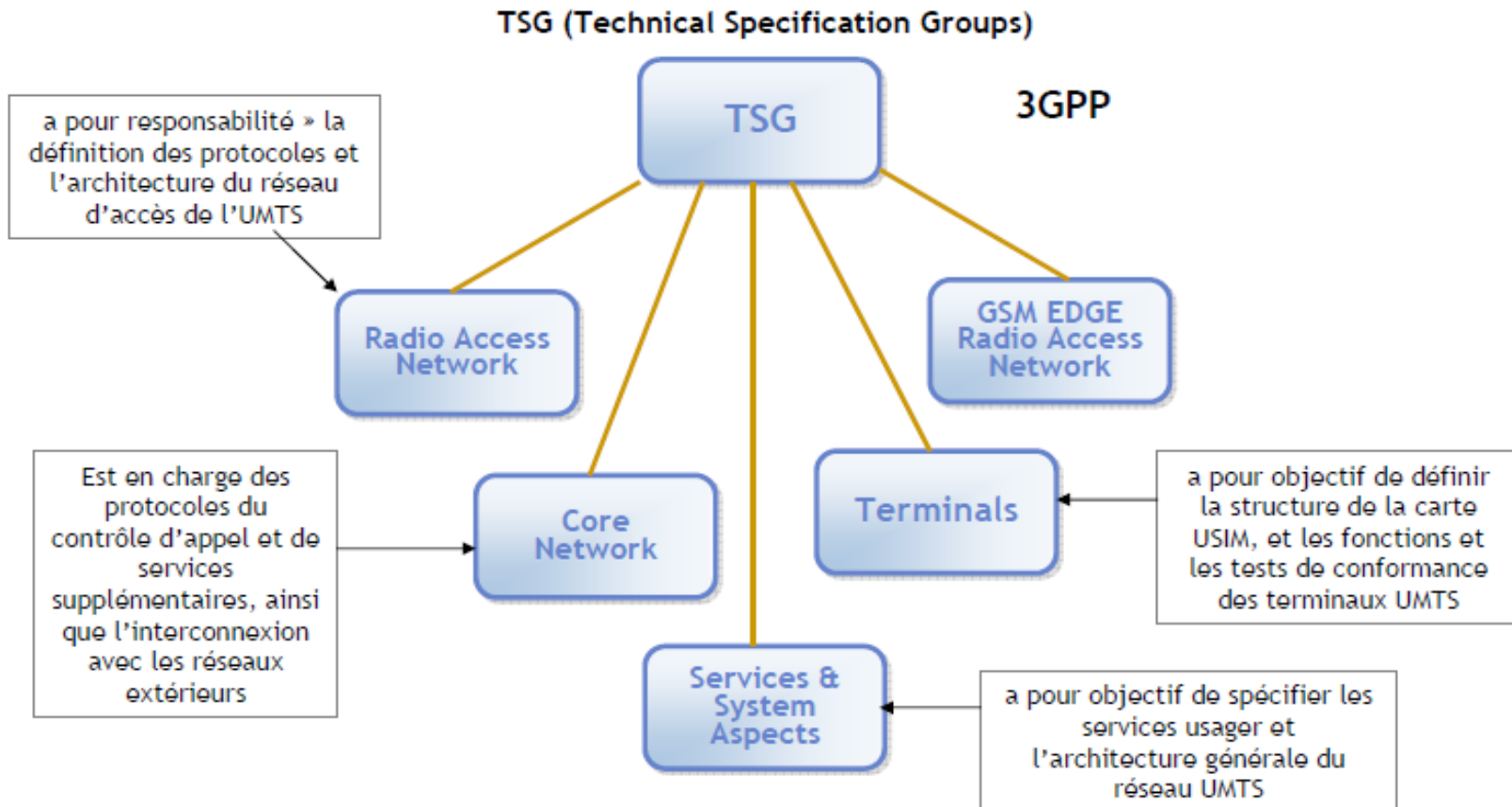


Réseaux Cellulaires
L'UMTS (3G)

Module: Réseaux Cellulaires

Introduction:

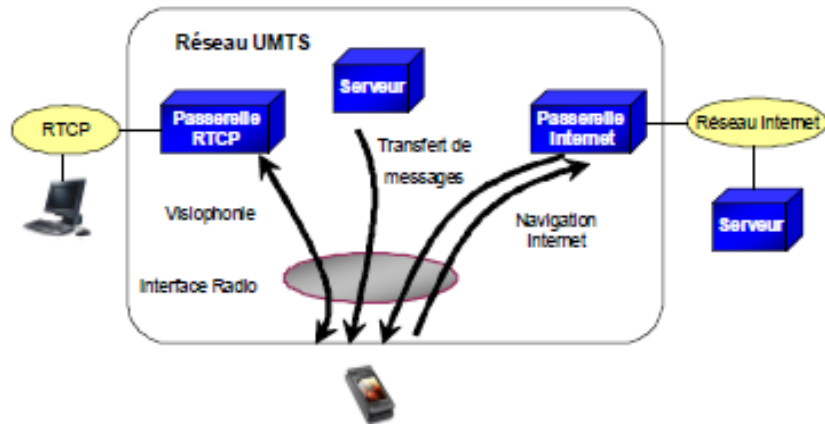
- ❑ La 3GPP appartient à l'organisme de normalisation IMT (*International Mobile Telecommunications*) de l'ITU.
- Le 3 GPP est chargé de la norme UMTS de la 3G.



Introduction:

□ Les objectifs de l'UMTS

Support Multimédia



Les classes de services

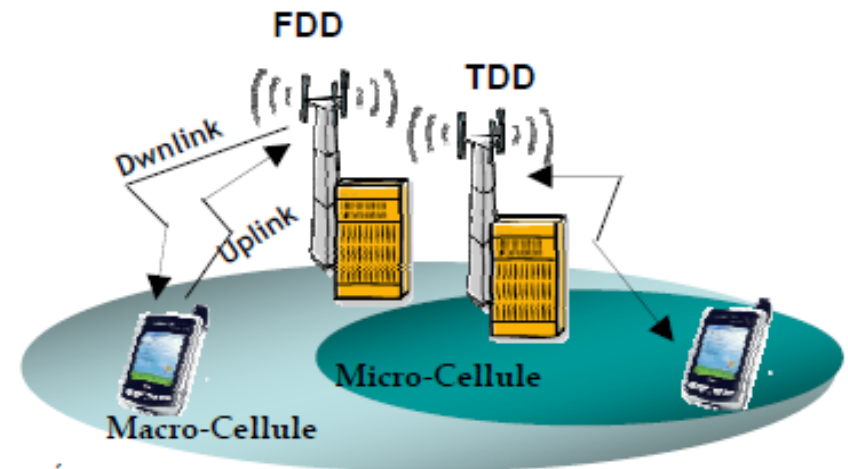
La classe A (conversational)
La classe B (streaming) } pour les applications à
contrainte temps réel

La classe C (interactive)
La classe D (background) } pour les applications de données
sensibles aux erreurs de transmission

Débits supportés

- ✓ 144 kbit/s en environnement rural extérieur
- ✓ 384 kbit/s en environnement urbain extérieur
- ✓ 2 Mbit/s indoor (mobilité réduite)

Deux modes: FDD & TDD



Introduction:

□ L'UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)

- L'UMTS est une technologie de l'IMT (*International Mobile Telecommunications*) comme norme pour la 3G.
- L'UMTS permet des améliorations substantielles par rapport au GSM:
 - Elle rend un accès plus rapide à internet depuis les mobiles, par un accroissement des débits des réseaux mobiles.
 - Elle améliore la qualité des communications en tendant vers une qualité d'audition proche de celle de la téléphonie fixe.
 - Elle est une norme compatible à l'échelle mondiale, contrairement aux générations précédentes.
 - Elle répond au problème de saturation des réseaux GSM, notamment en grandes villes où l'on a de fortes densités.

Introduction:

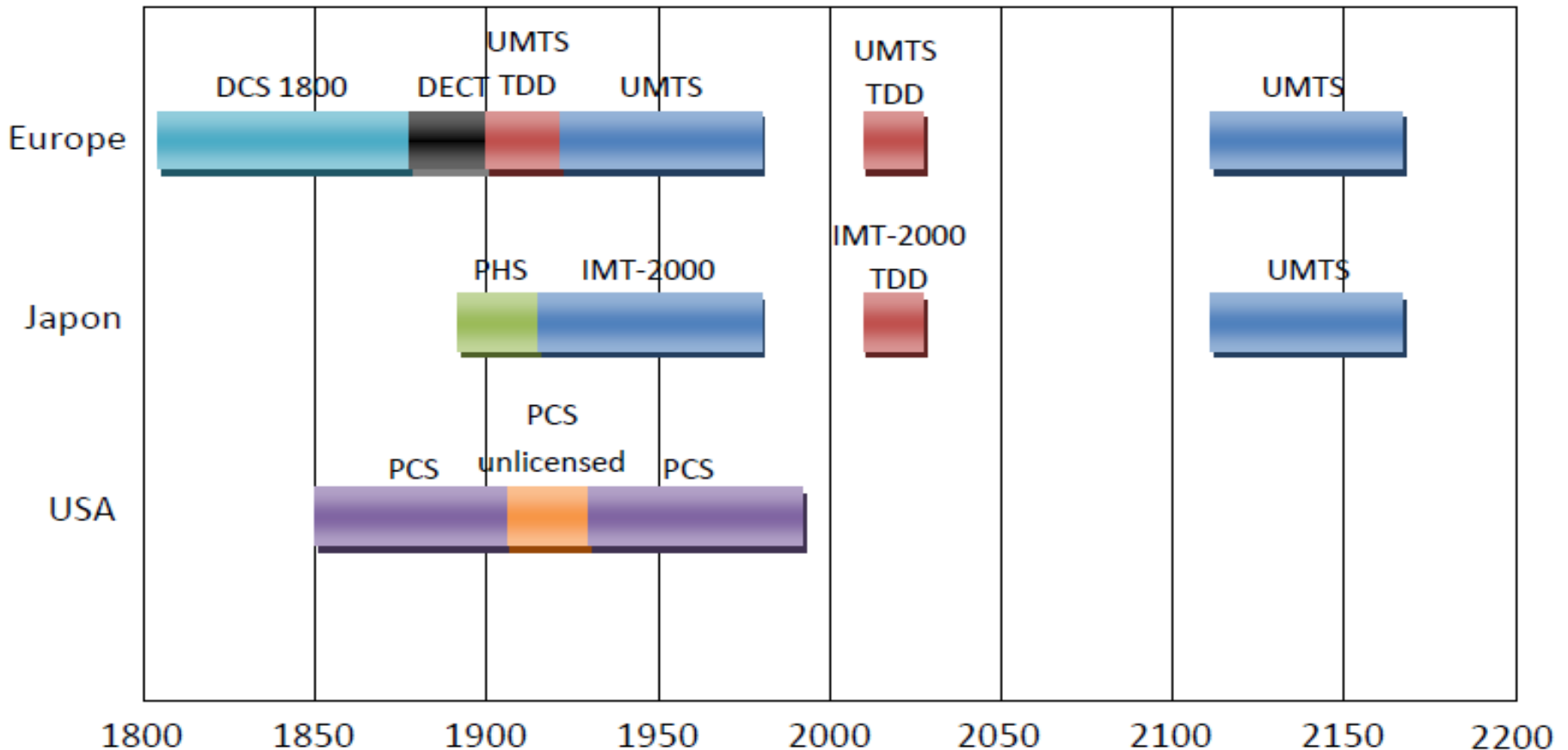
□ L'UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)

- Les technologies développées autour de L'UMTS ont conduit à une amélioration significative des débits pouvant atteindre 2 Mbit/s, contrairement à ceux permis par le GSM (9,6 kBit/s).
- Cette amélioration des débits est rendue possible par:
 - l'évolution des technologies radio qui autorise une meilleure efficacité spectrale.
 - L'exploitation des bandes de fréquences supérieures à celles du GSM (*bandes: 1920-1980 MHz & 2110-2170 MHz*).
 - Ces différences entre les normes GSM et UMTS rendent nécessaires le déploiement de nouveaux réseaux de stations de base, y compris pour les opérateurs existants déjà.

Introduction:

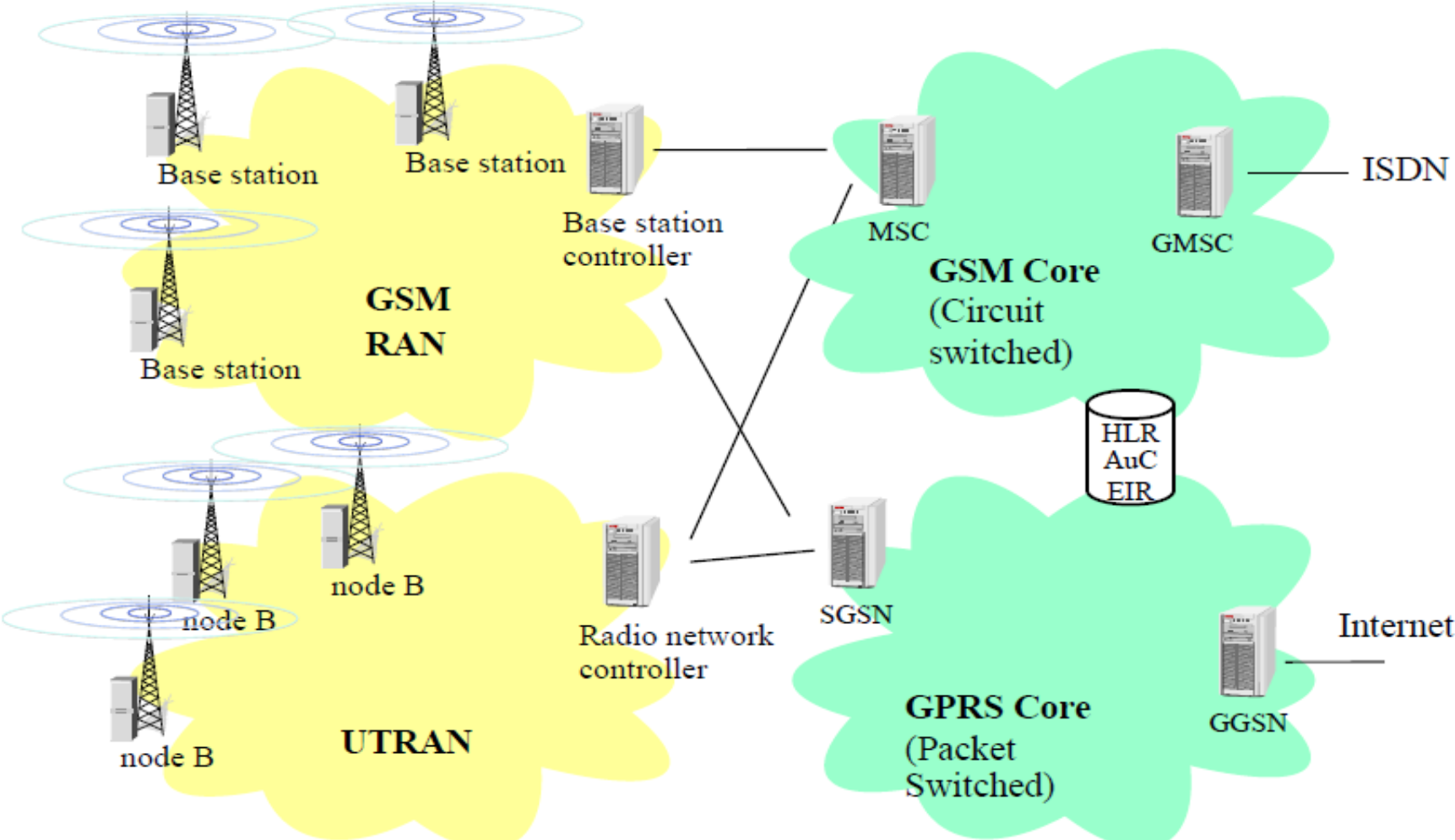
□ L'UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)

Les bandes de fréquences de la 3G en Europe, Japon et les USA



Architecture UMTS:

