



GSM **L'architecture du réseau**

Cours RE56 Printemps 2004

Alexandre CAMINADA
UTBM
Département Informatique
90010 SEVENANS Cedex

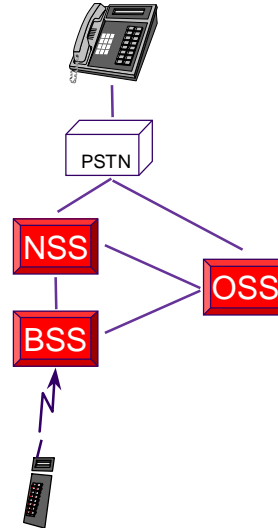
Brique de base – Une gestion centralisée

- Gestion de la mobilité
 - L'itinérance : possibilité d'utiliser un terminal de télécommunications en un point quelconque du réseau
 - Le transfert intercellulaire ou *handover* : mécanisme grâce auquel un mobile peut transférer sa connexion d'une station de base vers une autre de manière transparente durant la communication
- Ces 2 points sont fondamentaux pour la définition de l'architecture d'un réseau cellulaire



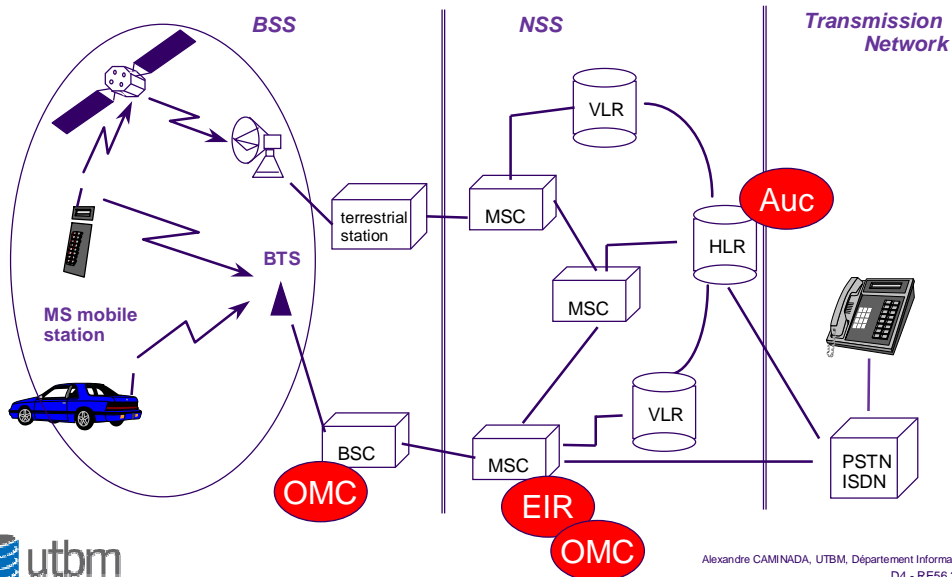
Architecture générale

- RTCP, Réseau Téléphonique Commuté Public, ou PSTN, *Public Switch Telecommunications Network*
- PLMN, *Public Land Mobile Network*
 - NSS, *Network and Switching Subsystem* : sous système d'acheminement
 - BSS, *Base Station Subsystem* : sous système radio
 - OSS, *Operation Subsystem* : sous système de supervision et de gestion



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D3 - RE56 2004

Architecture générale



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D4 - RE56 2004

Plan

1. Le sous système radio

2. Le sous système réseau
3. Le transfert intercellulaire
4. Le terminal



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D5 - RE56 2004

BSS

Le sous système radio

- Transmission et réception par voie radio : toutes les communications transitent par le BSS
- Gestion de la ressource radio

L'interface radio est LE point sensible du système

- Ressources en fréquences rares (bande limitée) et chère (enchères)
- Support de mauvaise qualité (erreur $10.e-2$)
- Contrôle délicat (sécurité de la transmission, confidentialité)
- Médium difficile à maîtriser : bruits, évanouissements, interférences...

