



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE MOHAMED BOUDIAF – M'SILA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Cours : Télécommunications & Applications

Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Télécommunications
Spécialité : L2 Télécommunications

Année universitaire 2023/2024

Téléphonie mobile

Téléphone Mobile - Historique

- ⇒ La téléphonie mobile existe depuis les années 1950;
- ⇒ Elle a été introduite en Suède, le premier pays à investir dans cette technologie ;
- ⇒ À partir de 1980, cette technologie a suffisamment mûri pour être commercialisée ;
- ⇒ La téléphonie mobile consiste en un appareil mobile (téléphone sans-fil) qui se connecte aux antennes relais pour passer des appels ;
- ⇒ Les premiers téléphones mobiles diffèrent beaucoup des téléphones mobiles d'aujourd'hui ;

Téléphone Mobile d'Auparavant

Motorola - DynaTAC 8000X

- Le **premier téléphone portable** est inventé en 1973 par Docteur **Martin Cooper** pour la société américaine **Motorola**;
- Le premier modèle **DynaTAC 8000X** est commercialisé en 1983. Il pèse presque 800 grammes et mesure 25 cm de longueur;
- Son autonomie est d'environ 1 heure pour 10 heures de recharge;
- Il coûte à l'époque environ 4000 \$US.



Téléphonie mobile



Téléphone Mobile d'aujourd'hui

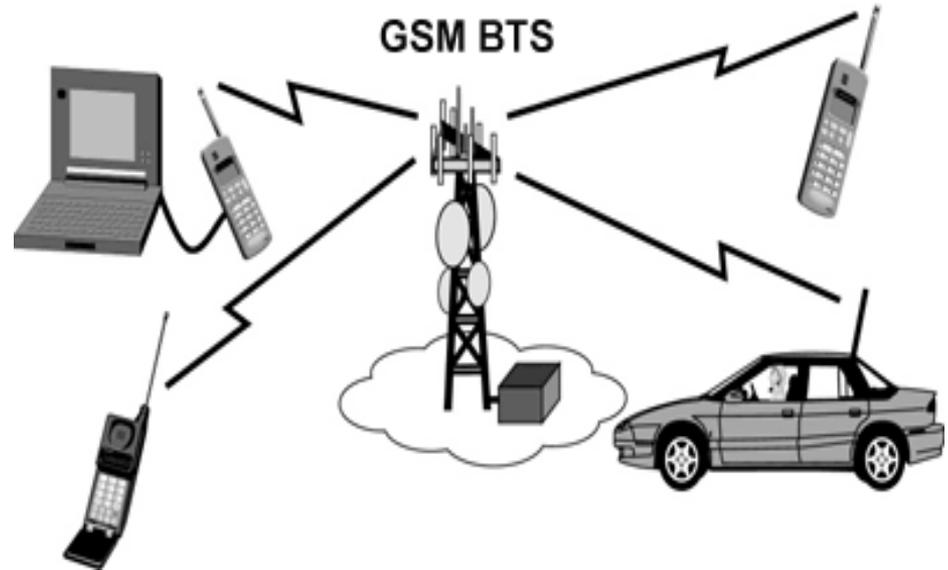
Le Samsung Galaxy A54 5G

Le Samsung Galaxy A54 5G est le cadreur Samsung (champion) de l'année 2024 avec des caractéristiques à tomber par terre. Le haut de gamme bénéficie d'une connectivité 5G et d'une grosse puissance grâce au processeur Samsung Exynos 1380,

Téléphone mobile

Principe de la Téléphonie mobile

⇒ La téléphonie mobile est fondée sur la transmission de la voix, des données et des multimédias à l'aide d'onde radioélectrique entre une base relais (qui couvre une zone de plusieurs dizaines de kilomètres de rayon) et le téléphone mobile de l'utilisateur.



Téléphone mobile

Téléphone 1G : Réseaux « Systèmes Analogiques »

- ⇒ La 1G permettait uniquement des échanges vocaux, dans le cadre d'appels téléphoniques ;
- ⇒ Elle offrait un débit d'environ 2,4 kbps, selon un rapport gouvernemental reprenant des données de l'Agence nationale des fréquences (ANF) ;
- ⇒ **Quelques exemples de cette technologie sont donnés comme suit :**
 - 1975 : AMPS (Advanced Mobile Phone System) en USA ;
 - 1980 : NMT (Nordic Mobile Phone) en Suède, Norvège, Danemark ;
 - TACS (Total Access Celular System) en UK, Italie, Espagne, Autriche, Irlande.

Téléphone mobile

➤ Caractéristiques de la 1G

- Modulation analogique ;
- Service offert : transmission de la voix ;
- Les téléphones mobiles à communication analogique ;
- Qualité de services médiocre et peu de services ;
- Interfaces radio différentes selon les pays.

⇒ **Les limitations de cette technologie sont données comme suit :**

- Pas de cryptage (aucune confidentialité) ;
- Pas de Roaming (Roaming est la possibilité de conserver son numéro sur un réseau d'un autre opérateur) ;
- Encombrement et engorgement du réseau ;
- Un nombre limité de communication simultanés.

⇒ Cette technologie a été abandonnée.

Téléphone mobile

Téléphone 2G : Réseaux « Systèmes numérique »

- ⇒ Le réseau 2G, déployé en 1982, est toujours actif ;
- ⇒ Il représente le passage de l'analogique au numérique ;
- ⇒ La 2G est suffisante pour appeler et envoyer des SMS voire même des MMS (Multimedia Messaging Service) légers ;
- ⇒ Le réseau 2G est par ailleurs un précurseur dans le transfert de données par paquets ;
- ⇒ Les débits, généralement observés en 2G, sont de 9.6 kbps, loin des standards modernes ;

Téléphone mobile

➤ Quelques exemples de la 2G

➤ D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System) utilisé aux USA. Il est décrit dans les standards IS-54/136 (Intermediate Standard-54/136) USA ;

➤ GSM / DCS 1800 en Europe. Le GSM est une norme européenne qui permet d'utiliser son téléphone dans tous les pays ayant adopté cette norme. Sur le plan technique, le réseau GSM est le plus idéal pour les communications de type « voix » ;

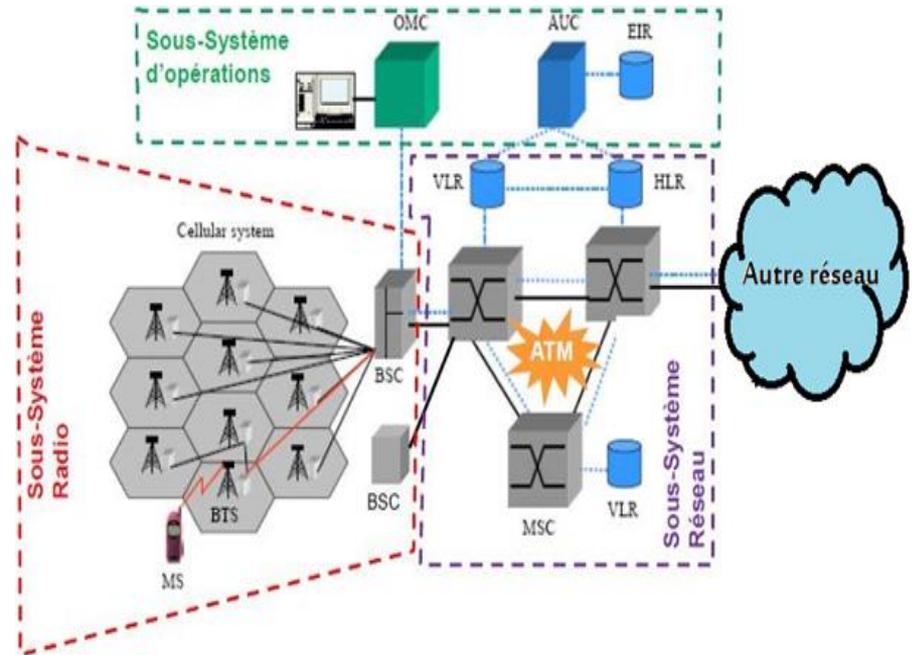
➤ IS-95 (CDMAone) USA ;

➤ PDC (Personal Digital Cellular) Japon, adaptation de D-AMPS.