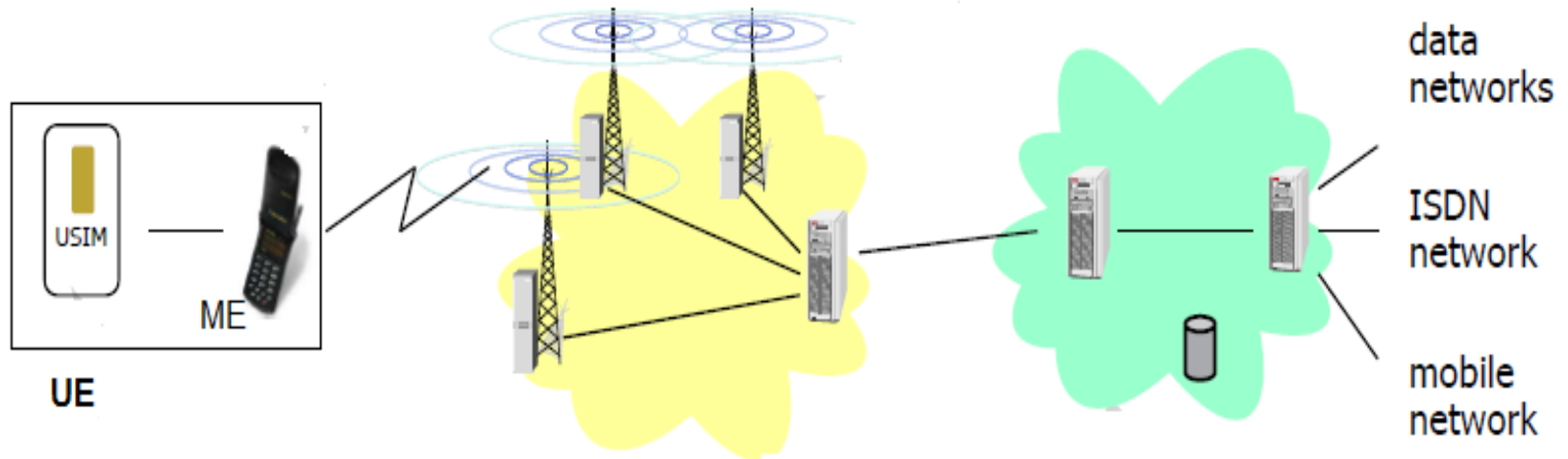
□ L'architecture GSM/GPRS:



Architecture UMTS:

□ L'architecture UMTS:

- L'architecture UMTS est constituée de trois parties
 - Partie UE = ME + USIM (*UMTS SIM*)
 - Partie radio **RNS** (*Radio Network SubSystem*) appelé aussi **UTRAN** (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*).
 - Partie réseau coeur **CNS** (*Core Network Subsystem*)

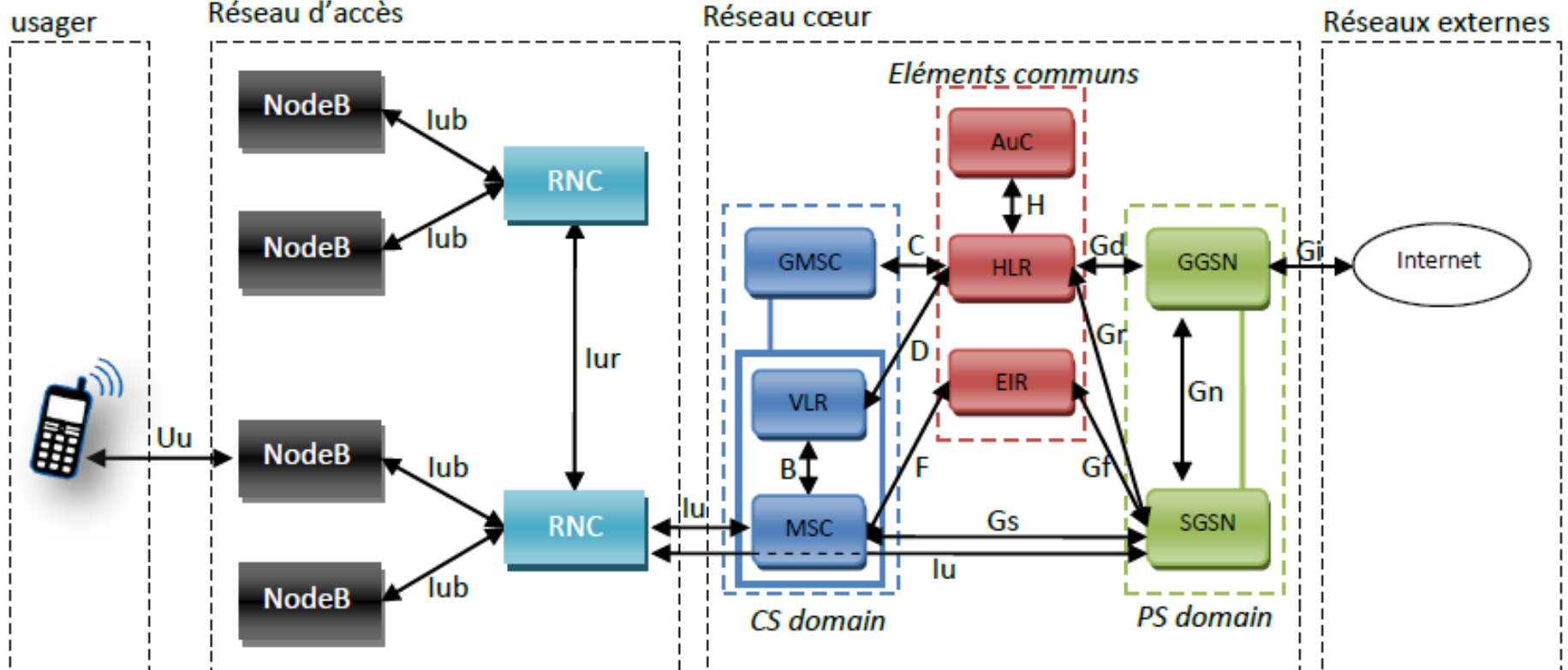


Architecture UMTS:

□ L'architecture UMTS:

- UTRAN : Node-B, RNC (*Radio Network Controller*)
- CN: GMSC, SGSN, GGSN

Equipement



Architecture UMTS:

□ L'architecture CN (*Core Network*)

Le CN est la partie de l'UMTS chargée de:

- La gestion des appels : permet la communication en interne du réseau mobile et en externe avec les réseaux fixes et mobiles.
- Garantit la sécurité des échanges
- Maintient les communications en itinérance (roaming)

Dans le CN, on distingue deux sous-réseaux ou domaines:

- Le domaine CS (Circuit Switched)
- Le domaine PS (Packet Switched)

Ces deux domaines assurent la communication de circuits et de paquets.

Architecture UMTS:

□ Les principaux éléments du CN sont:

- **HLR** (*Home Location Register*).
- **AuC** (*authentication center*)
- **EIR** (*Equipment Identity Register*)
- **VLR** (*Visitor Location Register*)
- **MSC** (*Mobile Switching Center*)
- **GMSC** (*Gateway MSC*)
- **SGSN** (*Serving GPRS Support Node*)
- **GGSN** (*Gateway GPRS Support Node*)

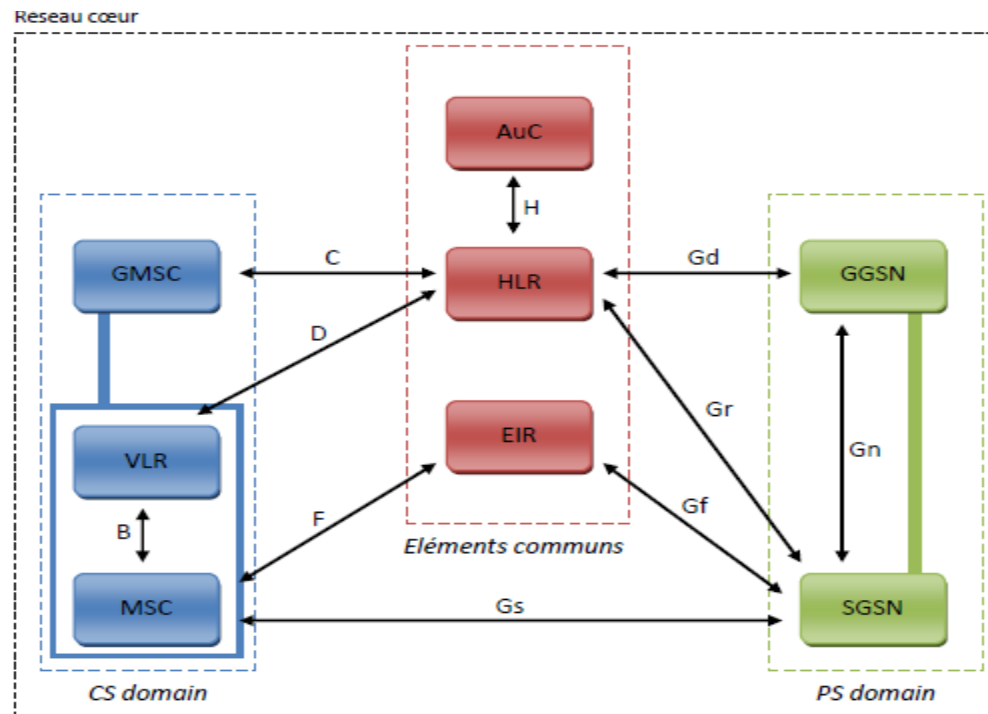
Avec (*GPRS: General Packet Radio Service*)

Architecture UMTS:

□ L'architecture GSM/GPRS:

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



Architecture UMTS:

□ Le GGSN, Le SGSN et Le GMSC du CN (*Core Network*)

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

Architecture UMTS:

□ L'architecture UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*).

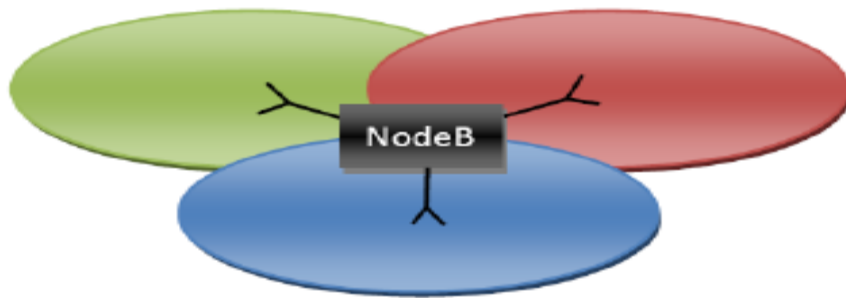
Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il est une passerelle entre l'équipement utilisateur et le réseau cœur via les interfaces Uu et Iu. Cependant, il est chargé d'autres fonctions :

- 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.

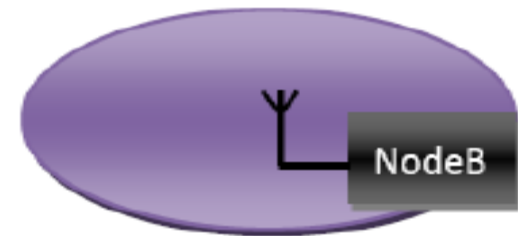
Architecture UMTS:

□ L'architecture UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*).

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



NodeB avec antennes sectorielles



NodeB avec antenne omnidirectionnelle

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

Architecture UMTS:

Les interfaces de communication :

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.

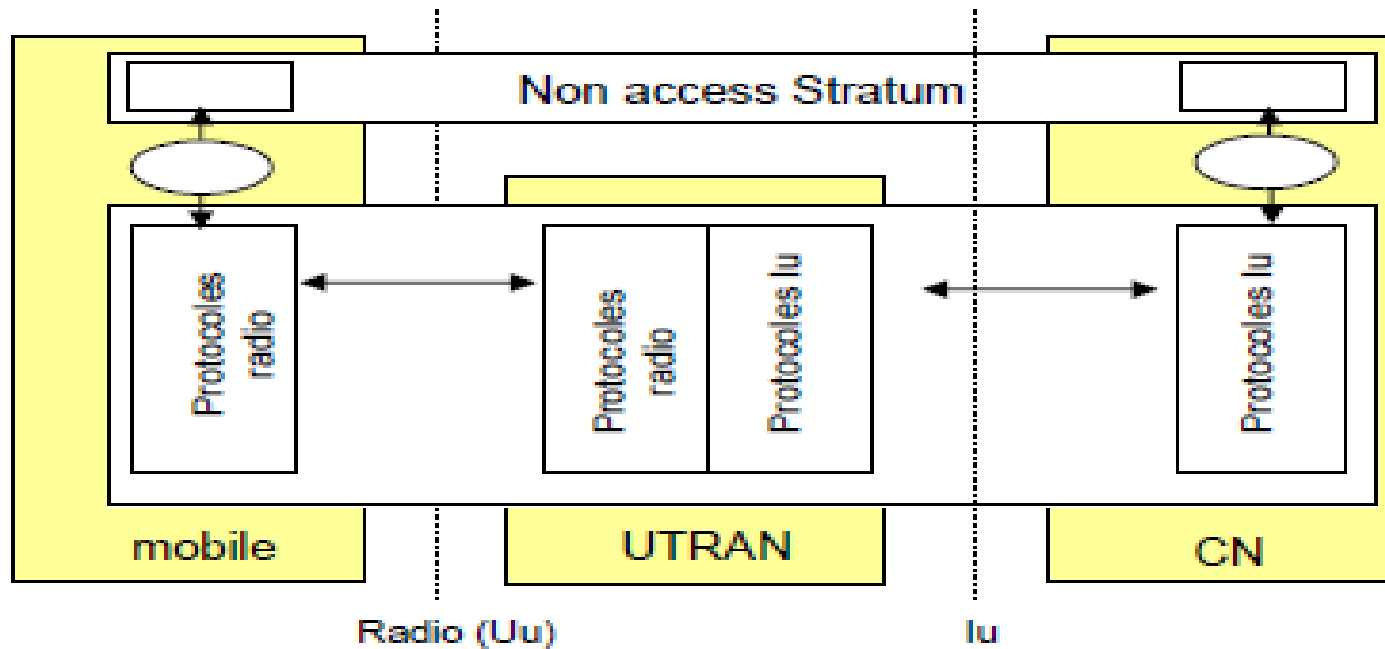
Architecture UMTS:

□ Découpage en strates:

Le découpage en strates (niveaux) permet de séparer des niveaux de services indépendants dans le réseau UMTS.

Le réseau UMTS est constitué de deux niveaux:

- ✓ **AS:** Access Stratum
- ✓ **NAS:** Non Access Stratum



Architecture UMTS:

❑ Découpage en strates:

✓ Access Stratum Regroupe:

- toutes les fonctions liées au réseau d'accès
- les fonctions de gestion des ressources radio
- L'UTRAN entièrement inclus dans l'AS
- L'AS comprend une partie de l'équipement mobile,
- Ainsi qu'une partie du réseau coeur (l'interface Iu).

