

Chapitre 2 : Introduction à la Téléphonie

1. Principe de base de la téléphonie
2. Introduction au réseau de téléphonie commuté (RTC)
3. Introduction au réseau de téléphonie Mobile (cellulaire)

1. Principe de base de la téléphonie

Le transport de la voix est historiquement à l'origine des premiers réseaux de transmission. La téléphonie a été initialement prévue pour transmettre la voix humaine entre deux lieux distants l'un de l'autre. Elle utilise comme support des lignes électriques sur lesquelles transite un courant analogue aux signaux sonores.

Du premier système primaire qu'il était, le téléphone a évolué et la téléphonie est devenue une science en soi. Elle fait appel à des techniques de traitement du signal analogique et numérique. De plus, la possibilité de commuter intelligemment et économiquement les lignes d'abonnés est un art, car il s'agit de bien dimensionner les commutateurs pour que tout abonné puisse être rejoint facilement, presque en tout temps et avec un minimum de délai.

Une liaison téléphonique élémentaire est constituée par :

- Deux dispositifs émetteur-récepteur appelés postes téléphoniques,
- Une ligne bifilaire acheminant les signaux (paire torsadée),
- Une source d'énergie électrique (E). La tension continue nécessaire à l'alimentation des postes téléphoniques est fournie par une source installée au central téléphonique (batterie centrale).

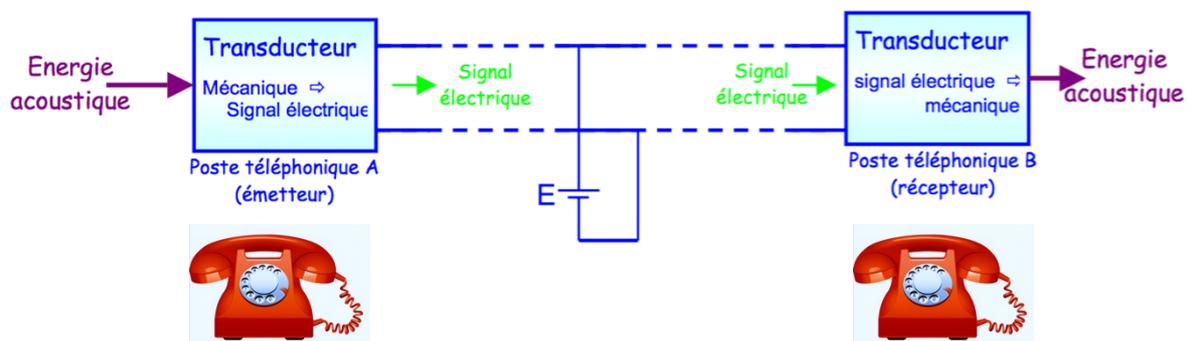


Figure 1. Schéma de principe d'une liaison téléphonique élémentaire

2. Introduction au réseau de téléphonie commuté (RTC)

2.1. Définition générale

Un réseau téléphonique est constitué d'un ensemble des organes nécessaires pour mettre en communication deux installations téléphoniques d'abonnés utilisant les renseignements fournis par l'abonné demandeur (numérotation) et de maintenir celle-ci pendant toute la durée de conversation avec une qualité d'écoute satisfaisante, tout en supervisant cette communication pour détecter toute coupure ou raccrochage afin de libérer les organes qui ont servi à la réalisation de la liaison et en fin, de faire une taxation.

Le RTCP (Réseau Téléphonique Commuté Publique) ou PSTN (Public Switched telephone Network) ou couramment appelé RTC constitue un des plus grands réseaux au monde avec plusieurs centaines de millions d'abonnés.

Essentiellement analogique au départ, le réseau s'est progressivement numérisé mis à part la ligne d'abonné qui reste encore analogique.

Il donne accès à de multiples fonctions, le RTC nous permet d'utiliser de multiples services tel que la transmission et réception de fax, l'utilisation d'un minitel, accéder à Internet etc.

On peut considérer que le RTC est constitué d'un réseau local (boucle locale) est d'un réseau dorsal (backbone).

