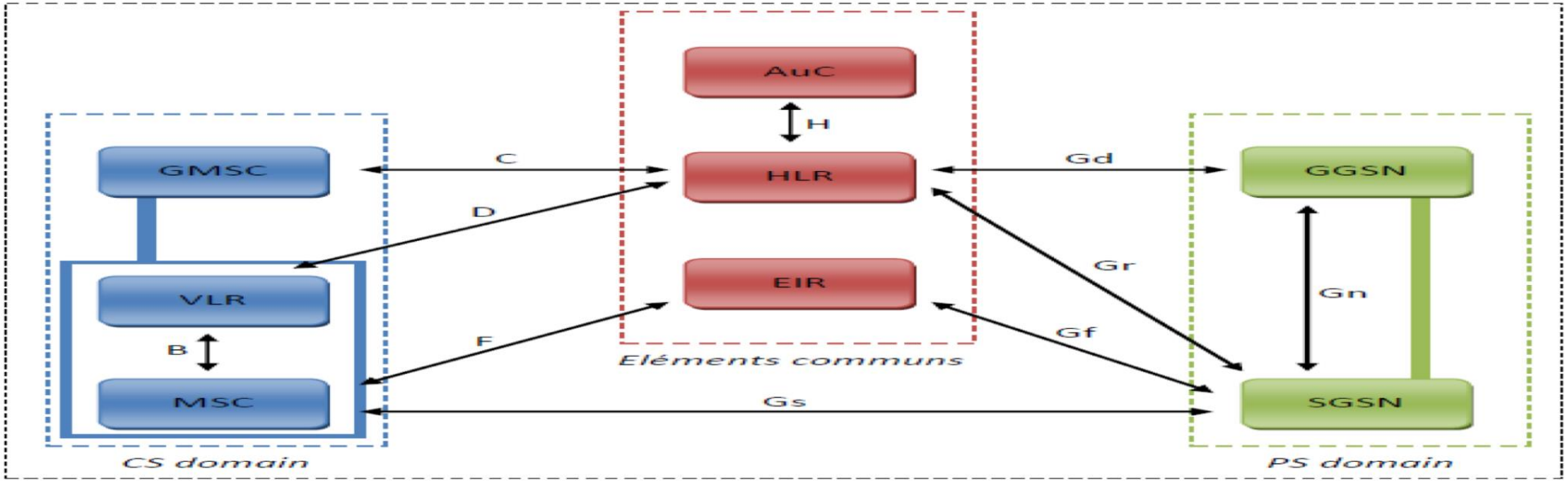


Le réseau d'accès :

✓ Le réseau cœur

Le réseau cœur de l'UMTS est composé de trois parties dont deux domaines :

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



Principaux paramètres :

Le W-CDMA réalise un étalement de spectre selon la méthode de répartition par séquence directe (DS-WCDMA). Cela signifie que les bits correspondants aux données utilisateurs sont étalés, en les multipliant par une séquence de bits (appelé *chips*) ayant des caractéristiques bien particuliers, sur une large bande passante.

Mode	FDD	TDD
Accès multiple	DS-CDMA	TD-CDMA
Débit chip	3.84 Mchip/s	
Espace entre porteuse	5 MHz	
Durée d'une trame radio	10 ms	
Structure d'une trame	15 time slots par trame radio	
Modulation	QPSK	

Etalement et désétalement :

La méthode d'étalement consiste, dans cet exemple, à multiplier chaque bit du signal par une séquence de n *chips*.

Le résultat est un signal plus rapide dans le temps c'est-à-dire à spectre étalé sur une bande fréquentielle plus large.

Cette bande est sensiblement égale à la bande occupée par le code d'étalement.