Architecture du système GSM

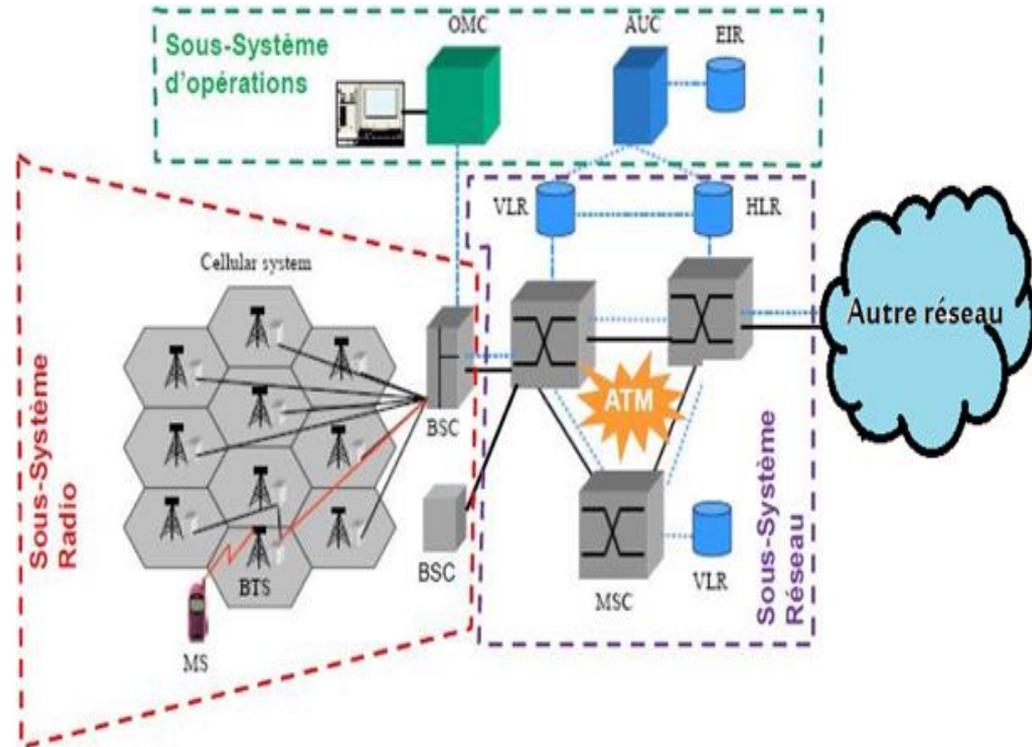
- ⇒ Les composants du réseau GSM sont illustrés sur la Figure (15) ;
- ⇒ Le réseau GSM peut être divisé en trois sous-réseaux :
- Le réseau d'accès radio RAN (Radio Access Network) : C'est la partie radio d'un système de télécommunications mobiles. Elle met en œuvre la technologie d'accès radio ;

Le réseau central et le réseau de gestion. Ces sous-réseaux sont appelés sous-systèmes dans la norme GSM.



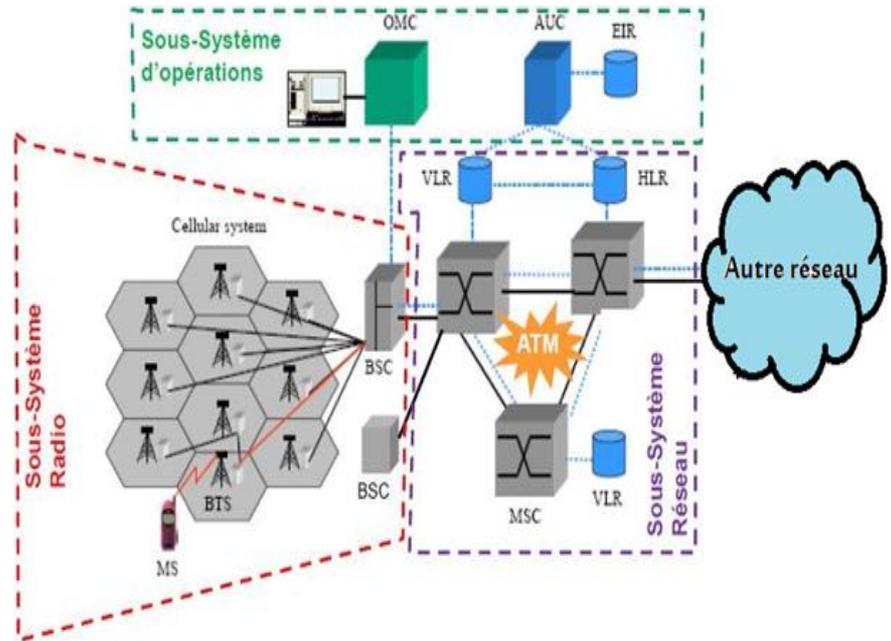
Architecture du système GSM

- MS (Mobile Station) : Station Mobile ou téléphone portable ;
- HLR (Home Location Register) : Enregistreur de localisation géographique des abonnés ;
- BTS (Base Transceiver Station) : Station de base ;
- VLR (Visited Location Register) : Registre des emplacements visités ;
- BSC (Base-Station Controller) : Contrôleur de station de base ;
- AuC (Authentication Center) : Centre d'authentification



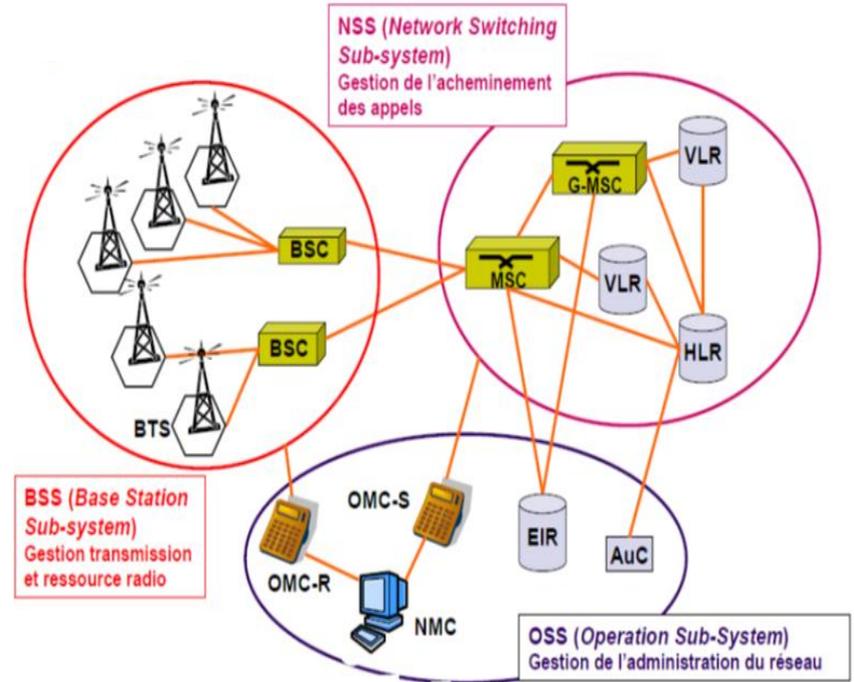
Architecture du système GSM

- AuC (Authentication Center) : Centre d'authentification
- MSC (Mobile Switching Center) : Centre de commutation mobile ;
- EIR (Equipment Identity Register) : Registre d'identité d'équipement ;
- GMSC (Gateway MSC) : Passerelle MSC ;
- PSTN (Public Switching Telephone Network) : Réseau téléphonique public commuté ;
- OMC (Operation and Maintenance Center) : Centre d'exploitation et de maintenance ;