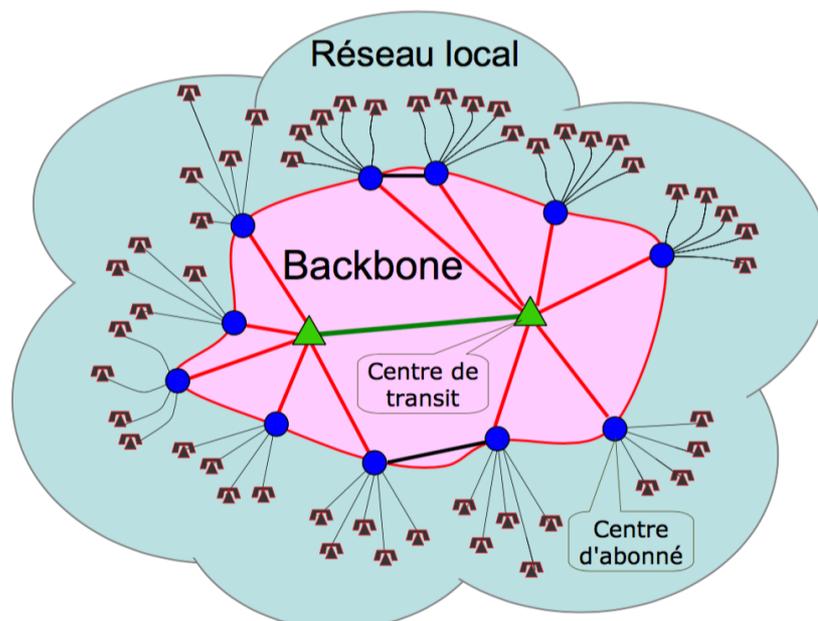


Figure 2. Structure du RTC

2.2. Organisation du réseau

2.2.1. Le réseau local

Le réseau local ou réseau périphérique est constitué essentiellement des lignes d'abonnés qui sont constituées de paire de cuivre de diamètre 0.4 à 0.6 mm de diamètre.

La ligne téléphonique aussi appelée boucle locale relie le poste téléphonique de l'abonné au commutateur d'entrée dans le réseau Backbone de l'opérateur.

Ce commutateur est appelé commutateur de rattachement ou commutateur d'abonné. Il se situe dans un bâtiment appelé central ou centre téléphonique (le terme centre sera souvent confondu avec le terme commutateur).

Pour faciliter le déploiement et l'exploitation du réseau périphérique, celui-ci est organisé comme indiqué sur la **Figure 3**.

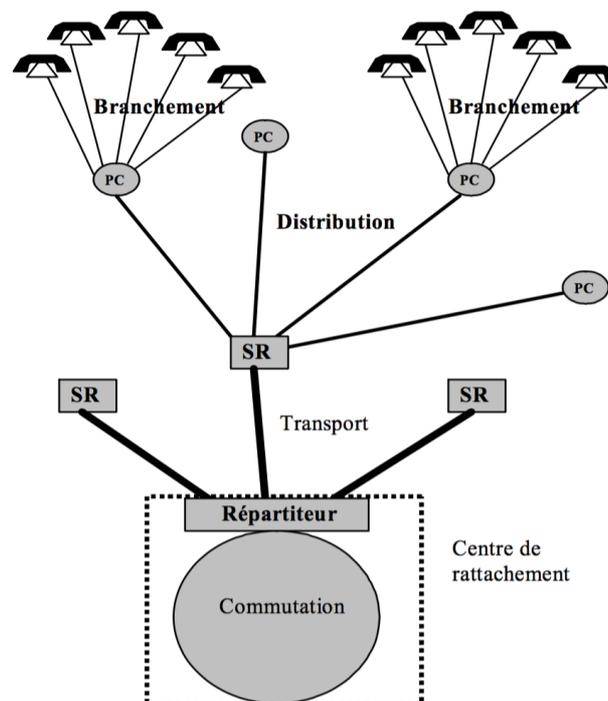


Figure 3. Structure de réseau local

On distingue :

- 1) **Les postes téléphoniques**
- 2) **Les câbles de branchement** : Ce sont des lignes bifilaires individuelles
- 3) **Les points de concentration (PC)** : Ce sont des petites boîtes placées sur des poteaux ou dans des endroits réservés au sein des immeubles desservis. Les paires téléphoniques arrivent au PC sur des réglettes, des connexions amovibles les relient à

d'autres réglettes sur lesquelles sont branchés les câbles de distribution. Le point de concentration PC n'est rien d'autre qu'un mini répartiteur de petite capacité d'une à quelques dizaines de paires.