✓ Non Access Stratum regroupe le reste des fonctions de l'UMTS

• Les fonctions d'établissement d'appel:

❖ **CC** (*Call control*) pour les appels de commutation de circuit

❖ **SM** (*Session Management*) pour les appels commutation de paquet

• Les fonction de gestion de mobilité

Architecture UMTS:

❑ Interface Radio

L'interface radio de l'UMTS, Uu, est séparée en 3 couches:

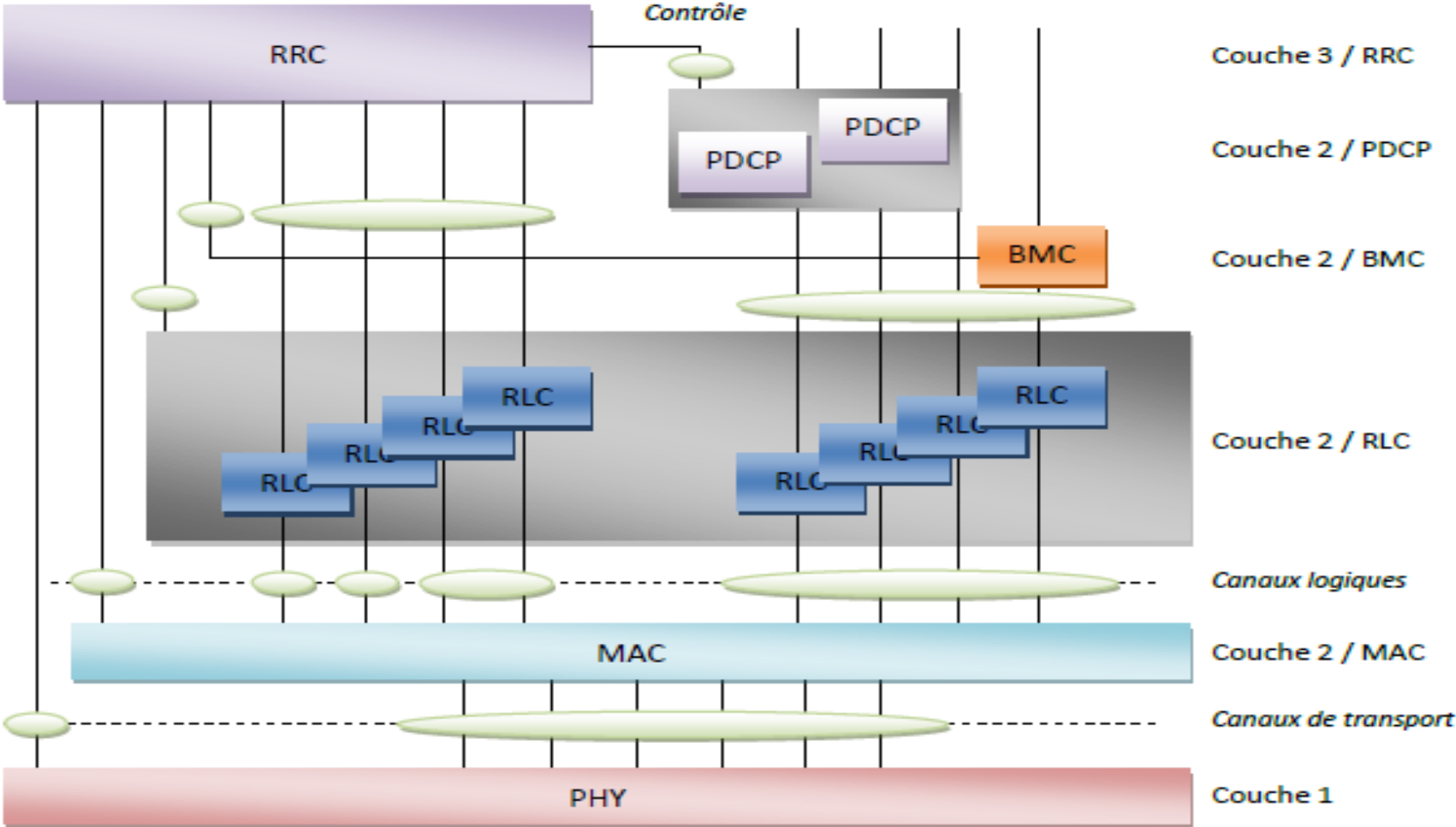
- La couche réseau

- La couche liaison de données elle-même divisée en 2 sous-couches:
 - Radio Link Layer RLC
 - Medium Access Control MAC

- La couche physique

Architecture UMTS:

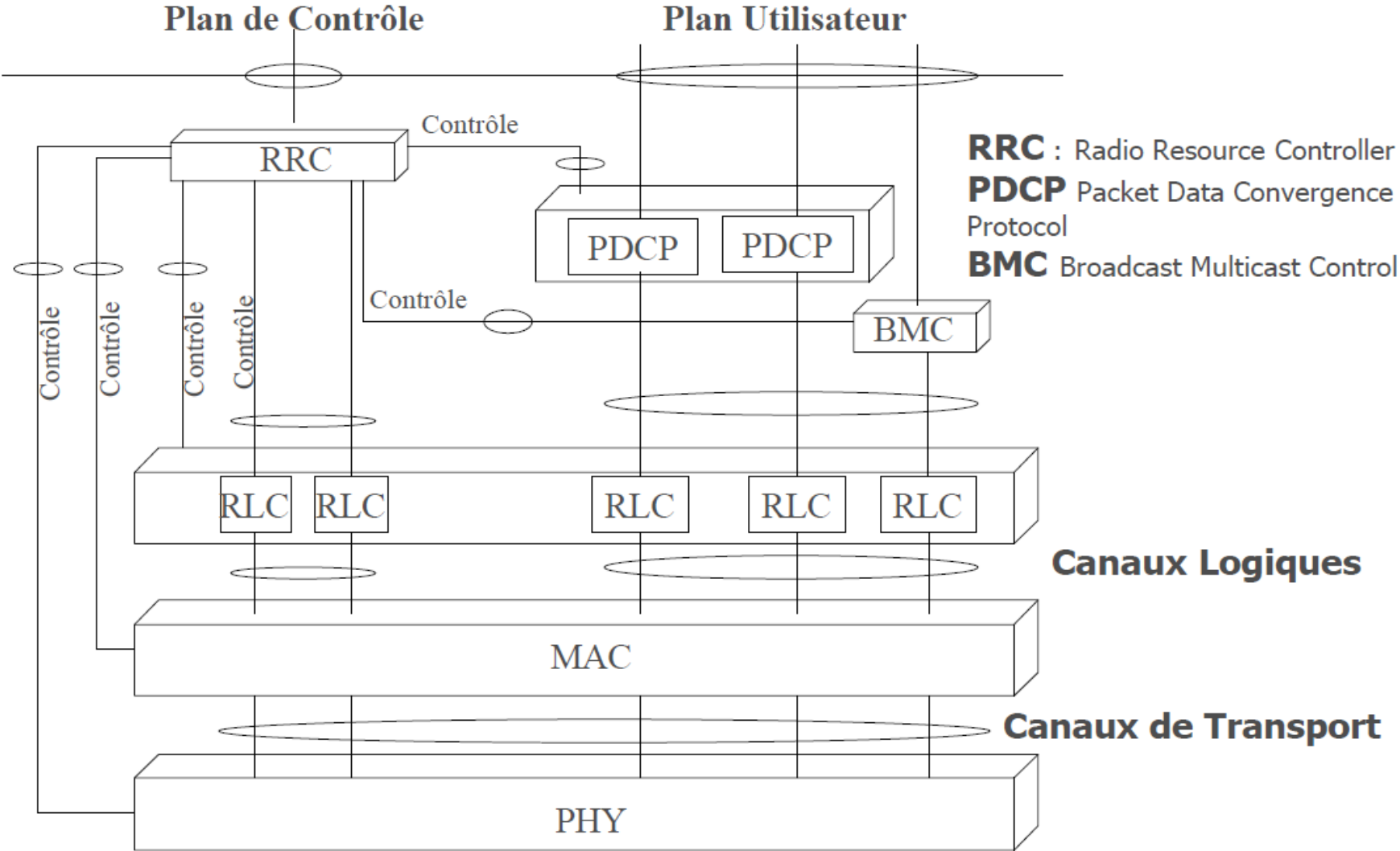
Architecture de l'UTRAN:



Vue en couches de l'interface radio UTRAN

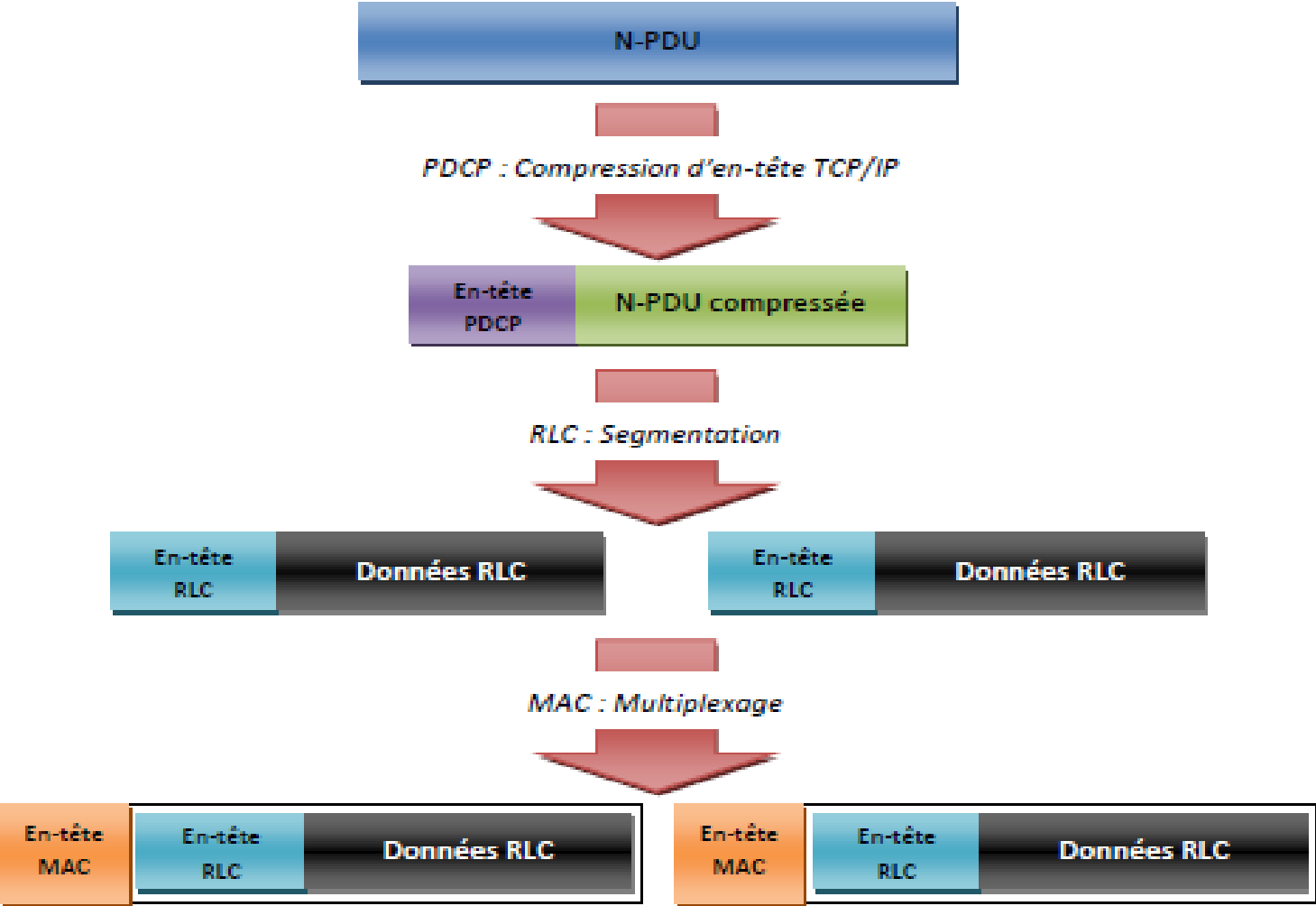
Architecture UMTS:

Architecture de l'UTRAN:



Architecture UMTS:

❑ Encapsulation des paquets IP à l'arrivée du réseau coeur:



Architecture UMTS:

□ Architecture de l'UTRAN:

➤ Logiquement c'est l'équivalent du BTS et BSC du GSM

➤ Les fonctions du Node-B

▪ Il permet le traitement au niveau L1 de l'interface air:

- Codage canal et l'entrelacement
- Adaptation de débit
- Spreading(étalement)/despreading

➤ Il permet aussi certaines opérations de base de gestion des ressources radio destiné au control de puissance dans la boucle locale.

Architecture UMTS:

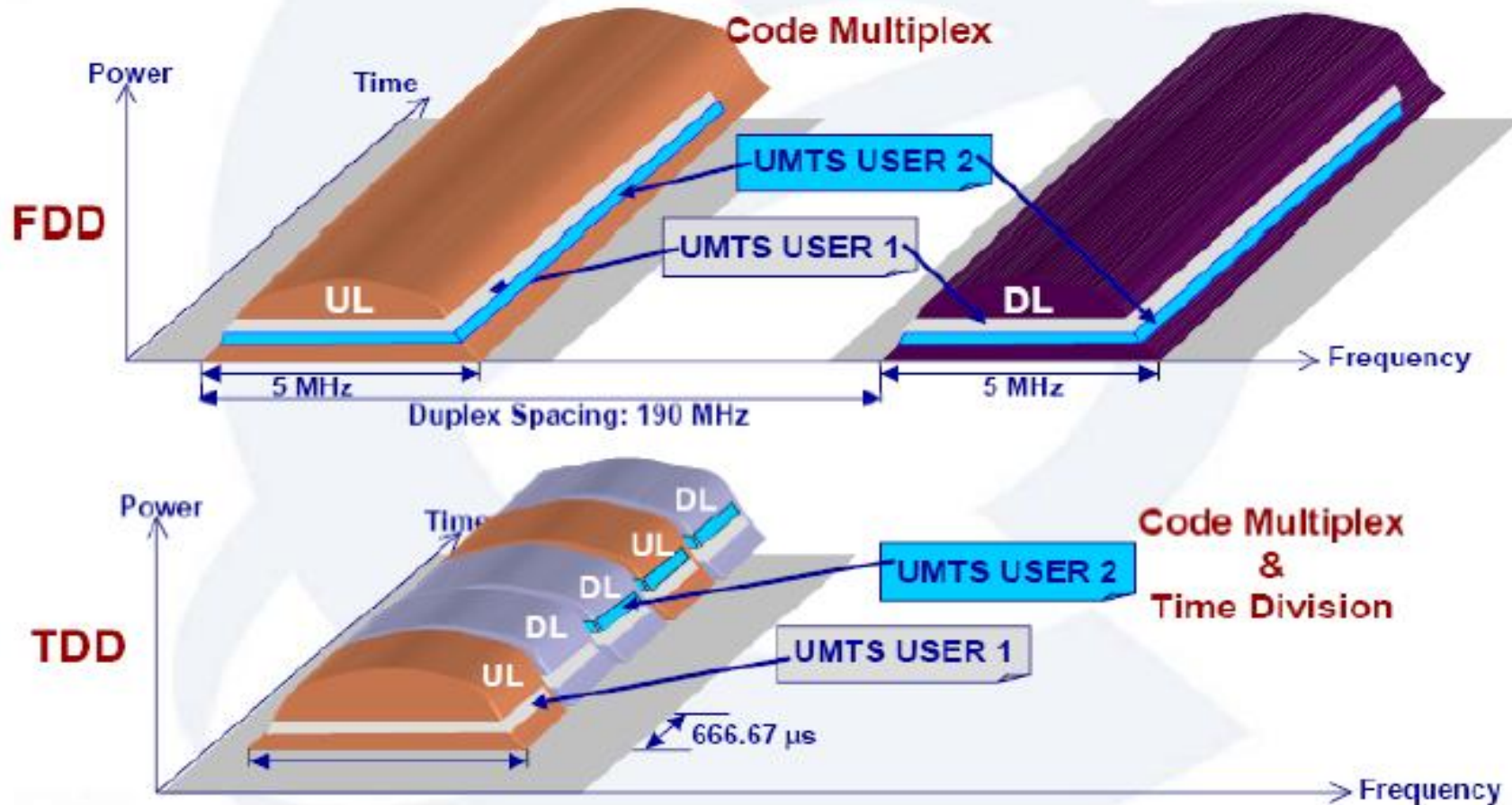
□ Architecture de l'UTRAN:

➤ Couche Physique:

- Méthodes d'accès CDMA (*Code Division Multiple Access*)
 - W-CDMA en FDD (UL et DL séparés en fréquences)
 - TD-CDMA en TDD (UL et DL séparés en temps)
- Les canaux physiques sont équivalents aux canaux de transports
- Fonctionnalités de la couche physique:
 - Codage canal et ajout d'un CRC
 - Entrelacement
 - Plusieurs niveaux (adaptation de débit, Segmentation, concaténation)
 - Multiplexage des canaux de transport

UMTS: modes TDD et FDD

UMTS: modes TDD et FDD



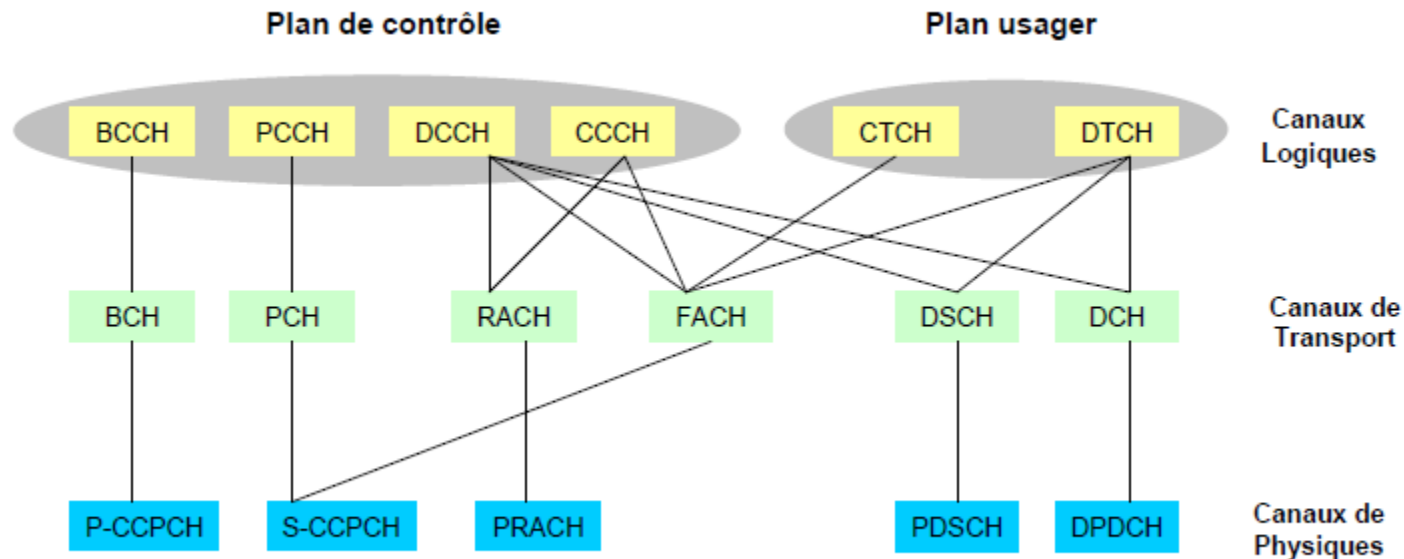
Architecture UMTS:

