

CHAPITRE 3

la téléphonie cellulaire numérique

GSM (global system for mobile communication)

3.1 Sous objectifs

À la fin de ce cours, vous saurez :

- connaître les principes généraux communs aux réseaux cellulaires
- comprendre l'architecture des réseaux cellulaires et ses composantes principales : le réseau d'accès et le réseau-cœur : illustration avec GSM et LTE
- assimiler les principes de l'interface radio des réseaux cellulaires
- connaître quelques procédures radio de base
- connaître les évolutions prévues des réseaux LTE

3.2 introduction

Une antenne est un dispositif rayonnant utilisé pour émettre ou recevoir des signaux. Sur la figure 1.a , on peut voir une antenne montée en haut à quelques dizaines de hauteurs. L'autre exemple (b) est une antenne posée sur le toit d'un bâtiment. Il y en a d'autres qui sont cachées (c). Toutes ces antennes sont connectées avec des câbles coaxiaux, mais l'antenne ce n'est pas la partie essentielle dans la communication.



a



b



c

figure 1 antennes

Ce qui importe le plus, c'est ce petit boîtier qui va exécuter les fonctions nécessaires au terminal pour accéder au réseau. En d'autres termes, les fonctions de transmission et de réception sont présentes dans ce boîtier, appelé la station de base, base station ou Base Transceiver Station BTS.

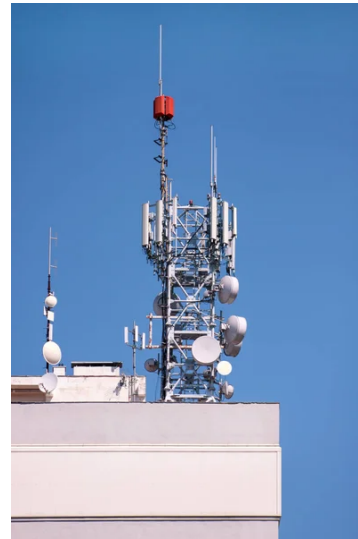


Figure 2 station de base BST

3.3 FONCTIONNEMENT ET ARCHITECTURE DU RÉSEAU GSM

GSM est une norme cellulaire de deuxième génération développée en 1991 par les télécommunications européennes pour prendre en charge les services de voix et de données il utilise la modulation numérique avec TDMA .

GSM a été la première génération à introduire une carte SIM, la vitesse de données GSM était d'environ 14.4 Kbps , le GSM utilise différentes bandes de fréquences selon les régions.

l'architecture de réseau GSM contient 4 sous systèmes:

- station mobile (Mobile Station MS)
- station de base (Base Station Sub-System BSS)
- Network Switching Sub-System (NSS)
- Operation support Sub-System

Dans un réseau GSM, toutes les fonctions liées à la transmission (modulation, démodulation, multiplexage) se font dans la station de base (BTS), servant à la localisation du destinataire d'un appel.

Pour qu'un abonné puisse appeler sur son smart phone, la puissance d'émission doit être comprise entre 1/4 et 2 watts, Le terminal (station mobile, téléphone) doit être situé à une distance raisonnable de la station de base, entre quelques kilomètres et quelques dizaines de kilomètres.

“ce que veut dire que pour couvrir un territoire il faut plusieurs stations de base”, par exemple pour:

- l'opérateur Mobilis a **1687** BTS qui couvre un taux de **70.56 %**
- l'opérateur oredoo a **2719** BTS qui couvre un taux de **99.47%**

Les BTS de l'opérateur Ooredoo, qui couvre l'Algérie, est visible sur la figure 3, et celle qui couvre la wilaya d'Annaba est visible sur la figure 4 :