Figure 4. Point de concentration (PC)

- 4) **Les câbles de distributions** relient les points de concentration au sous répartiteurs. Ces câbles peuvent être soit aériens, soit posé en plein terre (moins onéreux mais vulnérables) soit en canalisations souterraines.
- 5) **Les sous répartiteurs SR** sont des "casiers" placés sur les trottoirs. Ils permettent de la même façon qu'un PC de regrouper les câbles de distribution vers les câbles de transport qui sont plus volumineux. Un SR peut connecter jusqu'à 1500 paires.



Figure 5. Sous répartiteur (SR)

- 6) **Les câbles de transport** sont similaires aux câbles de distribution avec des capacités plus élevée, 112 à 2688 paires. Ces câbles sont posés dans des conduites souterraines.
- 7) **Le répartiteur général** constitue le point d'accès des lignes à l'autocommutateur.



Figure 6. Répartiteurs généraux

2.2.2. Le réseau dorsal

Il est constitué des commutateurs et des systèmes de transmission. Le réseau a une structure étoilée/maillée, mais avec l'arrivée de la hiérarchie SDH¹, le réseau a tendance à migrer vers une structure en anneau.

a. Les commutateurs

Les commutateurs (centres) sont fonctionnellement de deux types : Les centres d'abonnés et les centres de transit.

i. Les centres d'abonnés

Ce sont les centres qui permettent le rattachement des abonnés. Ils sont différenciés en deux types :

- **Les centres à autonomie d'acheminement CAA** qui sont capables d'analyser les numéros qu'ils reçoivent et les traduire en un itinéraire parmi ceux possibles pour acheminer la communication vers l'abonné demandé.
- **Les centres locaux CL** qui ne sont pas capables d'analyser la numérotation ou ils sont seulement capables d'analyser les numéros des abonnés qu'ils desservent, les autres sont tous acheminés vers une seule direction. S'ils n'ont aucune intelligence et leur rôle se limite à la concentration, on les appelle aussi centres auxiliaires.

¹ La hiérarchie numérique synchrone (en anglais Synchronous Digital Hierarchy)



Figure 7. La commutation manuelle avant les CAA

ii. Les centres de transit

Ils permettent de connecter les commutateurs qui n'ont pas de liaison entre eux. Ceci permet d'avoir un réseau étoilé plus facile à gérer et moins onéreux.

Les centres de transits sont aussi différenciés en deux types, **les centres de transit secondaires (CTS)** et **les centres de transit principaux (CTP)**.

Ils permettent de connecter les réseaux de deux pays sont appelé centres de transit internationaux.

Remarque : un centre peut assurer simultanément la fonction de rattachement d'abonnés et de transit.

Le réseau dorsal est découpé **en zones** ; on distingue :

- **Zone locale (ZL)**, c'est la zone desservie par un CL.
- **Zone à autonomie d'acheminement (ZAA)**, c'est la zone desservie par un CAA. Une ZAA qui englobe plusieurs CAA est dite zone à autonomie d'acheminement multiple ZAAM.
- **Zone de transit secondaire ZTS**, c'est la zone desservie par un centre de transit secondaire (CTS).
- **Zone de transit principale ZTP**, c'est la zone desservie par un centre de transit principal (CTP).

