



Structure et fonctionnement du réseau GSM



Jean-Philippe MULLER

Décembre 2000

Sommaire :

- 1- Le réseau cellulaire GSM-DCS
- 2- Les différents types de cellules
- 3- Structure générale du réseau
- 4- Les fréquences de travail du GSM
- 5- Evolution des bandes GSM dans le temps
- 6- La voie balise et la voie de trafic
- 7- Le spectre de la bande GSM descendante
- 8- Le spectre de la bande GSM montante
- 9- Le multiplexage temporel
- 10- Détection de l'activité d'émission du mobile
- 11- Contrôle par la base de la puissance d'émission
- 12- Contrôle par la base du début d'émission
- 13- La détection du changement de cellule
- 14- Les différents types de signaux échangés
- 15- Le format des échanges
- 16- Le mobile en fonctionnement

1) Le réseau cellulaire GSM - DCS

La distance entre le mobile et un équipement fixe de radiotéléphonie est limitée par les conditions de propagation des ondes radio.

Pour limiter la puissance d'émission nécessaire et donc augmenter l'autonomie des mobiles, on découpe le territoire en petites zones appelées **cellules**.

Chaque cellule est équipée d'une **station de base** fixe munie de ses antennes installées sur un point haut (château d'eau, clocher d'église, immeuble ...).

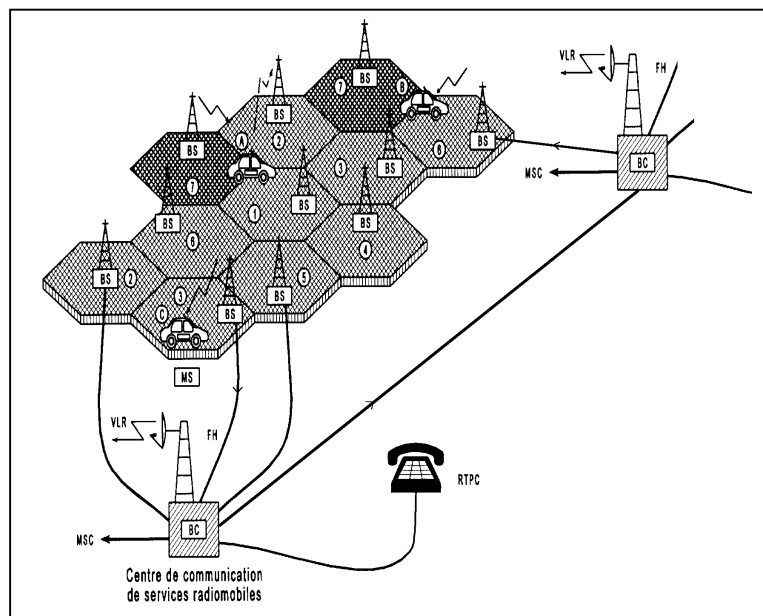
Lorsqu'on téléphone :

- le mobile transmet par radio la communication vers la station de base de sa cellule.
- la conversation est ensuite acheminée de façon plus classique (câble, fibre optique ...) vers le correspondant s'il est raccordé au réseau téléphonique filaire, ou à sa station de base s'il est équipé d'un mobile.
- cette station de base transmet finalement la conversation par radio au correspondant.

Même si deux personnes se trouvent dans la même cellule et se téléphonent, la conversation ne passe jamais d'un GSM à l'autre :

- un mobile GSM ne peut émettre des signaux radio que vers une station de base
- un mobile GSM ne peut recevoir des signaux radio que d'une station de base

Figure 1.
Structure
cellulaire du
réseau GSM .



BS : station de base d'une cellule
BC : centre de communication des cellules
MSC : centre de communication des mobiles
VLR : enregistreur des mobiles visiteurs
FH : faisceau hertzien
RTPC : réseau téléphonique commuté

Lorsqu'on téléphone en se déplaçant, il est possible qu'on change de cellule. C'est surtout le cas lorsqu'on téléphone depuis sa voiture.

Il est nécessaire alors de changer la station de base avec laquelle le terminal est relié tout en maintenant la communication : c'est le **transfert intercellulaire** ou **handover**.