□ Architecture de l'UTRAN:

➤ Couche 2 de l'UTRAN

■ Canaux logiques:

- De trafic (point à point, multipoint DL)
- De contrôle (diffusion, paging, sig. dédiée, contrôle, partagé)



Architecture UMTS:

□ Architecture de l'UTRAN:

➤ Couche 2 de l'UTRAN

■ MAC:

- Mise en correspondance: Canaux logiques et canaux transports
- Gère les priorités sous l'ordre de la RRC
- Collecte les mesures volume du trafic+ conditions de propag.
- Plusieurs entités MAC:
 - MAC-b diffusion;
 - MAC-c/sh canaux partagés;
 - MAC-d canaux dédiées
- MAC-b situé dans le node-B,
- les autres dans le RNC

Architecture UMTS:

□ Architecture de l'UTRAN:

➤ Couche 2 de l'UTRAN

- RLC (*Radio Link control*)
 - Segmentation/réassemblage
 - Concaténation/bourrage
 - Détection des duplications
 - Retransmission
 - Remise en ordre
 - Cryptage
- 3 modes de fonctionnement
 - Transparent: ségmentation/réassemblage
 - Non acquitté: +numérotation +détection d'erreur pas de reprise
 - Acquitté: +retransmission sélective
- Situé dans le RNC

Architecture UMTS:

□ Architecture de l'UTRAN:

➤ Couche 2 de l'UTRAN

- PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*)
 - Equivalent au SNDCP du GPRS
 - Plan-U
 - Indépendance des couches supplémentaires (pas de strate d'accès)
 - Compression
- Situé dans le RNC

Architecture UMTS:

□ Architecture de l'UTRAN:

➤ Couche 2 de l'UTRAN

■ RRC (*Radio Resource Controller*)

- Pilote les autres couches, Plan-C
- Demande de connexion du mobile
 - Mise en place du tuyau radio (*Radio Access Bearer*)
 - Paramétré en fonction de la QoS(débit max, moyen, taux d'erreur résiduel, taille des paquets....)
 - Configuration des couches inférieures au vu des informations collectées
 - Plusieurs niveaux d'activité du mobile.

■ Situé dans le RNC

Architecture UMTS:

□ L'architecture UMTS:

➤ RNC (*Radio Network Controller*)

- Il est chargé de l'établissement de la connexion RRC
- Il affecte les ressources radio
- Il gère le contrôle de la puissance
- Il gère la configuration ou reconfiguration de l'interface radio et la mobilité du mobile.
- Il comprend des fonctions de combinaison et découpage pour la macrodiversité.

Mobilité:

➤ RNC (*Radio Network Controller*)

Le RNC assure les mécanismes de **handover** et de **macro-diversité**

Le handover: est la capacité du réseau à maintenir une communication lorsqu'un mobile change de cellule.

La macro-diversité: est la phase pendant laquelle la station mobile maintient plusieurs liens radio avec des cellules différentes.

- Le CDMA utilise la macro-diversité pour obtenir un signal de meilleure qualité.
- Le mécanisme de macro-diversité est appelé soft-handover alors que le handover est appelé hard-handover.

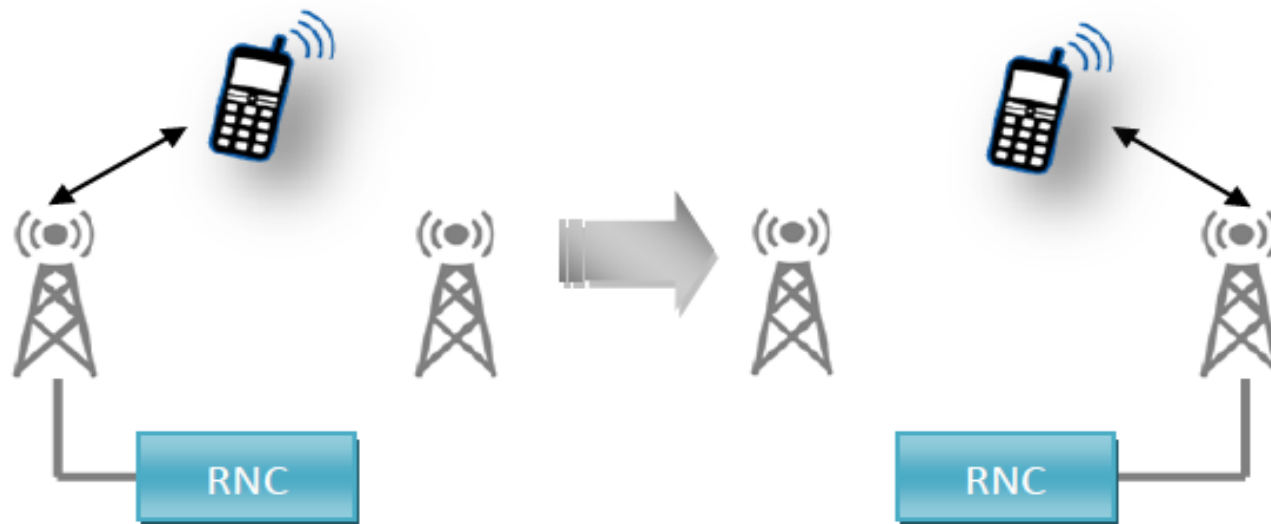
Mobilité:

- **Le HANDOVER:** Différents types de handover existent:
- **Intra cellulaire:** le mobile change la fréquence /code
- **Inter cellulaire, intra Node B :** transfert d'une cellule à une autre. Ce type peut être soft ou hard handover.
- **Inter Node B, Inter RNC avec interface Iur:** passage entre cellules sous le contrôle de différents RNC. Ce scénario nécessite deux procédures, celle du handover et du "SNRS Relocation". Ce type peut être soft ou hard handover.
- **Inter Node B, Inter RNC sans interface Iur:** Il est réalisé à l'aide d'un hard handover.
- **Inter CN :** passage entre cellules appartenant à des CN différents. Il est réalisé à l'aide d'un hard handover.
- **Intra CN (UTRAN-GSM)** ce type est pris en charge par le CN. Il est réalisé à l'aide d'un hard handover.

Mobilité:

- **Le Soft HANDOVER:**

- Hard handover inter-fréquences : permet à un appareil mobile de passer d'une fréquence à une autre.
- Hard handover inter-systèmes : permet à un appareil mobile de passer d'un système à un autre



Exemple de hard handover

Mobilité:

- **Le Soft HANDOVER:**

- Soft handover : lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux stations de base. Les communications du mobile empruntent simultanément deux canaux différents pour atteindre les deux stations de base.



Exemple de soft handover

Mobilité:

□ L'architecture UMTS:

➤ RNC (*Radio Network Controller*)

Le RNC gère le handover et la macro-diversité :

- A travers **Iub** lors d'un déplacement entre Node B du même RNC.
- A travers **Iur** si les deux cellules sont contrôlées par différents RNC.
- A travers **Iu** lorsque l'interface Iur est absente.

Mobilité:

□ L'architecture UMTS:

➤ RNC (*Radio Network Controller*)

➤ Deux rôles de RNC ont été introduits afin de gérer la macrodiversité et le handover inter RNC.

- **Le serving RNC**: gère les connexions radio avec le mobile et sert de point de rattachement au réseau coeur via l'interface Iu. Il contrôle et exécute le handover.

- **Le Drift RNC**: sur ordre du Serving RNC, gère les ressources radios des Node B qui dépendent de lui. Il effectue la recombinaison des liens du fait de la macro-diversité plusieurs liens radios sont établis avec des Node B qui lui sont attachés. Il route les données utilisateur vers le serving RNC.

Mobilité:

➤ RNC (*Radio Network Controller*)

- Lorsque l'UE est dans une zone de couverture commune à deux Node B, les communications du mobile empruntent simultanément deux canaux différents pour atteindre les deux Node B (*soft handover*)
- Pendant et après le soft handover, le Node B communique avec un Node B qui est sous le contrôle d'un autre DRNC (*Drift RNC*). Le DRNC ne réalise aucun traitement sur les données utilisateur.
- Les données reçues et émises par l'UE sont contrôlés par le SNRC et sont **routées** de manière transparente par le DRNC.
- Lorsque l'UE s'éloigne du Node B contrôlé par le SNRC, L'UTRAN prend la décision de transférer le contrôle à un autre RNC. Cette procédure est appelée "**SRNC Relocation**"
- Aucune procédure de hard handover n'a été effectuée puisque l'interface Iur est présente entre les RNC

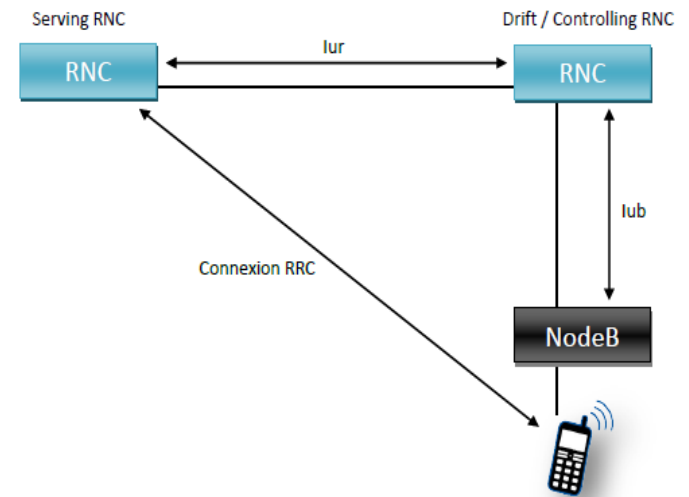
Mobilité:

□ L'architecture UMTS:

➤ RNC (*Radio Network Controller*)

Lorsqu'un mobile est en communication, une connexion RRC est établie entre le mobile et un RNC de l'UTRAN. Le RNC en charge de cette connexion est appelé S-RNC (*Serving-RNC*).

Lorsque l'utilisateur se déplace dans le réseau, il peut changer de cellule vers un NodeB ne dépendant pas de son S-RNC. On appelle alors C-RNC (*Controlling-RNC*), le RNC en charge de ces cellules distantes. Le RNC distant est appelé (*Drift-RNC*)



Représentation graphique de l'exemple de communication

Les données échangées entre S-RNC et le mobile transitent par les interfaces Iur et Iub. Le C-RNC est un routeur de ces données.

Interface radio UMTS:

□ Organisation fréquentielle

- Méthodes d'accès CDMA (*Code Division Multiple Access*)
 - W-CDMA en FDD (UL et DL séparés en fréquences)
 - TD-CDMA en TDD (UL et DL séparés en temps)
- Les bandes de fréquences allouées pour l'IMT2000 sont : 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz
- L'UMTS propose la répartition suivante:



TDD : Time Division Duplex

FDD : Frequency Division Duplex

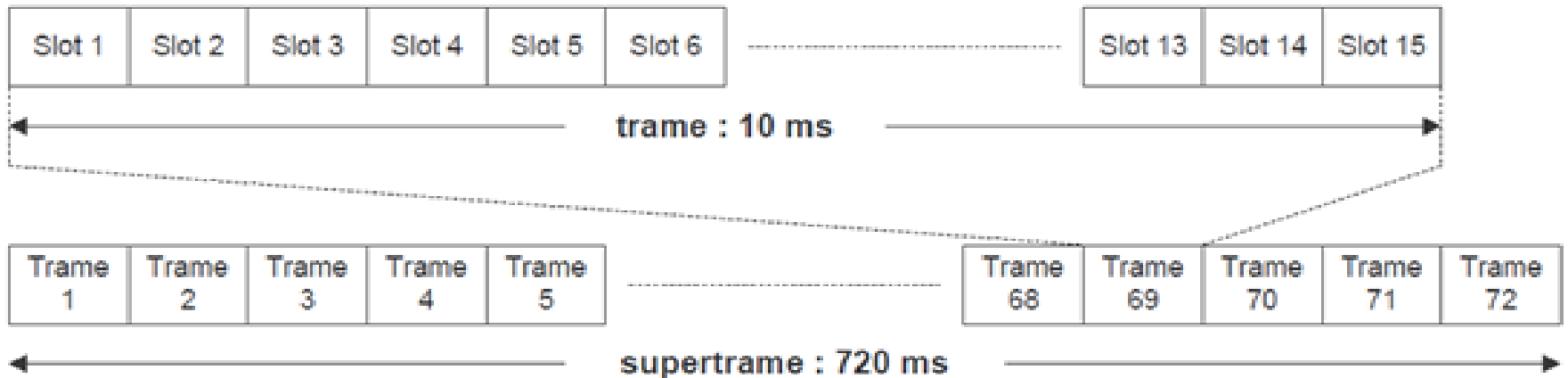
Interface radio UMTS:

- Un des points forts de la forme d'onde UMTS est de pouvoir transmettre des débits variables. Ceci est réalisé par un mélange en CDMA de plusieurs trains binaires, sur un même timeslot. Ces trains ayant des débits nominaux différents.
- Les deux modes de fonctionnement: W-CDMA et TD-CDMA utilisent tous les deux un accès CDMA à 3,84 Mchips/s dans une canalisation fréquentielle de 5 MHz.
- L'intérêt d'une telle largeur de bande est qu'elle est compatible avec la fourniture de débits à 384 kbits/s, comme requis dans les spécifications de l'IMT 2000, voir même 2 Mbits/s sous certaines conditions. La modulation utilisée est la QPSK
- Deux options ont été retenues pour le codage canal: un code convolutif de taux $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{3}$ et un turbo code pour les services à haute qualité

Interface radio UMTS:

□ Organisation temporelle:

- L'organisation temporelle de l'UMTS est basée sur une supertrame de 720 ms, comportant elle-même 72 trames de 10 ms.
- Chaque trame de 10 ms est divisée en 15 slots de 667 μ s.



Structure de trame de l'UMTS

Interface radio UMTS:

❑ Transport dans l'UTRAN

La technologie ATM est utilisée à l'intérieur de l'UTRAN, ainsi que sur l'Iu. En effet, l'ATM présente les avantages suivants:

- Des débits variables peuvent être pour la commutation de paquets et pour la parole codée
- La possibilité de déterminer plusieurs qualité de service (QoS), négociées par l'utilisateur en début de connexion (taux de cellules erronées, perdues, délai moyen et maximal...).
- Les critères de QoS sont différents suivants le type de connexion: insistance sur le temps réel conversationnel (parole) ou en flux (video), technique de best-offert.....

Le CDMA dans l'UMTS:

□ Étalement de spectre se fait en deux étapes:

- La première dite **canalisation** ou étalement spreading, transforme chaque symbole de données en un certain nombre de chips. Elle permet l'étalement spectrale
- La seconde dite de **scrambling**, le scrambling ne provoque pas d'étalement, il s'agit simplement d'une multiplication "chip à chip" d'un signal étalé par une séquence dite de "scrambling".

