

Introduction aux Télécommunications
“Aspects physiques et architecturaux des réseaux de télécommunication, notamment de téléphonie”
Pierre Parrend, 2005

Les Réseaux de Téléphonie Mobile du Futur

Comme on le sait depuis la vente médiatique des licences UMTS, la relève des réseaux de téléphonie mobiles actuellement utilisés sera bientôt exploitée commercialement. Les évolutions connues sous le nom de 2,5 G permettent de plus au consommateur d’avoir une idée des services qui lui seront bientôt proposés.

Toutefois, si l’évolution technique par rapport au réseau GSM est indéniable, la polémique existe quand à la viabilité économique des réseaux qui seront - ou sont déjà - mis en place.

Cette pression encourage les opérateurs à travailler d’ore et déjà sur les évolutions des réseaux de troisième génération (connu sous le nom de 3G), en développant des technologies que l’on considère déjà comme étant de 3,5G, voire de quatrième génération (4 G).

Nous nous concentrerons, quand dans le reste du cours, sur les problématiques d’architecture et de transmission de l’information au niveau physique.

1 La 3 G

Les principes de la téléphonie de troisième génération sont :

- Transport de données sans fil à haut débit,
- Possibilité de roaming au niveau mondial, et donc compatibilité entre tous les réseaux (ce qui ne sera sans doute pas possible),
- Coexistence avec les réseaux préexistants, en particulier le GSM (du moins pendant les premières années de l’exploitation),
- Un cœur de réseau spécifique,
- Un réseau d’accès spécifique, l’UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network).

1.1 Les services

Les services qui doivent être mis à disposition par la 3G sont :

- Les données voix, naturellement
- Les données autres, telles le mail, la navigation Internet, la messagerie instantanée.

Ce sont des services qui sont souvent déjà présents dans les systèmes 2,5G, mais dont les performances doivent être (en théorie) grandement améliorées.

1.2 Les Standards

Les technologies 3G suivent les recommandations IMT2000 de l’ITU (International Telecommunication Union). Les trois standards existants sont l’UMTS

(en Europe), le CDMA-2000 (en Amérique, au Japon et en Corée), et le TD-SCDMA (en Chine). Le système japonais FOMA, lancé en 2001, est considéré comme le premier service commercial de troisième génération, et doit être progressivement rendu compatible avec l'UMTS.

L'UMTS - Universal Mobile Telecommunications System C'est la solution généralement déployée dans les pays utilisateurs du GSM. Il est basé sur la technologie W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access, multiplexage par code à large bande).

L'organisation responsable de l'UMTS est le 3GPP, qui s'occupe également du GSM, du GPRS et de EDGE.

Le CDMA-2000 C'est l'évolution du système de deuxième génération IS-95. Il est géré par le 3GPP2, organisation indépendante du 3GPP.

Le TD-SCDMA Beaucoup moins connu, c'est la technologie qui doit être déployée en Chine à partir de 2005. Il est supporté par les entreprises Datand et Siemens.

1.3 L'UMTS

1.3.1 Les performances

La figure 1 montre les performances des différents systèmes de communication sans fil, en fonction de la mobilité (vitesse) des utilisateurs.

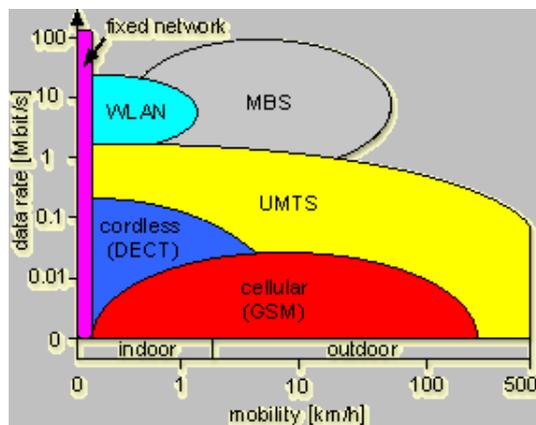


FIG. 1 – Performances des communications sans fil, en fonction de la mobilité des utilisateurs

1.3.2 Caractéristiques de Réseau

Comme le réseau GSM, l'UMTS est divisé en cellules de taille variables : macro-cellules, micro-cellules, pico-cellules, en fonction de de la densité de population à servir. Un extension existe, qui permet un accès par satellite. La figure 2 montre ces différents niveaux hiérarchiques.