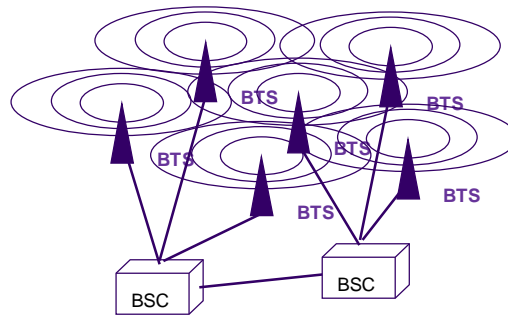


Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D6 - RE56 2004

BSS

- BTS, *Base Transceiver Station*
- BSC, *Base Station Controller*

Base Station Subsystem



BSS

Fonctions de la BTS

- BTS : ensemble d'émetteurs/récepteurs appelés TRX (*Transmitter/Receiver*)
- 1 TRX gère une paire de fréquences
- Management de la transmission et réception radio
 - Modulation-démodulation
 - Entrelacement des symboles (codage correcteur d'erreurs)
- Management de la couche physique de la transmission radio
 - Structure TDMA
 - *Slow Frequency Hopping*
 - Chiffrement
- Mesures de qualité sur les signaux reçus
- Gère la liaison de données avec le BSC et l'OSS
- Capacité : 7 à 50 communications simultanées

BSS

Fonctions du BSC

- Équipement intelligent du BSS : gère les ressources radio
- Liens avec la BTS
 - Commande l'allocation des canaux
 - Contrôle la puissance d'émission des MS et BTS grâce aux relevés de mesures
 - Prend les décisions de HO
- Liens avec le réseau
 - Assure l'acheminement et la concentration de circuits vers le MSC (commutateur)
 - Assure la liaison de données avec la BTS (Modulation par Impulsion et Codage à 2Mbits/s – 30 voies téléphonique) et MSC (*Link Access Protocol on channel Data* – voie de signalisation et de données de type RNIS de 16 à 64 kbits/s)
 - Liaison de données avec l'OSS

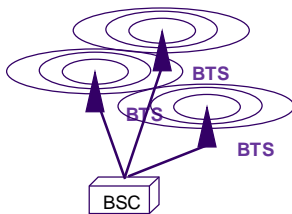


Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D9 - RE56 2004

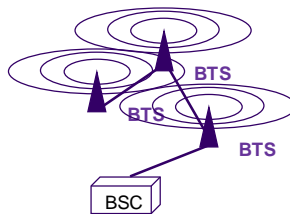
BSS

Raccordement des BTS

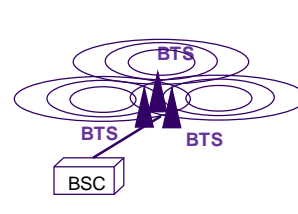
- Le BSC peut être localisé n'importe où
- Les BTS peuvent être disposées sur le même site (sectorisation)
- Problème d'optimisation combinatoire sous contraintes :
 - Limiter le nombre d'équipements
 - Écouler le trafic utile
 - Écouler la signalisation



Configuration en étoile



Configuration chaînée



Configuration chaînée
avec secteurs



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D10 - RE56 2004

BSS

Caractéristiques des BSC

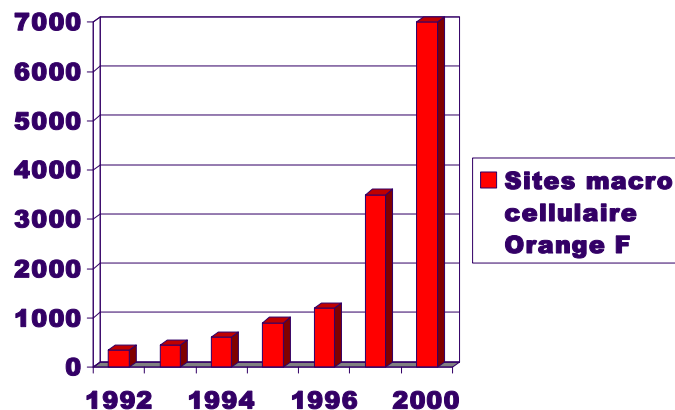
- Capacité à écouler du trafic : dimensionne le nombre de BTS gérées
- 2 stratégies de la part des constructeurs
 - BSC de faible capacité
 - Moindre coût mais nécessite un plus grand nombre
 - Permet de minimiser les distances BTS-BSC et limite les coûts d'exploitation
 - Adaptés aux zones rurales (100-200 Erlang)
 - BSC de forte capacité
 - Zones urbaines (500 à 1000 Erlang)
 - 3 BSC à Paris en 1994, 50 en 2000



