

Réseaux GSM, GPRS et UMTS

Cette partie présente les différents éléments des 3 réseaux et montre comment les architectures télécoms des réseaux GSM, GPRS et UMTS sont complémentaires.

Cette partie montre enfin que la mise en place des réseaux GPRS et UMTS est une opération coûteuse au-delà des investissements liés à l'achat des licences.

L'objectif de cette partie est de démontrer au lecteur que la mise en service des réseaux GPRS et UMTS doit s'accompagner par la commercialisation de nouveaux services afin de rentabiliser les investissements.

Il apparaît clairement que les réseaux GSM, GPRS et UMTS sont complémentaires et qu'ils constituent une évolution des offres de services de l'opérateur télécoms, des services simples de type « Voix » vers les services évolués de type « Data ».

Nous analyseront également les distinctions entre les architectures en mode circuits (GSM) et en mode paquet (GPRS et UMTS).

Cette partie décrira le fonctionnement des trois architectures réseaux et démontrera que l'évolution des réseaux GSM vers l'UMTS correspond à une stratégie orientée services.

1.2 Les équipements d'un réseau GSM

Nom	Signification	Fonction
BTS	Base Transceiver Station	Station de base réceptionnant les appels entrant et sortant des ME.
BSC	Base Station Controller	Contrôleur des stations de base.
MSC	Mobile Switching Centre	Commutateur de réseau.
HLR	Home Location Register	Base de données sur l'identité et la localisation des abonnés.
AUC	Authentication Center	Centre d'authentification des terminaux sur le réseau.
VLR	Visitor Location Register	Base de données sur les visiteurs du réseau.
OMC	Operation and Maintenance Centre	Centre d'exploitation et de maintenance du réseau de l'opérateur. Ici nous avons regroupé l'ensemble des éléments de maintenance de la partie 1.5 OSS.
ME	Mobile Equipment	Terminal de l'abonné.
SIM	Sim Identity Module	Carte SIM identifiant l'abonné sur un réseau défini.

Ce tableau décrit rapidement les différents composants du réseau. Les points 1.3 1.4 et 1.5 expliquent les fonctions des composants des trois sous-ensembles du réseau GSM.

NB : On parle en réseau GSM de deux types de réseaux, les réseaux 900 et 1800 MHz. En France le réseau 900 est le réseau adopté par France Télécoms (Itinéris devenu Orange) et par SFR, on parle de GSM 900. le réseau 1800 est le réseau adopté par Bouygues Télécoms, on parle de DCS 1800.

1.3 Architecture matérielle du sous système radio BSS

Le BSS comprend les BTS qui sont des émetteurs-récepteurs ayant un minimum d'intelligence et les BSC qui contrôlent un ensemble de BTS et permettent une première concentration des circuits.

1.3.1 Fonctions de la BTS

La BTS est un ensemble d'émetteurs-récepteurs appelés TRX.

La BTS a pour fonction la gestion des transmissions radios (modulation, démodulation, égalisation, codage et correcteur d'erreurs).

La BTS gère la couche physique des réseaux.

L'exploitation des données recueillies par la BTS est réalisée par le BSC.

La BTS gère la couche liaison de données pour l'échange de signalisation entre les mobiles et l'infrastructure réseau de l'opérateur.

La BTS gère ensuite la liaison de données avec le BSC.

La capacité maximale d'une BTS est de 16 porteuses (limite technique rarement atteinte pour des raisons de fiabilité). Ainsi une BTS peut gérer au maximum une centaine de communications simultanées.

On distingue deux types de BTS :

- Les BTS dites « normales »¹
- Les micro-BTS¹

¹ Sont ensuite distinguées différentes classes de BTS normales et micro, en fonction de la nature du réseau (GSM 900 ou DCS 1800) et de la puissance recherchée (puissance exprimée en W).

Les BTS normales sont les stations de base classiques utilisées dans les systèmes cellulaires avec des équipements complémentaires installés dans des locaux techniques et des antennes sur les toits.

Les micro-BTS sont utilisées pour couvrir les zones urbaines denses avec des micro cellules. Il s'agit d'équipements de faible taille, de faible coût qui permettent de mieux couvrir un réseau dense comme le quartier d'une ville à forte affluence.

Le rayon d'une cellule varie entre 200m en milieu urbain et 30 km en milieu rural. Une cellule est au minimum couverte par la triangulation de trois BTS. L'exploitation de la BTS se fait soit en local soit par télécommande au travers de son contrôleur de station (BSC).

1.3.2 Fonctions du BSC

Le BSC est l'organe intelligent du sous système radio. Le contrôleur de stations de base gère une ou plusieurs stations et remplit différentes fonctions de communication et d'exploitation.

Pour le trafic abonné venant des BTS, le BSC joue un rôle de concentrateur. Il a un rôle de relais pour les alarmes et les statistiques émanant des BTS vers le centre d'exploitation et de maintenance. *Pour le trafic issu du concentrateur le BSC joue le rôle d'aiguilleur* vers la station de base destinataire. Le BSC est une banque de données pour les versions logicielles et les données de configuration téléchargées par l'opérateur sur les BTS.

Le BSC pilote enfin les transferts entre deux cellules ; il avise d'une part la nouvelle BTS qui va prendre en charge l'abonné « mobile » tout en informant le back end system – ici le HLR – de la nouvelle localisation de l'abonné.

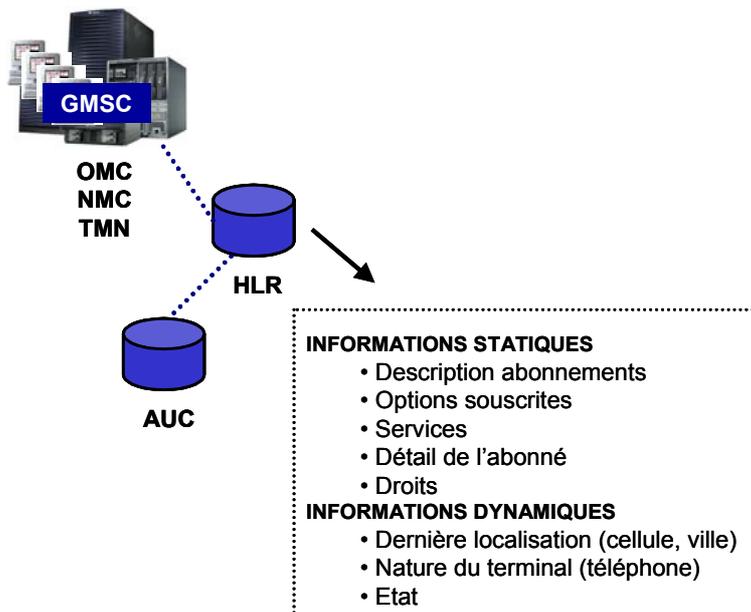
Les BTS sont « contactées » par le centre de maintenance et d'exploitation (voir partie 1.5) par le biais des BSC qui joue ce rôle de relais.

1.4 Architecture matérielle du sous système fixe NSS

Le NSS comprend des bases de données et des commutateurs.

1.4.1 Fonctions du HLR

Le HLR est une base de données de localisation et de caractéristiques des abonnés. Un réseau peut posséder plusieurs HLR selon des critères de capacité de machines, de fiabilité et d'exploitation. Le HLR est l'enregistreur de *localisation nominale* par opposition au VLR (voir partie 1.4.3) qui est l'enregistreur de *localisation des visiteurs*.



Ce schéma décrit les informations gérées par le HLR. Une base de données qui conserve des données statiques sur l'abonné et qui administre des données dynamiques sur le comportement de l'abonné. Les informations sont ensuite exploitées par l'OMC (voir partie 1.5.5).

L'AUC est une base de données associée au HLR.

L'abonné est identifié grâce à sa carte SIM qui transmet deux informations importantes. L'IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) qui est géré par le HLR (l'IMSI donne des informations sur le réseau d'origine (ie. SFR) et le pays entre autre) et le KI (clé de cryptage) qui est géré par la base de données AUC (Voir partie 1.5.4).

Prenons un exemple avec Pierre.

IMSI + KI Identification de l'abonné Pierre

MSISDN Numéro de téléphone de Pierre (*Mobile Station ISDN Number*)

Le HLR vérifie que le couple IMSI + KI = MSISDN

Le AUC vérifie que le couple IMSI + KI est valide

Les informations dynamiques relatives à l'état et à la localisation d'un abonné sont actualisées en permanence. Ces informations sont particulièrement utiles lorsque le réseau achemine un appel vers l'abonné.