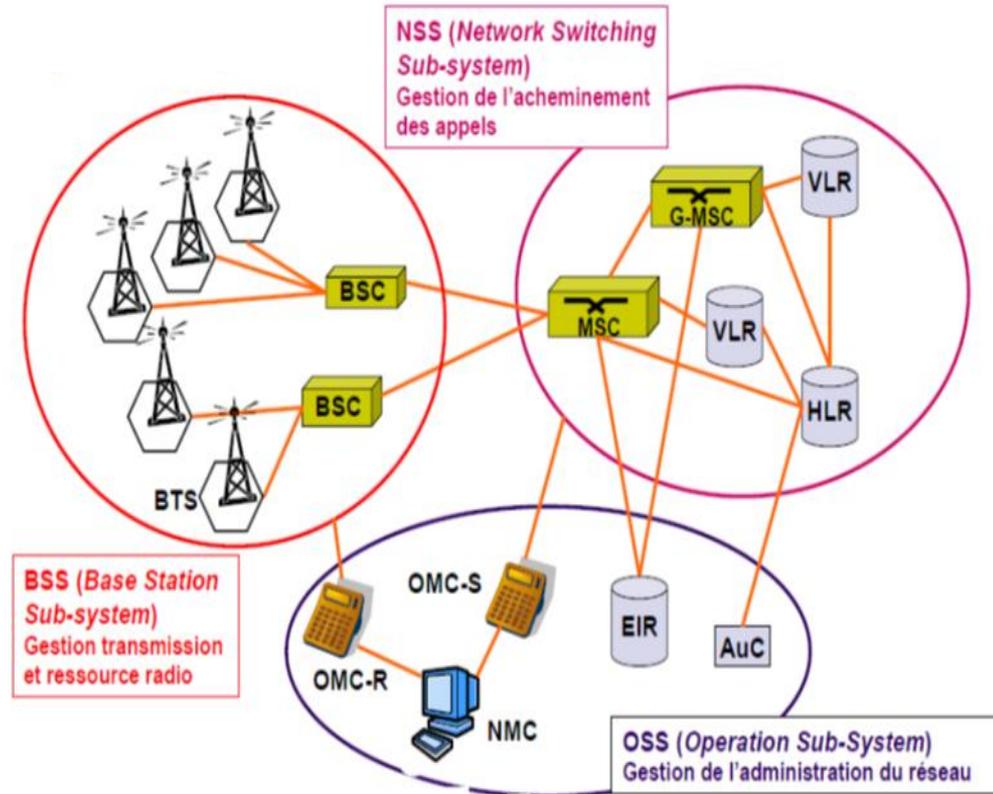
Architecture du système GSM

⇒ Les trois sous-systèmes respectifs peuvent également être appelés le sous-système Radio BSS (Base Station Subsystem), le sous-système réseau NSS (Network and Switching Subsystem) et le sous-système d'exploitation OSS (Operation Support Sub-System) ;



Architecture du système GSM

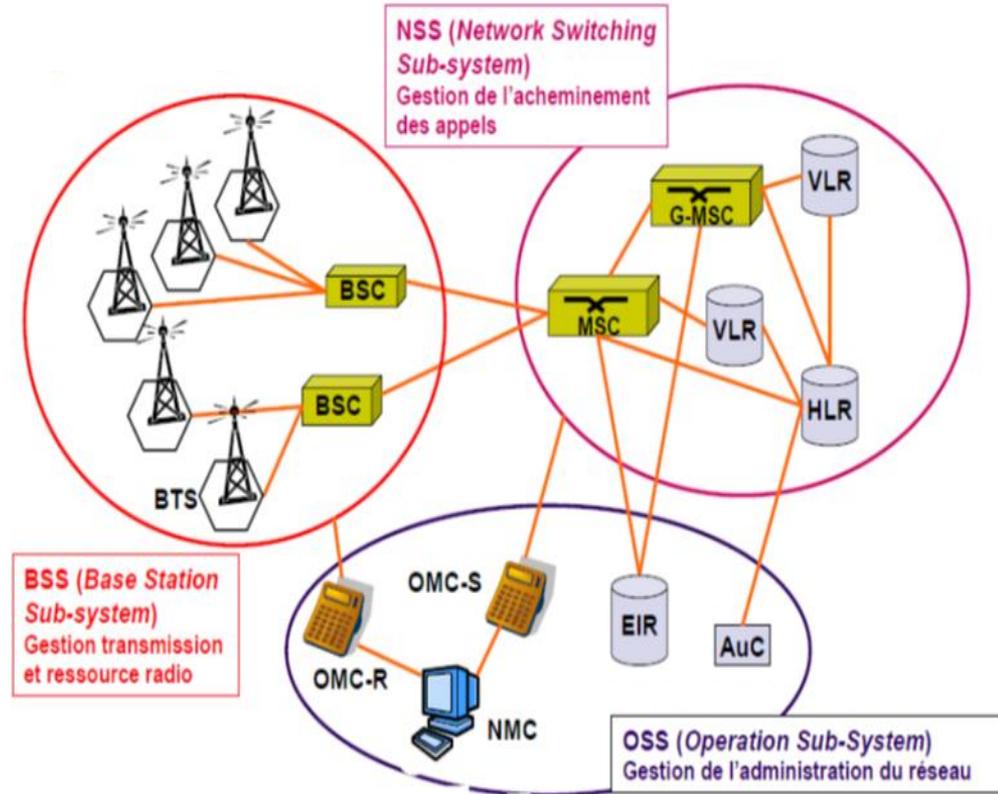
- **Sous-système Radio**
BSS : Il assure la transmission radioélectrique et la gestion de la ressource radio. Il se compose d'émetteurs-récepteurs radio (BTS) contrôlés par une BSC ;



Architecture du système GSM

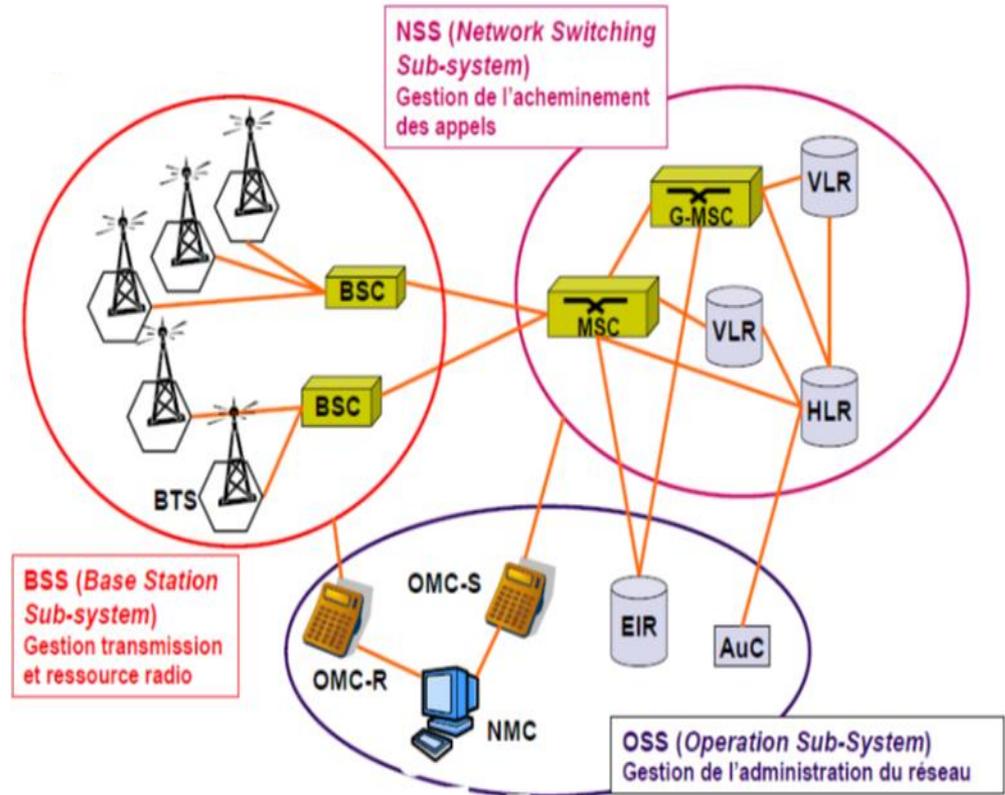
➤ Sous-système Réseau

NSS : Il gère le traitement des appels, la mobilité et l'acheminement des données de/vers les réseaux filaires. Il se compose de commutateurs radio (MCS) et d'un certain nombre de bases de données HLR et VLR ;



