
GÉNÉRALITÉS SUR UN RÉSEAU GSM(GLOBAL SYSTEM MOBIL)

Sommaire

3.1	Introduction	26
3.2	Historique	27
3.3	Présentation d'un réseau GSM[13]	27
3.4	Les équipements d'un réseau coeur GSM[40]	29
3.5	Architecture d'un réseau GSM[30]	29
3.5.1	La station mobile (terminal ou téléphone portable)	29
3.5.2	Architecture matérielle du BSS : Base Station Subsystem(sous-système radio)	29
3.5.3	Architecture matérielle du Network Station Subsystem(NSS) .	31
3.6	Présentation des interfaces	32
3.7	Planification d'un réseau coeur GSM	33
3.7.1	Planification cellulaire : généralités	34
3.7.2	Dimensionnement des réseaux cellulaires	34
3.7.3	Planification du sous système radio	35
3.7.4	Planification de la partie fixe (NSS)	35
3.8	Conclusion	36

3.1 Introduction

Le réseau GSM (Global System for Mobile communication) est la première norme de téléphonie cellulaire de seconde génération. Les objectifs du GSM reprennent et prolongent ceux des précédents systèmes de téléphonie mobile. En effet ils visent à offrir un vaste éventail de services de télécommunications spécifiques en tenant compte de la mobilité des usagers et compatibles avec ceux des réseaux fixes. La compatibilité d'accès à n'importe quel utilisateur dans n'importe quel pays exploitant le système GSM ainsi que la localisation automatique des mobiles sous la couverture globale de l'ensemble du

réseau sont à assurer tout en permettant une grande variété de terminaux mobiles. Par ailleurs le défi d'obtenir une bonne efficacité spectrale et des coûts permettant d'assurer le succès du service est l'un des objectifs majeurs du GSM parmi tant d'autres.

3.2 Historique

En 1876 Graham Bell ne devait pas savoir qu'il révolutionnerait à ce point la vie de tout un chacun en inventant le téléphone. Le transport de la voix pouvait se faire grâce à une paire de fils reliant deux appareils.

Rapidement, l'utilisation de son invention dans une petite ville du Canada où il résidait, lui fit comprendre l'importance d'une centralisation des communications dans un central téléphonique et l'on vit alors apparaître le premier réseau téléphonique.

En 1887 Heinrich Hertz découvre les ondes radio. En 1896, à Bologne Guglielmo Marconi réalise la première transmission radio. En 1901, il réalise la première liaison radio trans-atlantique entre la Cornouailles et Terre-Neuve.

Au début des années 50 aux Etats-Unis, la compagnie Bell Téléphone propose des services de radiotéléphone à ses abonnés.

En 1964 on introduit la notion de partage des ressources dans les réseaux de radiocommunication pour satisfaire une demande grandissante qui avait fait planer une menace de saturation sur les réseaux.

1971 : Bell Téléphone fait apparaître la notion de cellule dans le réseau. Sa première mise en place se fera à Chicago en 1978 sur le système «Advanced Mobile Phone Service » qui y est toujours opérationnel. On a alors un changement de contrôle devenu dynamique, pour la prise en charge du récepteur par différents émetteurs, réalisable par zone, ou cellule.

En 1982 normalisation de l'« Advanced Mobile Phone Service » pour tout l'Amérique du Nord.

En 1987 l'Europe adopte un standard européen pour mettre fin à la cacophonie qui règne en matière de réseau de radiotéléphone. LE GSM EST NE.

3.3 Présentation d'un réseau GSM[13]

Le réseau GSM a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC-réseau fixe).

Le réseau GSM s'interface avec le réseau RTC et comprend des commutateurs, il se distingue par un accès spécifique : la liaison radio.

Le réseau GSM est composé de trois sous ensembles :

- Le sous système radio (BSS : Base Station Sub-system) qui assure et gère les transmissions radios.
- Le sous système d'acheminement (NSS : Network Sub System) qui comprend l'ensemble des fonctions nécessaires pour appels et gestion de la mobilité.

- Le sous système d'exploitation et de maintenance (OSS : Opération Sub-System) qui permet à l'opérateur d'exploiter son réseau.