Le réseau commence par interroger le HLR pour prendre connaissance de la dernière localisation connue, de l'état du terminal (On / Off) et de la date de ces données avant toute action. La mobilité constitue la différence essentielle entre le réseau filaire et le réseau de radiotéléphonie.

Ainsi sur le réseau mobile, l'opérateur doit interroger les différentes bases de données (HLR) afin de localiser un abonné pour établir une connexion.

1.4.2 Fonction du MSC

Les MSC sont des commutateurs mobiles généralement associés aux bases de données VLR. Le MSC assure une interconnexion entre le réseau mobile et le réseau fixe public. Le MSC gère l'établissement des communications entre un mobile et un autre MSC, la transmission des messages courts et l'exécution du handover si le MSC concerné est impliqué. (Le handover est un mécanisme grâce auquel un mobile peut transférer sa connexion d'une BTS vers une autre (handover inter BTS) ou, sur la même BTS d'un canal radio vers un autre (handover intra BTS). On parle de transfert automatique inter/intra cellule – handov – notamment aux Etats Unis).

Le commutateur est un nœud important du réseau, il donne un accès vers les bases de données du réseau et vers le centre d'authentification qui vérifie les droits des abonnés. En connexion avec le VLR (voir partie 1.4.3) le MSC contribue à la gestion de la mobilité des abonnés (à la localisation des abonnés sur le réseau) mais aussi à la fourniture de tous les télé services offerts par le réseau : voix, données, messageries ... Le MSC peut également posséder une fonction de passerelle, GMSC (Gateway MSC) qui est activée au début de chaque appel d'un abonné fixe vers un abonné mobile.

Un couple MSC / VLR gère généralement une centaine de milliers d'abonnés. Les commutateurs MSC sont souvent des commutateurs de transit des réseaux téléphoniques fixes sur lesquels ont été implanté des fonctionnalités spécifiques au réseau GSM.

1.4.3 Fonctions du VLR

L'enregistreur de localisation des visiteurs est une base de données associée à un commutateur MSC. Le VLR a pour mission d'enregistrer des informations dynamiques relatives aux abonnés de passage dans le réseau, ainsi l'opérateur peut savoir à tout instant dans quelle cellule se trouve chacun de ses abonnés. Les données mémorisées par le VLR sont similaires aux données du HLR mais concernent les abonnés présents dans la zone concernée.

A chaque déplacement d'un abonné le réseau doit mettre à jour le VLR du réseau visité et le HLR de l'abonné afin d'être en mesure d'acheminer un appel vers l'abonné concerné ou d'établir une communication demandée par un abonné visiteur. Pour ce faire un dialogue permanent est établi entre les bases de données du réseau. La mise à jour du HLR est très importante puisque lorsque le réseau cherche à joindre un abonné, il interroge toujours le HLR de l'abonné pour connaître la dernière localisation de ce dernier, le VLR concerné est ensuite consulté afin de tracer le chemin entre le demandeur et le demandé pour acheminer l'appel.

1.5 Sous système d'exploitation et de maintenance OSS

1.5.1 L'administration de réseau

L'administration du réseau comprend toutes les activités qui permettent de mémoriser et de contrôler les performances d'utilisation et les ressources de manière à offrir un niveau correct de qualité aux usagers.

On distingue 5 fonctions d'administrations :

- **L'administration commerciale**

La déclaration des abonnés et des terminaux, la facturation, les statistiques ...

- **La gestion de la sécurité**

La détection des intrusions, le niveau d'habilitation ...

- **L'exploitation et la gestion des performances**

L'observation du trafic et de la qualité (performance), les changements de configuration pour s'adapter à la charge du réseau, la surveillance des mobiles de maintenance ...

- **Le contrôle de configuration du système**

Les mise à niveau de logiciels, les introductions de nouveaux équipements ou de nouvelles fonctionnalités ...

- **La maintenance**

Les détections de défauts, les tests d'équipements ...

Le système d'administration du réseau GSM est proche du concept TMN (Voir partie 1.5.2) qui a pour objet de rationaliser l'organisation des opérations de communication et de maintenance et de définir les conditions techniques d'une supervision économique et efficace de la qualité de service.

1.5.2 Architecture de TMN (Télécommunications Management Network)

L'administration des premiers réseaux se faisait de manière individuelle sur chaque équipement à partir d'un terminal simple directement connecté. Ainsi les fonctions disponibles étaient liées à la structure matérielle de l'équipement. Ce niveau d'administration est encore utilisable mais il est peu à peu remplacé par des terminaux déplacés et reliés aux équipements par l'intermédiaire d'un réseau de données. Le réseau X.25 Transpac est une option possible.

La complexité actuelle des réseaux nécessite des outils d'administration représentant des états sous des formes conviviales ; on parle de système d'exploitation (OS – Operating System). Ce niveau d'administration globale doit être indépendant des équipements. Il est donc nécessaire d'intégrer des équipements de médiation entre les équipements du réseau et le système d'exploitation. Ceux ci ont pour objet de présenter sous des formes standardisées les différents éléments du réseau et de dialoguer avec le système d'exploitation par un protocole standard. Ce sont des tableaux de surveillance (tableaux de bord).

1.5.3 Fonctions de l'EIR (*Equipment Identity register*)

L'EIR est une base de données annexe contenant les identités des terminaux. Un terminal est identifié par un numéro de série dénommé IMEI (IMEI = numéro d'homologation (série) . Numéro d'identifiant. Numéro du terminal). La base EIR est consultée lors des demandes de services d'un abonné pour vérifier si le terminal utilisé est autorisé à fonctionner sur le réseau. Ainsi l'accès au réseau peut être refusé si le terminal n'est pas homologué, si le terminal perturbe le réseau ou si ce même terminal a fait l'objet d'une déclaration de vol. Dans la réalité ces bases de données EIR sont peu utilisées faute d'accords entre les opérateurs d'un même pays ou d'Europe même si une récente initiative française (septembre 2001) allait dans le sens de la création d'une liste noir des terminaux volés pour en interdire leur utilisation et donc décourager les vols de téléphones portables.

1.5.4 Fonctions de l'AUC

Le centre d'authentification AUC (*Authentication Centre*) mémorise pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour chiffrer (crypter) les communications. L'AUC de chaque abonné est associé au HLR. Pour autant le HLR fait partie du « sous système fixe » alors que l'AUC est attaché au « sous-système d'exploitation et de maintenance ». L'AUC avec l'IMSI et le MSISDN fait partie des données clé insérées dans la carte SIM de chaque abonné.

1.5.5 Présentation de l'OMC et du NMC

Deux niveaux de hiérarchie sont définis dans la norme GSM. Les OMC (*Operations and Maintenance Centre*) et le NMC (*Network and Management Centre*). Cette organisation a été définie afin de permettre aux opérateurs télécoms de gérer la multiplicité des équipements (émetteurs, récepteurs, bases de données, commutateurs ...) et des fournisseurs.

Le NMC permet l'administration générale de l'ensemble du réseau par un contrôle centralisé.

Les OMC permettent une supervision locale des équipements (BSC /MSC / VLR) et transmettent au NMC les incidents majeurs survenus sur le réseau. Les différents OMC assurent une fonction de médiation.

NB : *Plus généralement dans nos schémas présentés dans ce rapport, l'OMC désigne l'ensemble du sous système d'exploitation et de maintenance (OSS) TMN compris, et ce dans un souci de clarté et de simplification des représentations graphiques.*

1.6 Présentation des interfaces

Les interfaces désignées par des lettres de A à H dans le tableau ci après ont été définies par la norme GSM. Bien souvent, le découpage des fonctions entre les éléments du réseau (VLR et MSC) par exemple est effectué par les constructeurs (Ericsson, Nokia ...) qui ne respectent pas forcément les règles définies dans le tableau.

Deux normes sont néanmoins imposées :

- *L'interface D* qui permet au couple MSC/VLR de dialoguer avec le HLR afin d'assurer l'itinérance internationale que l'on dénomme « roaming ». (Un abonné du réseau français SFR quitte la France pour se rendre en Espagne et se connecter au réseau espagnol Airtel. Ce cas présent est un cas de roaming).
- *L'interface A* qui sépare NSS et BSS. Ainsi les opérateurs peuvent avoir un multi-sourcing de BSC et MSC (avoir plusieurs fournisseurs différents pour leur infrastructure).