□ Pour séparer différentes stations de bases:

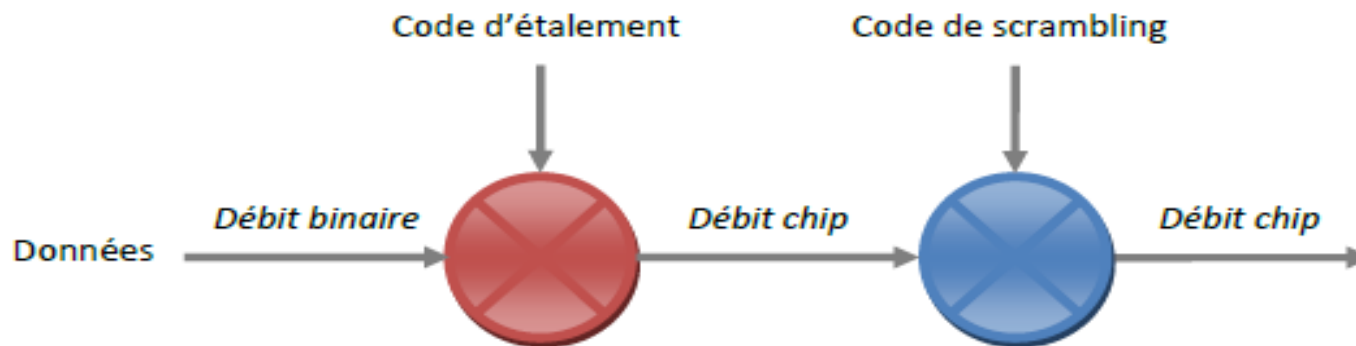
- En mode FDD utilisation de séquences de Gold de période 10 m, à 3,84 Mchips/s.
- En mode TDD: utilisation de codes de longueur 16

Le CDMA dans l'UMTS:

❑ Pour séparer différents mobiles:

- En mode FDD: utilisation de séquences Gold longues de période 10 ms, ou de séquences courtes, de périodes 256 chips.
- En mode TDD: utilisation de codes de période de 16 chips et de midambule de différentes longueurs suivant l'environnement.

❑ Pour séparer les différentes applications issues d'une même source: on utilise des séquences de Hadamard:

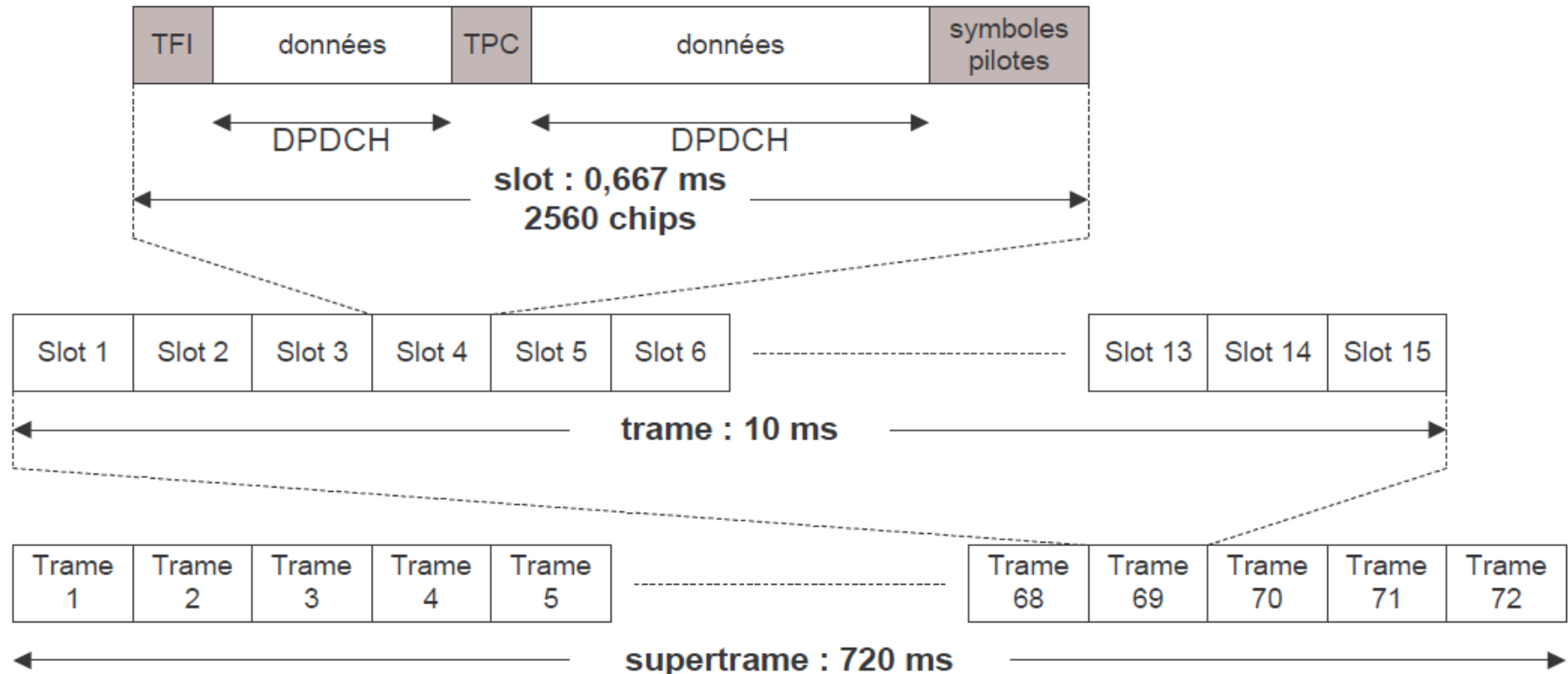


Le mécanisme de scrambling

Le mode FDD:

❑ La canalisation voie descendante :

La trame temporelle descendante est organisée comme précisé sur la figure suivante:



Structure du slot de données sur la voie descendante

Le mode FDD:

□ La canalisation voie descendante :

- Durant le timeslot de 667 μ s, il va être possible d'émettre un nombre de bits n variable. Il est prévu de pouvoir faire varier ce nombre n de la manière suivante:

$$n = 10 \times 2^k : n \text{ varie de } 10 \text{ pour } k=0 \text{ jusqu'à } 1280 \text{ pour } k=7$$

- Le facteur d'étalement SF (spreading factor) utilisé variera en sens inverse afin de conserver un nombre constant de chips par timeslot:

$$SF = 512 / 2^k \text{ SF varie donc de } 4 \text{ pour } k=7 \text{ jusqu'à } 512 \text{ pour } k=0$$

- Le débit en chips par seconde reste ainsi constant:

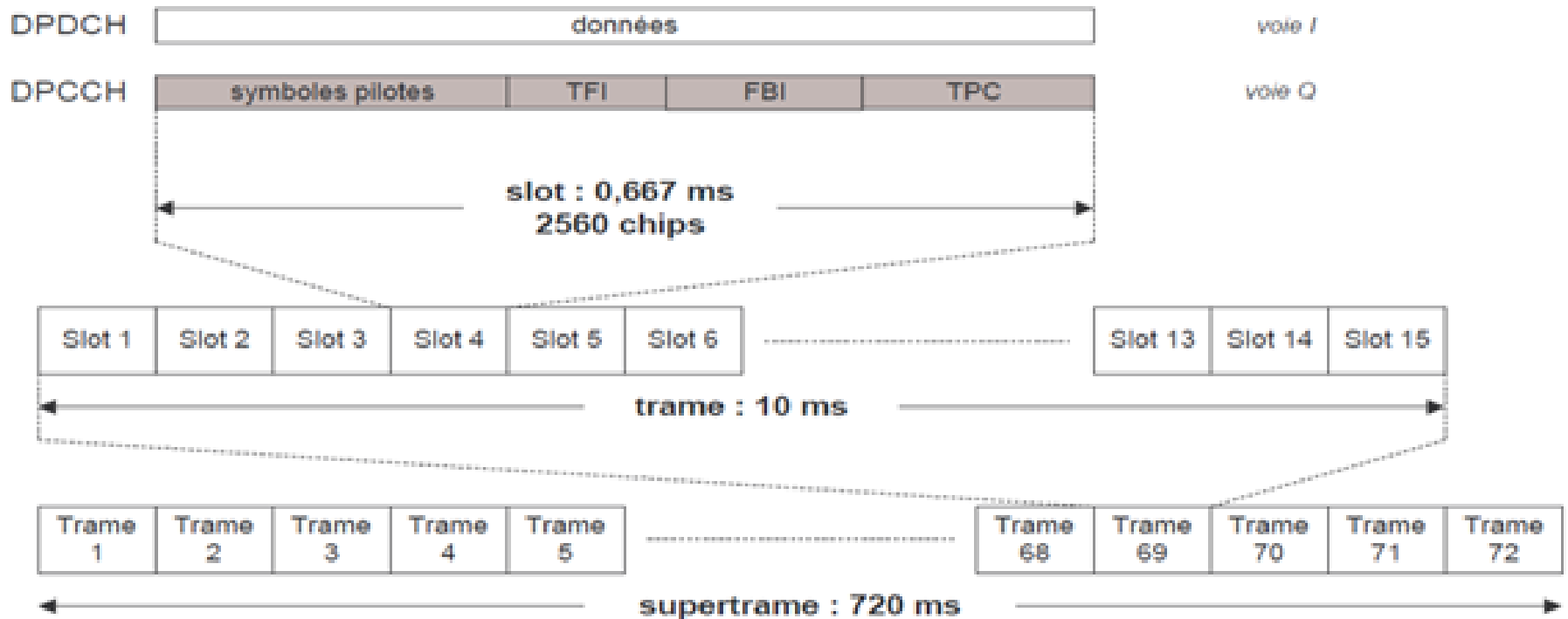
$$\text{Débit} = (n \text{ SF}) / (2 * \text{durée timeslot}) = 3.838 \text{ Mchips /s}$$

Le facteur $\frac{1}{2}$ provient de la modulation QPSK

Le mode FDD:

□ La canalisation voie montante :

- La trame temporelle montante est organisée comme précisé sur la figure ci-dessus:



Structure du slot de données sur la voie montante

Le mode FDD:

□ La canalisation voie montante :

- Pour le uplink, le nombre de bits n de données par timeslot s'écrit:
 $n = 10 \times 2^k$, $k \in [0, 6]$ n varie donc de 10 à 640
- La différence du facteur 2 par rapport à la voie descendante vient du fait que dans ce sens, les données ne sont transmises que sur une des voies de la modulation QPSK, il y a donc moins de bits de données portés par chaque symbole de communication.
 $SF = 256/2^k$ SF varie donc de 2 pour $k=7$ jusqu'à 256 pour $k=0$
- Le nombre de chips par timeslot reste constant et le débit est égal à:
 $\text{Débit} = 3,838 \text{ Mchips/s}$
- La technique OVSF est appliquée pour les terminaux qui transmettent plusieurs trains à des débits différents

Le mode FDD:

□ Le Scrambling “Brouillage”

- Pour le **scrambling uplink** on notera qu’il existe 2^{24} codes dans ce sens uplink. Ces “codes” ou “séquences”, vont donc séparer les mobiles entre eux.
- Ces codes de scrambling uplink, dits “longs”, sont des portions de séquences de Gold formées à partir des polynômes générateurs :

$$p^{18} + p^7 + 1$$

$$\text{et } p^{18} + p^{10} + p^7 + p^5 + 1$$

- Ces portions ont une longueur de 38400 chips et leur période est donc de 10 ms (durée de trame UMTS)

Le mode FDD:

□ Le Scrambling “Brouillage”

- Pour le **scrambling downlink**, il existe 512×512 codes, qui vont donc séparer les stations de base entre elles.
- Chaque station de base peut “scrambler” les données d’un utilisateur avec une séquence parmi un jeu de 512 mises à sa disposition.
- les codes de scrambling downlink sont des portions de séquences de Gold formées à partir des polynômes générateurs :

$$p^{18} + p^7 + 1$$

$$\text{et } p^{18} + p^{10} + p^7 + p^5 + 1$$

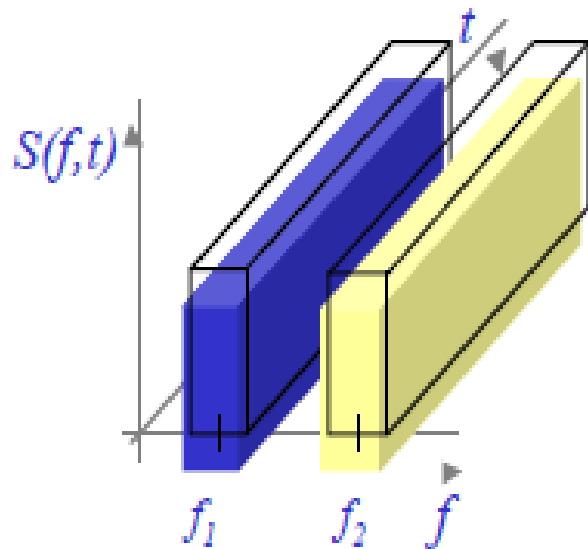
- Ces portions ont une longueur de 38400 chips et leur période est donc de 10 ms (durée de la trame UMTS)

Le CDMA dans l'UMTS:

□ Techniques d'accès

FDMA

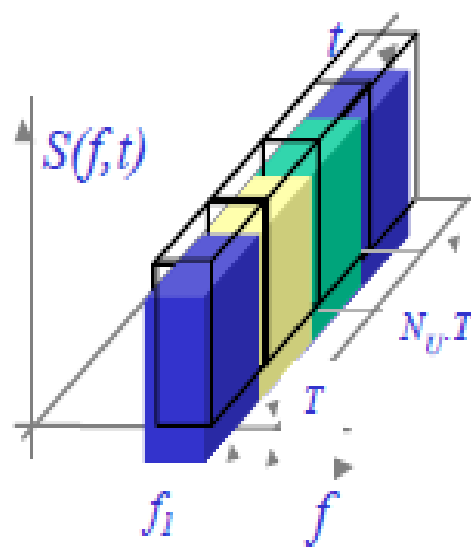
frequency division multiple acces



*Multiplexage
fréquentiel*

TDMA

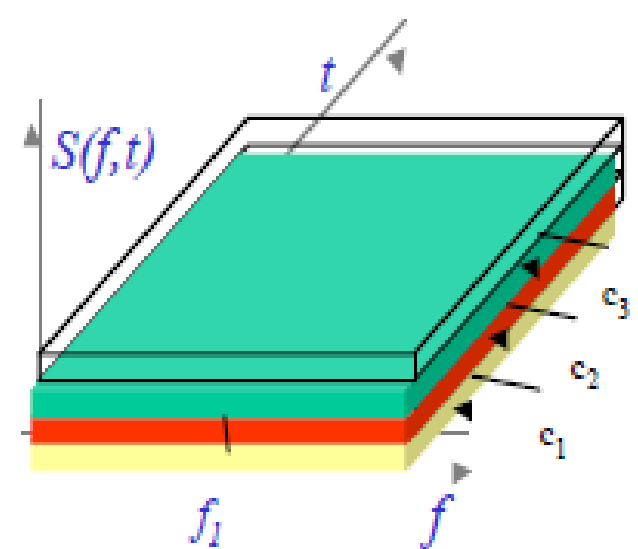
time division multiple acces



*Multiplexage
temporel*

CDMA

code division multiple acces

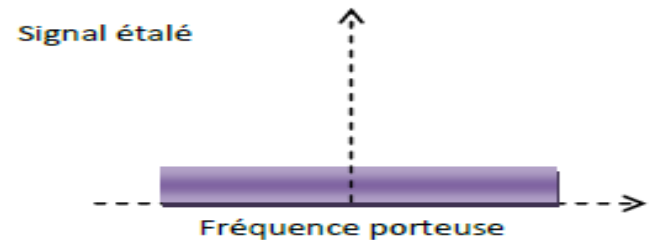
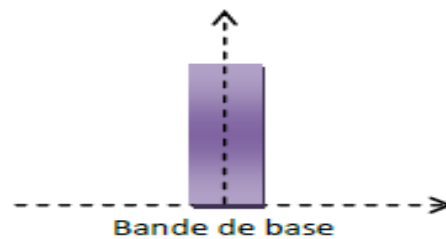
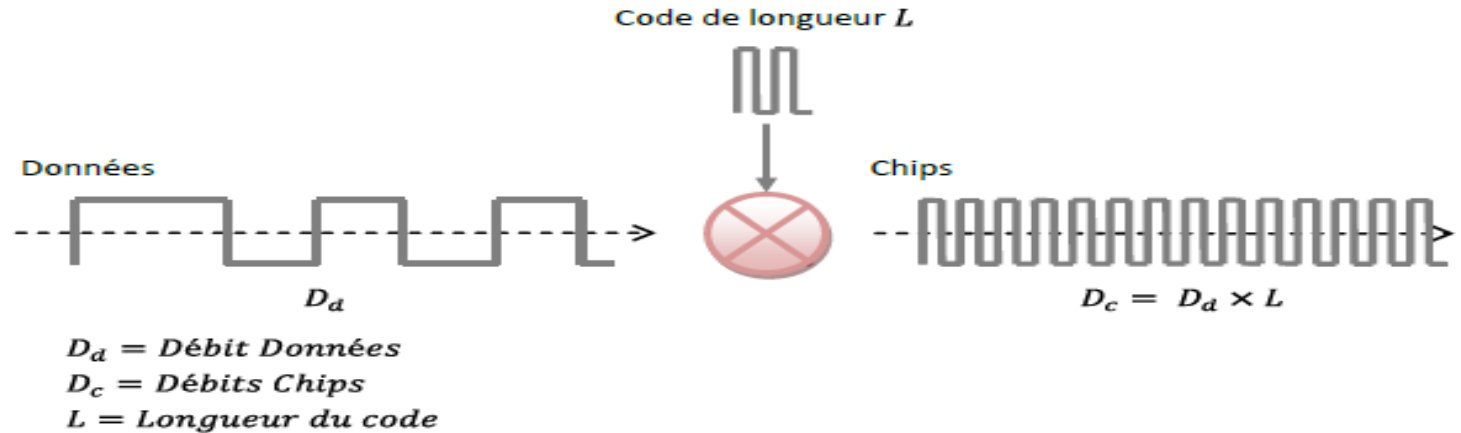