En DS-WCDMA on distingue deux familles de codes :

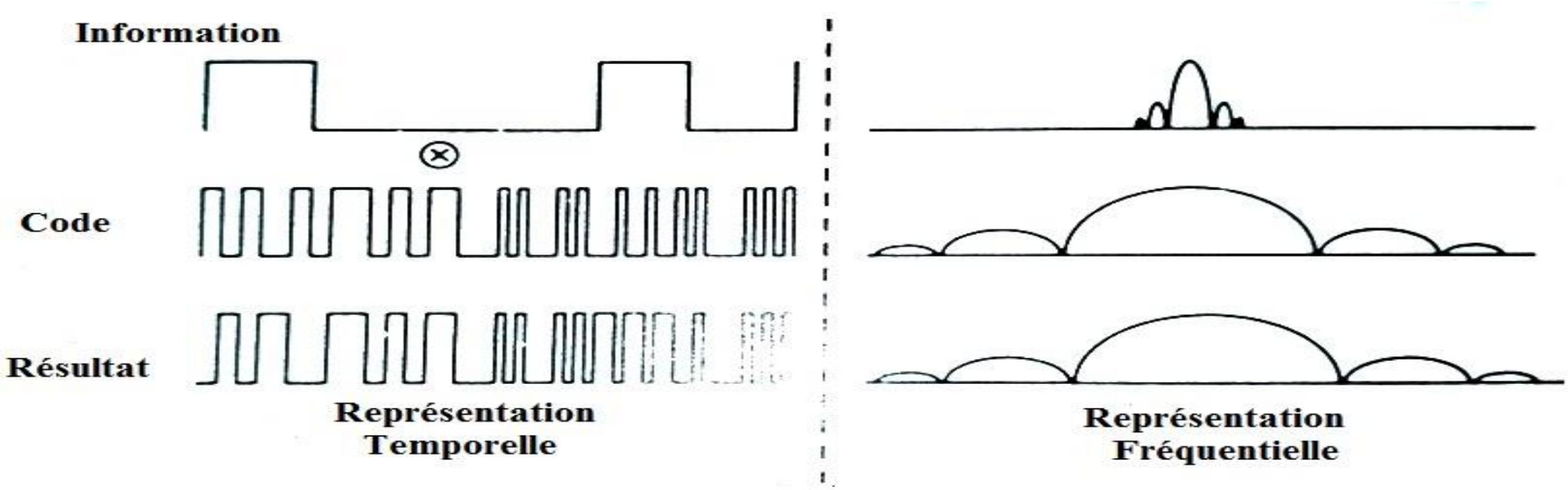
- **Des codes de canalisation** appelés couramment codes orthogonaux à facteur d'étalement variable, OVSF (*Orthogonal Var i abl e Spreading Factor*)
- **Des codes d'embrouillage** appelés couramment *Scrambling Code* ou encore code PN (*Pseudo Noise Codes*).

Etalement et désétalement :

➢ Code de canalisation OVSF

En WCDMA, les codes OVSF ont un rythme de transition rapide dans le temps (3.84 Mchip/s).