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D11 - RE56 2004

BSS

- BSS en croissance continue
- Rythme d'ajout de 1997 à 2000 : 50 à 100 sites par mois
- Zones blanches (< 5000 habitants) à partir de 2004



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D12 - RE56 2004

Plan

1. Le sous système radio

2. Le sous système réseau

3. Le transfert intercellulaire

4. Le terminal



NSS

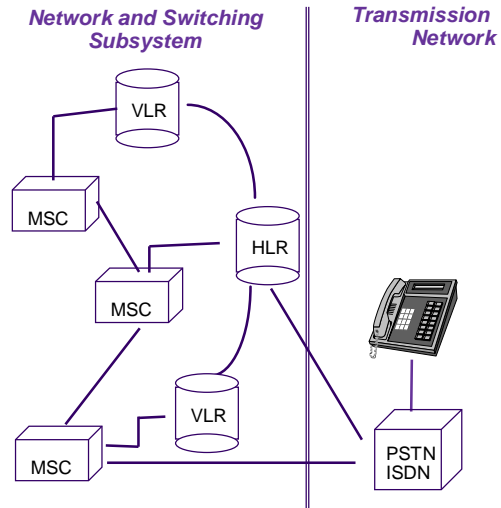
Le sous système réseau

- Système filaire
- Acheminement des communications
 - Gestion des appels
 - Gestion de la mobilité
 - Gestion des abonnés
- Équipements de réseau
 - Commutateurs similaires au RTC
 - Bases de données



NSS

- HLR, *Home Location Register*
- MSC, *Mobile services Switching Center*
- VLR, *Visitor Location Register*



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D15 - RE56 2004

NSS

Fonctions du HLR

- Base de données qui gère le profil des abonnés d'un PLMN
 - Identité nationale de l'abonné (IMSI) ; utile au réseau
 - Numéro d'annuaire de l'abonné (MSISDN) ; utile à l'abonné
 - Type d'abonnement: services, restrictions...
 - Jusqu'à 1 million d'abonnés
 - Le réseau identifie le HLR grâce aux numéros de l'abonnés
- Base de données de localisation
 - Enregistrement du VLR *Identity* courant du mobile
- Information de sécurité (fonctions du OSS)
 - BD de clés secrètes pour chaque abonné pour les fonctions de sécurité (AUC *Authentication Center*)
 - Utilisée pour authentifier les demandes de service et pour le chiffrement



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D16 - RE56 2004

NSS

Fonctions du MSC et du VLR

- MSC : commutateur du service mobile
 - Management des communications entre les mobiles et le PSTN
 - GMSC (*Gateway MSC*) : portail pour les appels entrants d'un abonné PSTN vers un abonné mobile
 - SM-SC : portail pour les messages courts
 - BD d'identités et de fonctions des équipements (EIR *Equipment Identity Register*) ; liste noire (vols ou interdiction d'accès), grise (terminaux avec dysfonctionnements), blanche (terminaux homologués)
 - 100 000 abonnés gérés par MSC pour 0,025 Erlangs/abonnés (1mn30sec)
- VLR : BD d'information sur la localisation temporaire des abonnés
 - En général 1VLR par MSC
 - Archive les caractéristiques des abonnés présents : identité internationale, numéro d'annuaire, profil de l'abonnement (services autorisées...)