Architecture du système GSM

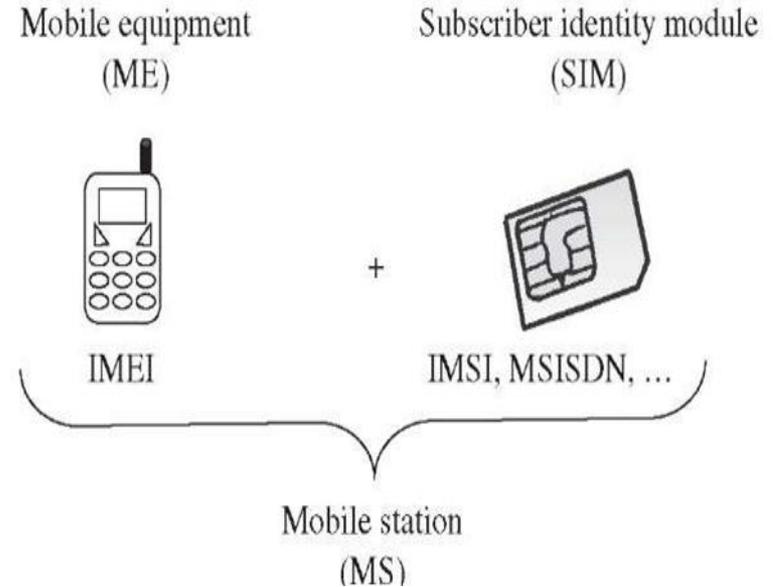
- **Sous-système d'exploitation OSS** : Il contrôle les droits d'accès au réseau, les droits des usagers et assure l'interface homme-machine d'exploitation. Il gère aussi le maintien en conditions opérationnelles du réseau et la remontée des alarmes.
- Les éléments de base de chaque sous-système sont définis dans ce qui suit.



Architecture du système GSM

Station mobile MS

- ⇒ C'est l'équipement de l'utilisateur. Il représente normalement un terminal portable qui communique, par voie hertzienne avec une station de base, appelée station d'émetteur-récepteur de base (BTS) dans le GSM ;
- ⇒ La MS est composée du ME (Mobile Equipment – le terminal GSM) et de la carte SIM (Subscriber Identity Module) ;



Architecture du système GSM

Mobile Equipment

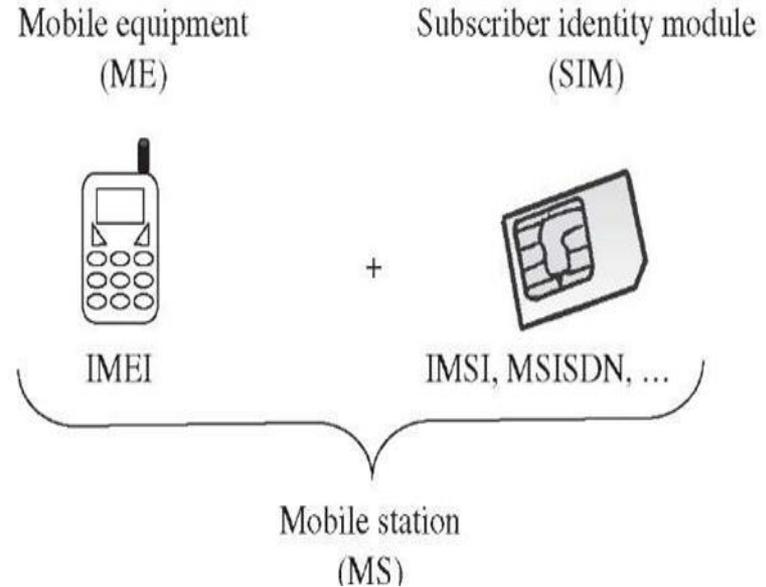
- ⇒ Le ME est un dispositif matériel complexe. Sa fonctionnalité comprend l'émetteur/récepteur radio, la modulation et la démodulation, le codage/décodage et la génération multifréquences ;
- ⇒ Le firmware (ou logiciel embarqué) pour le traitement/contrôle des appels et la gestion de la mobilité;



Architecture du système GSM

Mobile Equipment suite

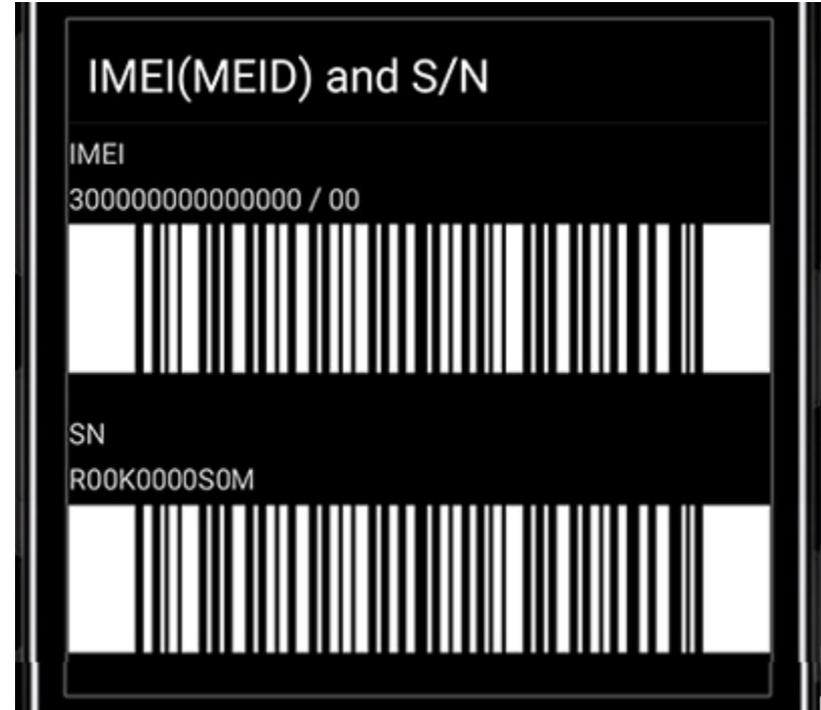
- ⇒ L'appareil ME seul ne dispose d'aucune information d'abonné ;
- ⇒ Il ne peut pas être utilisé pour passer un appel, à l'exception des appels d'urgence ;
- ⇒ Dans l'environnement actuel, de nombreux ME disponibles sont capables de prendre en charge plusieurs bandes de fréquences, c'est-à-dire 900, 1800 et 1900 MHz ;
- ⇒ Cela signifie que ces appareils peuvent être utilisés presque universellement ;



Architecture du système GSM

Mobile Equipment suite

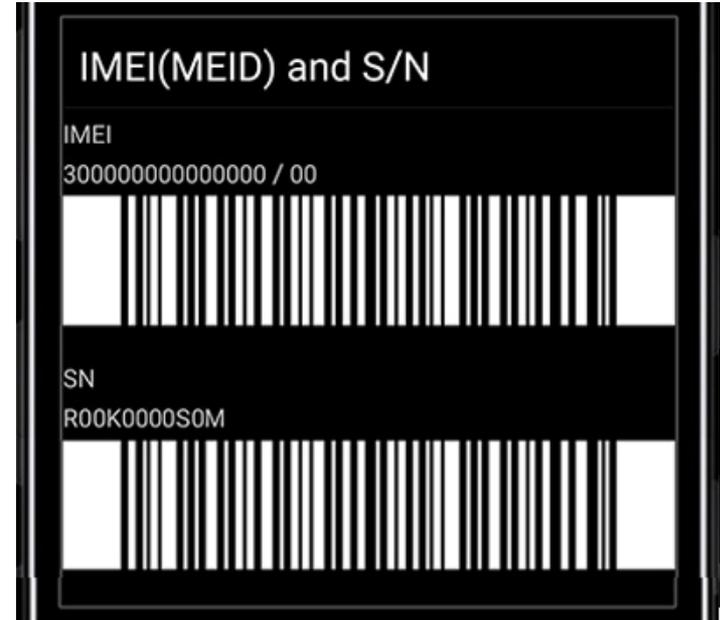
- ⇒ Le ME est identifié (exclusivement) à l'intérieur de n'importe quel réseau GSM par le code IMEI (International Mobile Equipment Identity) ;
- ⇒ L'IMEI est gravé dans le module ;
- ⇒ L'IMEI est un code de 15 à 17 chiffres attribué à chaque téléphone mobile ;
- ⇒ Ce numéro est utilisé par les fournisseurs de services pour identifier de manière unique les appareils valides ;
- ⇒ L'IMEI identifie l'équipement mobile et non l'abonné ;