Technique d'étalement de spectre par séquence directe

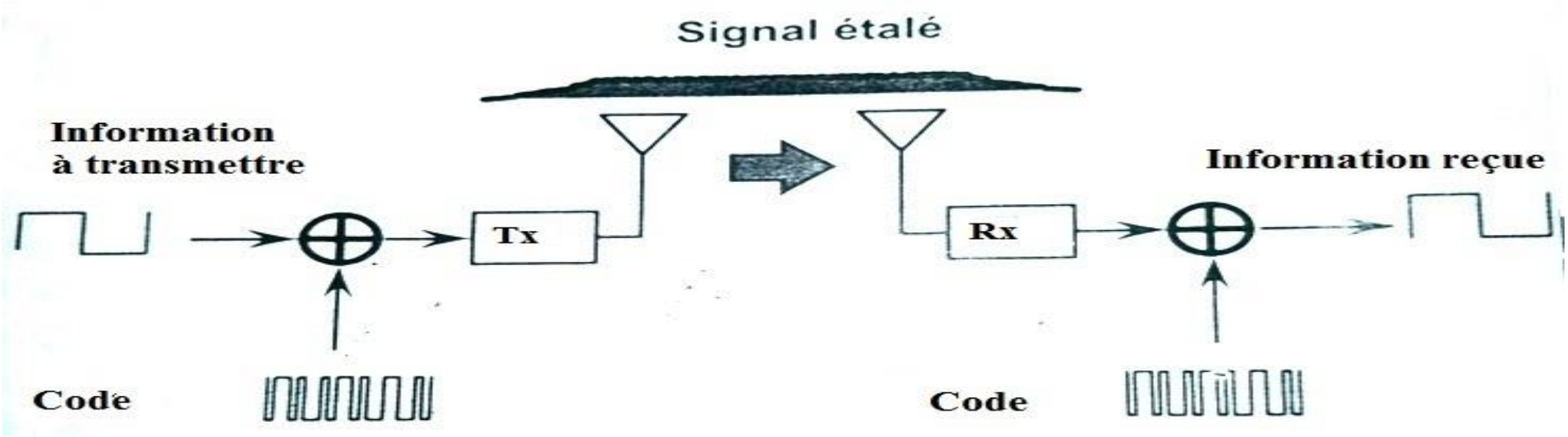


Etalement et désétalement :

➢ Code de canalisation OVSF

La procédure inverse, le désétalement, consiste à multiplier, bit par bit, le signal étalé par la même séquence de code utilisée précédemment pour l'étalement, ce qui permet de retrouver le signal initial.

Procédure d'étalement / désétalement



Etalement et désétalement :

➢ Les codes d'embrouillage

Les codes d'embrouillage, plus couramment connus sous le nom de *scrambling codes, sont des* séquences pseudo-aléatoires (PN : *Pseudo Noise)* caractérisées par une propriété d'autocorrélation parfaite. La fonction d'autocorrélation d'un *scrambling code* est nulle pour tout décalage temporel.

Pour un décalage égal à 0, cette fonction présente un pic. Cette propriété est essentielle , d'une part pour séparer les signaux issus de différentes sources asynchrones et d'autre part pour combattre les trajets multiples.

Etalement et désétalement :

- **Les codes d'embrouillage** / *Code PN sur la liaison montante*

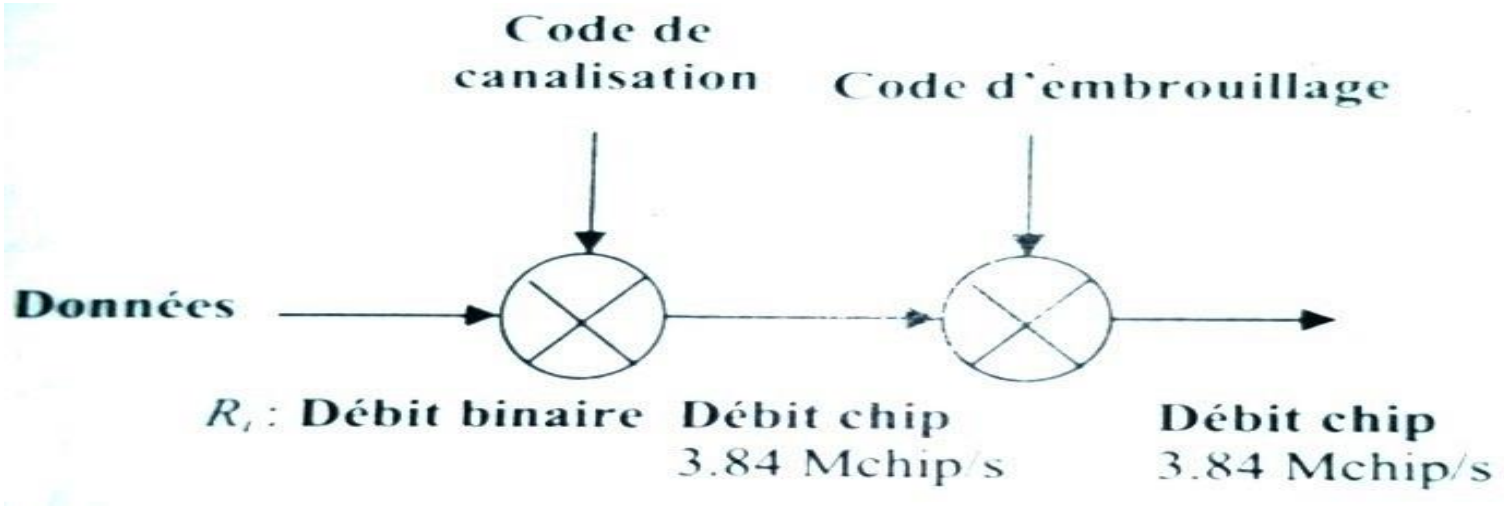
En liaison montante les codes d'embrouillage sont utilisés pour séparer les flux de différents mobiles.