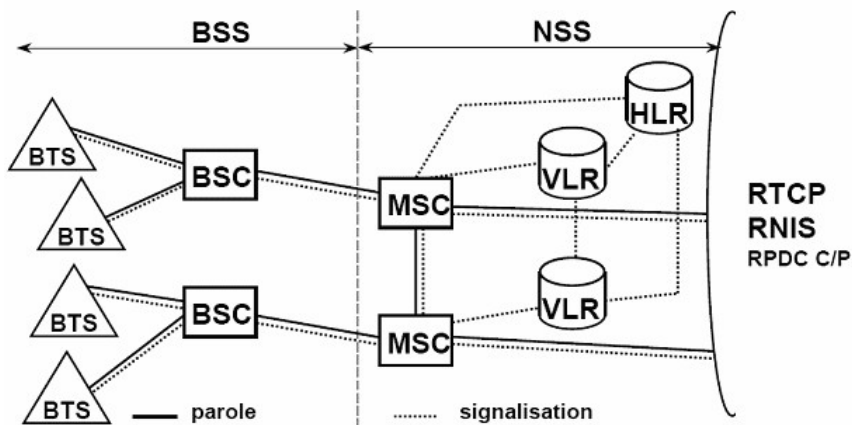


FIGURE 3.1 – Sous-Système d'un réseau GSM

La mise en place d'un réseau GSM (en mode circuit) va permettre à un opérateur de proposer des services de type « Voix » à ses clients en donnant accès à la mobilité tout en conservant un interfaçage avec le réseau fixe RTC existant.