Architecture du système GSM

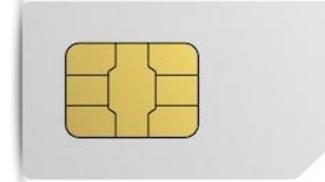
Mobile Equipment suite

- ⇒ L'IMEI est intégré au matériel et ne peut pas être modifié ;
- ⇒ Il permet à un système mondial de communication mobile d'empêcher un téléphone volé par exemple de lancer des appels ;
- ⇒ L'IMEI fait également partie de la gestion des appareils mobiles ;
- ⇒ Les fournisseurs de services sans-fil conservent une liste de tous les ME volés dans une base de données (c'est-à-dire un EIR – registre d'identité d'équipement) et peuvent refuser des services à cet équipement mobile s'ils le souhaitent ;



Architecture du système GSM

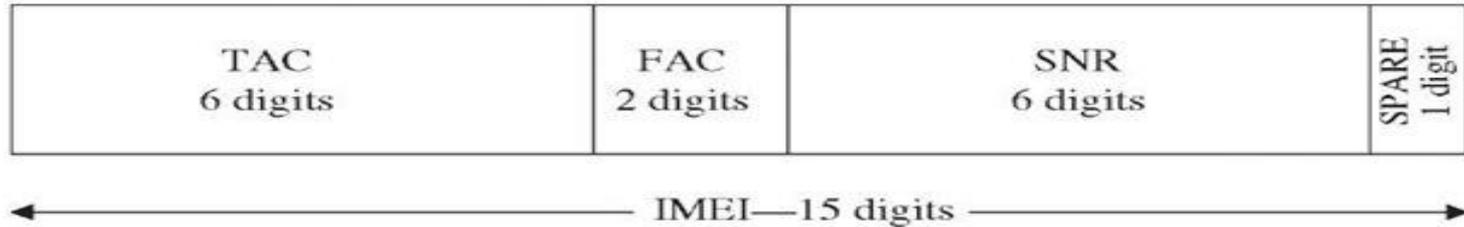
- ⇒ La carte SIM est une petite carte dotée de mémoire et de microprocesseur, qui sert à identifier l'abonné indépendamment du terminal employé ;
- ⇒ Il est donc possible de continuer à recevoir et à émettre des appels et d'utiliser tous ces services simplement grâce à l'insertion de la carte SIM dans un terminal quelconque.



Architecture du système GSM

- L'IMEI présente la structure suivante :

IMEI = TAC / FAC / SNR / sp



Où :

- TAC = Type Approval Code ; il désigne un modèle donné (et souvent une version donnée) d'un équipement mobile conçu pour se connecter à des réseaux de télécommunication mobile;
- Final Assembly Code, identifie le constructeur (2 chiffres) ;
- SNR = Serial Number (6 chiffres) ;
- sp = 1 Chiffre supplémentaire de réserve.

Architecture du système GSM

Carte SIM

Le module d'identité d'abonné (SIM) est une carte à puce. Le fournisseur de services sans-fil le programme avec les données d'abonnement. La carte SIM est utilisée pour stocker des données relatives au PLMN –

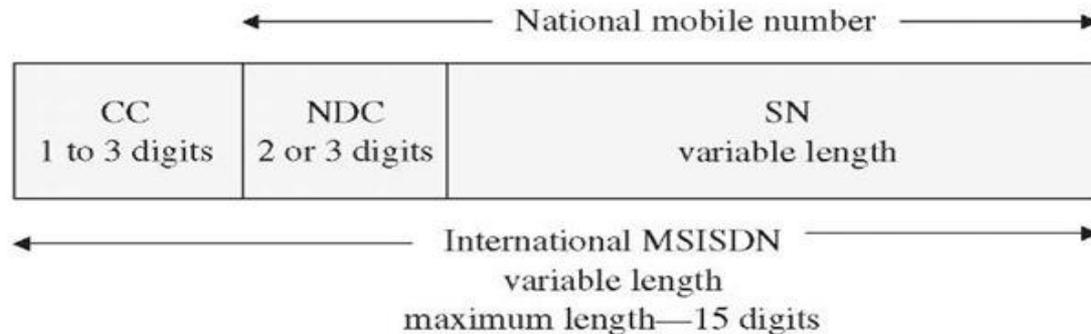
⇒ réseau public terrestre (par exemple, le code pays et réseau HPLMN), à l'abonnement (par exemple, IMSI, MSISDN), à l'itinérance (réseaux interdits, etc.) et à la sécurité (PIN, PUK, etc.). En outre, il peut également stocker des données d'abonné telles que des SMS et des numéros de téléphone ;



Architecture du système GSM

Carte SIM suite

- ⇒ Chaque abonné dans un réseau est identifié par un numéro international unique, c'est-à-dire un numéro ISDN de station mobile (MSISDN) ;
- ⇒ Le fournisseur de services sans-fil attribue ce numéro au moment de l'abonnement ;
- ⇒ Le format du MSISDN est défini dans la recommandation ITU-T E.164. Comme le montre la Figure 3-4, le MSISDN est de longueur variable mais limité à un maximum de 15 chiffres (à l'exclusion des préfixes) ;



Architecture du système GSM

Carte SIM suite

- CC ou Country Code. C'est l'indicatif du pays d'origine (exemple, +213 pour l'Algérie, +41 pour la Suisse, +33 pour la France, ...) ;
- NDC ou National Destination Code. C'est l'indicatif déterminant principalement l'opérateur du réseau mobile (exemple : 06 pour Mobilis, 05 pour Ooredoo, ...) ;
- SN ou Subscriber Number. C'est le numéro de l'abonné attribué par l'opérateur du réseau GSM ;
- ⇒ Le MSISDN est le numéro « connu du public » de l'utilisateur d'un réseau mobile GSM par opposition au numéro IMSI ;
- ⇒ C'est cet identifiant, couramment appelé numéro de téléphone (version avec préfixe international), qui est composé afin d'atteindre l'abonné. Seul le HLR connaît la correspondance entre le MSISDN et le numéro IMSI contenu dans la carte SIM de l'abonné ;

Architecture du système GSM

Carte SIM suite

La carte SIM contient l'IMSI (International Mobile Subscriber Identity), qui sert à identifier l'abonné dans n'importe quel système GSM ;

⇒ L'IMSI présente la structure suivante : MCC / MNC / MSIN

➤ MCC= Mobile Country Code (2 ou 3 chiffres) ;

➤ MNC= Mobile Network Code (2 chiffres) ;

➤ MSIN= Mobile Station Identification Number (maximum 10 chiffres).

⇒ La carte SIM peut également stocker des données spécifiques au réseau. Par exemple, des listes de fréquences porteuses utilisées par le réseau pour diffuser périodiquement des informations système ;

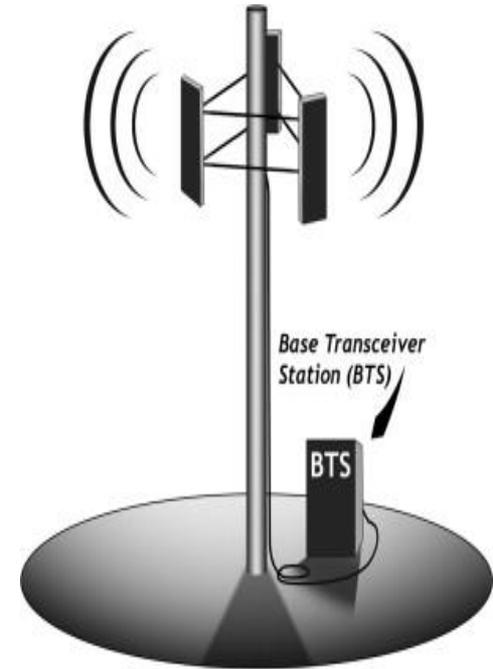
⇒ La carte SIM représente la base de données de l'utilisateur. En effet, elle comporte toutes les données relatives à l'abonnement et à l'identité de l'utilisateur (les données personnelles de l'utilisateur) ;

Architecture du système GSM

Émetteur – récepteur BTS

La BTS contient les émetteurs-récepteurs radio et les antennes qui fournissent une interface radio vers et depuis la station mobile ;

- ⇒ Elle définit la cellule et gère les protocoles au niveau de la liaison radio avec la MS ;
- ⇒ Chaque BTS peut avoir jusqu'à 16 émetteurs-récepteurs, chacun d'eux se voit attribuer un canal RF différent ;
- ⇒ Un certain nombre de BTS sont déployés dans un réseau pour obtenir la couverture souhaitée ;