- **Les codes d'embrouillage** / *Code PN sur la liaison descendante*

En liaison descendante les codes d'embrouillage sont utilisés pour séparer les signaux des différentes cellules. Par analogie à la procédure d'allocation de fréquences dans les réseaux cellulaires de type FDMA/TDMA, en WCDMA, il faut alors planifier les codes (sur le lien descendant).

Etalement et désétalement :

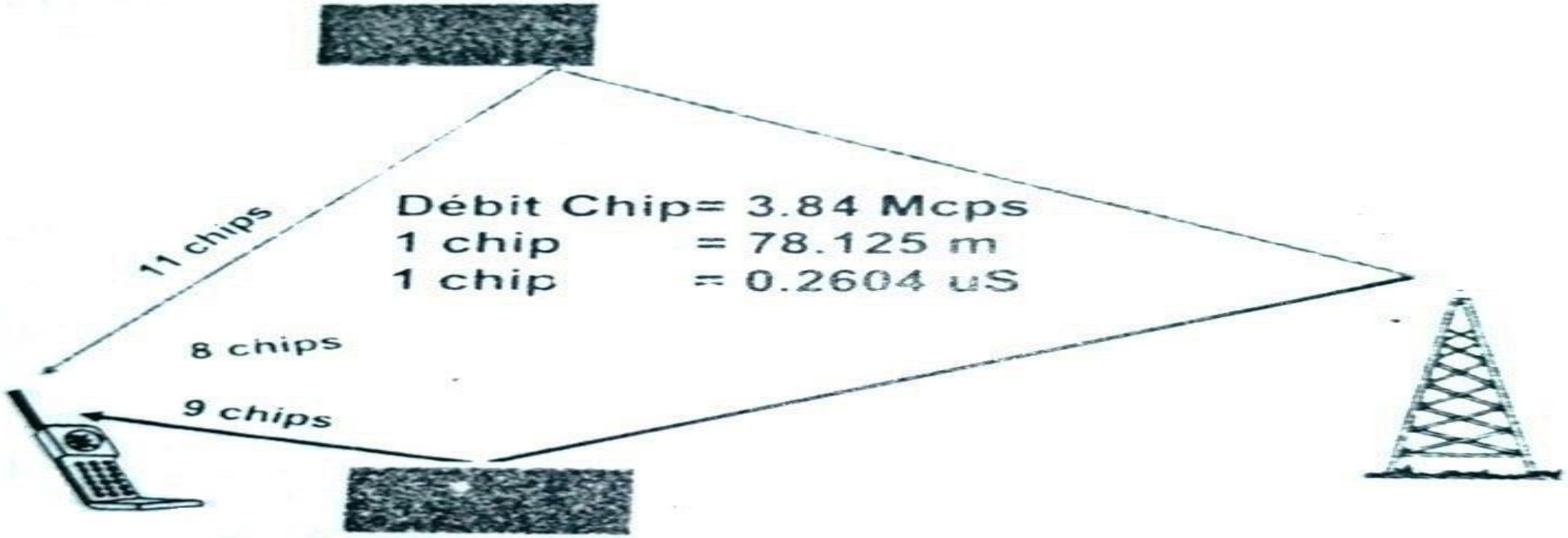
- ***Méthode d'application des deux types de codes (OVSF et Scrambling)***