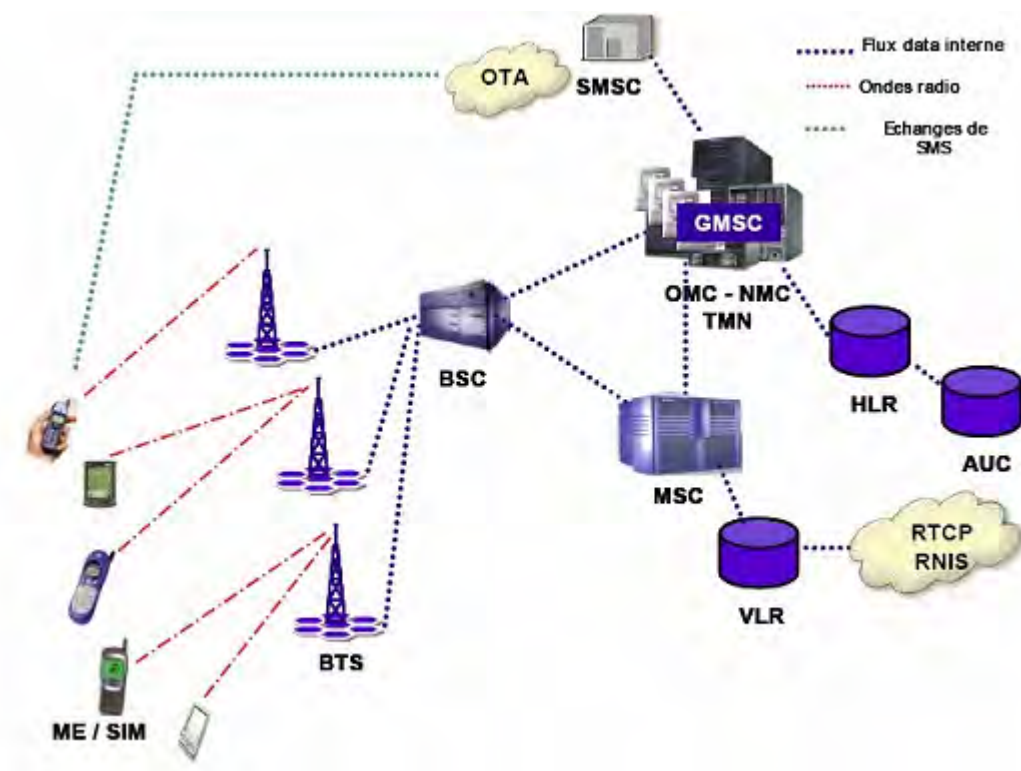


FIGURE 3.2 – Schéma d'un réseau GSM

3.4 Les équipements d'un réseau coeur GSM[40]

- BTS : Base Transceiver Station (Station de base) assure la réception les appels entrant et sortant des équipements mobiles.
- BSC : Base Station Controller (Contrôleur station de base) assure le contrôle des stations de bases.
- MSC : Mobile Switching Centre (Centre de commutation de mobile) assure la commutation dans le réseau.
- HLR : Home Location Register (Enregistrement de localisation normale). Base de données assurant le stockage des informations sur l'identité et la localisation des abonnés.
- AUC : Authentication Center (centre d'authentification). Assure l'authentification des terminaux du réseau.
- VLR Visitor Location Register (Enregistrement de localisation pour visiteur). Base de données assurant le stockage des informations sur l'identité et la localisation des visiteurs du réseau.

3.5 Architecture d'un réseau GSM[30]

3.5.1 La station mobile (terminal ou téléphone portable)

La station mobile est composée de l'équipement possédant son identité internationale IMEI (International Mobile Equipment Identity) et de la carte SIM (Subscriber Identity Mobile) contenant principalement l'identité de l'abonné IMSI (International Mobile Subscriber Identity) et la clé secrète pour la sécurité Ki (Individual Subscriber Authentication Key) servant à l'authentification et au chiffrement de la liaison radio avec la station de base.

Le MSRN ou Mobile Station Roaming Number est un numéro de téléphone défini par les recommandations E.164 afin de router les appels téléphoniques dans un réseau mobile, depuis un Gateway Mobile Switching Center (GMSC) jusqu'à la cible Mobile service Switching Center (MSC).

3.5.2 Architecture matérielle du BSS : Base Station Subsystem(sous-système radio)

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.

3.5.2.1 Fonctions de la BTS : Base Transceiver Station (Station de Base)

La BTS est un ensemble d'émetteurs-récepteurs appelés TRX. Elle a pour fonction la gestion :

- des transmissions radios (modulation, démodulation, égalisation, codage et correcteur d'erreurs).
- de la couche physique des réseaux.
- de la couche liaison de données pour l'échange de signalisation entre les mobiles et l'infrastructure réseau de l'opérateur.
- de la liaison de données avec le BSC.

L'exploitation des données recueillies par la BTS est réalisée par 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 ensuite 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 microcellules. 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 densité de population.

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).

3.5.2.2 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 par le biais des BSC qui jouent ce rôle de relais.

3.5.3 Architecture matérielle du Network Station Subsystem(NSS)

Le NSS(sous-système réseau) comprend des bases de données et des commutateurs.

3.5.3.1 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 des machines, de fiabilité et d'exploitation. Le HLR est l'enregistreur de localisation nominale par opposition au VLR qui est l'enregistreur de localisation des visiteurs.

Le schéma ci-dessous 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. L'AUC est une base de données associée au HLR.

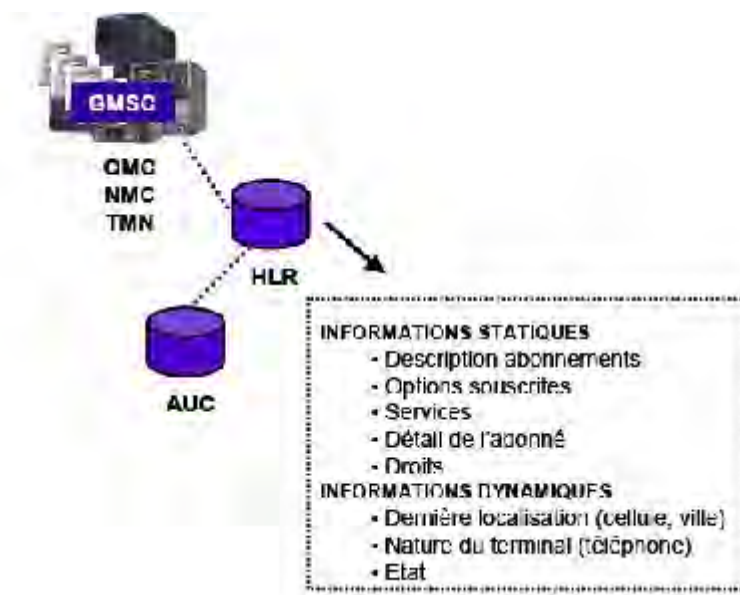


FIGURE 3.3 – Architecture matérielle du NSS

La carte SIM transmet deux informations importantes. L'IMSI (International Mobile Subscriber Identity) est gère par le HLR (l'IMSI donne des informations sur le réseau d'origine et le pays entre autre) et le KI (clé de cryptage) est géré par la base de données AUC.