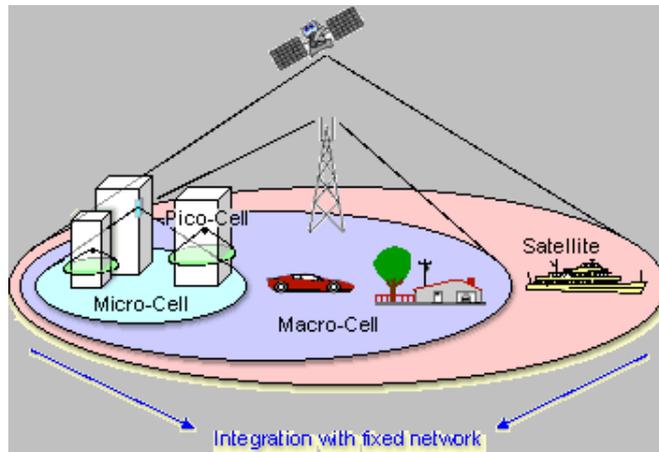


FIG. 2 – Hiérarchie des cellules d'un réseau UMTS

Le débit dépend de la vitesse de l'utilisateur supportée par un 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.

1.3.3 Spectre

La figure 3 montre le spectre utilisé par l'UMTS, par rapport au spectre du GSM. Les bandes de fréquences sont :

- de 1900 MHz à 2024 MHz,
- de 2110 MHz à 2200 MHz.

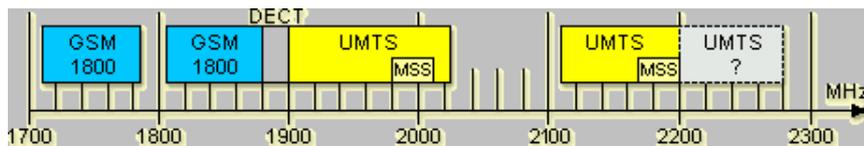


FIG. 3 – Le spectre utilisé pour les communications UMTS

On voit que deux modes d'opération existent : FDD (Frequency Division Duplex), pour les macro- et micro-cellules, et TDD (Time Division Duplex), pour les pico-cellules.

1.3.4 L'Architecture de Réseau

L'UMTS L'architecture globale du réseau UMTS est présentée à la figure 4.

Il s'agit d'un réseau d'accès spécifique, l'UTRAN, qui est connecté au Core Network (CN) du GSM 2+.