Architecture du système GSM

Émetteur – récepteur BTS

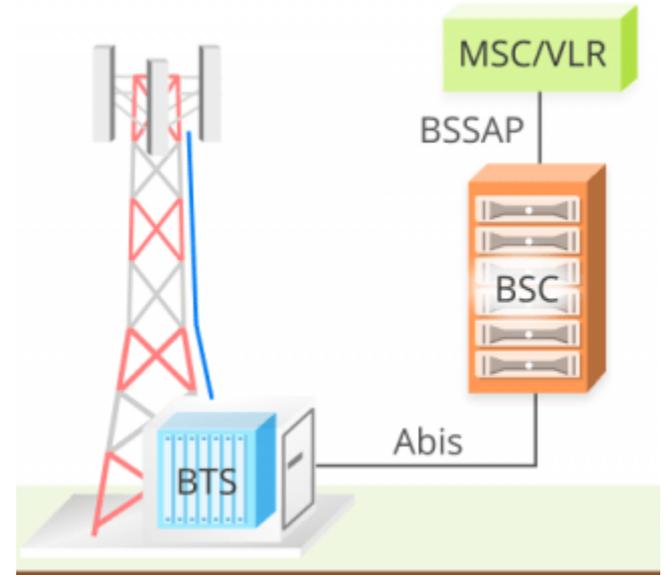
- ⇒ Une BTS est généralement installée au centre d'une cellule.
- ⇒ La taille d'une cellule est déterminée par la puissance d'émission d'une BTS ;
- ⇒ Les tâches principales d'une BTS sont les suivantes :
 - Codage et décodage des canaux : parole, données, signalisation ;
 - Chiffrement ;
 - Modulation et démodulation ;
 - Saut de fréquence ;
 - Synchronisations temporelle et fréquentielle ;
 - Contrôle de puissance ;
 - Mesures et gestion du lien radio ;
 - Exploitation et entretien ;



Architecture du système GSM

Émetteur – récepteur BTS

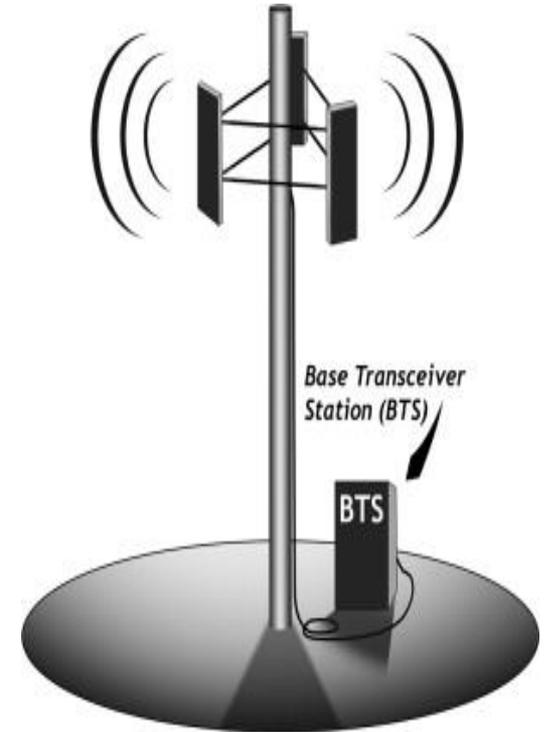
- La BTS gère également l'interface et le dialogue avec la BSC ;
- Une BTS gère souvent plusieurs canaux radio ;
- Elle mesure des interférences sur les canaux non alloués à des communications (idle channels).
- Elle réalise la détection des demandes d'accès des mobiles;
- Elle réalise la détection des messages de handover access (HO ACCESS) ;



Architecture du système GSM

Émetteur – récepteur BTS

- Elle réalise la gestion de la Diversité d'Antennes, autrement dit l'utilisation de deux antennes de réception afin d'améliorer la qualité du reçu;
- Elle réalise le Contrôle Dynamique de la Puissance (DPC) de la MS et des BTS: le BSC détermine la puissance optimale avec laquelle la MS et le BTS effectuent la transmission sur le canal radio ;
- Elle réalise la gestion des algorithmes de chiffage.

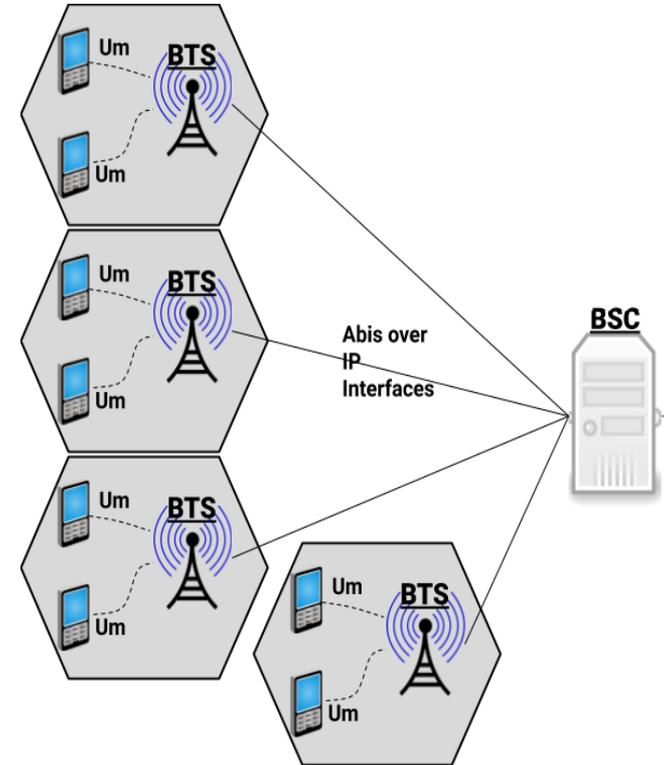


Architecture du système GSM

Contrôleur de station de base BSC

Comme son nom l'indique, le BSC surveille et contrôle une ou plusieurs stations de base BTS ;

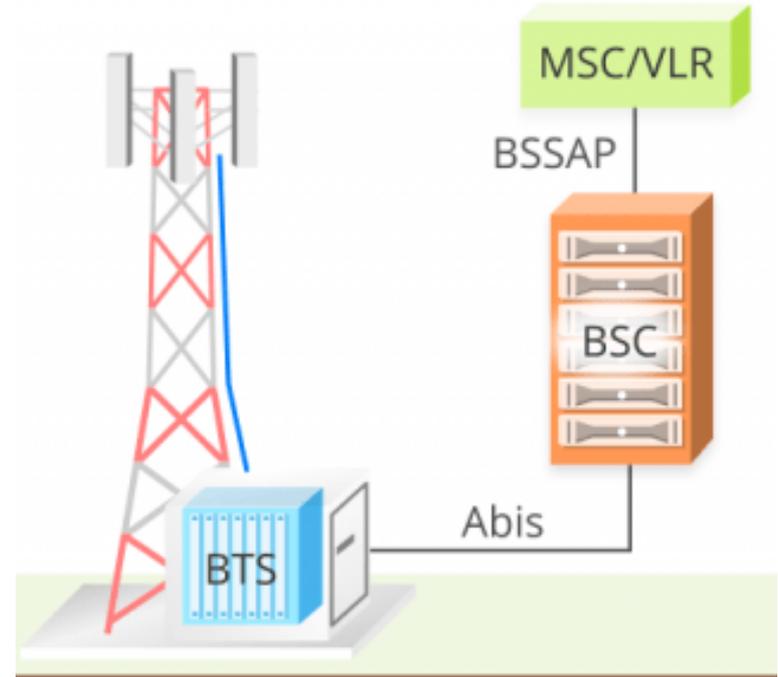
- ⇒ Le nombre de BTS contrôlées par un BSC varie en fonction de la technologie adoptée ;
- ⇒ Le BSC fournit un certain nombre de fonctions liées à la gestion des ressources radio RRM (radio resources management) et à la gestion de la mobilité MM (mobility management) ;
- ⇒ Le BSC se connecte au BTS en utilisant l'interface Abis, dont une description sera donnée plus loin ;