Le mobile et la station de base interviennent dans cette opération de changement de cellule :

- le téléphone GSM mesure en permanence la force du signal radio reçu de la station de base et écoute aussi les stations de base des cellules voisines
- lorsqu'il constate qu'il reçoit mieux une autre station de base que celle avec laquelle il échange les signaux, il en informe sa station de base
- la station de base décide alors de passer le relais à la station de base voisine et met en œuvre la procédure de handover

2) Les différents types de cellules

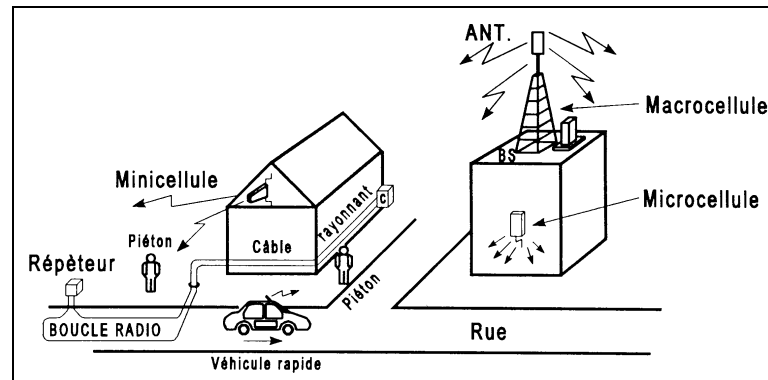
Les cellules sont en principe hexagonales mais la portée réelle des stations dépend de la configuration du territoire arrosé et du diagramme de rayonnement des antennes d'émission. En fait, on peut espérer que les cellules BS (ou BTS) se recoupent, tout au moins dans les zones de grande densité démographique.

La partie la plus visible de la cellule GSM est la station de base BTS avec sa tour équipée d'un certain nombre d'antennes.

Dans une cellule GSM typique (macrocellule), les mobiles peuvent être situés jusqu'à 35 km de la station de base pour le GSM900 et 2 km (minicellule) pour le DCS1800 (puissance plus faible, atténuation plus importante avec la distance).

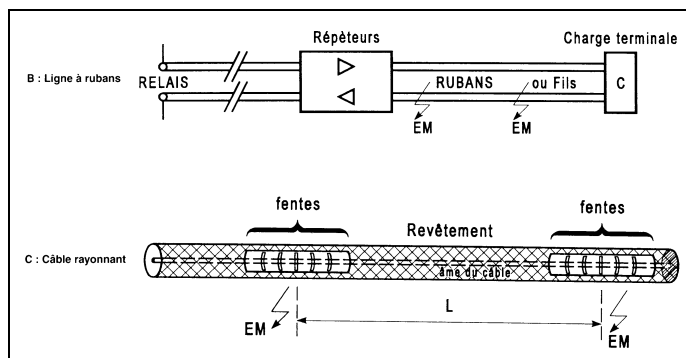
Pour les piétons qui évoluent beaucoup moins vite qu'une voiture et au niveau du sol, on ajoute des sous-stations de petites dimensions sur un site peu élevé et sur les murs des immeubles.

Figure 2.
Installation
d'une cellule en
ville.



Dans les villes, on peut faire appel à des boucles radio enterrées ou courant sur les murs, boucles constituées soit de fils ou rubans de cuivre reliant des répéteurs et rayonnant au niveau de sol.

Figure 3.
Exemples de
boucles radio pour
l'environnement
urbain.