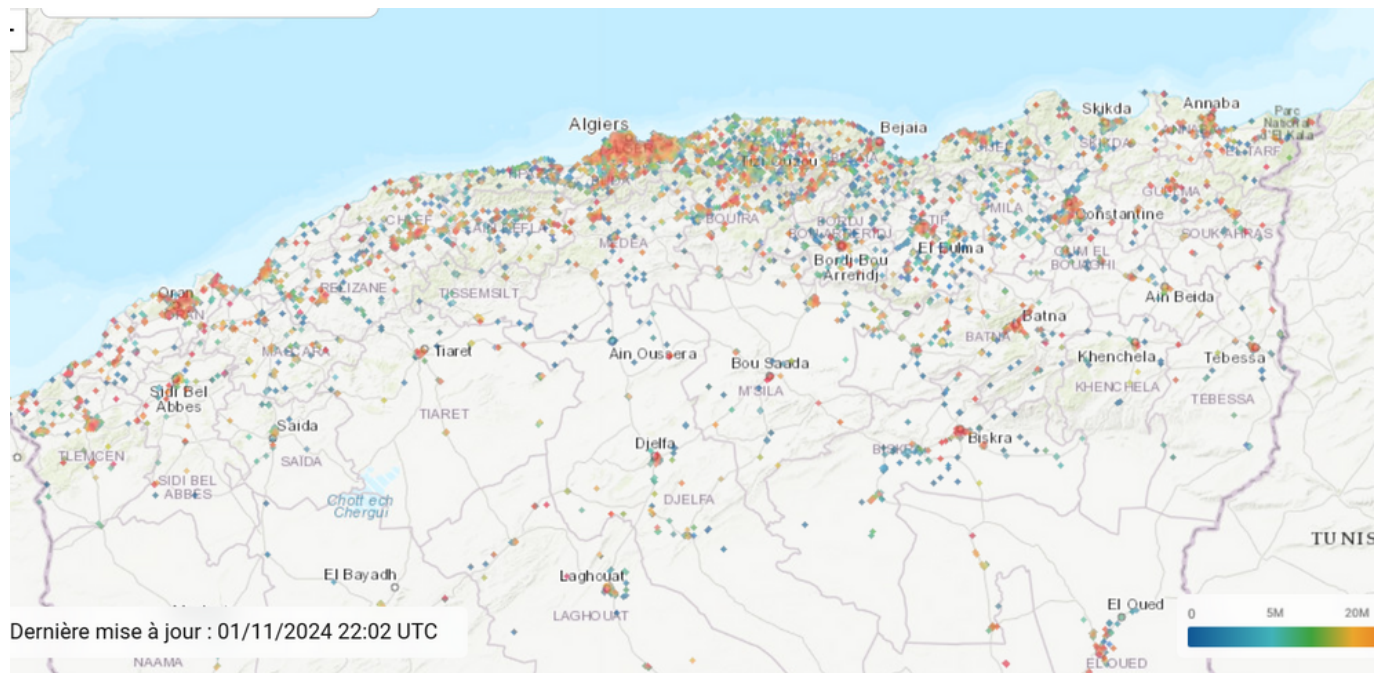


Figure 3 BTS de l'opérateur ooredoo dans le territoire d'algérie

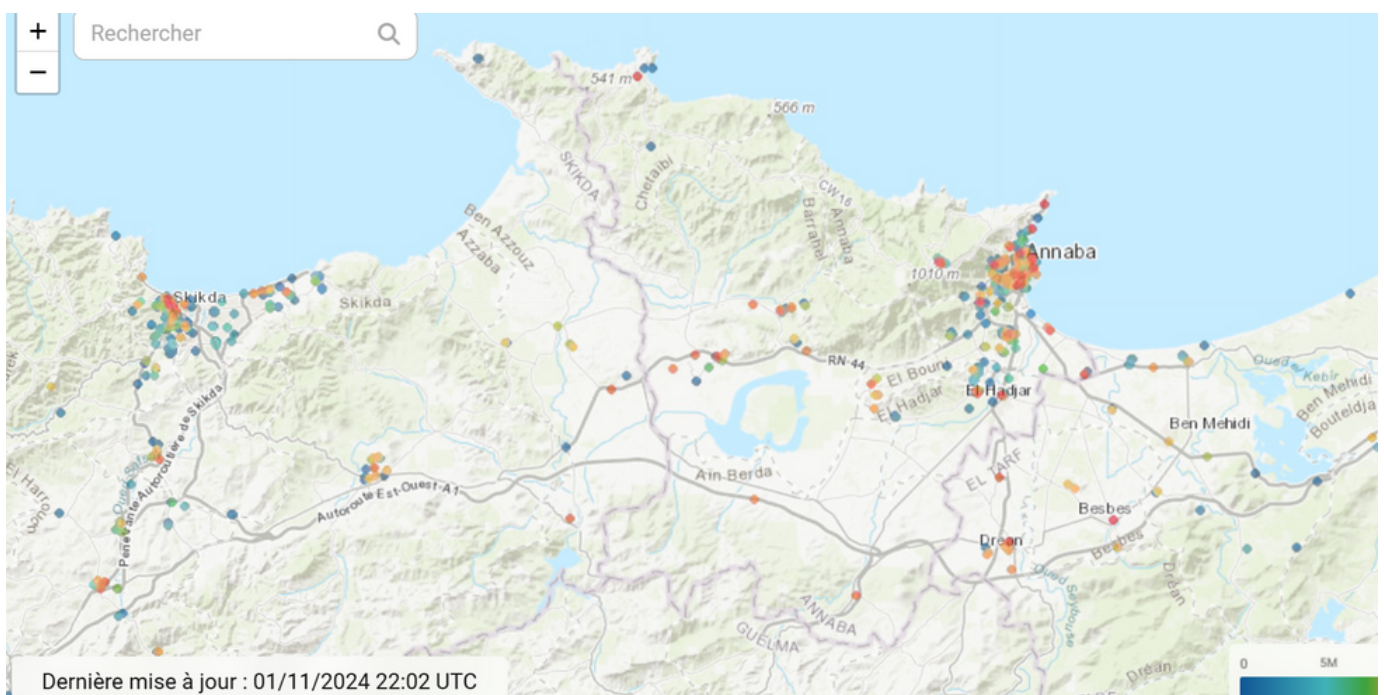


Figure 4. BTS de l'opérateur ooredoo dans la wilaya d'Annaba

Les opérateurs installent de nombreuses stations de base pour couvrir toute la zone d'Annaba, de sorte que le territoire soit divisé en cellules, La principale difficulté des réseaux mobiles sera de fournir un service continu disponible partout le territoire, Cela offrira au terminal (usager) la possibilité de se déplacer sans que le découpage en cellule soit visible.

donc, le concept cellulaire consiste à faire un découpage en cellule invisible pour l'utilisateur, une cellule va être la zone géographique qui est couverte par le BTS, il y aura plusieurs difficultés

comme :

- l'affectation de fréquence : l'opérateur a un certain nombre de fréquences disponibles, il va falloir réutiliser les mêmes fréquences sur des cellules qui sont suffisamment éloignées
- la gestion de localisation

Plus la densité d'utilisateurs est grande, plus la densité de stations de base est élevée (comme le cas des stations de base placées dans le centre-ville).

en revanche, plus la densité d'utilisateurs est petite, la densité de stations de base est faible (comme le cas des zones rurales)

En dessous, un exemple de 3 cellules de rayon R sont colorées en vert. En réalité, la complexité varie en fonction avec la propagation des ondes, De plus, même si les opérateurs ont fait des efforts, il y a un trou qui n'est pas couvert car il est très éloigné des 3 stations.

Les BTS utilisent les voix balises pour informer le terminal (usager) par des barres de réseau que le réseau est disponible, donc que le terminal est dans la zone de couverture de BTS.