Nom	Localisation	Utilisation
Um	MS – BTS	Interface radio
Abis	BTS – BSC	Divers
A	BSC – MSC	Divers
C	GMSC – HLR	Interrogation du HLR pour appel entrant
	SM – GMSC – HLR	Interrogation du HLR pour message court entrant
D	VLR – HLR	Gestion des informations d'abonnés et de localisation
	VLR - HLR	Services supplémentaires
E	MSC – SM - GMSC	Transport de messages courts
	MSC – MSC	Exécution des handover *
G	VLR – VLR	Gestion des informations des abonnés
F	MSC - EIR	Vérification de l'identité du terminal
B	MSC - VLR	Divers
H	HLR – AUC	Echange des données d'authentification

NB : * handover : concernant les explications sur le handover, se référer à la partie 1.4.2 sur les fonctions du MSC.

1.7 Architecture réseau en couches (modèle OSI)

La recommandation GSM établit un découpage des fonctions et une répartition de celles ci sur divers équipements. La structuration en couches reprend ce découpage en respectant la philosophie générale des couches du modèle OSI.

1.7.1 Couches réseaux gérées par le sous système radio (BSS)

Dans le BSS on retrouve les 3 couches de base du modèle OSI :

- *La couche physique* définit l'ensemble des moyens de transmission et de réception physique de l'information.
- *La couche liaison de données* a pour objet de fiabiliser la transmission entre deux équipements par un protocole.
- *La couche réseau* a pour fonction d'établir, de maintenir et de libérer des circuits commutés (voix ou données) avec un abonné du réseau fixe. Cette couche est ensuite divisée en trois sous couches :
 - *La sous couche RR* (Radio Ressource) pour les aspects purement radio. Cette couche gère les sélections de cellules.
 - *La sous couche MM* (Mobility management) qui prend en charge la localisation, l'authentification et l'allocation.
 - *La sous couche CM* (Connection Management) découpée en quatre entités :
 - *L'entité CC* (Call Control) qui traite la gestion des connections de circuit avec le destinataire final.
 - *L'entité SMS* (Short message Service) qui assure la transmission et la réception de messages courts.
 - *L'entité SS* (Supplementary Services^o) qui gère les services supplémentaires.
 - *L'entité GCC* (Group Call Control) qui a pour objet de contrôler les appels de groupes. (**Attention** seulement téléphone compatible SIM phase 2+)
 - *L'entité BCC* (Broadcast Call Control) qui a pour objet de contrôler les appels diffusés. (**Attention** seulement téléphone compatible SIM phase 2+)

NB : Une 'entité de gestion de données par paquets devrait également être définie par la suite ? Ce sont des premiers pas vers l'approche GPRS.

La couche 1 – physique et la couche 2 – liaison de données sont gérées dans leur intégralité dans le BSS. En revanche, concernant la couche 3 – réseau, seul la sous couche RR est gérée au sein du BSS, les sous couches CM et MM ne font que « transiter » par le BSS sans être analysées.

1.7.2 Couches réseaux gérées par le sous système fixe (NSS)

Le réseau fixe NSS que nous avons vu précédemment regroupe ensuite les 4 couches complémentaires du modèle OSI. Le réseau NSS en GSM est relié et géré avec le réseau RTC (Réseau Téléphonique Commuté) – réseau de téléphonie fixe initial. Les 4 couches complémentaires sont ainsi regroupées au sein de cet ensemble qui permet de gérer les connexions entre abonnés mobiles et abonnés fixes.

1.8 La station mobile de l'utilisateur final

1.8.1 Le mobile

Le terme station mobile désigne un terminal équipé d'une carte SIM. Chaque terminal reste muni d'une identité particulière IMEI (Voir partie 1.5.3 sur l'EIR). La norme définit pour les terminaux plusieurs classes suivant leur puissance maximale d'émission. En GSM 900, deux catégories, 2W en téléphone mobile portable et 8W en téléphone mobile embarqué dans les véhicules. En DCS 1800, de manière générale 1W pour l'ensemble des terminaux.

On parle de ME (Mobile Equipment) et de MS (Mobile System).

1.8.2 La carte SIM

La carte SIM telle que définit dans la norme GSM permet aux abonnés une mobilité personnelle indépendante du terminal utilisé. Il existe initialement deux types de cartes SIM :

- La carte SIM ID-1 : carte à la taille d'une carte de crédit.
- La carte SIM plug in : de petite taille. L'objet de cette carte est d'être utilisée de façon quasi permanente dans un terminal portatif donné.

La carte IM contient de nombreux paramètres de sécurité. Comme toute carte à puce elle possède un ensemble de clés permettant de sécuriser les étapes de personnalisation par les différents intervenants (fabricants, opérateurs, distributeurs, utilisateurs). A chaque intervenant est associé un code, nous connaissons le code PIN composé de 4 à 6 chiffres, également appelé CHIV1.

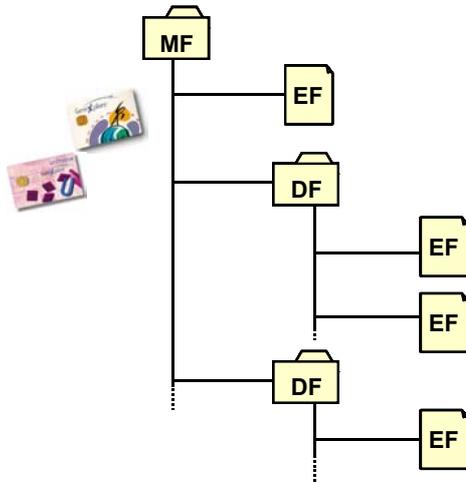
L'architecture d'une carte SIM est simple, il y a trois parties :

- *La mémoire ROM (Read Only Memory)* d'une taille de 16Koctets contient l'OS, des algorithmes et éventuellement des applications spécifiques. *Voir aussi NB-1.*
- *La mémoire EEPROM (E2 PROM – Electrical erasable Programmable Read Only Memory)* contient tous les champs de la norme GSM et des applications. Sa taille varie entre 8 KO et 64 KO aujourd'hui. *Voir aussi NB-2.*
- *La mémoire RAM (Random Access Memory)* contient des données liées aux applications spécifiques, la taille est réduite, généralement quelques centaines d'octets.

NB 1 : *L'OS de la carte est intégré au sein de la mémoire ROM. Initialement propriété des SIM manufacturers, ces OS étaient développés en natif pour le compte des opérateurs. Aujourd'hui les OS tendent à être développés en Java, ce qui ouvre des ouvertures pour des sociétés souhaitant développer des OS pour le compte de clients. Le SIM manufacturer devient alors un fabricant industriel de cartes qui intègre des données (OS) développées pour une tierce partie.*

NB 2 : *Les SIM manufacturers parlent essentiellement de la taille de la E2PROM pour présenter leurs produits, on parlera ainsi de Cartes 32 Ko, 64 ko ...*

L'architecture d'une carte SIM respecte une organisation interne définie dans la norme GSM.



La racine est constituée par le dossier maître MF (*Master File*)

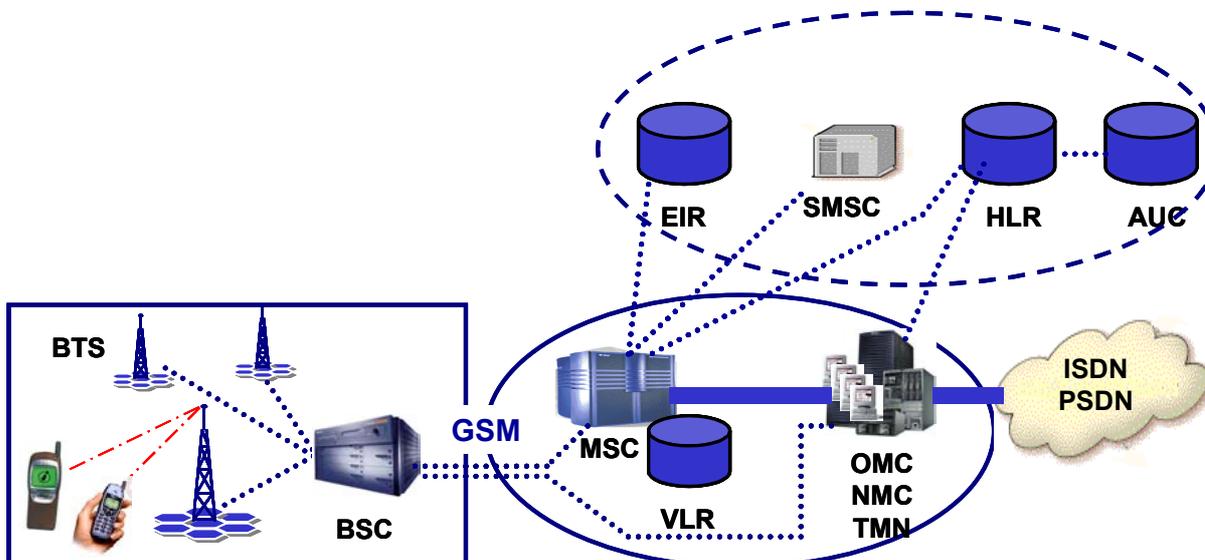
Le fichier MF peut contenir des fichiers élémentaires EF (*Elementary File*)

Le fichier MF contient des répertoires dédiés DF (*Dedicated Files*)

Chaque répertoire DF peut contenir des fichiers élémentaires EF.