Type de code	Fonction du code en lien montant	Fonction du code en lien descendant	Famille de codes
Code de canalisation	Séparation des canaux de données d'un même terminal	Séparation des connexions des différents utilisateurs d'une même cellule	OVSF
Code d'embrouillage	Séparation des terminaux	Séparation des cellules	Code de Gold

Récepteur en râteau (Rake Receiver) :

En exploitant les propriétés des codes d'embrouillage, les récepteurs en WCDMA comportent plusieurs doigts (dits fingers) et un étage de recherche des signaux reçus par trajets multiples. Chaque doigt reçoit un signal issu d'un trajet.



Contrôle de connaissance :

En WCDMA le contrôle de puissance est indispensable pour garantir la capacité du réseau. En effet, la puissance transmise par un terminal et reçu au niveau de la station de base, est perçue pour les autres terminaux comme étant une interférence. A cet effet, la mise en place d'une procédure de contrôle de puissance permettant d'assurer un même niveau de puissance reçue de la station de base aura comme conséquence l'amélioration de la capacité de la cellule.

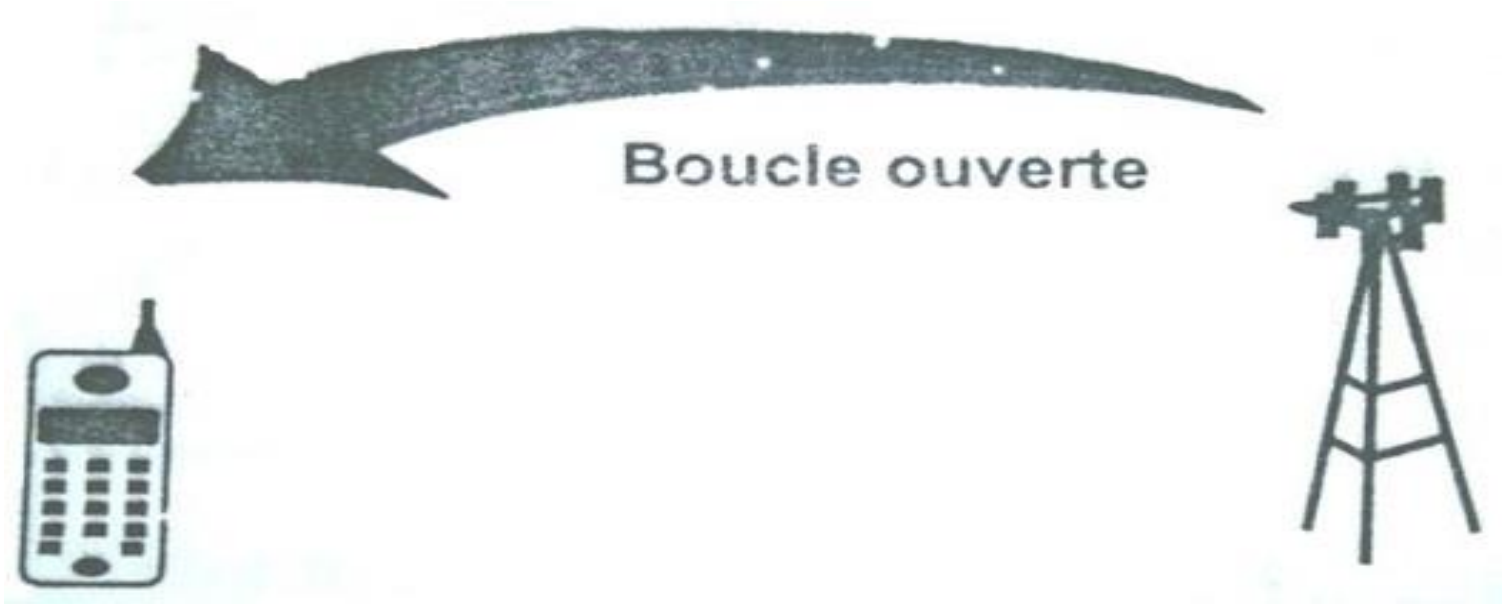
Contrôle de connaissance :