Architecture du système GSM

Contrôleur de station de base BSC – Suite

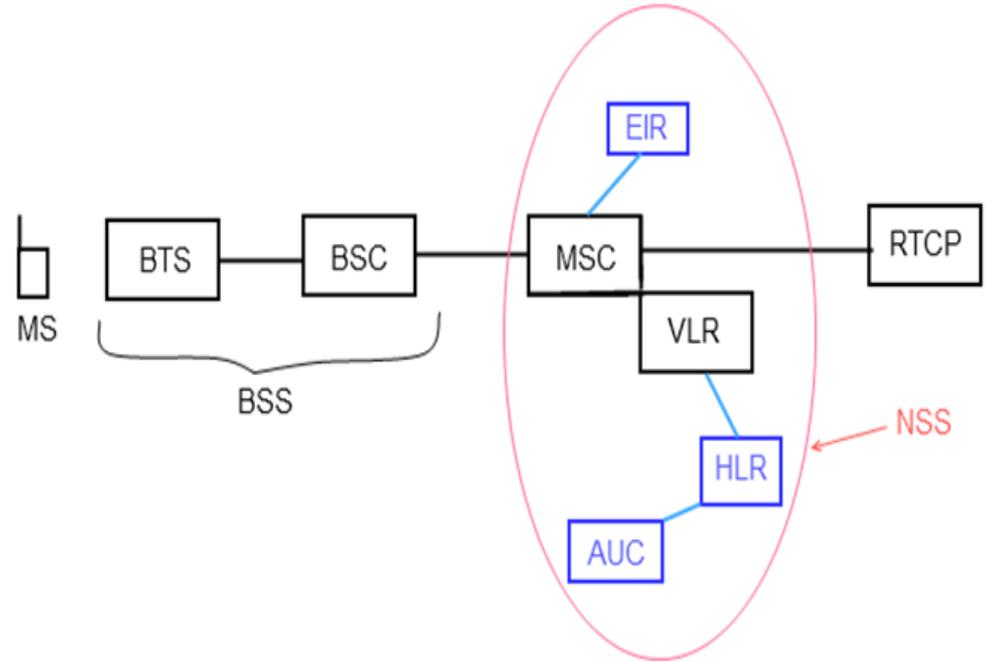
- ⇒ Les tâches principales d'un BSC comprennent :
- Gestion des fréquences ;
 - Synchronisation temporelle et fréquentielle ;
 - Mesures des retards ;
 - Transferts ;
 - Gestion de la puissance ;
 - Fonctionnement et entretien ;



Architecture du système GSM

Sous-Système Réseau NSS

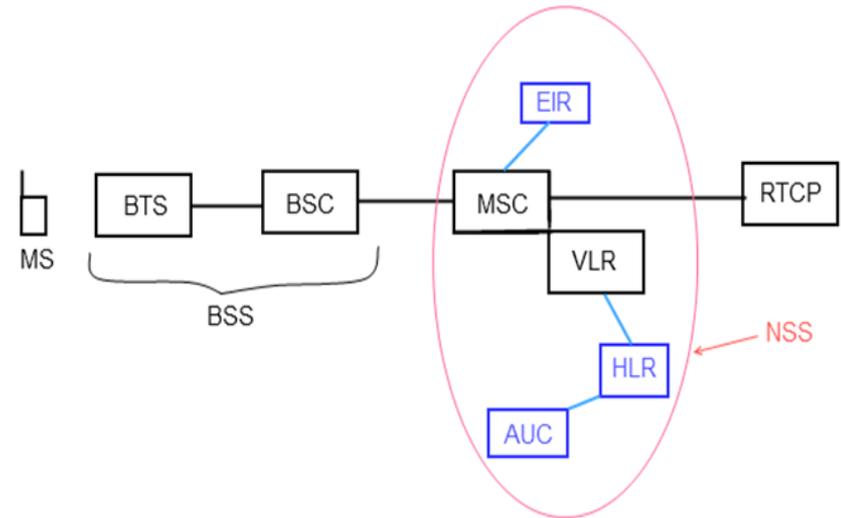
⇒ Les éléments du NSS prennent en charge toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'informations contenues dans des bases de données nécessaires à l'établissement de connexions utilisant une ou plusieurs des fonctions de chiffrement, d'authentification ou de roaming ;



Architecture du système GSM

Sous-Système Réseau NSS

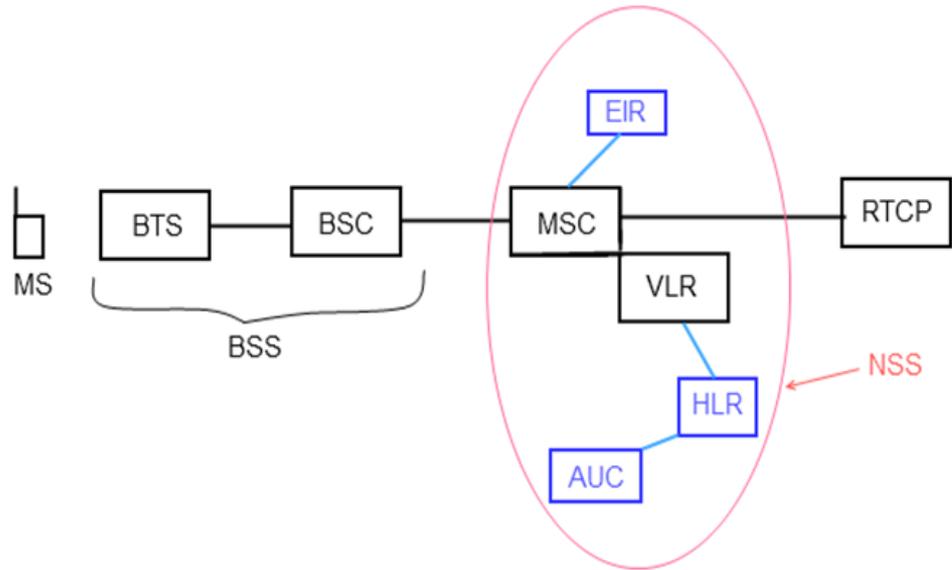
⇒ Le NSS assure principalement les fonctions de commutation et de routage. C'est donc lui qui permet l'accès au réseau public RTCP (Le réseau téléphonique commuté - RTC) ou réseau téléphonique commuté public) ou RNIS. En plus des fonctions indispensables de commutation, on y retrouve les fonctions de gestion de la mobilité, de la sécurité et de la confidentialité qui sont implantées dans la norme GSM ;



Architecture du système GSM

Sous-Système Réseau NSS – Suite

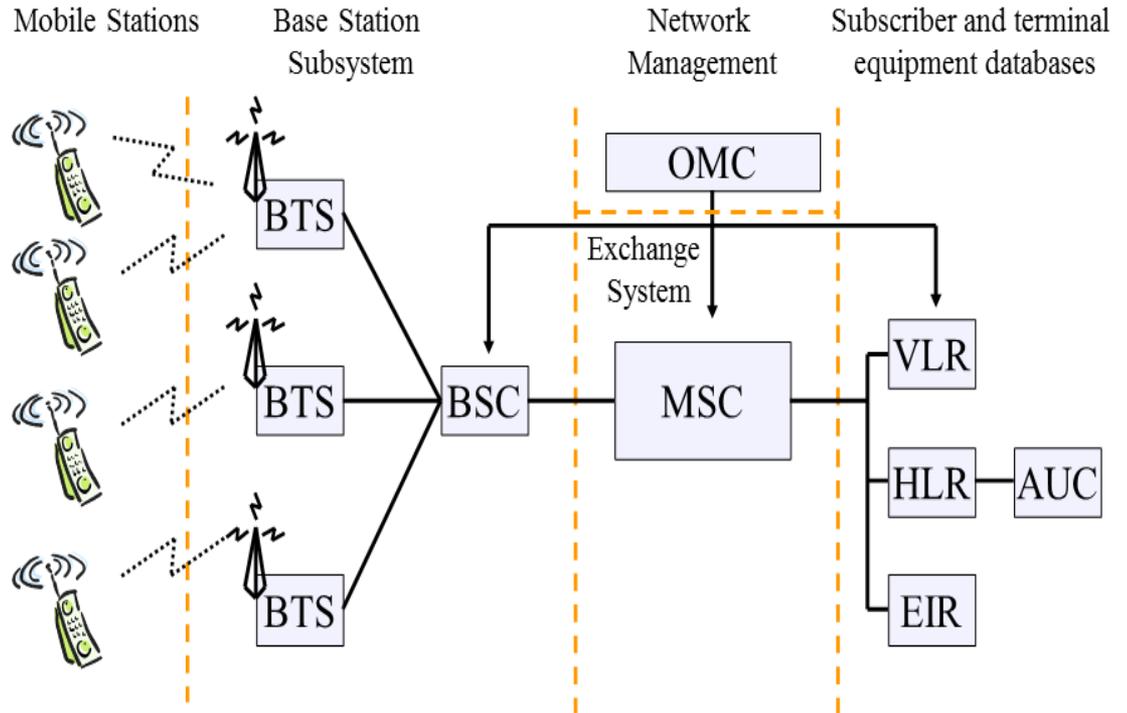
⇒ Le NSS comprend un centre de commutation mobile (MSC), un HLR, un VLR et un certain nombre de nœuds de réseau logiques, notamment le Gateway MSC (GMSC), le registre d'identité d'équipement (EIR), le centre d'authentification (ASC).