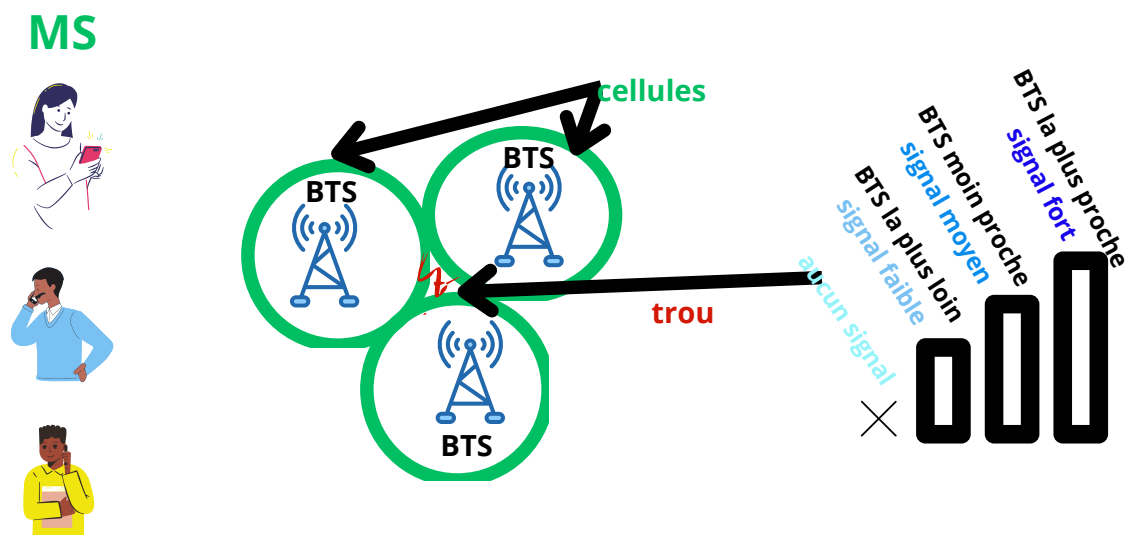


Figure 5. cellules BTS dans une achitecture GSM

donc plusieurs bases de station sont reliées à un commutateur, autrement dit les BTS sont reliées à un seul commutateur qu'on appelle MSC (MOBILE SERVICE SWITCHING center), Comme la spécificité de GSM est de gérer les abonnés mobiles afin d'offrir un service de téléphonie en mobilité, il est évident de gérer la localisation des abonnés, c'est-à-dire mémoriser la localisation, ce qu'on appelle le HLR (home location register).

Dans le HLR on trouve pour chaque abonné:

- son profil, c'est-à-dire ses droits d'abonnement (exemple droit de faire ou de ne pas faire des appels internationaux)
- la localisation

Plusieurs MSC sont connectés ensemble, et ils échangent des informations selon la signalisation du sémaphore⁷ (SS7). Qui est développé dans le réseau téléphonique et pour lequel une séquence particulière est présentée.

le HLR qui contient le profil et la localisation de l'abonné et le MSC vont aussi communiquer en utilisant la signalisation sémaphore7 (SS7)

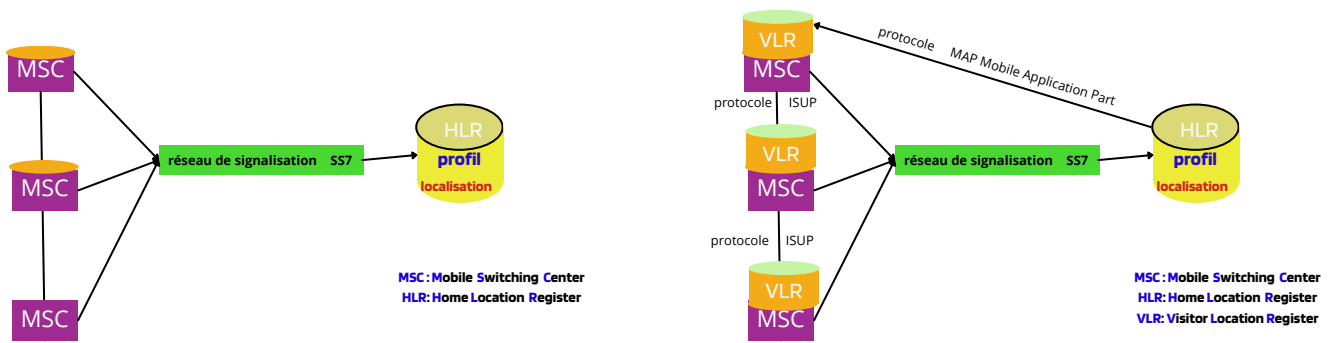


Figure 6. Partie coeur de réseau GSM (core Network)

pour un abonné veut émettre un appel téléphonique issue d'un **BST** connecté avec un commutateur **MSC**, il faut que **MSC** consulte **HLR** pour demander si le profil a la possibilité de bénéficier du service ou non.