➢ *Contrôle de puissance sur le lien montant*

En UMTS le contrôle de puissance sur le lien montant comporte trois procédures :

- **Contrôle de puissance en boucle ouverte**

Lors du premier accès, le terminal n'a pas d'information sur le niveau de puissance nécessaire et suffisant pour établir le lien radio avec sa station de base.

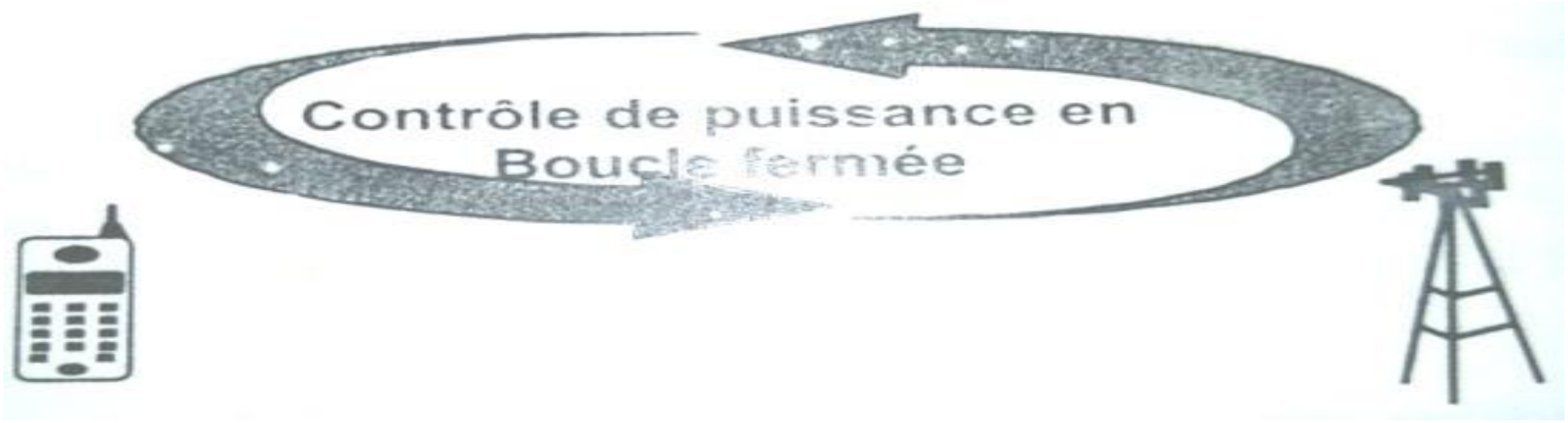


Contrôle de connaissance :