1.9 Conclusion sur le réseau GSM

La mise en place d'un réseau GSM représente un investissement considérable. A l'heure actuelle les réseaux GSM ne cessent d'évoluer afin d'assurer une qualité de couverture toujours plus importante. La couverture du réseau est assurée par la multiplication des ensembles BTS – BSC. Nous verrons par la suite que le réseau GSM est une base pour la mise en place des réseaux GPRS et UMTS, même si pour le réseau UMTS au-delà du coût élevé d'achat des licences, nous verrons que l'ensemble BTS – BSC – MSC devra être changé ou modifié à la base. Rappelons ici rapidement qu'une BTS couvre environ 500m de zone en ville et 10 km de zone en campagne. Cela donne un aperçu du coût et du temps nécessaires pour la mise en place de la simple architecture technique du mode UMTS ... Ci dessous un rappel de l'architecture GSM, en encadré bleu les éléments de couverture, en ellipse bleue les éléments de gestion du réseau, en ellipse bleue pointillée, les éléments du réseau GSM qui seront utiles pour les réseaux GPRS et UMTS.



2 Infrastructure d'un réseau GPRS

2.1 Présentation de l'infrastructure d'un réseau

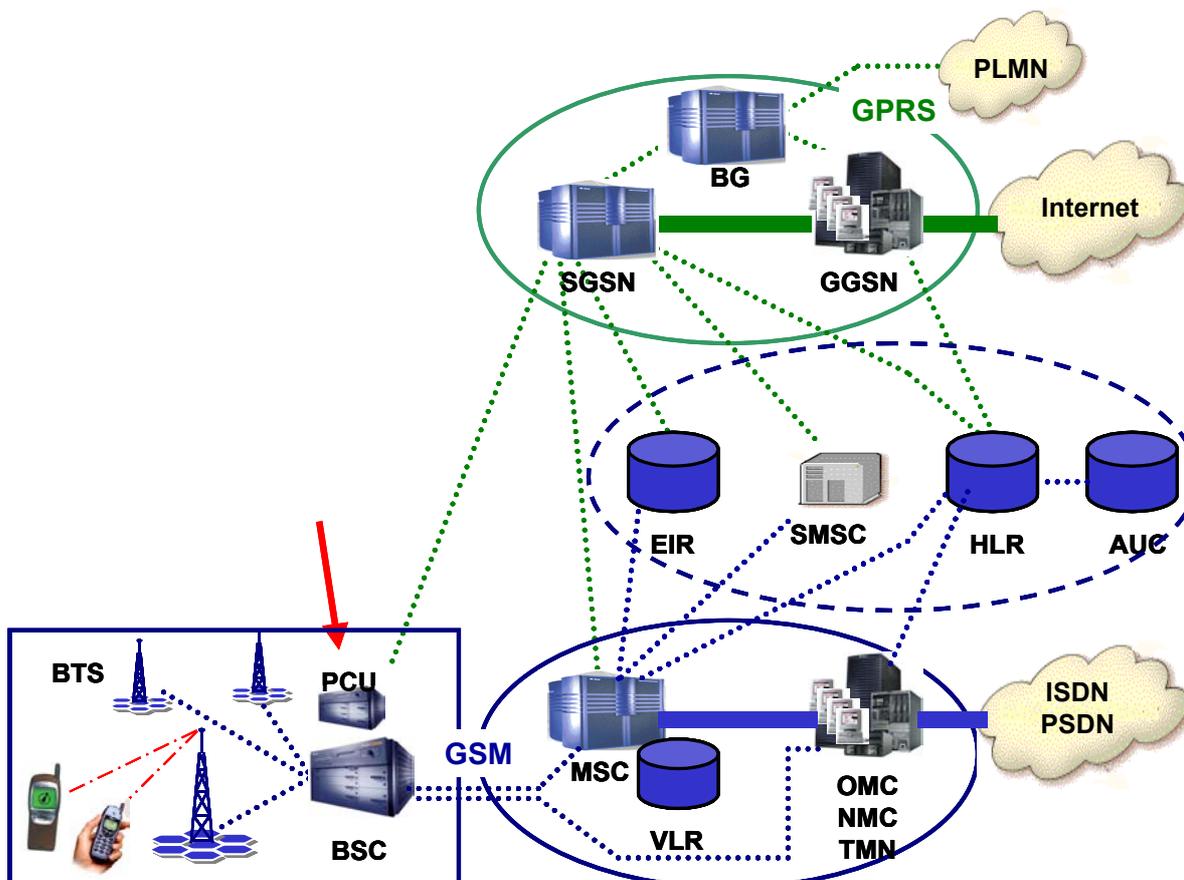
Un réseau GPRS est en premier lieu un réseau IP. Le réseau est donc constitué de routeurs IP. L'introduction de la mobilité nécessite par ailleurs la précision de deux nouvelles entités :

- Le nœud de service – le SGSN.
- Le nœud de passerelle – le GGSN.

Une troisième entité – le BG joue un rôle supplémentaire de sécurité.

Le réseau GPRS vient ajouter un certain nombre de « modules » sur le réseau GSM sans changer le réseau existant. Ainsi sont conservés l'ensemble des modules de l'architecture GSM, nous verrons par ailleurs que certains modules GSM seront utilisés pour le fonctionnement du réseau GPRS.

La mise en place d'un réseau GPRS va permettre à un opérateur de proposer de nouveaux services de type « Data » à ses clients. Le GPRS est en mode paquets.



2.2 Les équipements d'un réseau GPRS

2.2.1 Le nœud de service (SGSN)

Le nœud de service dénommé SGSN (Serving GPRS Support Node) est relié au BSS (voir partie 1.3) du réseau GSM. Le SGSN est en connection avec l'ensemble des éléments qui assurent et gèrent les transmissions radio : BTS, BSC, HLR ...

Le SGSN joue un rôle de routeur, il gère les terminaux GPRS présents dans une zone donnée. Le SGSN est le « contrôleur » des terminaux GPRS présents dans sa zone de surveillance.

2.2.2 Le nœud de passerelle (GGSN)

Le nœud de passerelle GPRS dénommé GGSN (Gateway GPRS Support Node) est relié à un ou plusieurs réseaux de données (Internet, autre réseau GPRS ...). Le GGSN est un routeur qui permet de gérer les transmissions de paquets de données :

- Paquets entrants d'un réseau externe, acheminés vers le SGSN du destinataire.
- Paquets sortants vers un réseau externe, émanant d'un destinataire interne au réseau.

NB : les termes SGSN et GGSN désignent des entités fonctionnelles qui peuvent facilement être implantées dans un même matériel. L'ensemble des SGSN, des GGSN, des routeurs IP et des liaisons entre équipements est appelé réseau fédérateur GPRS. A noter enfin que chaque SGSN et chaque GGSN disposent au minimum d'une adresse IP fixe au sein du réseau.

2.2.3 Le module BG pour la sécurité

Les recommandations introduisent le concept de BG (Border Gateway) qui permettent de connecter les réseaux GPRS via un réseau fédérateur et qui assurent les fonctions de sécurité pour la connexion entre ces réseaux.