*Multiplexage
par code*

Le CDMA dans l'UMTS:

□ Étalement du spectre:

Exemple:



Principe de l'étalement de spectre

• **Débit en bits:** nombre de bits / T_b

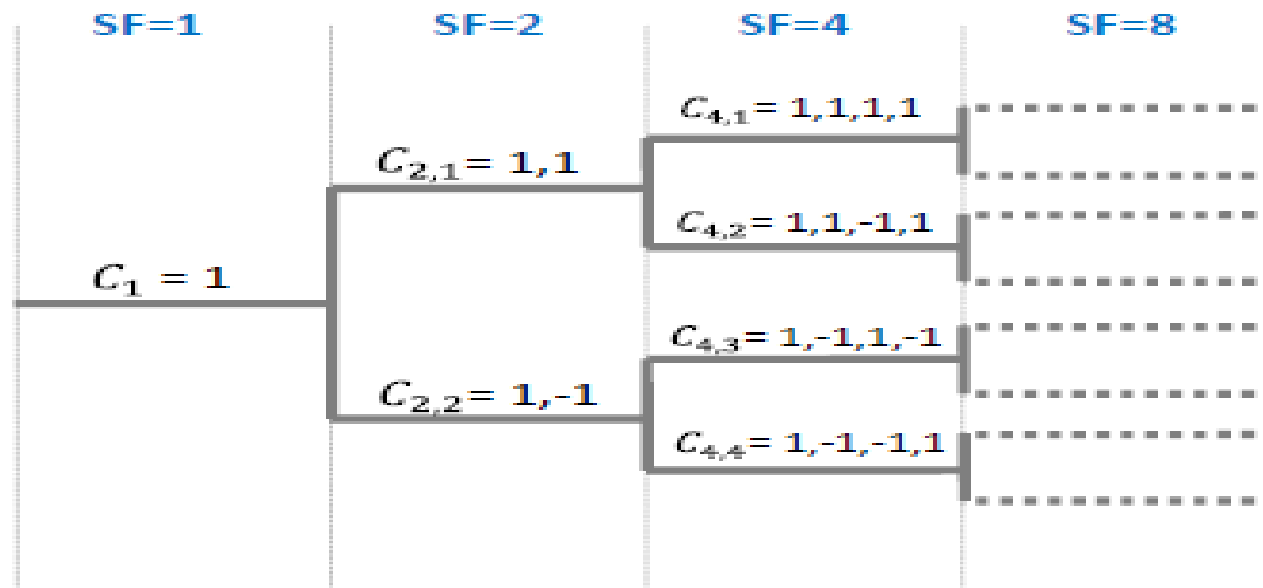
• **Débit en chips:** nombre de chips / T_c

Avec: $T_c = T_b / n$

Le CDMA dans l'UMTS:

❑ Séquences de code OVSF:

Les séquences de codes OVSF sont des séquences binaires orthogonales qui se construisent à partir d'une arborescence de la manière suivante:

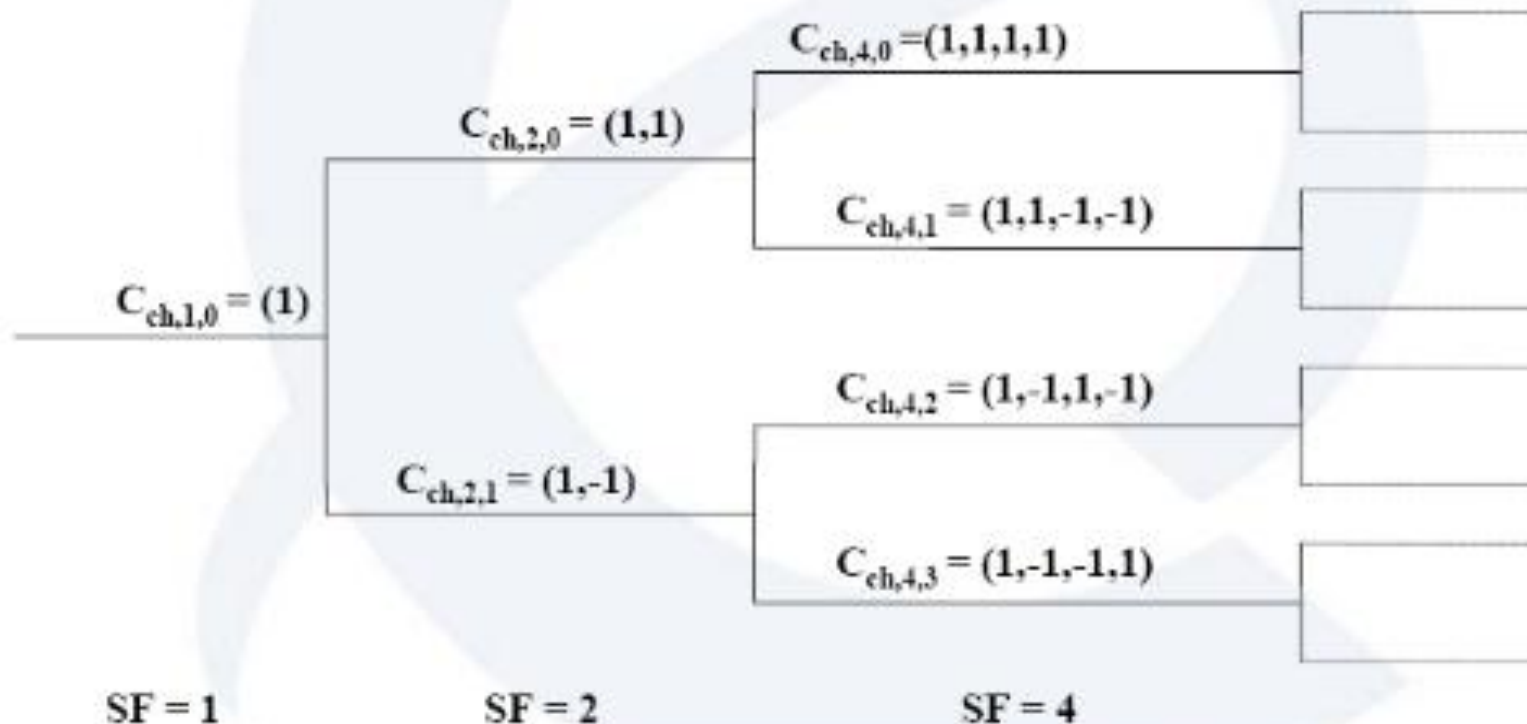


Arbre des codes OVSF

Le CDMA dans l'UMTS:

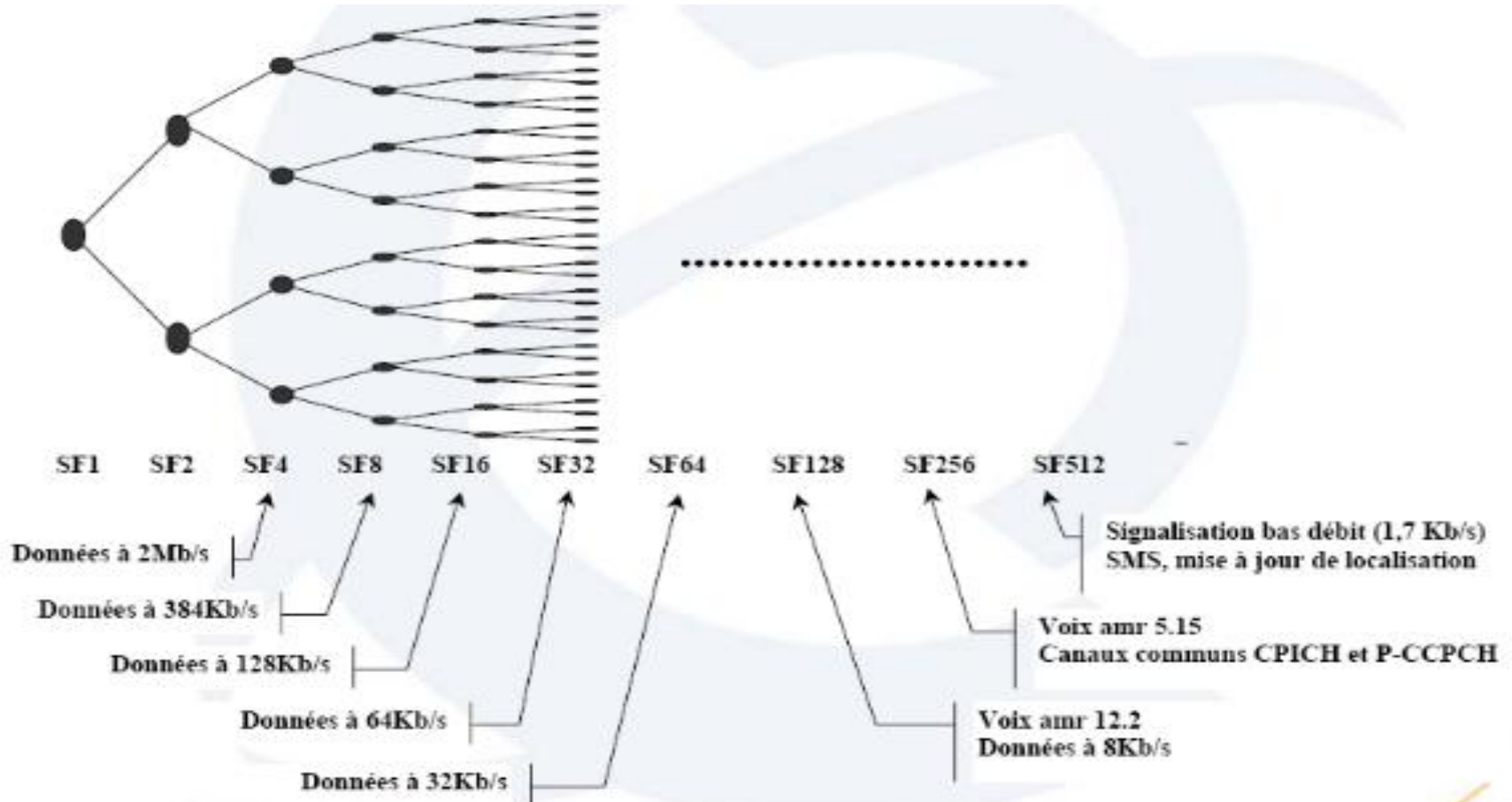
Codes de canalisation:

- **Famille de codes orthogonaux OVSF**
 - (*Orthogonal Variable Spreading Factor*)



Le CDMA dans l'UMTS:

Facteur d'étalement et Débit usager en DL



Le CDMA dans l'UMTS:

□ Séquences de Hadamard:

Les séquences de Hadamard sont des séquences binaires orthogonales qui se construisent récursivement à partir d'une matrice carrée de la manière suivante:

$$H_1 = [0], H_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, H_{2n} = \begin{bmatrix} H_n & H_n \\ H_n & \overline{H_n} \end{bmatrix}$$

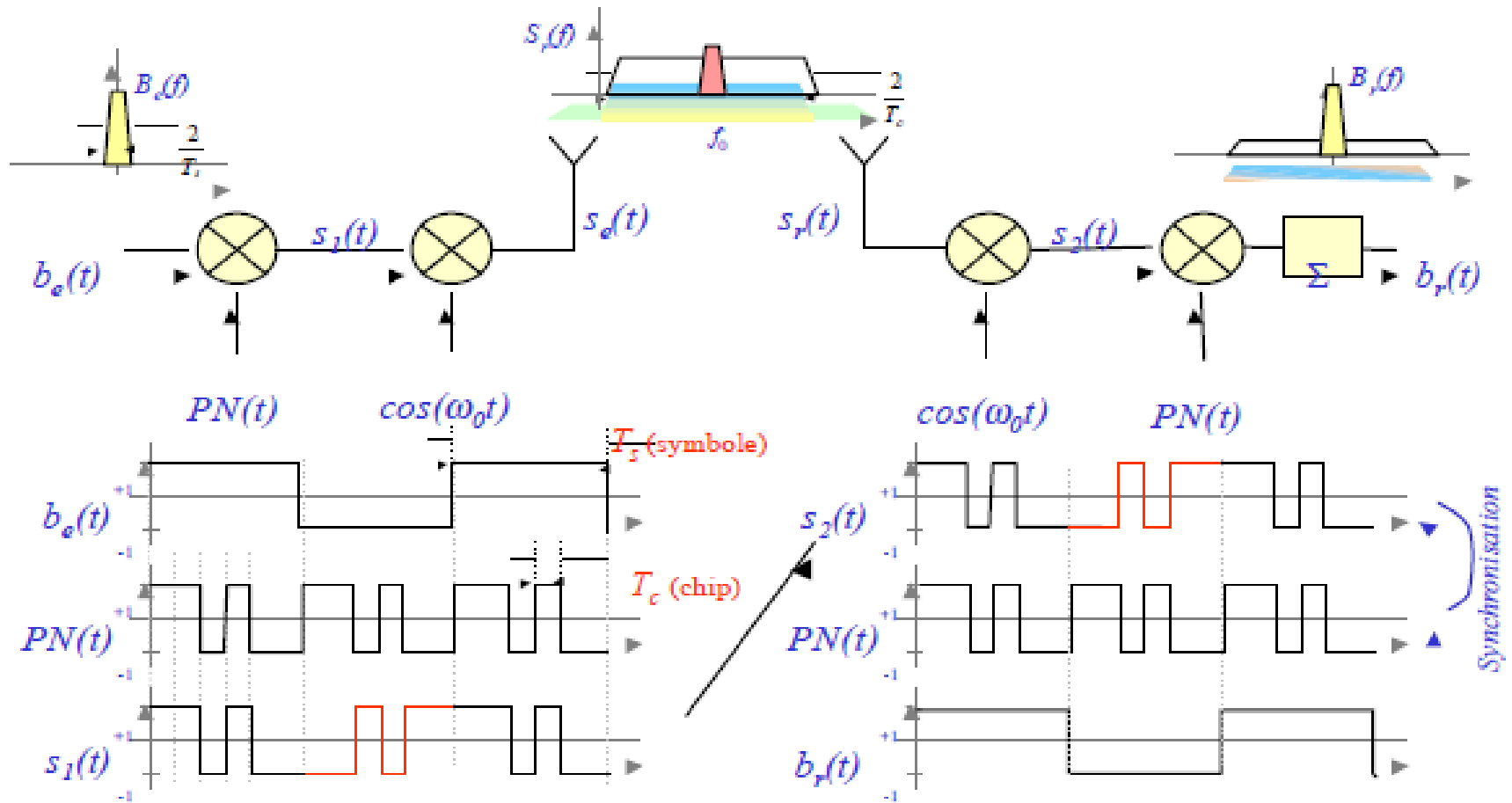
Ou bien:

$$H_1 = [1], H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, H_{2n} = \begin{bmatrix} H_n & H_n \\ H_n & \overline{H_n} \end{bmatrix}$$