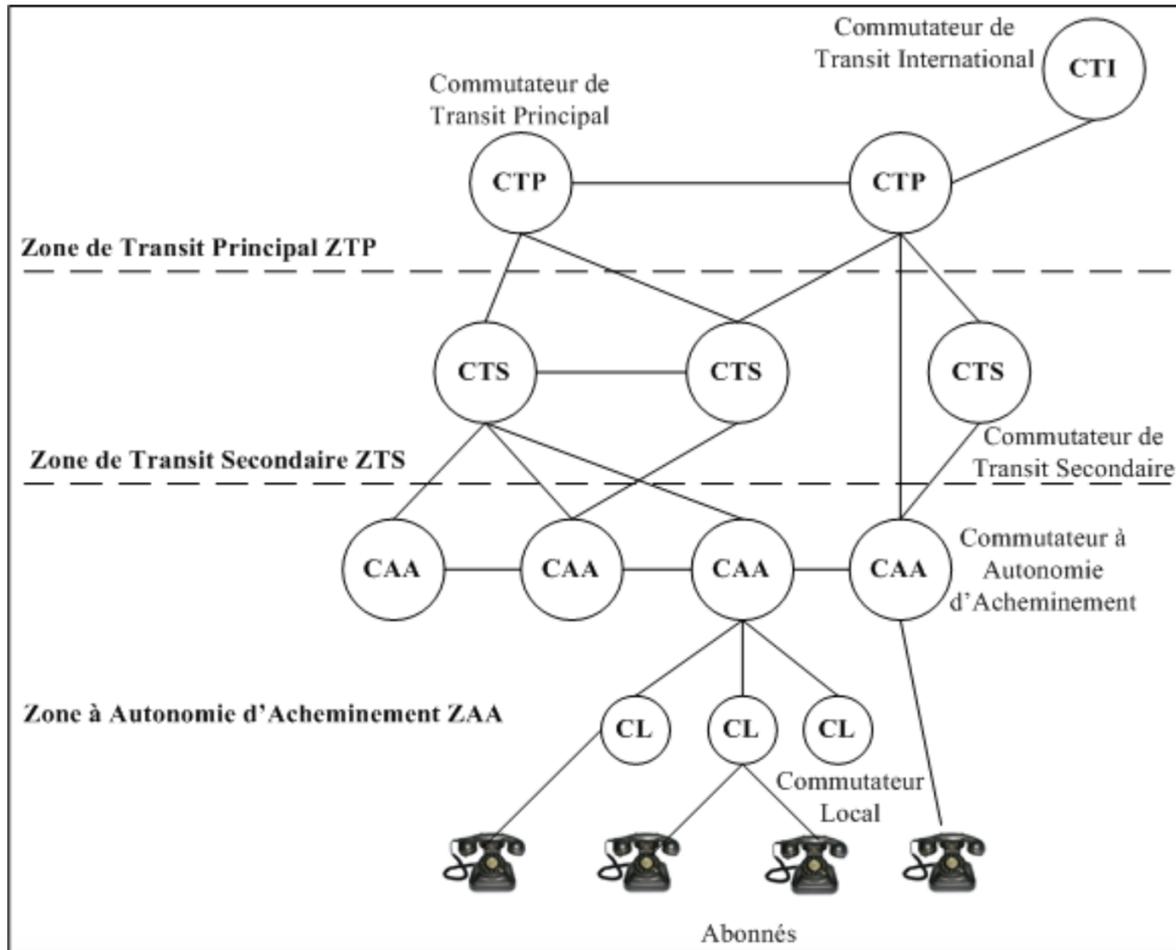


Figure 8. Schéma simplifié d'un tronçon du réseau RTC

2.3. Organes constitutifs d'un poste téléphonique simple

2.3.1. Les organes de conversation

Ils assurent l'échange conversationnel entre les 2 correspondants :

- **Le microphone** : c'est un convertisseur d'énergie, les ondes sonores entraînent la vibration d'une membrane sensible qui provoque la création d'un signal électrique variant au même rythme que la voix.
- **L'écouteur** : il restitue sous forme acoustique l'énergie électrique reçue, en la transformant en énergie mécanique imposant un mouvement vibratoire à l'air ambiant.
- **Le combiné** : c'est le support ergonomique sur lequel sont montés le microphone et l'écouteur récepteur.
- **Bobine d'induction** (ou transformateur) et **Condensateur** assurent :
 - Adaptation d'impédance entre le microphone et la ligne, et entre la ligne et l'écouteur.

- Elimination de l'effet local (antilocal), évite d'entendre sur l'écouteur les sons émis sur le microphone du même combiné.
- Séparation des courants de natures différentes,
- **Deux diodes** : montées en antiparallèle sur le récepteur, elles absorbent les surtensions et réduisent le choc acoustique à un niveau supportable par l'oreille.
- **Un redresseur** rend l'appareil indépendant de la polarité de la ligne

2.3.2. Les organes d'appel (d'émission)

L'abonné fait connaître à son centre de rattachement le numéro d'identification du correspondant désiré en le composant soit sur le cadran d'appel rotatif (ancien), soit sur le clavier numérique (actuel). Ce dispositif transmet alors au central un signal codé.