Ces BG ne sont néanmoins pas spécifiées par les recommandations mais elles jouent le rôle d'interface avec les autres PLMN (Public Land Mobile Network) permettant ainsi de gérer les niveaux de sécurité entre les réseaux (entre 2 réseaux de 2 opérateurs concurrents par exemple ...).

2.2.4 Le routeur IP

L'opérateur peut prendre le parti de gérer et d'administrer ses propres routeurs IP afin d'ouvrir le réseau GPRS vers les réseaux de données externes. (voir la partie 2.5 sur l'acheminement des données en mode paquet).

2.2.5 Le module PCU sur les BSC et le module CCU sur les BTS

La mise en place d'un réseau GPRS au contraire du réseau UMTS (Voir partie 1.3) ne nécessite pas de couvrir le territoire avec de nouvelles antennes puisque l'architecture GSM est réutilisée. Néanmoins, des modifications sont apportées en ajoutant des composants sur les structures de couverture du réseau GSM.

- Sur les antennes – les BTS – est ajouté un module CCU (Channel Codec Unit). Cette entité permet de gérer les envois d'informations vers le module SGSN.
- La norme GPRS introduit également un équipement appelé PCU (Packet Control Unit) généralement situé sur les BTS (comme sur notre schémas), les BSC ou le SGSN. Le PCU a pour fonction de gérer l'échéancier de transmission et l'acquittement des blocs sur les canaux de données.

2.2.6 Le mobile GPRS

L'usage attendu par le réseau GPRS est la possibilité de consulter de manière interactive des serveurs. Cela nécessite donc un débit plus important sur la voie descendante que sur la voie montante. On parle de mobile multi-slot : le terminal doit être en mesure de recevoir ou de transmettre des informations sur plusieurs intervalles de temps. Le coût engendré par ces contraintes techniques amène l'opérateur à proposer à ses abonnés des terminaux plus onéreux. L'opérateur propose généralement un terminal GSM – GPRS capable de gérer les communications Voix et Data à des débits acceptables.

2.2.7 La carte SIM

La carte SIM utilisée pour l'accès au réseau GPRS est une carte SIM similaire à celle requise pour accéder au réseau GSM classique. Quelques fichiers sont simplement ajoutés lors de la phase de personnalisation chez le fabricant de cartes.

2.3 Les équipement GSM utilisés

Le réseau GPRS appuie son architecture sur les éléments du réseau GSM.

- Les BTS et BSC permettent de couvrir un territoire national pour localiser les terminaux.
- Le MSV et le VLR permettent également de gérer les problématiques d'itinérance des abonnés sur les réseaux GSM et GPRS.
- Le SMSC et le GMSC permettent la communication interne au réseau par l'envoi de messages courts à destination du terminal GPRS.
- Le HLR permet de gérer les problématique liées à la localisation des individus (en mode GPRS, fournir une carte de la ville où se trouve l'abonné).

- L'EIR permet de gérer les problématiques liées au terminal visé (est il compatible avec les données que le réseau souhaite lui faire parvenir ?)

Le réseau GPRS est totalement dépendant du bon fonctionnement des infrastructures du réseau GSM. Le réseau GSM constitue donc en effet une base pour la mise en place du réseau GPRS.

2.4 Les interfaces réseau GPRS

Nom	Localisation	Utilisation	Protocole
Um	MS – BTS	Interface radio	
Abis	BTS – BSC	Divers	
Gb	BSC – SGSN	Divers	
Gc	GGSN - HLR	Interrogation HLR pour activation service	IP / SS7
Gd	SGSN – SMS-GMSC	Echange de messages courts	SS7
Gf	SGSN – EIR	Vérification de l'identité du terminal	SS7
Gi	GGSN – réseau de données	Transfert de données	IP
Gn	SGSN - SGSN	Gestion de l'itinérance	IP
Gp	BG - BG	Liaison inter-opérateur	IP
Gr	SGSN - HLR	Gestion de la localisation	SS7
Gs	SGSN – MSC/VLR	Gestion coordonnées itinérance entre GSM et GPRS	SS7

L'ensemble des éléments GSM et GPRS est associé pour fournir un service GPRS.

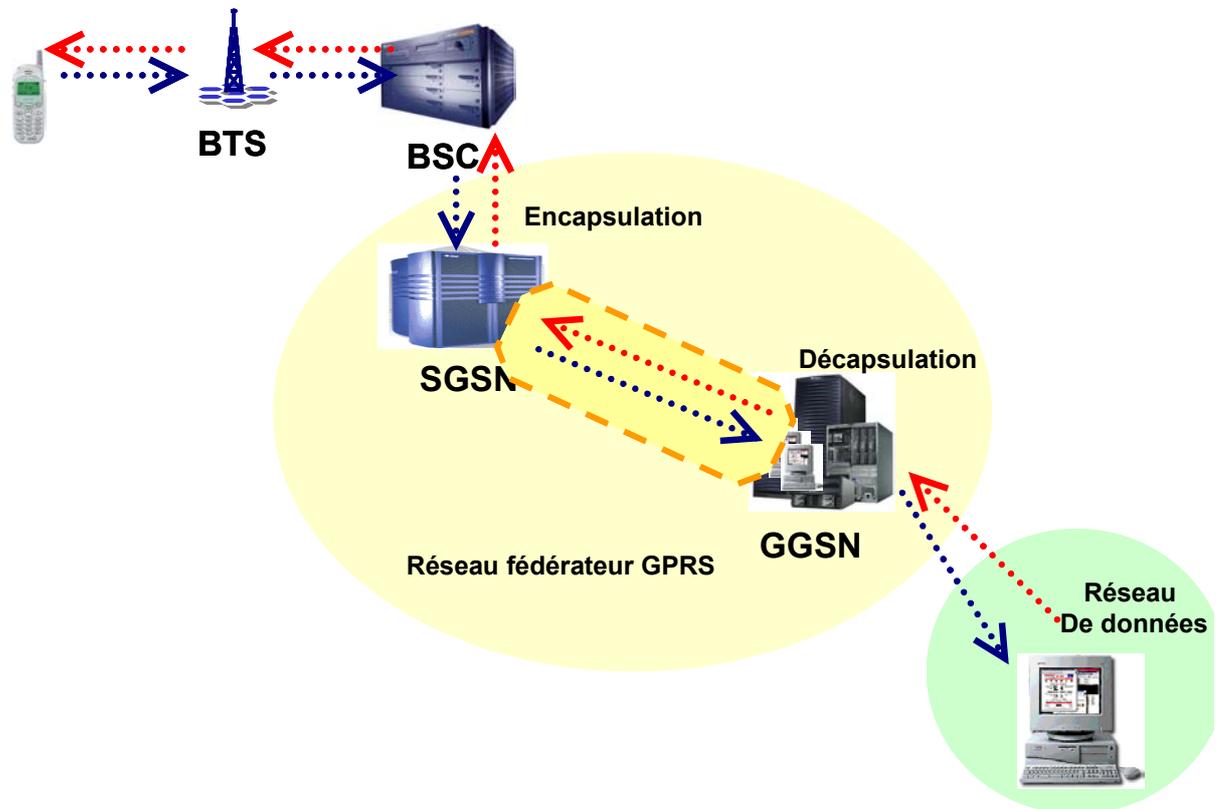
Deux protocoles sont alors utilisés :

- Le traditionnel protocole IP qui assure une ouverture vers les terminaux fixes extérieurs au réseau (contenu, Internet).
- Le protocole SS7 (Signal Sémaphore 7) qui est un protocole interne au réseau GPRS.

2.5 L'acheminement en mode paquet

Lorsque le mobile transmet des données vers un terminal fixe, les données sont transmises via le BSS (BTS + BSC) au SGSN qui envoie ensuite les données vers le GGSN qui les route vers le destinataire.

Le routage vers des terminaux (terminal mobile vers terminal mobile ou terminal fixe vers terminal mobile) utilise le principe de l'encapsulation et des protocoles tunnels (figures orange sur le dessin). Les données reçues par le GSN sont transmises au SGSN dont dépend le mobile destinataire.



Ainsi des données recueillies en protocole IP de l'extérieur via un routeur IP pourront être communiquées dans des paquets X25 par le principe du tunnel encapsulation – décapsulation. On parle de protocole PDP (Packet Data Protocol), l'encapsulation consiste ainsi à placer une unité de protocole A dans une unité de protocole B sans que ce dernier ne se préoccupe du format des données transportées.