Le HLR vérifie en lisant le profil de l'abonné et répond en précisant qu'il s'agit d'un service autorisé ou d'un service non autorisé.

Il est à noter que lorsqu'il y a plusieurs appels de différents abonnés, cela entraîne une charge importante sur **HLR**.

Une autre méthode est employée pour libérer **HLR** : le **HLR** transfère à **MSC** le profil et ce profil sera consulté localement entre **MSC** et **VLR** (visitor location register).

Le **VLR** va enregistrer le profil des abonnés présents dans la zone qu'il supervise, on note que :

- ☐ le protocole utilisé pour les communications entre plusieurs **MSC** est le protocole **ISUP**
- ☐ le protocole utilisé pour connecte **VLR** et **HLR** et est le protocole **MAP Mobile Application Part**.

Dans la pratique, **MSC** et **VLR** sont intégrés dans le même équipement.

On conclut que les éléments essentiels d'un réseau GSM (**réseau cœur-core network**) sont : **MSC/VLR** et **HLR**.

Dans le cas de GSM, la liaison entre **BTS** et **MSC/VLR** est de point à point, où le coût de la liaison dépend de la distance (**architecture de réseau étoile**) **figure 7.a**.

Dans le but de réduire les coûts de liaison, on installe un équipement intermédiaire qui assure la concentration entre les stations de base et **MSC/VLR** (architecture réseau en arbre) comme indiqué dans la figure.7.b.

Cet équipement intermédiaire s'appelle **BSC (Base station controller)**. Son rôle est de réaliser le contrôle de la **BTS**. Et le **BTS** à ce moment n'assure que les fonctions de transmission et de Réception du signal (démodulation, décodage) ; la liaison entre **BTS** et **BSC** est filaire classique.

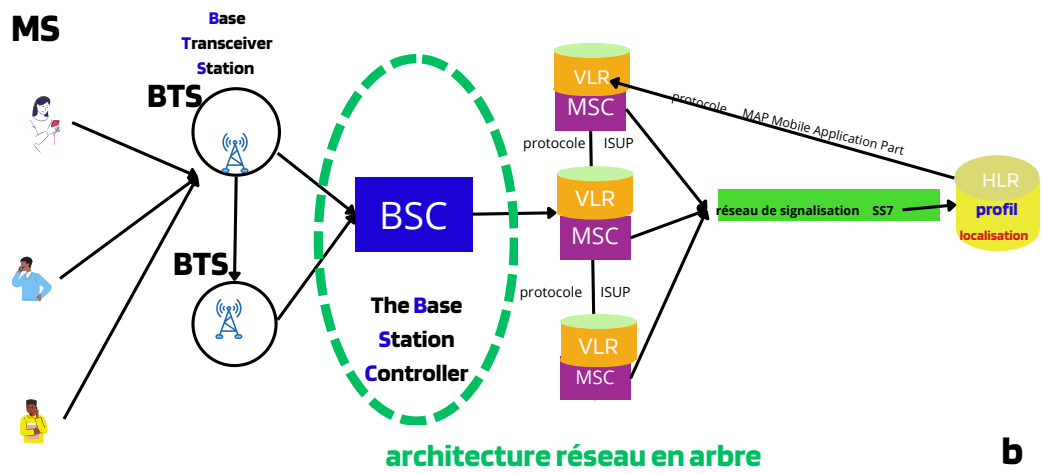
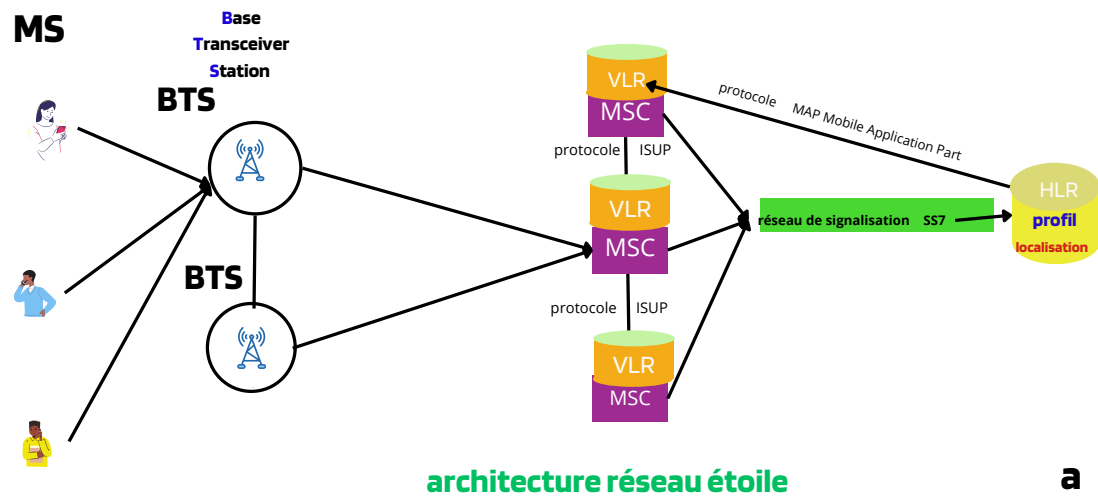