2.3.3. Les organes de réception d'appel

La signalisation d'un appel est faite par une sonnerie mise en marche par un courant alternatif (au travers d'un filtre).

Lors du décrochage du combiné, le centre de rattachement constate la fermeture du crochet, interrompt le signal d'appel et établit la liaison.

2.4. Mise en relation et identification du destinataire

Avant que ne commence la communication, la mise en relation, fait intervenir un canal spécial appelé "**canal sémaphore**", qui gère, en outre la numérotation, et l'envoi d'une sonnerie au destinataire. L'échange d'informations nécessaire à la mise en relation est appelé : "**signalisation**"

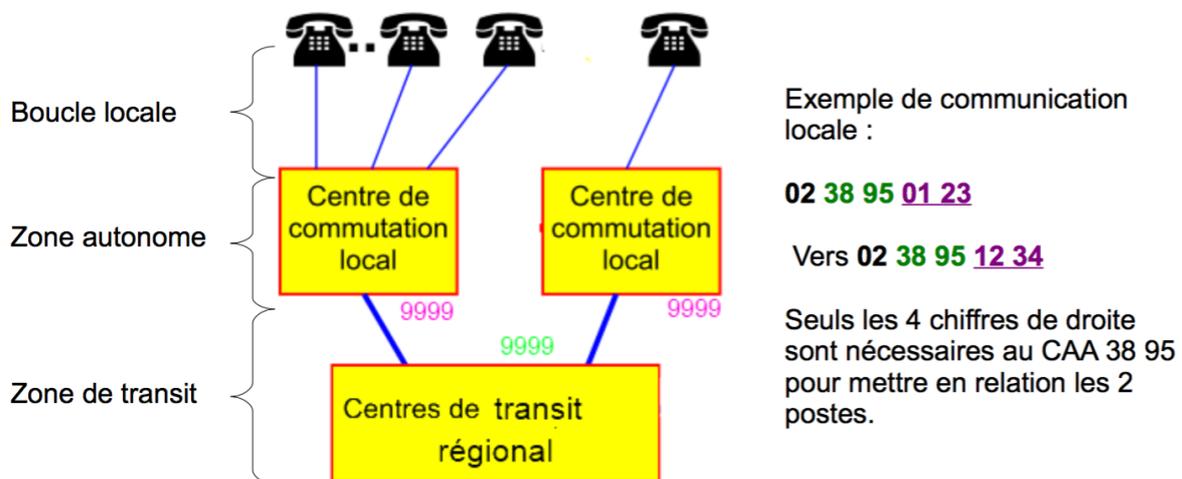


Figure 9. Exemple d'une communication locale

3. Introduction au réseau de téléphonie mobile

3 1. Les réseaux Hertziens

Les réseaux hertziens représentent tout système de communication qui utilise les voies hertziennes.

En général, sous forme de réseaux cellulaires,

- Ensemble de zones géographiques (cellules)
- Arrosées par des antennes situées au centre.
 - a. **Les réseaux de mobiles** utilisent ces réseaux hertziens cellulaires en permettant le passage d'une cellule à une autre sans couper la communication (Exp: GSM, UMTS)
 - b. **Les réseaux sans fil**, au contraire, ne permettent que le *nomadisme* (déplacement de l'utilisateur entre les connexions), l'utilisateur restant immobile lors de la connexion (Exp: WiFi, WiMAX).
 - c. **Les réseaux satellite** sont sous forme de cellules fixes ou mobiles suivant la position et la vitesse du satellite.

La mobilité une fonction primordiale (la téléphonie, la transmission de données).

La mobilité lors d'une communication téléphonique est totalement banalisée depuis le GSM.

En revanche, les connexions à haut débit ne le sont que depuis l'arrivée de l'UMTS haut débit, avec le HSDPA, et des connexions Wi-Fi et WiMAX.

3 2. Les réseaux mobiles

Les réseaux mobiles appartiennent à la famille des réseaux cellulaires

Une cellule est une zone géographique dont tous les points peuvent être atteints à partir d'une même antenne.

Lorsqu'un utilisateur d'un réseau cellulaire se déplace et change de cellule, le cheminement de l'information doit être modifié pour tenir compte de ce déplacement.

Cette modification s'appelle un changement intercellulaire, ou **Handover**, ou encore **Handoff**.

La gestion des handovers est souvent délicate puisqu'il faut trouver une **nouvelle route** sans interrompre la communication.