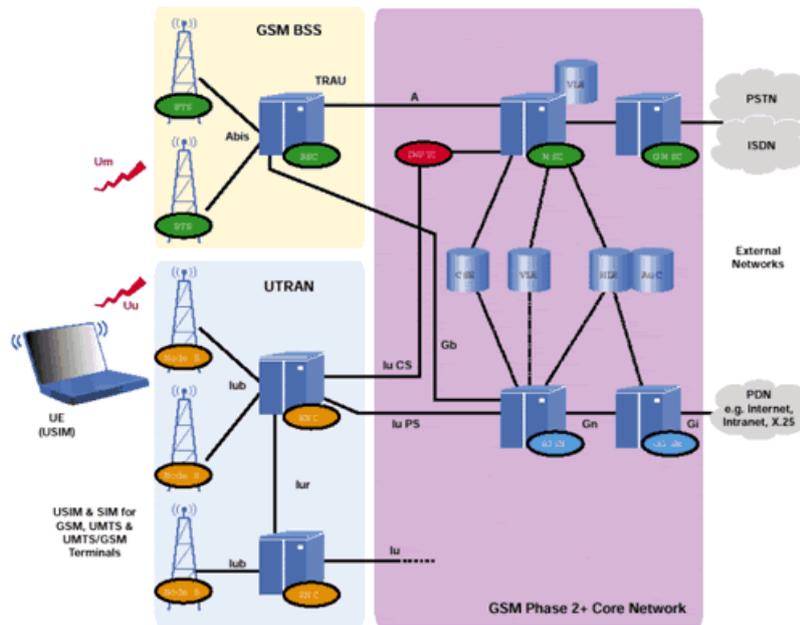


FIG. 4 – Architecture du réseau UMTS

Le Coeur de Réseau comprend, en plus du GPRS, le système CAMEL Application Part, qui permet l'introduction du VHE UMTS (Virtual Home Environment), c'est à dire de services spécifiques à l'opérateur (supervision, cartes prépayées).

L'UTRAN Le détail du réseau d'accès, l'UTRAN, est présenté à la figure 5.

L'UTRAN est composé de deux éléments principaux : le RNC (Radio Network Controller), et le Noeud B (Node B). Le réseau d'accès est composé de RNS (Radio Network System), contrôlés chacun par un RNC.

Chaque RNC est connecté à un Noeud B. Chaque noeud B contrôle une ou plusieurs cellules.

Le RNC Le fonctionnement du module de gestion du réseau d'accès le RNC (Radio Network Controller), est présenté à la figure 6.

Le RNC est responsable de la gestion des ressources radio. Via le Service d'Opération et de Maintenance (OSS), il gère la maintenance du RNS.

Un RNC particulier, le SRNC (Serving RNC), prend en charge l'admission au réseau, la gestion de connexion et de handover. Les autres RNC s'occupent uniquement de l'allocation des ressources radio. On les appelle alors D-RNC (Drift-RNC), car ils gèrent principalement les handovers soft.

Le noeud B C'est l'unité de transmission/réception radio avec les cellules. Il peut gérer une ou plusieurs cellules.

Le rôle du Noeud B est de convertir les données transmises sur le réseau vers l'interface radio. En particulier, il prend en charge la correction d'erreur,

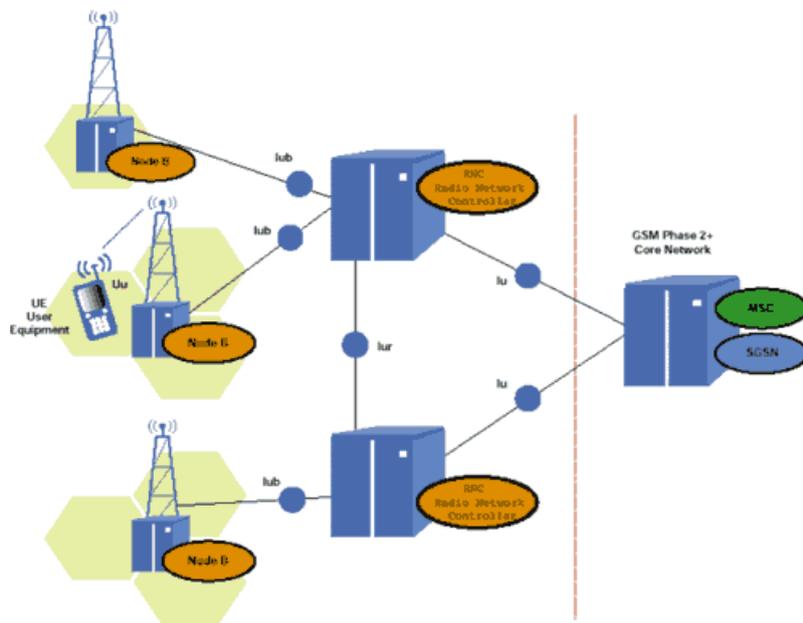


FIG. 5 – Réseau d'accès UTRAN - UMTS Terrestrial Access Network

l'adaptation du débit, l'étalement de spectre du W-CDMA, la modulation QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), et le contrôle de puissance du signal.