Prenons un exemple.

IMSI + KI : Identification de l'abonné x

MSISDN : Numéro de téléphone de x (Mobile Station ISDN Number).

Le HLR vérifie que le couple $\text{IMSI} + \text{KI} = \text{MSISDN}$. Le AUC vérifie que le couple $\text{IMSI} + \text{KI}$ 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 loca-

lisation 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.

3.5.3.2 Fonction du MSC

Les MSC sont des commutateurs de 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.

Le commutateur est un noeud 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 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 implants des fonctionnalités spécifiques au réseau GSM.

3.6 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 effectuée par les constructeurs (Ericsson, Nokia ...) qui ne respectent pas forcément celles définies dans le tableau.

- 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 d'un réseau sénégalais quitte le Sénégal pour se rendre en Espagne et se connecter au réseau espagnol. Ce cas présent est un cas de roaming).
- L'interface A qui sépare NSS et BSS. Ainsi les opérateurs peuvent avoir un multisourcing de BSC et MSC (avoir plusieurs fournisseurs différents pour leur infrastructure).
- L'interface Abis supporte les transmissions de communication entre BSC et BTS. En réalité, la plupart des messages de signalisation sont changés entre le BSC ou le MSC

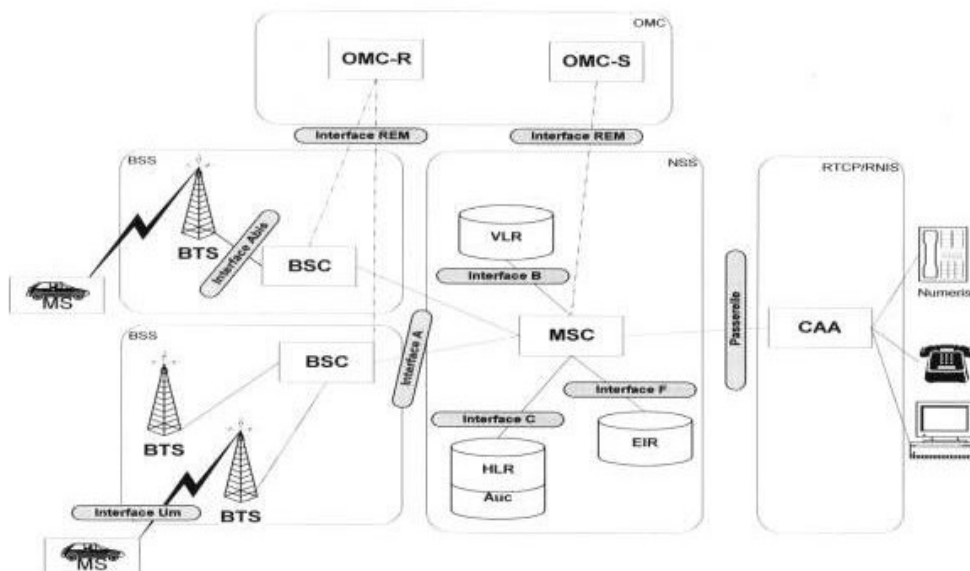


FIGURE 3.4 – Interfaces du GSM

et le MS : la BTS n'a qu'une simple fonction de relais.

Nom de l'interface	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

3.7 Planification d'un réseau coeur GSM

Nous aborderons dans cette partie quelques généralités liées à la planification cellulaire, nous parlerons ensuite des étapes de dimensionnement, de planification de la partie radio et de planification de la partie réseau.