La gestion de la mobilité demande généralement deux bases de données, un **HLR** (Home Location Register), qui tient à jour les données de l'abonné, et un **VLR** (Visitor Location Register), qui gère le client dans la cellule où il se trouve.

3.2.1. Notion de cellule

Le territoire est divisé en "cellules", desservies chacune par une station de base ou BTS (Base Transceiver Station).

L'ensemble de ces cellules forme un seul réseau (sans que cette division soit perceptible ni à un usager du réseau fixe, ni à un usager mobile)

Les mêmes canaux de fréquence sont réutilisés dans plusieurs cellules selon la capacité du système à résister aux interférences

En zone rurale (faible densité d'utilisateurs): les stations de base sont déployées pour assurer une couverture, si possible, en tout point du territoire. Un terminal est sous la portée d'une station de base et peut l'atteindre.

En zone urbaine (forte densité d'utilisateurs): les stations de base sont déployées pour écouler le trafic : la densité des stations de base est imposée par la charge à écouler.

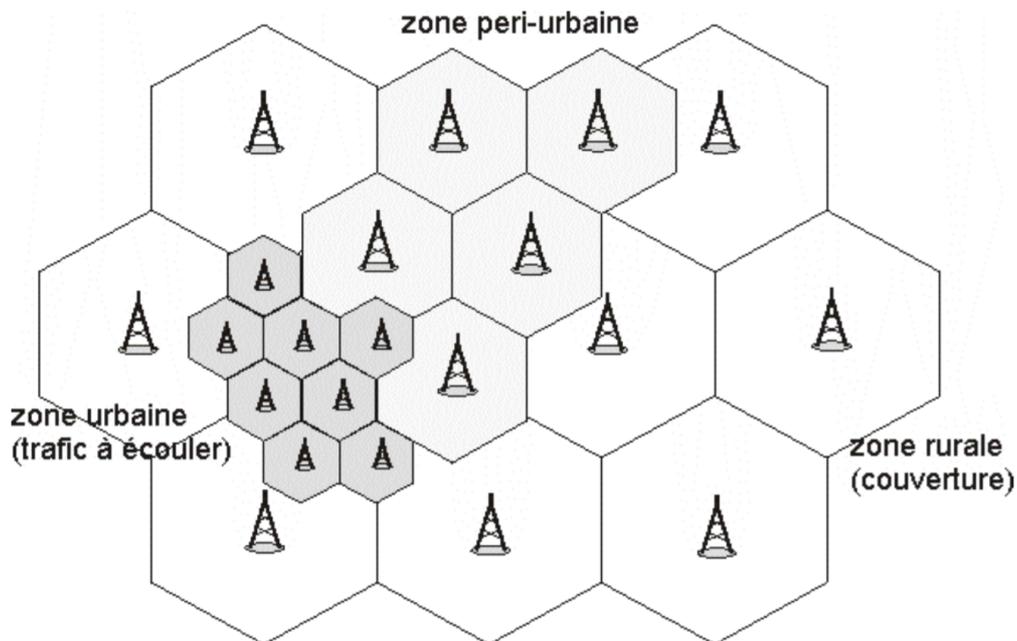


Figure 10. Différents types de cellules selon la zone desservie

3.2.2. La station de base (BTS)

Couvre un territoire restreint (une cellule), de quelques centaines de « m » à quelques dizaines de « km »

La BTS gère la transmission et la réception du signal suivant des formats et un protocole spécifique à chaque génération (2G, 3G, 4G)

Elle contient les algorithmes d'allocation de la ressource radio et gère les messages associés (exemple, allocation d'une fréquence et d'un intervalle de temps)

4. Les cinq générations de réseaux de mobiles

Parmi les utilisateurs mobiles, il y a ceux qui :

- Ont une forte mobilité et qui changent de zone géographique
- Utilisent des accès sans fil et qui restent immobiles ou se déplacent si peu qu'ils restent connectés à la même entrée du réseau.

Trois générations de réseaux de mobiles se sont succédé, qui se distinguent par la nature de la communication transportée :

- Communication analogique ;
- Communication numérique sous forme circuit, avec deux options : mobilité importante et mobilité

Ces trois générations de réseaux de mobiles sont complétées par deux nouvelles, qui tiennent compte de l'augmentation du débit pour atteindre plus de 10 Mbit/s pour la 4ème génération (4G), avec la possibilité de se connecter à plusieurs réseaux simultanément et les très hauts débits, de l'ordre de 1 Gbit/s, pour la 5ème génération (5G).