NSS – Gestion de l'itinérance

- Le mobile peut se trouver dans 3 modes :
 - Il est éteint. Le réseau ne peut pas le localiser. Tous les appels le concernant sont dirigés vers la boîte vocale
 - Il est allumé mais hors communication (*Idle Mode*). Le mobile est localisable et joignable
 - Il est en communication
- L'itinérance est la possibilité de se connecter au réseau n'importe où, et d'être joint partout, quand le mobile est en *Idle Mode*.
- Utilisation de zones de localisation associées aux MSC
 - Les mobiles sont repérés par zones (*Location Area Code*)
 - 1 à plusieurs par MSC, regroupe plusieurs BSC
 - Gérées dans le VLR et le HLR



NSS – Gestion de l'itinérance

- La procédure de *Paging*
 - Lorsque le mobile se déplace hors communication (*Idle Mode*), le mobile envoie une mise à jour de localisation (*Location Updating*) lorsqu'il change de LAC
 - Périodiquement, le réseau envoie une demande de mise à jour de localisation (*Periodic Location Updating*) au mobile qui lui répond
- Lorsque le mobile s'est déplacé éteint et qu'il a changé de LAC, le réseau fait une procédure de *Paging* sur toutes les LAC (augmentation de charge sur le réseau)
- Optimiser l'utilisation des LAC par VLR et HLR
 - Mise à jour rapide des données
 - Limiter le trafic de signalisation des mises à jour
 - Utiliser les données de déplacement des mobiles

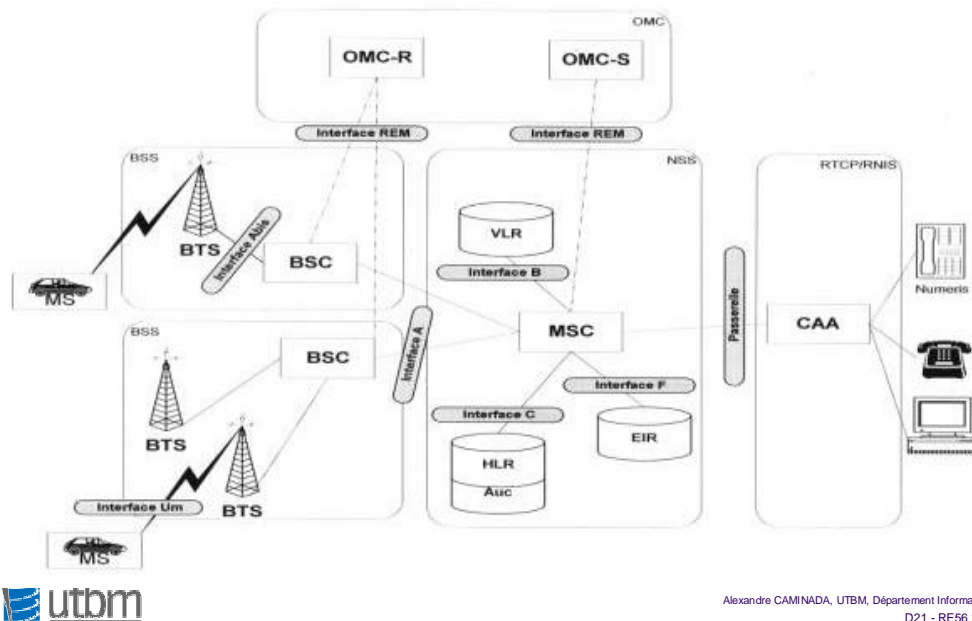


OSS - Sous système de supervision et de maintenance

- Administration du réseau
 - Commerciale : déclaration des abonnés, des terminaux, facturation
 - Sécurité : droits, intrusion
 - Performances : trafic, qualité, charge
 - Configuration : mise à niveau HW et SW, nouvelles fonctions
 - Maintenance : tests d'équipements, alarme, défaut
- OMC, *Operating and Maintenance Centre*
 - Outil de maintenance ; permet des interventions à distance (logicielles)
 - Poste de surveillance de l'ensemble des équipements
 - L'OMC-R(adio) surveille la partie BSS (BTS et BSC)
 - L'OMC-S(witch) surveille la partie NSS
- TMN, *Telecommunications Management Network (ITU)*
 - Administration globale du réseau
 - Gestion des incidents majeurs
 - « Système d'exploitation du réseau »
- AUC et EIR