Avec H_n est la matrice complémentaire de H_n

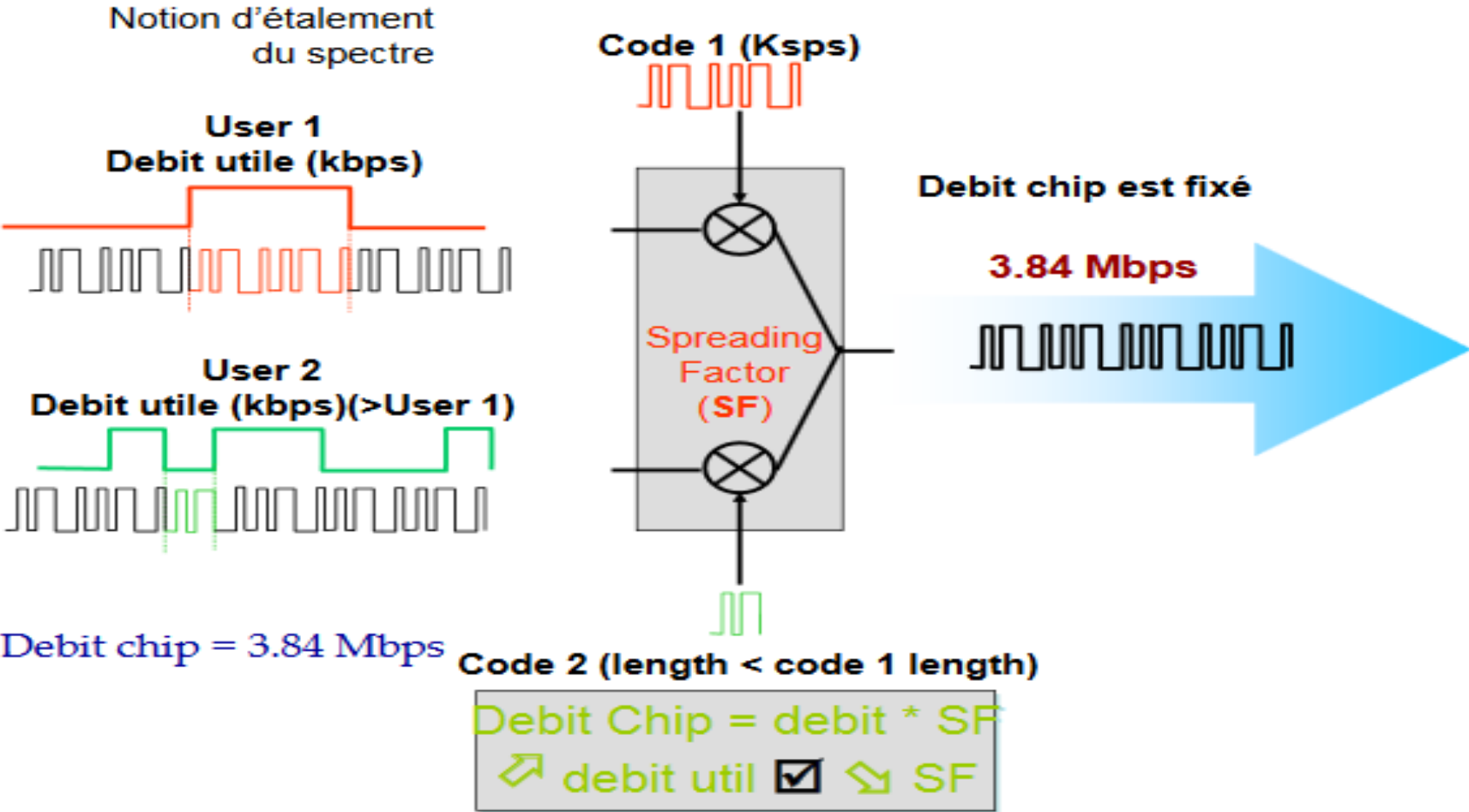
Le CDMA dans l'UMTS:

❑ Modulation CDMA à séquence directe:



Le CDMA dans l'UMTS:

❑ Modulation CDMA à séquence directe:



Le CDMA dans l'UMTS:

L'étalement en Canalisation

The number of chips per bits is called the Spreading Factor (SF) and define the data service required for the user:

$$T_{\text{bit}} = \text{SF} \times T_{\text{chip}}$$

For UMTS:

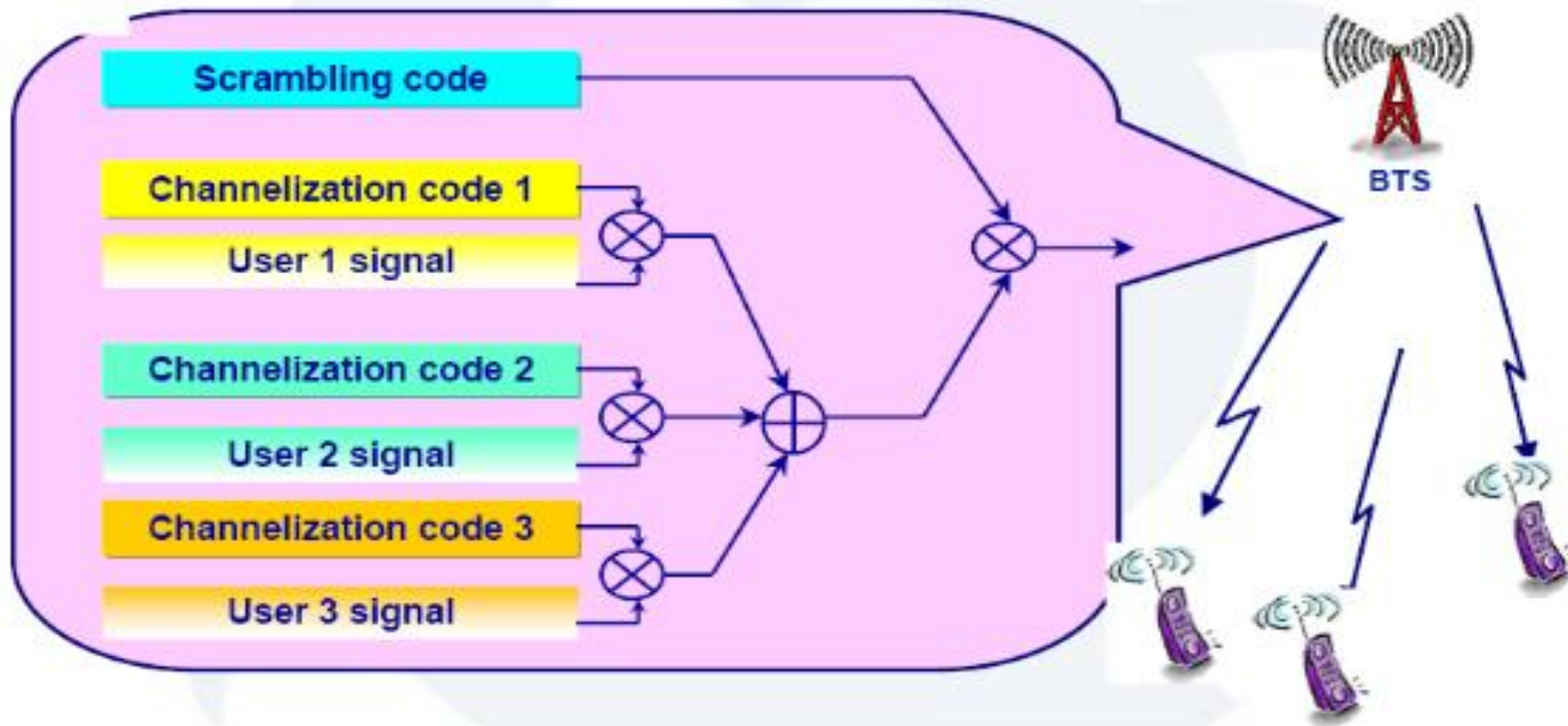
$$\text{Bit Rate} \times \text{SF} = 3.84 \text{ Mchips/s (Chip Rate)}$$

SF can change in every 10 msec frame

Service	Bearer Date Rate (kbps)	SF	Modulation Rate (Mchips/s)
Speech	30	128	3.84
Packet 64 kbps	120	32	3.84
Packet 384 kbps	960	4	3.84

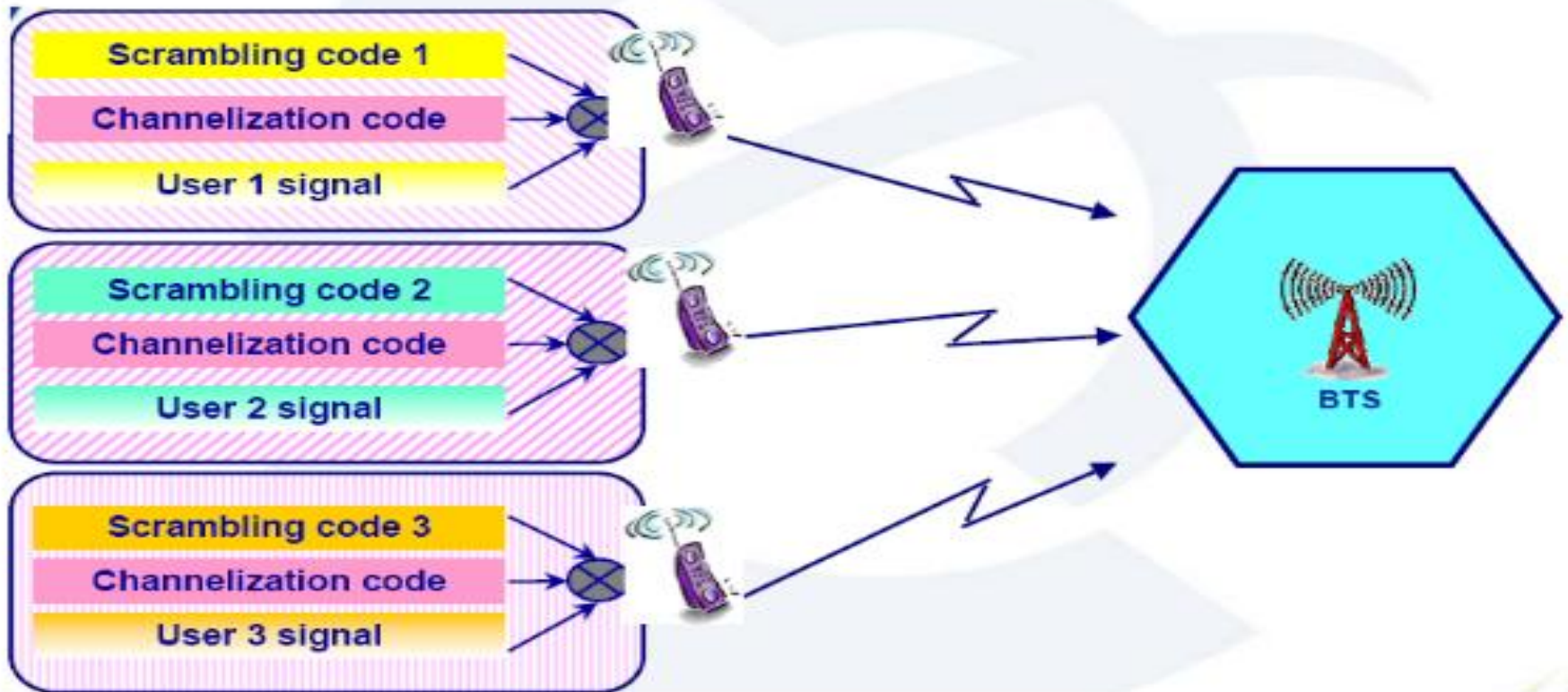
Le CDMA dans l'UMTS:

□ Voie Réseau vers Mobile



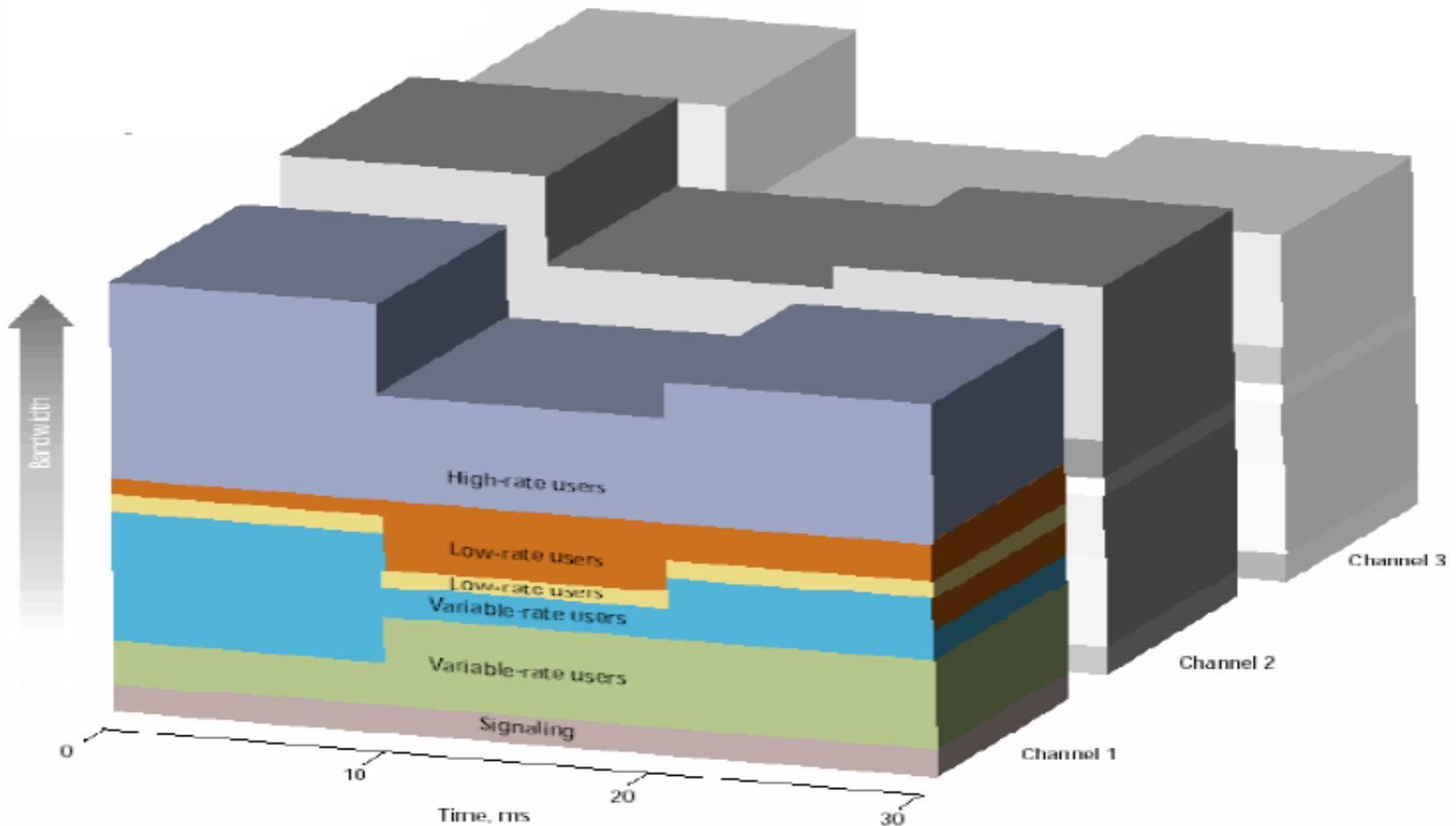
Le CDMA dans l'UMTS:

□ Voie Mobile vers Réseau



Le CDMA dans l'UMTS:

- Ajustement des débits utilisateurs toute les 10 ms par étalement variable et puissance variable.



Le mode FDD:

□ Les canaux radio en mode FDD:

➤ Les canaux communs

Ils sont au nombre de 6 :

BCH – Broadcast Channel – downlink

Diffusion, à débit fixe et assez faible, d'informations spécifiques à une cellule, destinées à tous les usagers présents dans la cellule.

FACH – Forward Access Channel – downlink

Transport d'informations de contrôle à un mobile dont le réseau connaît la localisation à la cellule près. Peut éventuellement transporter des courts paquets utilisateurs. Est soumis à un contrôle de puissance lent.

PCH – Paging Channel – downlink

Diffusion d'informations de contrôle à un mobile dont le réseau ne connaît pas la localisation. La diffusion a donc lieu dans plusieurs cellules entières.

Le mode FDD:

❑ Les canaux radio en mode FDD:

➤ Les canaux communs

CPCH – Common Packet Channel – uplink

Transporte de paquets de petites et moyenne tailles. Il est basé sur un accès aléatoire (d'où risque de collisions) et est utilisé pour les transmissions particulièrement *bursty*. Il est associé à un canal downlink dédié qui fournit les commandes de contrôle de puissance.

DSCH – Downlink Shared Channel – downlink

Canal partagé par entre plusieurs mobiles et transportant des informations de contrôle ou de données.

RACH – Random Access Channel – uplink

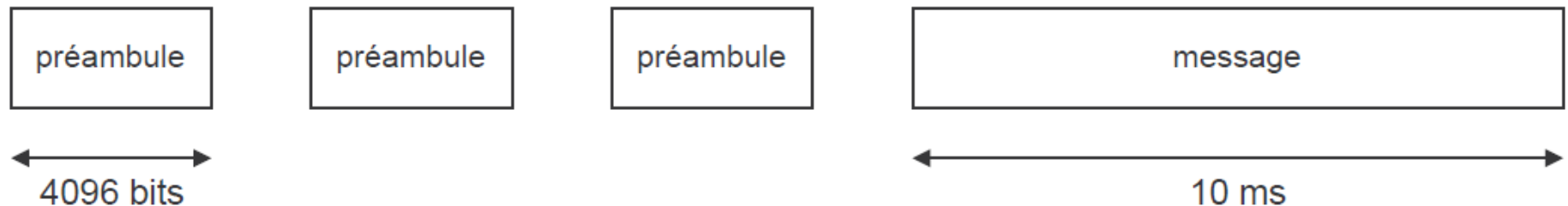
Caractérisé par un risque de collision et un contrôle de puissance en boucle

Le mode FDD:

□ L'accès au canal:

Pour accéder à un canal, le mobile doit suivre une démarche différente de celle utilisée en GSM (émission d'un seul burst assez court dans des slots précisés par le canal BCCH).