Il réalise la monitorisation du réseau, par la mesure du taux d'erreur par trame (FRE - Frame Error Rate).

Le Terminal Utilisateur UE, User Element. La figure 7 montre les fonctionnalités du terminal utilisateur de l'UMTS, vis à vis du Noeud B, du RNC, du Coeur de Réseau.

1.4 Le CDMA

CDMA signifie Code Division Multiple Access. Le principe en est présenté dans la figure 8. Il s'agit de coder le signal de telle sorte que seul un décodeur approprié puisse l'exploiter. Afin d'être moins sensible aux bruits, et plus efficace en puissance, l'étalement de spectre s'accompagne d'une chute de la puissance maximale transmise, comme le montre la figure 9. De fait, la puissance du signal est inférieure au bruit, et donc insensible aux perturbations.

L'usage de tels signaux est permis par le fait que les codes utilisés sont orthogonaux entre eux : un signal codé ne peut être décodé que par le code adéquat, et ne perturbe pas les autres signaux transmis sur la même bande de fréquence.

Schéma : principe des codes orthogonaux Code orthogonal : ce sont des codes dont le coefficient d'auto-corrélation est nul (voir schéma).

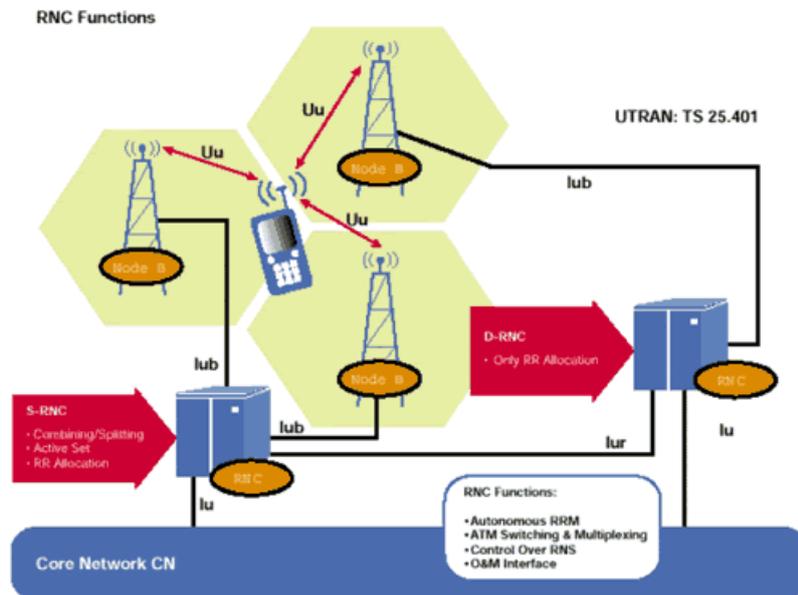


FIG. 6 – Principe du noeud RNC - Radio Network Controller

2 La 3,5 G

Les performances de la 3G, dont certains craignent qu'elles soient insuffisantes, doivent être améliorées par la technologie HSPDA (High-Speed Downlink Packet Access). C'est un service de transmission de données en downlink (lien descendant), qui utilise W-CDMA, et doit permettre des débit de 10, voire 20 Mbps. Les éléments de HSPDA sont :

AMC , Adaptative Modulation and Coding,

MIMO , Multiple Input, Multiple Output,

HARQ , Hybrid Automatic Request.

Par ailleurs, les réseaux post-3G seront doté d'un support des technologies IP, ce qui permettra de rendre les réseaux téléphoniques compatible de manière beaucoup plus souple qu'actuellement avec l'Internet.