2.6 Les apports du réseau GPRS

Le GPRS peut finalement être vu comme un réseau de données à part entière qui dispose d'un accès radio tout en réutilisant une partie du réseau GSM. Les débits prévus permettent d'envisager des applications comme la consultation de sites Internet ou le transfert de fichiers en mode FTP (File Transfert Protocole).

Dans la première version du GPRS seul un service de transmission de point à point (PTP – Point To Point) sera proposé. Une information envoyée par un terminal vers un terminal.

Les services points à multi-points (PTM – Point To Multipoint) – une information envoyée d'un agrégateur de contenu vers 10 000 terminaux - seront ensuite proposés à des communautés ou des zones géographiques. On parle de PTP Broadcast.

GPRS offre enfin un service de messageries entre les terminaux.

2.7 La gestion de l'itinérance

La gestion de l'itinérance reprend les principes du réseau GSM avec le regroupement de cellules en zones. Le terminal GPRS peut se trouver dans trois modes :

- Etat de « repos », le mobile est éteint.
- Etat de « surveillance », le mobile est localisé au niveau de la zone de routage *. Le mobile peut être appelé par le SGSN.
- Etat « prêt », le mobile est localisé au niveau de la cellule. Le mobile peut recevoir des informations ; dans cet état le terminal est localisable à la cellule près.

* zone de routage : regroupement de cellules (cellules réseau GSM) en zones.

En état de « surveillance » puis de « prêt », le terminal ne monopolise pas de canal radio s'il n'y a pas de transmission ou de réception de données.

La base de données HLR - en communiquant avec le module SGSN - gère les identités des abonnés en ajoutant de nouveaux éléments par rapport au mode GSM comme le protocole réseau utilisé ou le terminal acquis.

2.8 La gestion des sessions

Un mobile GPRS peut gérer différents protocoles réseaux ; de même l'utilisateur peut ouvrir plusieurs sessions pour accéder à plusieurs services simultanément sur un même terminal.

Le réseau GPRS définit la notion de « contexte PDP » où sont « enregistrées » l'ensemble des données relatives à une session stockée dans le mobile, le SGSN ou le GGSN. Un contexte PDP contient ainsi :

- Le type de réseau utilisé (X.25, IP ...)
- L'adresse du terminal retenue
- L'adresse IP du SGSN gérant la zone où se trouve l'individu
- Le point d'accès au service
- La qualité de service négociée

Ainsi lorsque l'abonné au moyen de son mobile appelle plusieurs services, plusieurs sessions sont générées créant plusieurs environnement PDP. L'environnement PDP pourra être créé par le réseau (pour des données émanant de l'extérieur à destination d'un abonné) ou par le terminal (pour des données émanant de l'abonné vers l'extérieur ou vers un autre abonné).

Revoir partie 2.5 sur l'acheminement des données si nécessaire.

2.9 Conclusion sur les réseaux GPRS

Le service GPRS permet de considérer le réseau GSM comme un réseau à transmission de données par paquets avec un accès radio et des terminaux mobiles. Le réseau GPRS est compatible avec des protocoles IP et X.25. Des routeurs spécialisés SSGN et GGSN sont introduits sur le réseau.

La transmission par paquet sur la voie radio permet d'économiser la ressource radio : un terminal est susceptible de recevoir ou d'émettre des données à tout moment sans qu'un canal radio soit monopolisé en permanence comme c'est le cas en réseau GSM.

Le débit maximal instantané annoncé pour le GPRS est de 171.2 Kbit/s même s'il est limité à 48 Kbit/s en mode descendant. (limite actuelle des terminaux GPRS).

Le mise en place d'un réseau GPRS permet à un opérateur de proposer de nouveaux services de type Data avec un débit de données 5 à 10 fois supérieur au débit maximum théorique d'un réseau GSM. (Rappel débit max. en GSM : 9.6 Kbit/s).

Le réseau GPRS constitue finalement une étape vers le réseau UMTS.

3 Infrastructure d'un réseau UMTS

3.1 Présentation de l'infrastructure d'un réseau

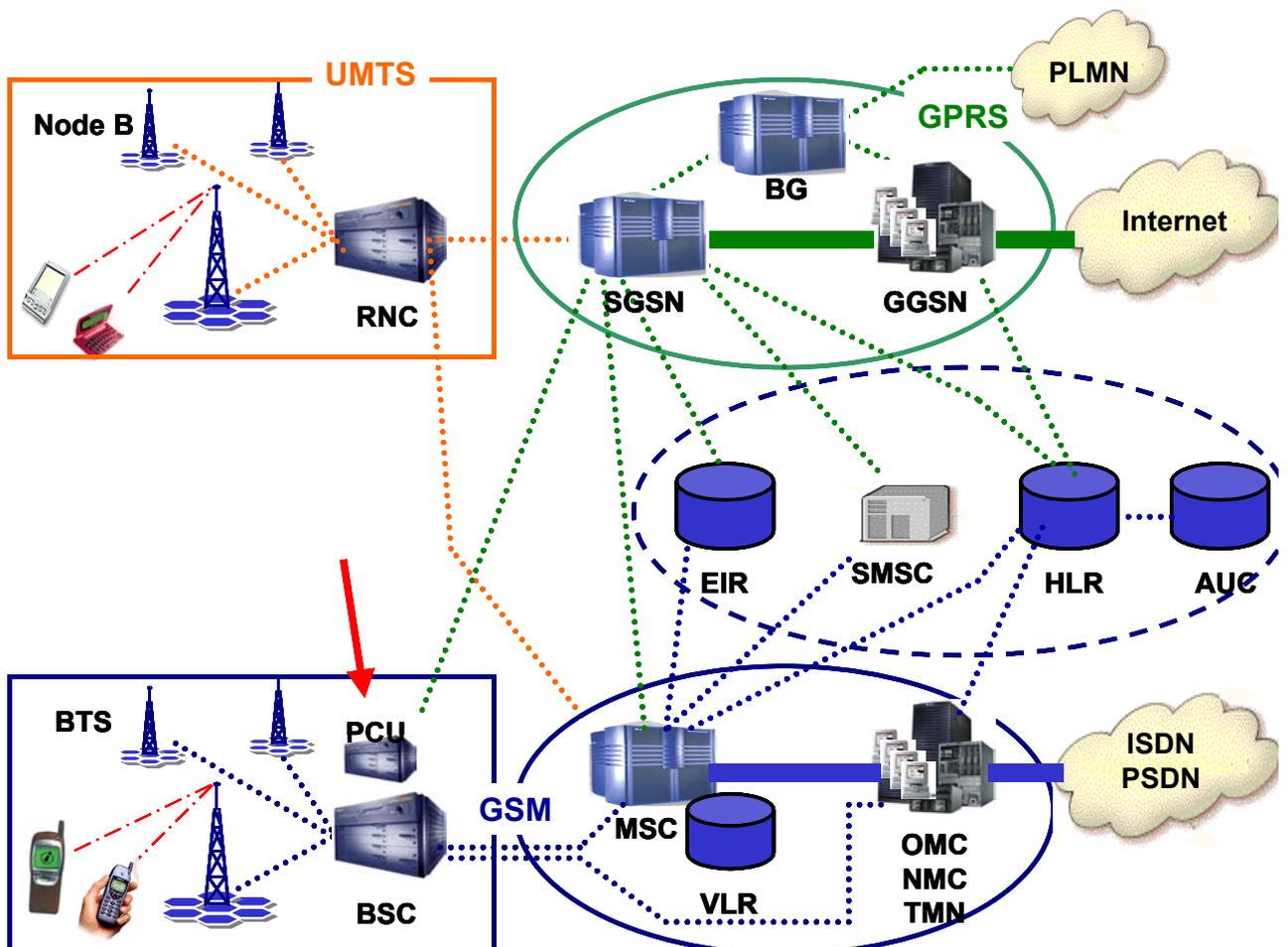
Le réseau UMTS vient se combiner aux réseaux déjà existants.

Les réseaux existant GSM et GPRS apportent des fonctionnalités respectives de Voix et de Data ; le réseau UMTS apporte ensuite les fonctionnalités Multimédia.

Il est important de noter deux éléments :

- Le coût élevé de la mise en place d'un système UMTS (achat licence + modification majeures sinon totales des éléments de base du réseau (station / antenne) répartis de manière massive sur un territoire national).
- La difficulté à définir avec précision l'architecture d'un futur réseau UMTS dans la mesure où le 3GPP et l'UMTS Forum (se référer à la bibliographies pour détail sur ces organisations) travaillent encore aujourd'hui à la définition des normes et des spécifications techniques.