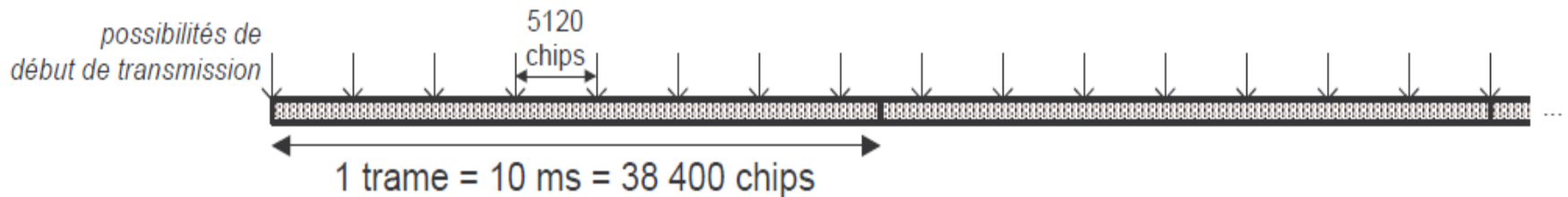
En effet, le mobile doit effectuer une transmission consistant en l'émission de 1 ou plusieurs préambules de longueur 4096 chips suivis d'un message de 10 ms :



Le mode FDD:

□ L'accès au canal:

La transmission commence à des instants bien précis, tous les 5120 chips, déterminés à partir de la synchronisation de la trame BCH : une trame durant 10 ms, soit 38400 bits, il y aura 15 possibilités de début de transmission répartis sur 2 trames :

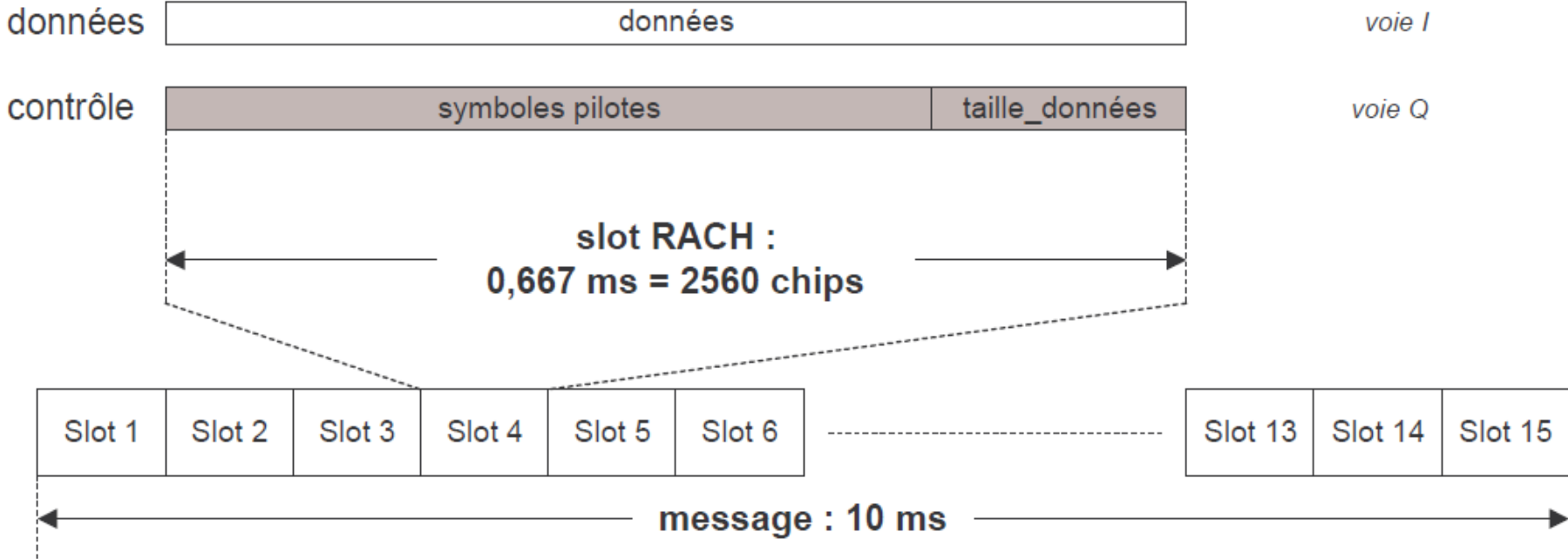


Possibilités de débuts de transmission sur le canal RACH

Chaque préambule, de longueur 4096 chips, est composé de 256 répétitions de la signature du mobile. Cette signature est établie à partir des séquences de Hadamard de longueur 16. Il y a donc 16 signatures différentes.

Le mode FDD:

□ L'accès au canal:



Format du burst d'accès RACH

Le mode FDD:

□ Les canaux dédiés:

Ils sont au nombre de 2 :

FAUCH – Fast Uplink Signalling Channel – uplink

Canal optionnel utilisé par la station mobile pour transmettre des informations de contrôle. La méthode d'accès à ce canal est similaire à celle utilisée pour le canal RACH : transmission de la signature du mobile. Cette signature est elle aussi une des 16 séquences de Hadamard de longueur 16, étalée sur 4096 chips comme les préambules du RACH. Les possibilités de début de transmission sont identiques à celles du RACH.

Pour éviter les collisions, le réseau attribue à chaque mobile concerné un numéro d'identifiant '*fast access identifier*' qui détermine exactement :

- le slot de début de transmission : 1 parmi 15
- la position de la signature à transmettre à l'intérieur de ce slot. Des décalages de 256 chips sont en effet introduits pour séparer les utilisateurs :
 - s'ils sont 16 ou moins, chacun utilise une signature différente
 - s'ils sont plus nombreux, il faut réutiliser le jeu de 16 signatures ; elles sont donc transmises décalées de 256 chips pour la première réutilisation, de 512 pour la seconde... Ces 256 chips de décalage doivent permettre de prendre en compte les différents délais de transmission dus aux positions relatives des mobiles par rapport à la station de base.

Le mode FDD:

□ Les canaux dédiés:

DCH – Dedicated Channel – downlink ou uplink

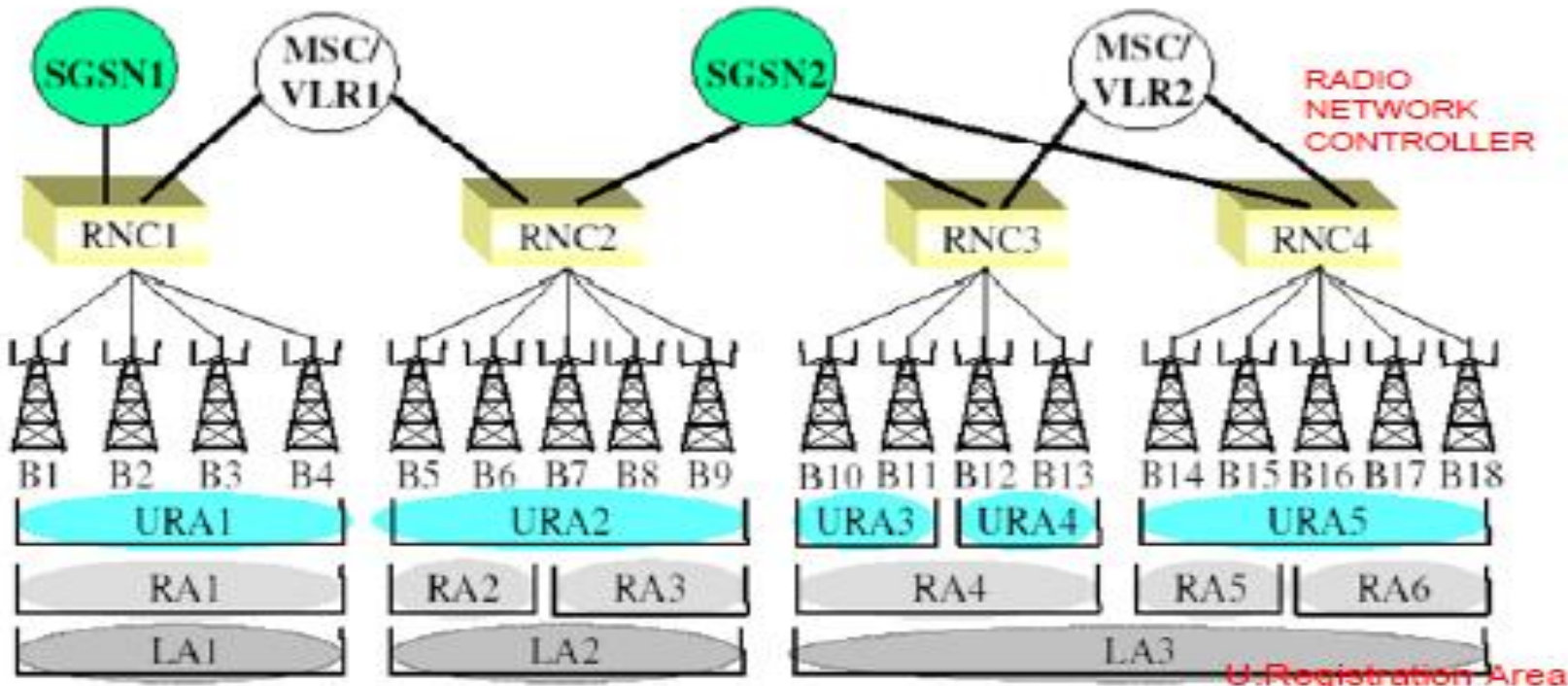
Transporte des informations utilisateurs et de contrôle (équivalent des 3 canaux GSM TCH, SACCH et SDCCH). Caractérisé par une adaptation rapide des débits (toutes les 10 ms) et un contrôle de puissance rapide.

Les données d'une communication particulière sont transportées sur deux canaux physiques :

- le canal de *données* dédié DPDCH Dedicated Physical Data CHannel,
- le canal de *contrôle* dédié DPCCH Dedicated Physical Control CHannel. Ce canal est utilisé pour transmettre à chaque intervalle de temps les paramètres nécessaires au contrôle de la liaison :
 - les symboles pilotes assurant une détection cohérente du signal par estimation des caractéristiques du canal de propagation (équivalent de la séquence d'apprentissage en GSM),
 - le contrôle de puissance (commande ou retour) : TPC,
 - le format et le multiplexages utilisés pour les données transmises sur le DPDCH : TFI (facteur d'étalement, de longueur 30 bits, codé sur 2 bits dans chacun des 15 slots de la trame), non présent si l'utilisateur utilise un seul service à débit fixe,
 - sur la voie montante seulement, l'indication des diversité de transmission et de sites

Localisation:

Les zones de localisation en UMTS



a) Format de l'identificateur LAI



b) Format de l'identificateur RAI

Localisation:

- RA: Registration Area LA: Localisation Area

Les zones de localisation en UMTS

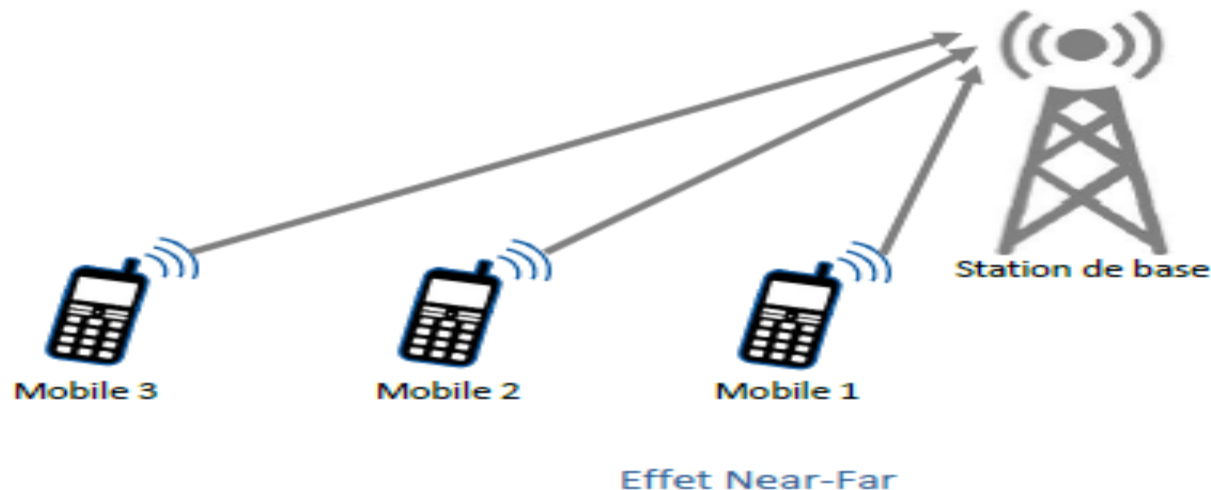
	MSC/VLR		SGSN		UTRAN
	GSM	UMTS	GPRS	UMTS	UMTS
cellule	non	non	oui	non	oui
URA	—	non	—	non	oui
RA	—	non	oui	oui	non
LA	oui	oui	non	non	non

- ☞ **LA.** Consiste en un ensemble de cellules placées sous le contrôle d'un RNC et gérées par un même et unique 3G-MSC/VLR. Valable pour le domaine CS
- ☞ **RA.** Sous-ensemble de cellules dans une LA placées sous le contrôle d'un RNC et gérées par un même et unique 3G-SGSN. Valable pour le domaine PS
- ☞ **URA.** Ensemble de cellules connu et géré par l'UTRAN exclusivement (de taille égale, inférieure ou supérieure à celle des RA ou des LA)

Contrainte :

❑ Effet Near Far:

Le schéma ci-dessous illustre ce phénomène de near-far. En effet, nous avons 3 équipements mobiles qui sont connectés à la même station de base. Cependant, du fait de leur distance à celle-ci, leur puissance est différente à l'arrivée du signal à la station de base.

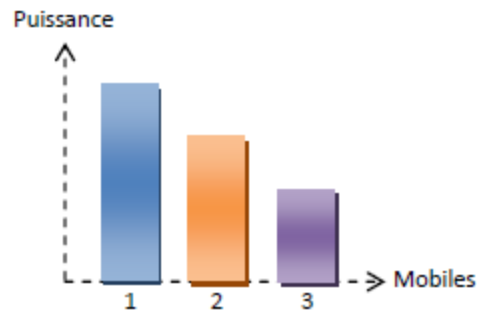


Contrainte :

□ Effet Near Far:

Le schéma ci-dessous illustre ce phénomène de near-far. En effet, nous avons 3 équipements mobiles qui sont connectés à la même station de base. Cependant, du fait de leur distance à celle-ci, leur puissance est différente à l'arrivée du signal à la station de base.

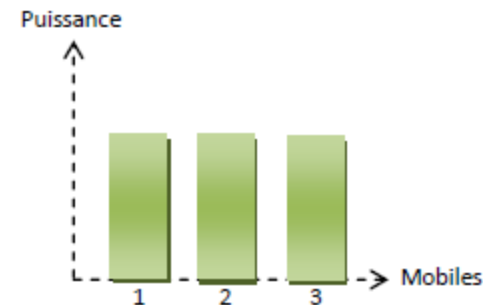
Sans contrôle de puissance



Puissance Mobile 1 > Puissance Mobile 2 > Puissance Mobile 3

Comparaison des puissances sans contrôle de puissance

Avec contrôle de puissance



Puissance Mobile 1 = Puissance Mobile 2 = Puissance Mobile 3

Comparaison des puissances avec contrôle de puissance

Procédures dans l'UMTS:

❑ Principales procédures entre l'UE et le réseau coeur:

- Procédures d'attachement avec CS (CS attach)
- Procédure d'attachement avec PS (PS attach)
- Procédure de détachement
- Procédure de sécurisation des appels
 - ❖ Authentification renforcée par rapport au GSM.
 - ❖ Chiffrement.
 - ❖ Intégrité .
- Procédure de gestion de la mobilité.
 - ❖ Mise à jour du RA
 - ❖ Mise à jour du LA