Architecture du système GSM

Le MSC (Mobile Services Switching Center)

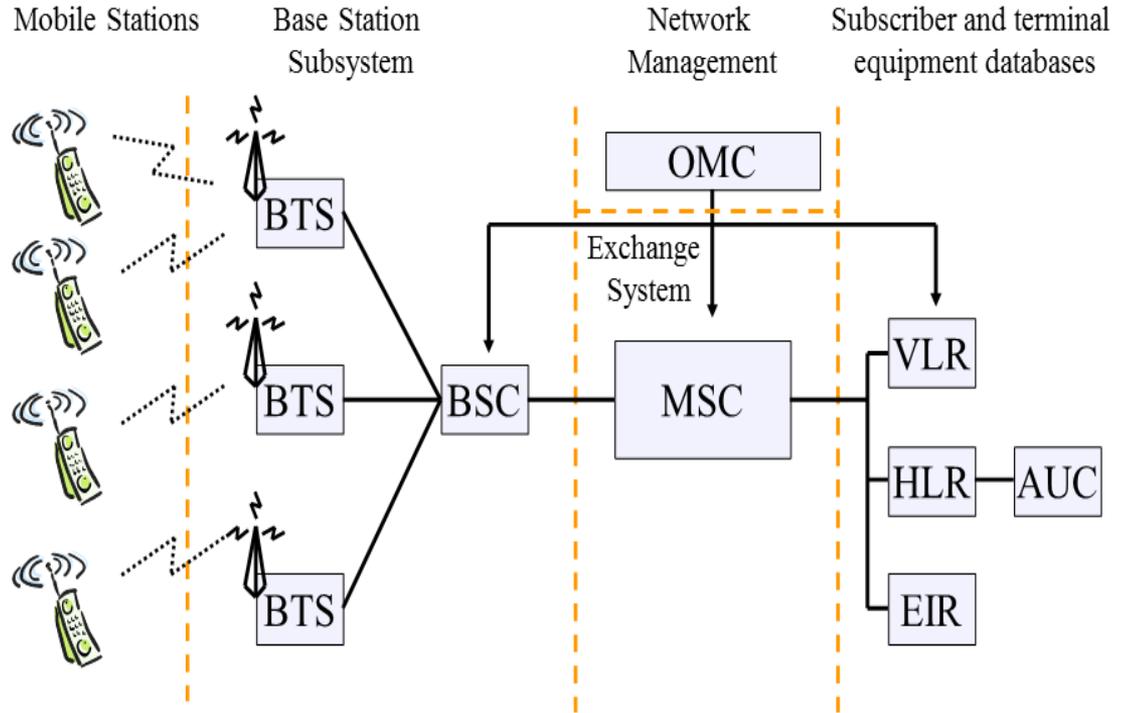
- ⇒ Le MSC est l'élément central du NSS ;
- ⇒ Il gère, grâce aux informations reçues par le HLR et le VLR, la mise en route et la gestion du codage de tous les appels directs et en provenance de différents types de réseau tels que PSTN, ISDN, PLMN et PDN ;



Architecture du système GSM

Le MSC (Mobile Services Switching Center)

⇒ Il développe aussi la fonctionnalité de gateway face aux autres composants du système et de la gestion des processus de handover, et il assure la commutation des appels en cours entre des BSC différents ou vers un autre MSC.



Architecture du système GSM

Le MSC (Mobile Services Switching Center)

- ⇒ D'autres fonctions fondamentales du MSC sont décrites ci-après :
- L'authentification de l'auteur de l'appel : l'identification de la MS à l'origine de l'appel est nécessaire pour déterminer si l'utilisateur est en droit de bénéficier du service ;



Architecture du système GSM

Le MSC (Mobile Services Switching Center)

- La discrétion quant à l'identité de l'utilisateur, pour pouvoir garantir la réserve sur son identité sur le canal radio, même si toutes les informations sont cryptographiées, le système se garde toujours de transmettre l'IMSI attribué lors de la signature du contrat par l'usager; Il attribue le TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) à l'utilisateur, au moment de l'appel car il ne présente qu'une utilité temporaire : le MSC a aussi pour mission de mettre en relation le TMSI et le IMSI et lorsque le mobile se déplace sur l'aire de location contrôlée par un autre MSC, il doit lui attribuer un nouveau TMSI.
- Le processus de handover.

Architecture du système GSM

Le HLR (Home Location Register)

⇒ Lorsqu'un utilisateur souscrit à un nouvel abonnement au réseau GSM, toutes les informations qui concernent son identification sont mémorisées sur le HLR. Ce dernier a pour mission de communiquer au VLR quelques données relatives aux abonnés, à partir du moment où ces derniers se déplacent d'une location area à une autre. A l'intérieur du HLR les abonnés sont identifiés par le MSISDN ;



Architecture du système GSM

Le VLR (Visitor Location Register)

Le VLR est une base de données qui mémorise de façon temporaire les données concernant tous les abonnés qui appartiennent à la surface géographique qu'elle contrôle. Ces données sont réclamées à l'HLR auquel l'abonné appartient. Généralement pour simplifier les données réclamées et ainsi la structure du système, les constructeurs installent le VLR et le MSC côte à côte, de telle sorte que la surface géographique contrôlée par le MSC et celle contrôlée par le VLR correspondent.

L'AuC (Authentication Center)

⇒ Le Centre d'authentification est une fonction du système qui a pour but de vérifier si le service est demandé par un abonné autorisé, et ceci en fournissant soit les codes pour l'authentification que pour le chiffrement.

Architecture du système GSM

L'AuC (Authentication Center)

⇒ Le mécanisme d'authentification vérifie la légitimité de la SIM sans transmettre, pour autant, sur le canal radio les informations personnelles de l'abonné, telles le IMSI et la clef de chiffage dans le but de vérifier si l'abonné qui essaye d'accéder au service est autorisé et n'est pas abusif; le chiffage par contre génère quelques codes secrets qui serviront pour cryptographier tous les échanges qui ont lieu sur le canal radio. Les codes d'authentification et de chiffage sont obtenus par hasard pour chaque abonné grâce à quelques ensembles d'algorithmes définis par le standard et sont mémorisés soit sur l'AUC que sur la SIM.

Architecture du système GSM

Le sous-système opérationnel OSS (Operating Sub-System)

⇒ Il assure la gestion et la supervision du réseau. C'est la fonction dont l'implémentation est laissée avec le plus de liberté dans la norme GSM. La supervision du réseau intervient à de nombreux niveaux :

- Détection de pannes.
- Mise en service de sites.
- Modification de paramétrage.
- Réalisation de statistiques.

⇒ Dans les OMC (Operation and Maintenance Center), on distingue l'OMC/R (Radio) qui est relié à toutes les entités du BSS, à travers les BSC, l'OMC/S (System) qui est relié au sous-système NSS à travers les MSC. Enfin l'OMC/M (Maintenance) contrôle l'OMC/R et l'OMC/S.

Architecture du système GSM

L'interface Um

⇒ C'est l'interface entre les deux sous-systèmes MS et la BTS. On la nomme couramment "interface radio" ou "interface air".

L'interface Abis

⇒ C'est l'interface entre les deux composants du sous-système BSS : la BTS et le BSC.

L'interface A

⇒ C'est l'interface entre les deux sous-systèmes BSS et le NSS.