Contrôle de puissance sur le lien montant

- **Contrôle de puissance en boucle fermée**

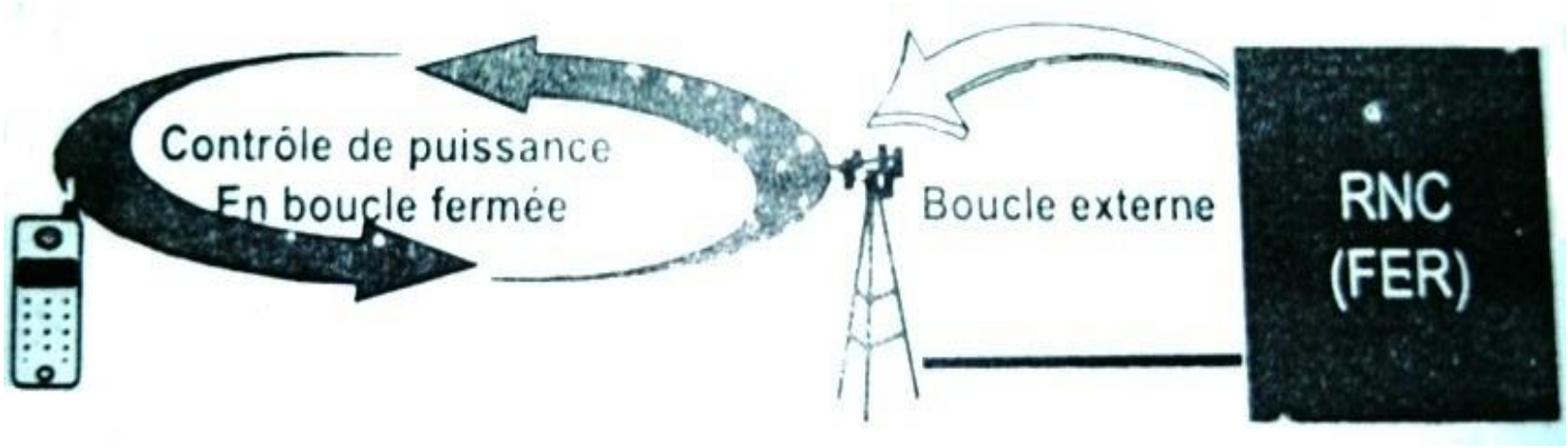
Selon le niveau E_b/N_0 mesuré au niveau du NodeB, une commande d'ajustement de la puissance d'émission des terminaux sera envoyée avec une cadence de 1500 fois par seconde.



Contrôle de connaissance :

- *Contrôle de puissance sur le lien montant*
  - **Contrôle de puissance en boucle externe**

Selon la valeur de FER (*Frame Error Rate)*, mesurée au niveau du RNC, celui ajuste la valeur E_b/N_0 cible typiquement chaque 200 ms. La nouvelle valeur est communiquée au NodeB pour sa prise en compte dans la procédure de contrôle de puissance en boucle fermée.