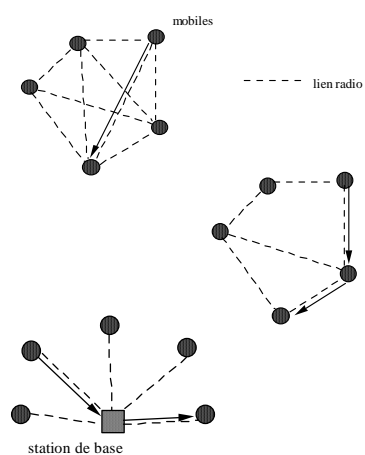


Architecture du réseau GSM



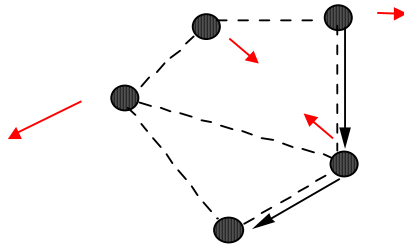
Autres architectures de réseau sans fil

- Réseau complet
- Réseau à routage interne
- Réseau à stations de base



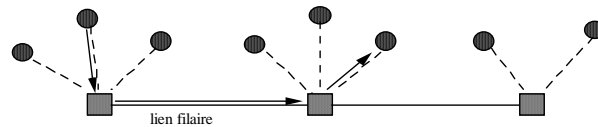
Exemple de réseau à routage interne

- Réseau ad hoc : réseau créé par une réunion de mobiles sans infrastructure pré-existante
- Le routage pose de nombreux problèmes de gestion des ressources

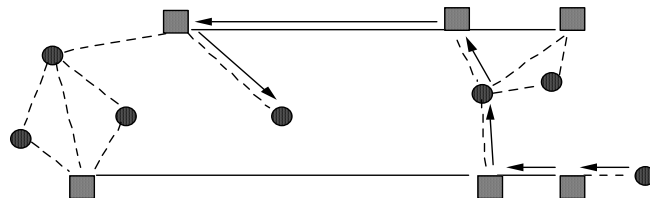


Architectures sans fil étendues

- Réseau à stations de base interconnectées (ex : GSM)

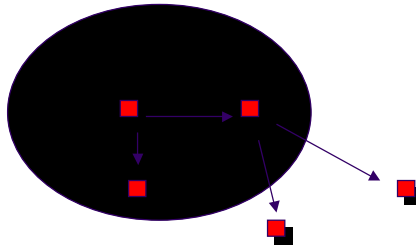


- Réseau à routage hybride air-câble



Routage radio comparé au routage câble

- Les liens ne sont pas isolés : sûreté
- Les propagations sont versatiles : qualité
- Zones d'interférences étendues : qualité
- Les nœuds sont mobiles : service incertain et complexité accrue

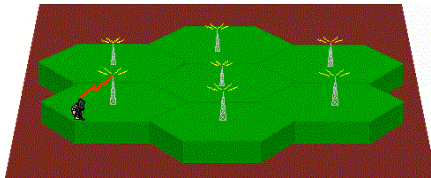


Plan

1. Le sous système radio
2. Le sous système réseau
- 3. Le transfert intercellulaire**
4. Le terminal

HO – Mesures du mobile

- Des informations existent au niveau du mobile pour estimer la qualité de la communication
 - Le niveau de puissance du signal *RxLev* reçu par le mobile
 - Niveau de la couverture
 - La qualité du signal *RxQual* reçu par le mobile
 - Niveau d'interférence
 - La distance entre Mobile et BTS : le *Timing Advance* (TA)
 - Décalage temporel des émissions des mobiles pour synchroniser les intervalles de temps dans la trame TDMA
 - Nombre entier entre 0 et 63 (63 représentant la distance max 35 km)



HO – Critères d'activation

- Le HO se déclenche à l'initiative du réseau pour plusieurs raisons
 - Si le niveau de champ (*RxLev*) de la cellule serveuse est insuffisant
 - HO sur niveau *RxLev UpLink* ou *DownLink*
 - Si le niveau de qualité (*RxQual*) de la cellule serveuse est insuffisant
 - HO sur Qualité *RxQual UpLink* ou *DownLink*
 - Si le mobile est trop loin de la BTS
 - HO sur Distance
 - La distance maximale entre Mobile et BTS est de 35 km
 - Si une cellule voisine est meilleure ou de qualité égale mais nécessitant une puissance plus faible sans que la cellule serveuse soit mauvaise
 - HO sur bilan de liaison (HO sur *PBGT*)