3.7.1 Planification cellulaire : généralités

La planification d'un réseau cellulaire est une tâche difficile et continue dont le résultat conditionne la réussite de l'opérateur. Celui-ci doit répondre aux besoins des usagers en garantissant une qualité de service acceptable tout en minimisant les coûts d'investissement. En plus, l'opérateur doit être toujours à l'écoute des différents changements et événements qui se déroulent sur son réseau afin de s'adapter aux besoins de ces clients. Pour maîtriser le problème de planification, l'opérateur doit évaluer en premier lieu les caractéristiques de l'environnement à couvrir, à savoir les caractéristiques radio de l'environnement de propagation, puis les caractéristiques des abonnés à desservir qui se résument dans leur densité, mobilité, et leurs besoins en trafic. Ainsi, en possédant en main des modèles de propagation appropriés et des prévisions en trafic sur le court et le long terme, en réalisant des mesures sur le réseau existant, l'opérateur doit aboutir à un ensemble de décisions en établissant :

- Un plan de stations de bases qui va déterminer leurs emplacements, leurs capacités et les puissances mises en jeu.
- Un plan de fréquences affectant à chaque station de base les fréquences de travail.
- Un plan des équipements du réseau fixe.
- Un réseau de connexion entre les différentes entités du réseau.

Le processus de planification se déroule suivant les étapes suivantes :

- Dimensionnement des équipements du réseau en déterminant le volume des équipements et logiciels à acquérir et à déployer pour la fourniture des services de télécommunication mobiles.
- Planification du sous-système radio qui doit mener à la détermination des positions et capacités des stations de base et aussi à spécifier un plan de fréquences.
- Planification du sous-système réseau en spécifiant les emplacements et capacités des équipements du réseau fixe et les interconnexions entre eux.

3.7.2 Dimensionnement des réseaux cellulaires

Le dimensionnement des équipements et interfaces permet de prédire, d'un premier coup, le nombre des équipements et autres moyens à acquérir pour mettre les services de télécommunications mobiles des réseaux cellulaires en marche.

Le dimensionnement est lié au besoin en trafic des utilisateurs. Pour le cas des réseaux cellulaires, la détermination de la charge de trafic pour chaque cellule permet de dimensionner les différents liens (trafic et signalisation) sur l'interface radio. Ensuite, le dimensionnement des BTS peut se faire à partir de la charge estimée de sa zone de couverture. Le processus se déroule ainsi de proche en proche pour dimensionner à la fin les interfaces et équipements du réseau fixe (commutateurs et bases de données).

Les trafics dont il faut tenir en compte sont principalement :

- Le taux d'appels (nombre et durée des appels)
- Le trafic lié à la mobilité (mise à jour de localisation, handover, etc.).

3.7.3 Planification du sous système radio

La planification du BSS comprend les étapes suivantes :

- Un plan de couverture : qui a comme objectif de déterminer les emplacements des stations de base, leurs capacités et leurs puissances.
- Un plan de fréquence associé : La réutilisation plus serrée signifie plus de capacité dans le réseau, mais plus d'interférence. Il y a un compromis entre la capacité et les interférences. L'objectif de la planification des fréquences doit réduire au minimum possible les interférences à un niveau de capacité acceptable.
- Un plan de transmission : "Les dépenses pour la transmission sont de l'ordre de 20% des dépenses totales d'exploitation d'un opérateur par an". Le coût financier étant important, il faut trouver la solution la plus efficace et la moins coûteuse pour une topologie donnée du réseau.

Nous arrivons maintenant au vif de notre sujet qui est la planification du sous système réseau.

3.7.4 Planification de la partie fixe (NSS)

3.7.4.1 Présentation générale et objectifs

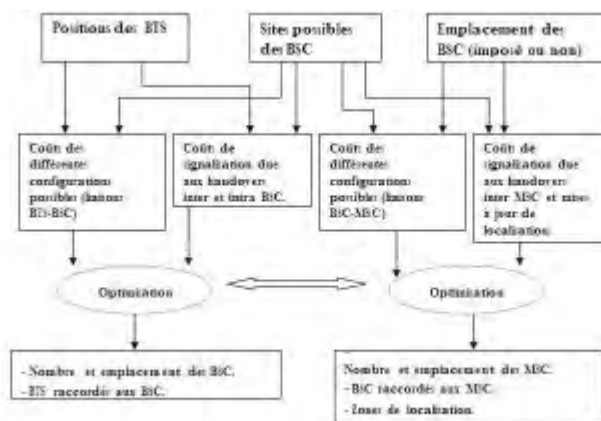


FIGURE 3.5 – Déroulement du processus de planification du réseau fixe

La planification du sous-système réseau vient après celle du sous- système radio. Elle comprend les étapes suivantes :

- Détermination des nombres et localisations des concentrateurs (BSC et MSC)
- Allocation des BTS aux BSC et des BSC aux MSC.
- Définition des zones de localisation.
- Définition des connexions entre les MSC.