Les réseaux de mobiles les plus répandus actuellement appartiennent à la deuxième et à la troisième génération (2G et 3G).

Les services fournis par la première génération (1G) de réseaux de mobiles, sans fil et cellulaires, sont quasi inexistantes en dehors du téléphone.

Cette génération repose sur une communication analogique. Son succès est resté très faible en raison du coût des équipements, qui n'ont pas connu de miniaturisation.

La deuxième génération (2G) est passée au circuit numérique. La normalisation d'un faible nombre d'interfaces a permis le développement de composants en grande série et l'arrivée du téléphone mobile dans le grand public.

4.2. La première génération (1G)

Exemples de systèmes :

1975 : AMPS (Advanced Mobile Phone System) en USA :

Bande allouée : 824 - 849MHz et 869 - 894MHz 832 canaux de 30 KHz pour de la parole.

Duplex : FDD* ($\Delta f = 45\text{MHz}$)

Motif à 12 bandes de fréquence pour les cellules. Mise en service en 1983.

1981 : NMT (Nordic Mobile Phone) en Suède, Norvège, Danemark,

TACS (Total Access Celular System) en UK, Italie, Espagne, Autriche, Irlande, qui utilisait des fréquences de 450 MHz puis 900 MHz desservant 180 puis 1999 canaux.

Parmi les inconvénients de ces systèmes de 1G

- Les téléphones mobiles à communication analogique
- Pas de cryptage (aucune confidentialité)
- Occupation spectrale importante
- Qualité de services médiocre et peu de services
- La largeur de la bande de fréquences était entre 15 et 30 KHz suivant les systèmes
- Interfaces radio différentes selon les pays : Volumineux !
 - Problème de compatibilité en fonction du lieu
 - Saturation

4.3. GSM (2G) : Global System for Mobile communication

GSM est la norme de téléphonie mobile de seconde génération développée à partir de 1990.

Cette technologie représente la première technologie de téléphonie numérique sans fil. En 1992, le GSM est utilisé dans 7 pays européens.

En France, le GSM fonctionne entre les fréquences 900 Mhz et 1800 Mhz (Etats-Unis : 1900 MHz). Le débit moyen du GSM est similaire à celui du FAX, c'est-à-dire 9,6 kbits/sec.

4.4. GPRS (2.5G) : General Packet Radio Service

Le GPRS est une évolution importante du GSM. L'objectif principal de cette évolution est d'accéder aux réseaux IP. Débit théorique est de l'ordre de 171,2 kbit/s, et le débit réel est de l'ordre de 30 kbit/s. Le GPRS supporte différents niveaux de qualité de service (QoS).

Quatre paramètres définissent la qualité de service : la classe de priorité, la classe de fiabilité, la classe de délai / retard et la classe de débit

Le GPRS utilise la même infrastructure que le GSM mais avec un double réseau cœur, celui du GSM, c'est-à-dire d'un réseau à commutation de circuits, et celui d'un réseau à transfert de données. Si l'utilisateur téléphone, l'information transite par le réseau cœur de type circuit téléphonique. Si l'utilisateur émet des paquets, ces derniers sont acheminés par le réseau cœur de type paquet.

Le réseau cœur utilise une technique de relais de trames. Nous ne considérons dans la suite que la partie paquet ajoutée au GSM. Le terminal intègre les composants nécessaires au traitement de la parole téléphonique pour la numériser de façon plus ou moins compressée et se complète d'un modem, qui émet les paquets de l'utilisateur vers le réseau cœur paquet.

La traversée de l'interface radio utilise les slots du TDMA qui ne sont pas utilisés par la parole téléphonique.

4.5. La troisième génération 3G

Il existe plusieurs technologies 3G dans le monde. Chacune d'elles suivent les recommandations IMT2000. Suivant les continents, la norme utilisée est différente :

- UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) pour l'Europe
- CDMA-2000 pour l'Amérique à
- W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) pour le Japon et la Corée
- TD-SCDMA pour la Chine

Ces normes permettent de transporter les données sans-fil à haut débit sur la même connexion. La particularité des technologies 3G est d'avoir un réseau cœur IP.

a. Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

Le réseau_UMTS a été développé en 2004 sous sa première version Release 99 (R99).