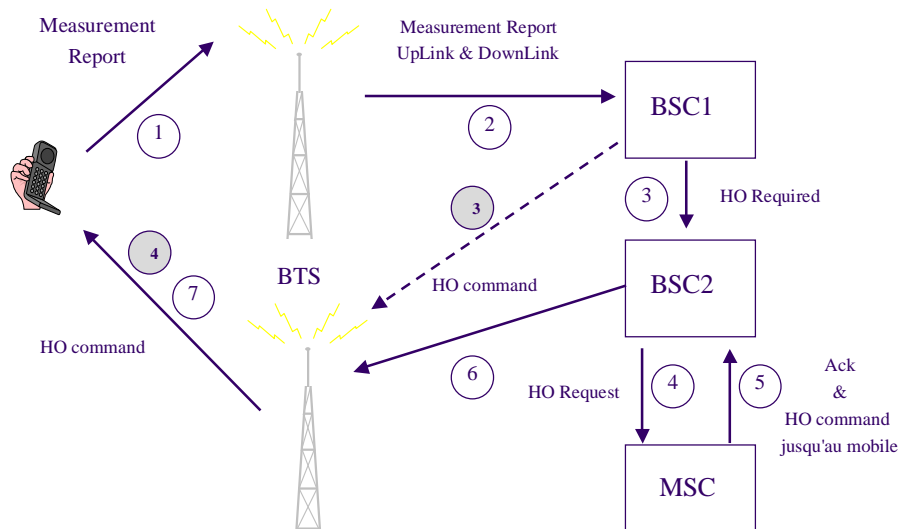
HO – Cellule cible

- Le mobile mesure en permanence des informations de la cellule courante et des voisines
 - Le niveau de champ de la cellule serveuse et des cellules voisines (BCCH)
 - La qualité du signal reçu en DL (BER)
 - La distance par rapport à la cellule serveuse
 - L'identité de la cellule serveuse et des cellules voisines
 - La LAC sur laquelle il est connecté (*Location Area Code*)
- D'autres paramètres sont utilisables
 - La capacité de la cellule
 - Le nombre de canaux libres
 - Le nombre de nouvelles communications en attente d'un TCH
- Ces informations servent au réseau à déclencher le HO et à identifier la cellule cible du transfert



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D29 - RE56 2004

HO – Trafic de signalisation



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D30 - RE56 2004

HO – Différents types

- HO intracellulaire
 - Le mobile change d'intervalle de temps sur la trame TDMA ou change de TRX
- HO intra-BSC
 - HO intercellulaire synchrone : passage d'une cellule à une autre d'un même site
 - HO intercellulaire asynchrone : passage d'une cellule à une autre de sites distincts dans le même BSC
- HO inter-BSC
 - Passage d'une cellule gérée par un BSC à une cellule gérée par un autre BSC dépendant du même MSC
- HO inter-MSC
 - Passage d'une cellule gérée par un BSC d'un MSC à une cellule gérée par un autre BSC dépendant d'un autre MSC.
 - Ce type de HO est le plus critique car les temps de transfert des informations pendant la procédure pénalise le HO



HO – Étapes du processus

1. Détection d'une alarme : comparaison des mesures (UL & DL) aux seuils prédéfinis et paramétrables (**BTS**)
2. Sélection d'une cellule cible : Algorithme de HO (**BTS**)
3. Décision du HO : Information transmise au BSC
4. Activation d'un canal sur la cellule cible : (**BSC**)
5. Tentative d'exécution du HO sur la cellule cible : (**MS**)
6. Libération de l'ancien canal si le HO a réussi : (**BTS**)
7. Retour sur l'ancien canal si le HO a échoué (HO_FAILURE) : (**MS**)