Figure 7. architecture étoile et arbre réseau GSM (core Network)

Résumé

on résume avec quelques points importants :

- MS (mobile station) est constitué d'un équipement mobile (Mobile équipement ME) et d'un module d'identité d'abonné (c'est la carte SIM).
- L'opérateur est maillé par des stations de base BST
- Plusieurs BST sont connectés à un contrôleur de station de base connu sous le nom de BSC (base station controller).
- Plusieurs BSC sont reliés à MSC/VLR, la partie MSC comprenant les fonctions de base de commutation et la partie VLR comprenant les fonctions de base de données.
- MSC/VLR sont reliés à HLR (home location register)
- le BTS et BSC forment ce qu'on appelle le réseau d'accès ou **BSS : base station subsystem**
- MSC/VLR et HLR forment le cœur de réseau (core network) ou **NSS : Network switching subsystem**.
- Les MSC/VLR et HLR communiquent en utilisant SS7 (réseau de signalisation sémaphore 7).
- deux protocoles sont utilisés: protocole ISUP entre plusieurs MSC, et protocole MAP entre MSC/VLR et HLR qui gère les fonctions de mobilité.
- Le réseau cœur, core network ou NSS est relié au réseau téléphonique commuté RTC (PSTN) et aux autres opérateurs, de façon à permettre l'interconnexion des réseaux.



Quelques Définition

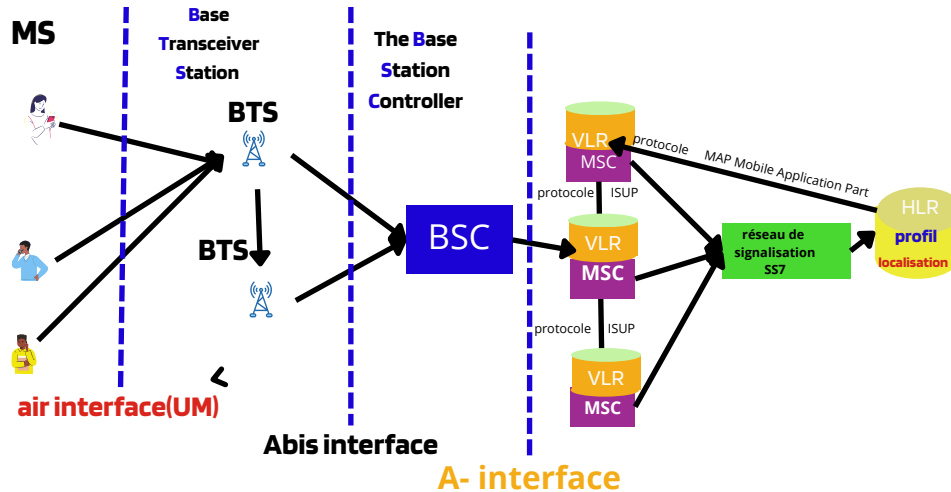
Le HLR (Home Location Register) : Est la base de données de référence qui gère l'ensemble des abonnés et leurs profils. Le profil d'un abonné regroupe de nombreuses informations telles que son numéro de téléphone, les services qu'il a le droit d'utiliser, les informations relatives aux services supplémentaires tels que les renvois d'appels, et restrictions d'appels.