L'UMTS fonctionne sur la bande de fréquences 1900-2000 MHz et permet un débit réel de l'ordre de 384 kbits/s (8 fois plus rapide que le GPRS) et est basée sur la technologie W-CDMA (utilisée au Japon et Corée)

Tout comme le réseau GSM, l'UMTS est divisé en plusieurs cellules de tailles variables.

Chacune d'entre elles est présente en fonction de la densité de population à servir et de la vitesse de mobilité. L'accès par satellite est une extension.

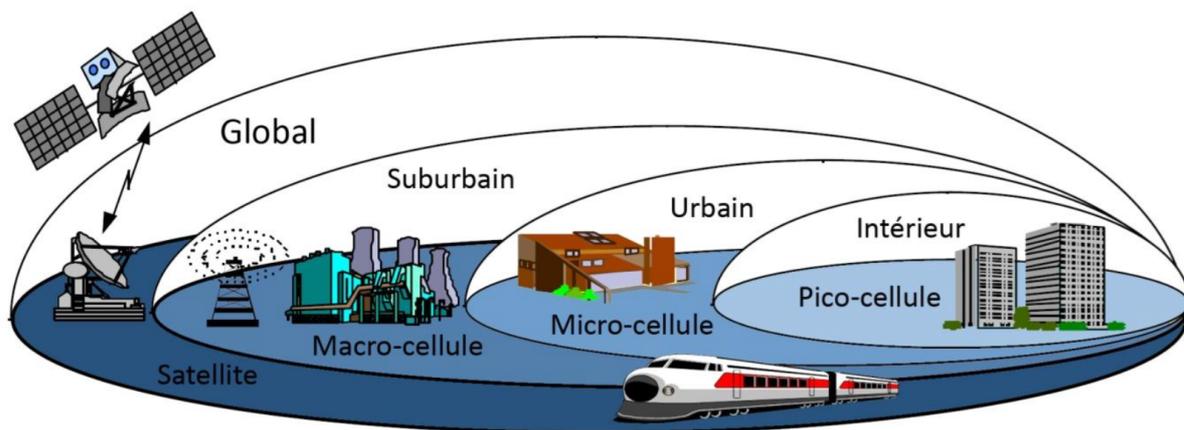


Figure 11. Hiérarchie des cellules de l'UMTS

b. Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA)

L'interface radio de l'UMTS se base sur le W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). W-CDMA se base sur une technique plus ancienne qui est le CDMA (Code Division Multiple Access).

Le CDMA est utilisé dans de nombreux systèmes de communication. Il permet d'avoir plusieurs utilisateurs sur une **même onde porteuse**. Les transmissions sont numérisées, dites à **étalement de spectre**. L'étalement du spectre rend le signal moins sensible aux fluctuations sélectives en fréquence. Le signal est ainsi transmis sur une bande de fréquences beaucoup **plus large** que la bande de fréquences nécessaire.

Parmi les avantages du CDMA (l'étalement du spectre) nous citons :

- Efficacité spectrale
- Sécurité de la transmission : le signal codé est détectable comme étant du bruit.
- Handover
- Gestion du plan de fréquences
- Concentration de trafic

4.6. La quatrième génération (4G) : Long Term Evolution (LTE)

L'évolution à long terme est l'équivalent français du terme anglais LTE.

Elle désigne un projet réalisé par l'organisme de standardisation 3GPP œuvrant à rédiger des techniques qui permettront d'améliorer la norme UMTS des réseaux cellulaires 3G vers la 4G, pour faire face aux futures évolutions technologiques.

Théoriquement, le LTE peut atteindre un débit de 50 Mb/s en lien montant et 100 Mb/s en lien descendant.

En réalité, l'ensemble de ce réseau s'appelle EPS (*Evolved Packet System*), et il est composé des deux parties :

- ✓ Le réseau d'accès évolué E-UTRAN.
- ✓ Le réseau cœur évolué SAE (System Architecture Evolution).

Le seul inconvénient de cette nouvelle technologie est l'installation de ses nouveaux équipements qui sont différents de ceux des normes précédentes, et le développement des terminaux adaptés.