Plan

1. Le sous système radio
2. Le sous système réseau
3. Le transfert intercellulaire

4. Le terminal



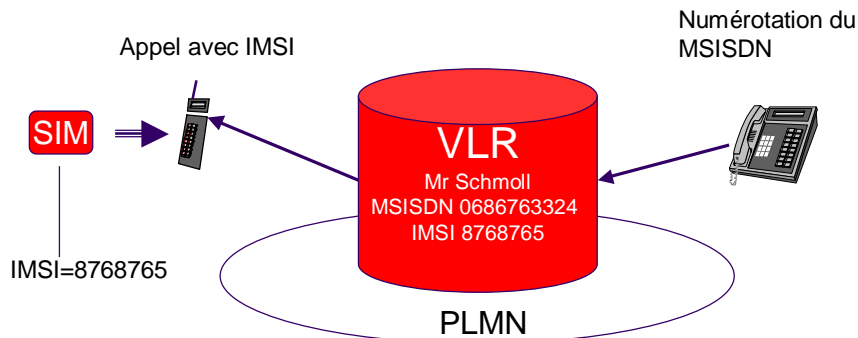
Terminal

- Systèmes analogiques : le numéro de l'abonné est physiquement lié à l'appareil
- En GSM, les terminaux sont banalisés, inutilisables tels quels, sans carte à puce
- Carte SIM (*Subscriber Identity Module*): stockage des informations dans une carte format « bancaire »
 - Identité de l'abonné, mots de passe
 - Informations sur les appels entrants, sortants, absents...
 - Annuaire personnel
 - Caractéristiques du réseau
 - Cartes pré-formatées : gestion rapide et simple
- Les numéros importants:
 - *Mobile Station ISDN Number* : n° de l'abonné (n° d'appel)
 - *International Mobile Subscriber Identity* : n° d'identification international de l'abonné, stocké dans le HLR, utile pour le réseau, gère plusieurs IMSI (services)
 - *International Mobile Equipment Identity* : n° d'identification du terminal (vols)



Terminal

- L'identité du mobile est envoyée sur la voie radio, suivie de la localisation
- L'opérateur peut empêcher le suivi d'un mobile avec une TMSI (*Temporary Mobile Subscriber Identity*) allouée dynamiquement



Terminal – Classes

Classe	Type	Puissance nominale (Watts)
1	Véhicule	20
2	Portatif	8
3	Portable	5
4	Portable	2
5	Portable	0.8

- Terminal sur véhicule
 - Indissociable du véhicule
- Terminal portatif
 - Peut être porté
 - L'antenne et l'appareil ne sont pas forcément solidaire
- Terminal portable
 - Tout en un
 - Léger, petit, autonome (caractéristiques dépendantes des appareils)
- Puissance (puissance moyenne de 1/8 car répartie sur les 8 TS)

Terminal – Concepts 3G



Voice & Music phone



Mobile Audio Video Communicator



www.3GFrance.com

PC / PDA PCMCIA card



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D37 - RE56 2004

Terminal – Mesures remontées

- Remontées via l'OMC
 - Coût économique nul
 - Coût de signalisation
- RxLEV, *Received Signal Level*
 - Mesure du champ reçu effectuée par le mobile (C+I+N)
 - Moyenne arithmétique d'échantillons sur 0,5 sec (100 mesures en plein débit sans DTX ; 52 en HR ; 12 avec DTX)
 - Codée sur 6 bits par pas de 1 dB de -110 dBm à -48 dBm (64 niveaux)
 - 0 = -110dBm
- Utilisées pour le contrôle de puissance et le HO
 - Mesures des RxLev sur BCCH des 6 voisines les plus fortes (rapportées par le SACCH)
 - Problème : pas de remontées en GPRS



Alexandre CAMINADA, UTBM, Département Informatique
D38 - RE56 2004

Terminal – Mesures remontées

- Performances très dépendantes de plusieurs facteurs
 - Vitesse et environnement du MS
 - Sensibilité du récepteur : détermine la portée ; ~ - 102 dBm
 - Résistance du récepteur au brouillage : détermine la qualité
- C/I pas directement mesuré par MS
 - $C/(I+N)$ (*Interference + Noise*)
- RxQUAL, *Received Signal Quality*
 - Mesure de qualité du signal effectuée par le mobile
 - Calculée sur 0,5 sec ; mesurée avant code correcteur
 - Codée sur 3 bits par estimation du taux d'erreur binaire (BER) : 8 niveaux de 0 (bon) à 7 (mauvais)
 - Permet seulement d'apprécier le C/I (tables C/I – BER)