3.7.4.2 Données d'entrée et contraintes

L'architecture du sous-système réseau comprend les concentrateurs (BSC, MSC), les équipements tels que les bases de données, les serveurs de messagerie, les plates formes du réseau intelligent, les passerelles vers les autres réseaux ainsi que les liaisons de transmission connectant les équipements entre eux et avec les équipements des réseaux extérieurs. Pour cela les données suivantes doivent être connues :

- Sites et capacités des stations de base.
- Capacités des différents types de concentrateurs (BSC, MSC).
- Emplacements possibles des concentrateurs.
- Coûts d'acquisition ou de location des sites des concentrateurs.
- Coûts d'exploitation et de maintenance des concentrateurs pour chaque site possible.
- Coût des liaisons de transmission entre les entités du réseau mobile.

Plusieurs contraintes sont prises en compte dans le processus de planification. Parmi les contraintes techniques, on note :

- Positions des concentrateurs qui sont souvent imposées en fonction de la disponibilité des sites.
- Capacité des liaisons de transmission entre les différents sites.
- Capacité de raccordement des concentrateurs. Cette capacité dépend des types et constructeurs de ces concentrateurs.
- Minimisation de la charge de signalisation. La signalisation ici est celle due aux différents types de handovers et de mises à jour de localisation.

Et parmi les contraintes de coût on note :

- Minimisation des coûts d'investissement, d'installation et d'exploitation des concentrateurs.
- Minimisation des coûts des liaisons de transmission.
- Minimisation des interconnexions.

3.8 Conclusion

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.

Rappelons ici rapidement qu'une BTS couvre environ 500m de zone en ville et 10 km de zone en campagne.

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 rouge, les éléments du réseau GSM.

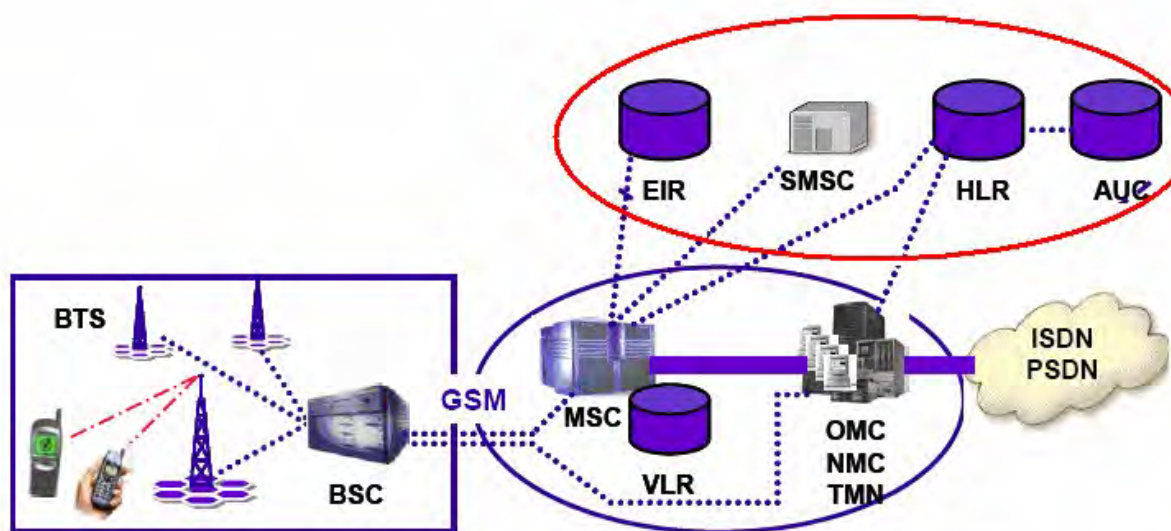


FIGURE 3.6 – Rappel Architecture GSM