La mise en place d'un réseau UMTS va permettre à un opérateur de compléter son offre existante par l'apport de nouveaux services en mode paquet complétant ainsi les réseaux GSM et GPRS.



3.2 Les équipements d'un réseau

La mise en place du réseau UMTS implique la mise en place de nouveaux éléments sur le réseau

...

3.2.1 Le Node B

La Node B est une antenne. Réparties géographiquement sur l'ensemble du territoire, les Nodes B sont au réseau UMTS ce que les BTS sont au réseau GSM. Les Node B gèrent la couche physique de l'interface radio. Le Node B régit le codage du canal, l'entrelacement, l'adaptation du débit et l'étalement.

Les Node B communiquent directement avec le mobile sous l'interface dénommée Uu.

3.2.2 Le RNC (Radio Network Controller)

Le RNC est un contrôleur de Node B. Le RNC est encore ici l'équivalent du BCS dans le réseau GSM.

Le RNC contrôle et gère les ressources radio en utilisant le protocole RRC (Radio Resource Control) pour définir procédures et communication entre mobiles (par l'intermédiaire des Node B) et le réseau.

Le RNC s'interface avec le réseau pour les transmissions en mode paquet et en mode circuit.

Le RNC est directement relié à un Node B, il gère alors :

- Le contrôle de charge et de congestion des différents Node B.
- Le contrôle d'admission et d'allocation des codes pour les nouveaux liens radio (entrée d'un mobile dans la zone de cellules gérées ...).

Il existe deux types de RNC :

- Le Serving RNC qui sert de passerelle vers le réseau.
- Le Drift RNC qui a pour fonction principale le routage des données.

NB : L'ensemble des Node B et des RNC constitue l'équivalent de la sous architecture BSS vue précédemment en réseau GSM. En réseau UMTS, on parlera de sous architecture UTRAN.

3.2.3 La carte USIM

La carte USIM assure la sécurité du terminal et la confidentialité des communications. Des algorithmes de cryptage à clés publiques sont utilisés. Un certain nombre de possibilités sont prévues pour les cartes USIM de troisième génération. Par exemple, la détection des fausses stations de base, l'utilisation de clés de cryptage plus longues (notamment pour le m-commerce) ou encore la protection des données d'identité de l'abonné et de son terminal.

La carte USIM est l'équivalent en 3G de la carte SIM en 2G. Les fabricants de cartes travaillent aujourd'hui sur une carte bi mode GSM / UMTS permettant un accès aux deux réseaux par activation / désactivation des modes 2G ou 3G.

3.2.4 Le Mobile

Les technologies de l'informatique et des télécommunications se rapprochent par l'intégration de système d'exploitation et d'applications sur les terminaux UMTS. Les terminaux s'adapteront sur différents réseaux et devront être capables de fonctionner sur quatre environnements :

- Dans une zone rurale,
- Dans des espaces urbains,
- Dans un bâtiment,
- Avec un satellite.

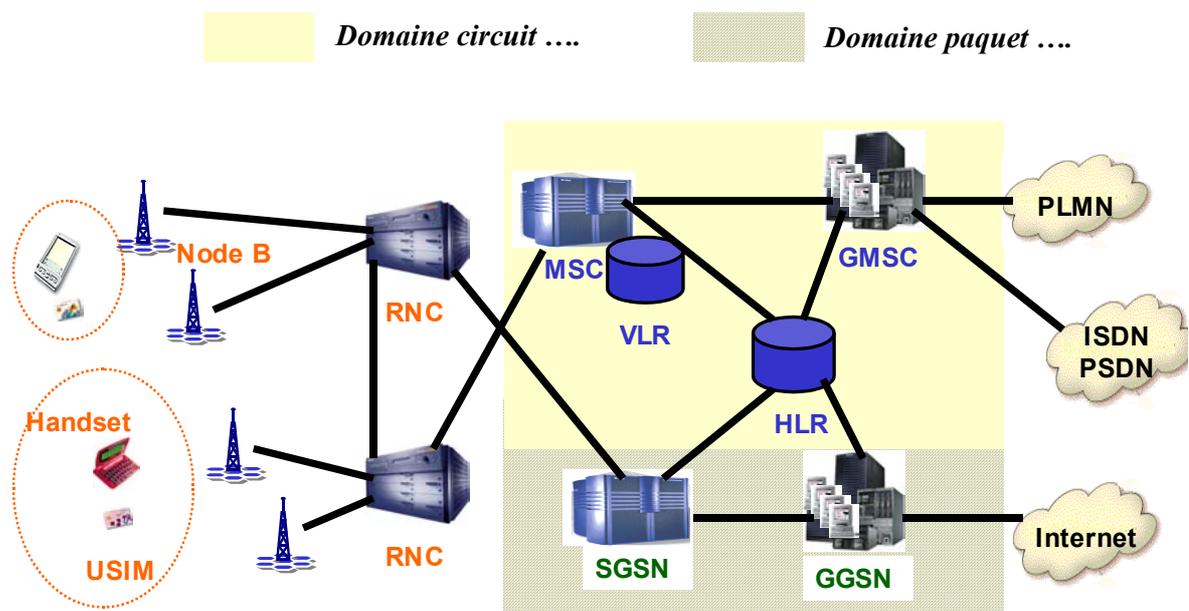
Le terminal utilisera ainsi les réseaux GSM / GPRS / UMTS pour une couverture nationale tout en faisant appel aux réseaux de satellites pour une couverture mondiale si nécessaire. Le terminal sera équipé d'un navigateur, une évolution du browser WAP présent dans le système GSM actuel.

3.3 Utilisation des architectures réseaux existantes

Le réseau cœur de l'UMTS s'appuie sur les éléments de base du réseau GSM et GPRS.

Le réseau cœur est en charge de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Dans un premier temps le réseau UMTS devrait s'appuyer sur le réseau GPRS.

Le réseau cœur se décompose en deux parties : le domaine circuit dans un premier temps et le domaine paquet.



Auteur : Stéphane GIRODON – 06-2002

3.3.1 Le domaine circuit

Le domaine circuit permettra de gérer les services temps réels dédiés aux conversations téléphoniques (vidéo-téléphonie, jeux vidéo, streaming, applications multimédia). Ces applications nécessitent un temps de transfert rapide. Lors de l'introduction de l'UMTS le débit du mode domaine circuit sera de 384 Kbits/s. L'infrastructure s'appuiera alors sur les principaux éléments du réseau GSM : MSC/VLR (bases données existantes) et le GMSC afin d'avoir une connexion directe vers le réseau externe.

NB : *Définition de streaming : envoi de flux continu d'informations qui seront traitées instantanément avec la possibilité d'afficher les données avant que l'intégralité du fichier ne soit téléchargé, l'objectif étant de gagner en rapidité.*

3.3.2 Le domaine paquet

Le domaine paquet permettra de gérer les services non temps réels. Il s'agit principalement de la navigation sur l'Internet, de la gestion de jeux en réseaux et de l'accès/utilisation des e mails. Ces applications sont moins sensibles au temps de transfert, c'est la raison pour laquelle les données transiteront en mode paquet. Le débit du domaine paquet sera sept fois plus rapide que le mode circuit, environ 2Mbits/s. L'infrastructure s'appuiera alors sur les principaux éléments du réseau GPRS : SGSN (bases de données existantes en mode paquet GPRS, équivalent des MSC / VLR en réseau GSM) et le GGSN (équivalent du GMSC en réseau GSM) qui jouera le rôle de commutateur vers le réseau Internet et les autres réseaux publics ou privés de transmission de données.

3.4 Les apports du réseau UMTS

Le réseau UMTS permettra à l'opérateur de proposer à ses abonnés des services innovants.

Le GSM répond aux attentes en terme de communication de type Voix et le réseau GPRS répondra aux attentes en terme d'échange de Data en complément du réseau GPRS. L'avènement des réseaux UMTS sera l'ère du multimédia portable. Nous verrons en Partie 2 de ce rapport quels types de services pourront être proposés (vidéo, jeux ...) aux utilisateurs finaux.