Le MSC/VLR (Mobile Switching Centre/Visitor Location Register) : Correspond au commutateur (MSC) et à la base de données (VLR) qui fournit des services circuits à un terminal utilisateur présent dans leur zone. Le MSC permet la commutation des connexions circuits alors que le VLR contient une copie du profil de l'abonné et certaines informations plus précises relatives à la localisation de l'abonné.

3.4 Les interfaces de GSM

Il existe 3 interfaces entre la station mobile et le HLR, résumées dans la figure 8.a. le tableau (figure 8.b) montre les différentes interfaces en détail dans toute l'architecture de réseau GSM :



Noms	Localisation	Utilisation
Um	Terminal - BTS	Interface radio
Abis	BTS - BSC	Divers (transfert des communications)
A	BSC - MSC	Divers (transfert des données)
B	MSC - VLR	Divers transfert des données
C	GMSC - HLR	Interrogation HLR pour appel entrant
D(i)	VLR - HLR	Services supplémentaires
D(a)	VLR - HLR	Services supplémentaires
E	MSC - MSC	Exécution du hand over
G	VLR - VLR	Gestion des informations des abonnés

Tableau 1. interfaces de réseau GSM

3.5 Les caractéristiques du GSM :

La téléphonie mobile par GSM occupe deux bandes de fréquences aux alentours des 900Mhz.

- de 890 à 915 [Mhz] pour la transmission du terminal vers le réseau (Up Link),
- de 935 à 960 [Mhz] pour la transmission en sens inverse (Down Link).

La largeur de bande de chaque sens est divisée en 124 canaux de 200 Mhz de largeur. Ces canaux ne sont pas suffisants dans les grandes villes, donc, il s'est avéré nécessaire d'attribuer une bande supplémentaire aux alentours des 1800 Mhz. C'est le système DCS 1800 dont les caractéristiques

sont quasi identiques au GSM en termes de protocoles et de service. Les communications montantes en faisant alors entre 1710 et 1785 [Mhz] et les communications descendantes entre 1805 et 1880 [Mhz].

Le GSM utilise deux techniques de multiplexage pour l'allocation de ses fréquences et pour l'augmentation de la capacité du réseau:

- ☐ L'accès multiple à répartition en fréquence ou le partage en fréquence (**FDMA** Frequency Division Multiple Access) ;
- ☐ L'accès multiple à répartition dans le temps ou le partage en temps (**TDMA** Time Division Multiple Access).

un autre technique est aussi utilisé **CDMA (CODE Division Multiple Access)**

1. **La FDMA** : La FDMA est la méthode d'accès multiple la plus utilisée. Cette technique est la plus ancienne, elle permet de différencier les utilisateurs par une simple différenciation fréquentielle. L'implémentation de cette technologie est assez simple. En effet, pour écouter l'utilisateur N, le récepteur ne considère que la fréquence FN associée
2. **La TDMA** : La TDMA est une méthode d'accès qui se base sur la répartition de ressources dans le temps. Chaque utilisateur émet ou transmet dans un intervalle de temps concret dont la périodicité est définie par la durée de la trame. Dans ce cas, pour écouter l'utilisateur N, le récepteur n'a qu'à considérer l'intervalle de temps N associé à cet utilisateur.
3. **La CDMA** : La CDMA est basée sur la répartition par codes. En effet, chaque utilisateur est différencié du reste des utilisateurs par un code N qui lui a été alloué au début de sa communication et qui est orthogonal au reste des codes liés à d'autres utilisateurs. Dans ce cas, pour écouter l'utilisateur N, le récepteur n'a qu'à multiplier le signal reçu par le code N associé à cet utilisateur.