3 La 4 G

La 4G est, comme son nom l'indique, un système de communication sans fil, successeur de la 3G. Son principe est le suivant : permettre un accès sans fil à très haut débit (plus de 10 Mbps), et rendre l'usage des différents réseaux sans fils (Wi-Fi, UMTS, EDGE) transparent. D'autres innovations sont également prévues, telles un gestion optimisée du spectre de fréquence, et la mise en place de réseaux dits 'ad hoc' (mesh routing), qui permettront aux réseaux d'être réellement pervasifs.

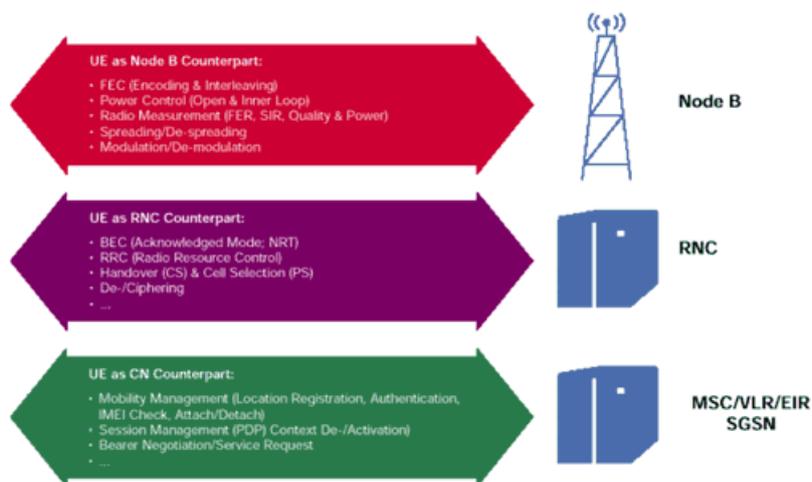


FIG. 7 – Fonctionnalités du terminal utilisateur de l'UMTS

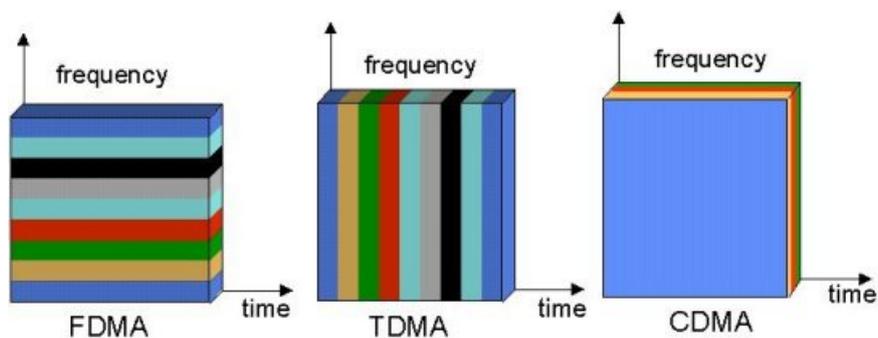


FIG. 8 – Les différents types de multiplexage : fréquence, temps, code

Mesh Routing Le Mesh Routing (routage maillé) permet l'établissement de connections continues dans un réseau, et ce également en cas de reconfiguration du réseau : la voix peut donc être transmise de manière fiable, même quand les noeuds empruntés sont congestionnés.

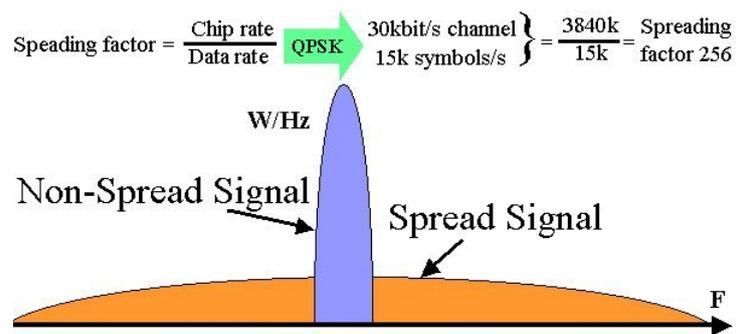


FIG. 9 – Puissance du signal transmis en CDMA