3.5 Migration vers le tout IP

A terme l'objectif est de faire migrer le réseau cœur UMTS vers une solution complète IP (Internet Protocole) à condition d'apporter des solutions aux problèmes de l'IP en terme de qualité de service (en particulier sur des temps de transfert convenables ...). Il y a fort à parier que les opérateur migreront vers un réseau unique (domaine paquet et domaine circuit réunis) lorsque la Voix pourra être transmise par le biais du protocole IP.

3.6 Partage des infrastructures UMTS

Cette partie a été rédigée en consultant les documents recommandés par l'ART pour la France. Cette définition de différents niveaux de partage permet de comprendre en quoi une notion de partage peut permettre aux opérateurs télécoms de diminuer le coût de mise en place du réseau UMTS.

Selon le GITEP TICS, le partage de sites y compris les antennes permettrait de réaliser, en moyenne de 20 à 30% d'économies sur les coûts d'investissements du réseau UMTS. Une aubaine quand on parle de coût d'achat de licence de l'ordre de plusieurs milliards d'Euros.

En France, L'ART (Autorité de Régulation des Télécommunications) a écrit des recommandations concernant le partage d'infrastructures pour les réseaux de 3^{ème} génération. En Europe, Allemagne et Angleterre ont également présenté des recommandations similaires.

5 niveaux de partage avec leur compatibilité réglementaire avec le droit des télécommunications ont été définis :

	Dénomination	Précisions
Niveau 1	Sites et éléments passifs	
Niveau 2	Antennes	
Niveau 3	Stations de Base	Node B
Niveau 4	Radio Network Controllers	RNC
Niveau 5	Eléments de cœur du réseau	MSC/VLR ou SGSN
Non partagé		GMSC / GGSN / HLR ...

Niveau 1

L'utilisation commune pour plusieurs opérateurs de tout ou partie des éléments passifs d'infrastructure : sites, génie civil, locaux techniques et servitudes, pylônes, alimentation électrique, climatisation ...

Niveau 2

Ce niveau se définit par la mise en commun, en complément des éléments passifs du site radioélectrique, de l'antenne et de l'ensemble de la connectique associée.

Niveau 3

Le partage des stations de base est possible sous respect de deux contraintes

- Chaque opérateur doit garder le contrôle du Node B afin de pouvoir exploiter en toute indépendance les fréquences qui lui ont été attribuées.
- L'opérateur reste propriétaire des équipements actifs de la station de base, en particulier sur les dispositifs d'émission / réception sur la voie radio.

Niveau 4

Le partage des RNC est possible dès lors qu'il s'accompagne du maintien d'un contrôle logique sur le RNC de chacun des opérateurs indépendamment l'un de l'autre. L'opérateur reste maître de :

- L'allocation et de l'optimisation de la ressource radio.
- La gestion de la mobilité et le contrôle des paramètres de handover.

Niveau 5

Il est possible de mutualiser les commutateurs (MSC) et les routeurs (SGSN) du réseau fixe de l'opérateur mais l'ART exclue toute solution sur le partage des infrastructures conduisant à une mise en commun des fréquences entre opérateurs.

Le partage géographique consiste en une solution où les opérateurs s'accordent sur des déploiements complémentaires dans certaines zones géographiques en mettant en œuvre des accords d'itinérance au sein de ces régions de façon à offrir une couverture globale à leurs clients.

Attention, le partage géographique est possible d'un point de vue réglementaire mais la couverture ainsi induite par itinérance sur le réseau d'un partenaire ne peut être prise en compte par un opérateur pour remplir ses obligations de couverture.

En conclusion ce partage des infrastructures entre opérateurs télécoms permet aux opérateurs de réduire les coûts d'investissement à condition de respecter le Droit des Télécommunications propre à chaque état. Par ailleurs chaque opérateur devient alors un MVNO (Mobile Virtual Network Operator) sur des infrastructures partagées. Cette situation de partage peut également amener de nouveaux entrants sur le marché. Ainsi le cas Virgin Mobile (MVNO anglais) pourrait se multiplier dans le futur

...

3.7 Conclusion sur le réseau UMTS

Le réseau UMTS est complémentaire aux réseaux GSM et GPRS. Le réseau GSM couvre les fonctionnalités nécessaires aux services de type Voix en un mode circuit, le réseau GPRS apporte les premières fonctionnalités à la mise en place de services de type Data en mode paquets, et l'UMTS vient compléter ces deux réseaux par une offre de services Voix et Data complémentaires sur un mode paquet.

L'UMTS est ainsi une extension du GPRS et fonctionne également en mode paquet. La vitesse de transmission offerte par les réseaux UMTS atteint 2 Mb/s. L'infrastructure UMTS permet l'élargissement des fréquences ainsi que la modification du codage des données. Mais les investissements en architecture réseau sont conséquentes puisque le mode de communication entre les terminaux 3G et les BTS (appelé Node B) est différent. Les modifications matérielles sont très importantes.

Après le GSM le réseau GPRS constituait finalement une étape vers le réseau UMTS. Sur le plan technique, les architectures des trois réseaux GSM, GPRS et UMTS sont complémentaires et interconnectées afin d'optimiser la qualité de service rendue à l'abonné.

Nous verrons dans la Partie 2 de ce dossier l'évolution en terme de services de la 2G – le GSM – vers la 3G – l'UMTS – en passant par la 2.5G – le GPRS. Nous analyserons également l'évolution des acteurs du marché et de la stratégie des opérateurs télécoms.

Réseaux GSM, GPRS et UMTS.....	1
1 Infrastructure d'un réseau GSM.....	2
1.1 Présentation de l'infrastructure d'un réseau.....	2
1.2 Les équipements d'un réseau GSM.....	3
1.3 Architecture matérielle du sous système radio BSS.....	3
1.3.1 Fonctions de la BTS.....	3
1.3.2 Fonctions du BSC.....	4
1.4 Architecture matérielle du sous système fixe NSS.....	5
1.4.1 Fonctions du HLR.....	5
1.4.2 Fonction du MSC.....	6
1.4.3 Fonctions du VLR.....	6
1.5 Sous système d'exploitation et de maintenance OSS.....	7
1.5.1 L'administration de réseau.....	7
1.5.2 Architecture de TMN (Télécommunications Management Network).....	7
1.5.3 Fonctions de l'EIR (Equipment Identity register).....	8
1.5.4 Fonctions de l'AUC.....	8
1.5.5 Présentation de l'OMC et du NMC.....	8
1.6 Présentation des interfaces.....	9
1.7 Architecture réseau en couches (modèle OSI).....	9
1.7.1 Couches réseaux gérées par le sous système radio (BSS).....	10
1.7.2 Couches réseaux gérées par le sous système fixe (NSS).....	10
1.8 La station mobile de l'utilisateur final.....	11
1.8.1 Le mobile.....	11
1.8.2 La carte SIM.....	11
1.9 Conclusion sur le réseau GSM.....	12
2 Infrastructure d'un réseau GPRS.....	13
2.1 Présentation de l'infrastructure d'un réseau.....	13
2.2 Les équipements d'un réseau GPRS.....	14
2.2.1 Le nœud de service (SGSN).....	14
2.2.2 Le nœud de passerelle (GGSN).....	14
2.2.3 Le module BG pour la sécurité.....	14
2.2.4 Le routeur IP.....	14
2.2.5 Le module PCU sur les BSC et le module CCU sur les BTS.....	15
2.2.6 Le mobile GPRS.....	15
2.2.7 La carte SIM.....	15
2.3 Les équipement GSM utilisés.....	15
2.4 Les interfaces réseau GPRS.....	16
2.5 L'acheminement en mode paquet.....	16

2.6	Les apports du réseau GPRS.....	17
2.7	La gestion de l'itinérance.....	18
2.8	La gestion des sessions	18
2.9	Conclusion sur les réseaux GPRS	19
3	Infrastructure d'un réseau UMTS.....	20
3.1	Présentation de l'infrastructure d'un réseau.....	20
3.2	Les équipements d'un réseau	21
3.2.1	Le Node B.....	21
3.2.2	Le RNC (Radio Network Controller)	21
3.2.3	La carte USIM.....	21
3.2.4	Le Mobile	22
3.3	Utilisation des architectures réseaux existantes	22
3.3.1	Le domaine circuit.....	23
3.3.2	Le domaine paquet.....	23
3.4	Les apports du réseau UMTS.....	23
3.5	Migration vers le tout IP.....	23
3.6	Partage des infrastructures UMTS	24
3.7	Conclusion sur le réseau UMTS.....	26