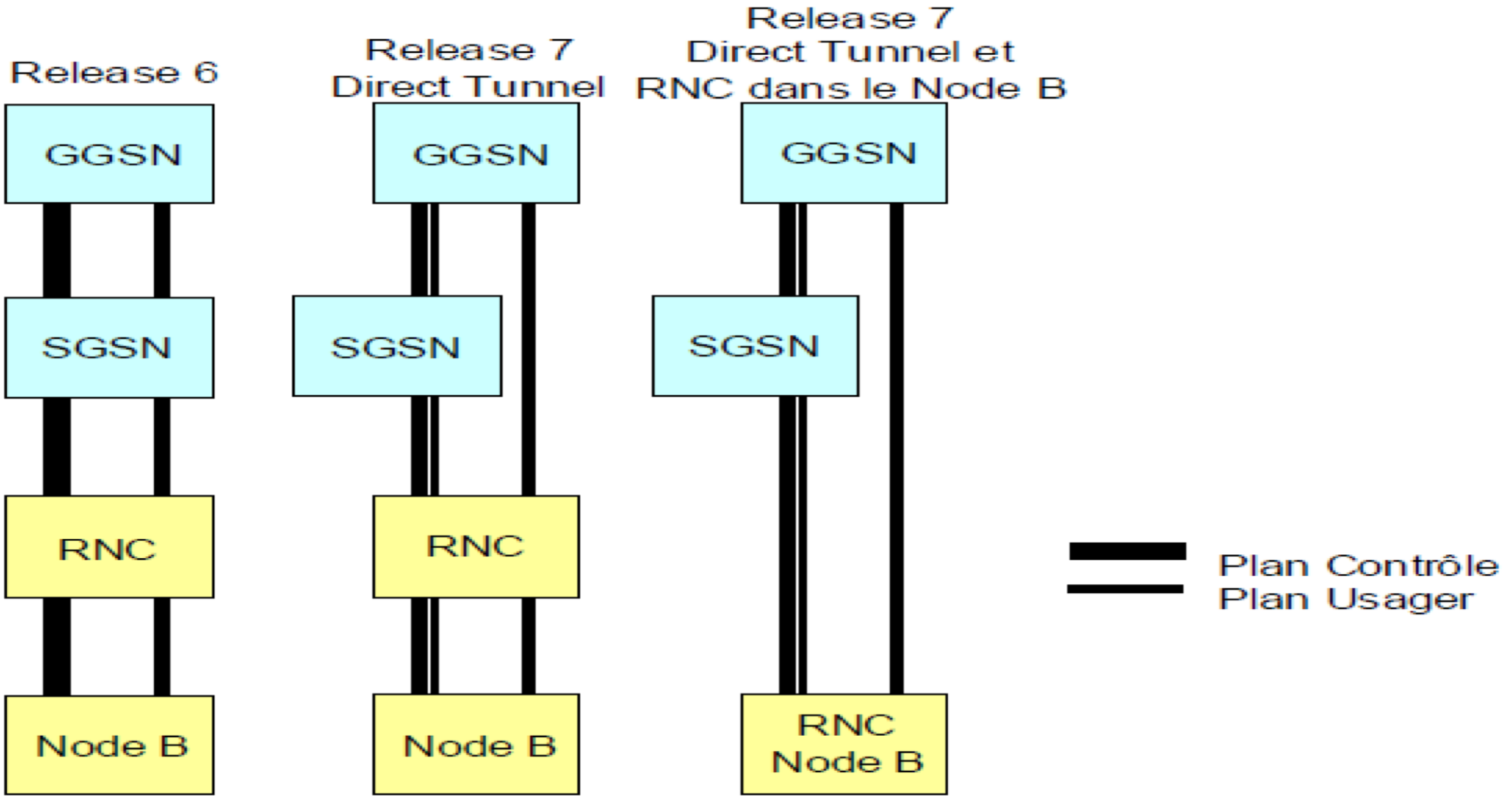
Handover :

- **Handover Intracellulaire (intracell handover) :** Il s'agit du cas où le mobile ne change pas de cellule, mais change de fréquence/code.
- **Handover intercellulaire, intra-NodeB :** La session radio est transférée d'une cellule à une autre, les deux étant sous la responsabilité du même NodeB. Dans le cas, d'un NodeB fonctionnant en dual mode, le handover intra NodeB inclut le changement de mode (TDD↔FDD). Ce type de handover peut être un soft ou hard handover.
- **Handover inter-NodeB, intra-RNC :** Ce type concerne un changement de NodeB. Ce type de handover peut être soft ou hard.
- **Handover inter-Node B, inter-RNC avec interface Iur :** Il s'agit d'un changement de cellules sous le contrôle de différents RNC. Ce scénario nécessite deux procédures, celle de handover et celle de "SRNS Relocation". Ce type de handover peut être soft ou hard.

Handover :

Handover inter-NodeB, inter-RNC sans interface Iur : Il ne peut être réalisé qu'à travers un hard handover.

Handover Inter-CN : Il s'agit d'un changement de cellules appartenant à des réseaux de base différents (inter-PLMN handover). Il ne peut être réalisé qu'à travers un hard handover.

Handover Intra-CN (UTRAN-GSM/GPRS) : Il s'agit d'un handover entre l'UTRAN et une BSS GSM/GPRS. Il ne peut être mis en œuvre que par un hard handover. Comme, il n'existe pas d'interface entre l'UTRAN et la BSS, ce type de handover est donc pris en charge par le réseau de base comme un handover inter-BSC dans le réseau GSM.

Evolution du domaine paquet vers une architecture plate