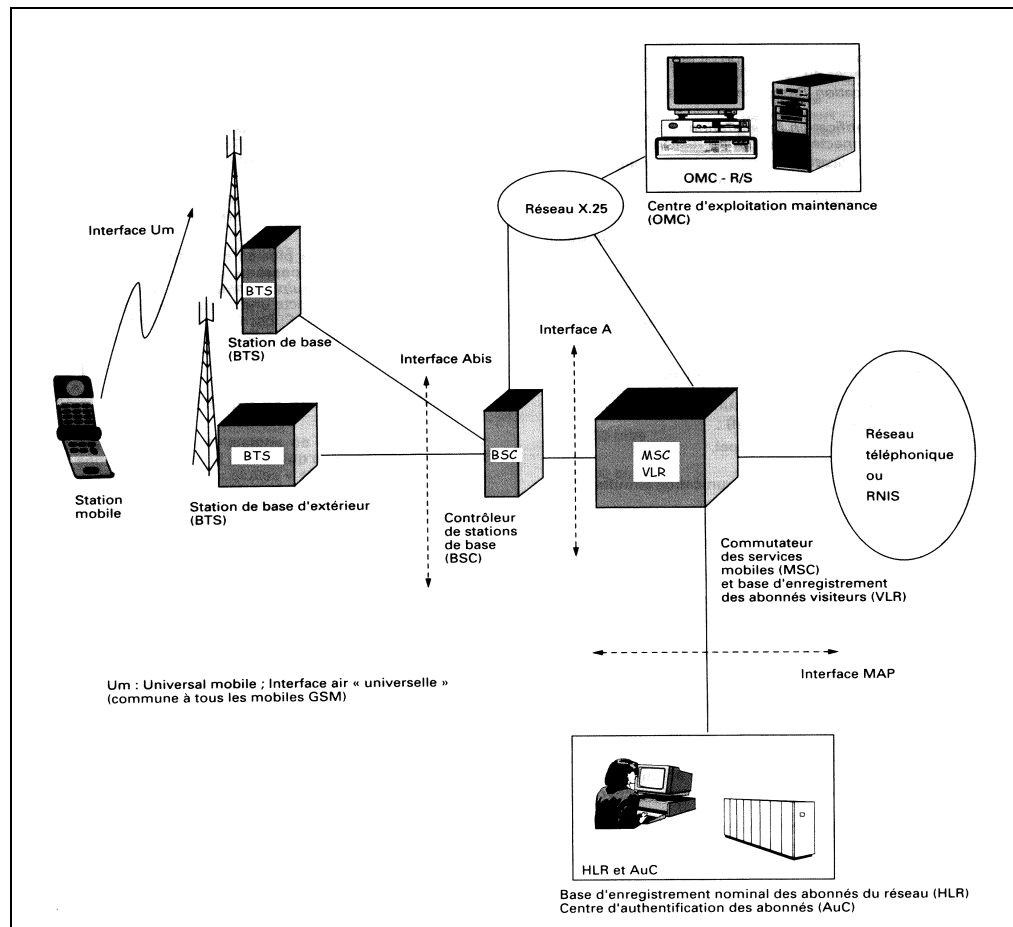


Dans les rues encaissées, les tunnels ou les bâtiments, on utilise aussi des câbles rayonnants dont le revêtement extérieur est usiné de telle sorte que le champ créé par l'âme centrale puisse s'échapper de place en place vers l'extérieur.

3) Structure générale du réseau

Les fonctions mises en œuvre dans le réseau GSM sont celles requises dans tout réseau de mobiles comme la numérotation, l'acheminement vers un usager mobile, le transfert de cellules. etc.

Figure 4.
Structure
générale d'un
réseau GSM.



Une **station mobile** est caractérisée par deux identités :

- le numéro d'équipement, IMEI (International Mobile Equipment Identity) mis dans la mémoire du mobile lors de sa fabrication
- le numéro d'abonné IMSI (International Mobile Subscriber Identity) se trouvant dans la carte SIM (Subscriber Identity Module) de l'abonné

Le **système de communication radio** ou **Base Station System (BSS)** est l'équipement physique qui assure la couverture de la cellule. Il comprend :

- un **contrôleur de stations de base BSC** (Base Station Controller)
- les **stations de transmission de base BTS** (Base Transmitter Station)

Une BSC contrôle en général entre 20 et 30 BTS et possède son **registre d'abonnés visiteurs VLR** qui stocke dynamiquement les informations de l'abonné liées à sa mobilité.

Le **commutateur de services mobiles (MSC)** est un autocommutateur qui assure les fonctions de commutation nécessaires pour les mobiles situés dans la zone de localisation.

Le **registre des abonnés nominaux** ou **HLR** : Home Local Register) est une base de données utilisée pour la gestion des abonnés mobiles. Deux types d'information sont stockés dans le registre d'abonnés nominaux :

- les informations d'abonnés : numéro d'abonné (IMSI), numéro ISDN (Integrated Services Digital Network) de la station mobile
- une partie de l'information sur la localisation de l'abonné, permettant aux appels entrant dans le réseau d'être acheminés jusqu'à ce mobile

4) Les fréquences de travail du GSM

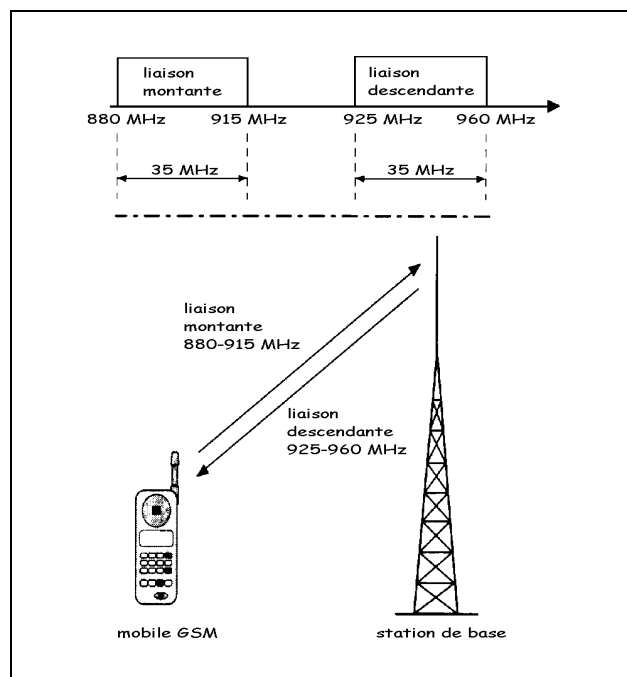
Dans le système GSM/DCS, deux bandes de fréquences, l'une autour des 900 MHz et l'autre autour de 1,8 GHz, sont utilisées. Chaque bande de fréquences sont divisées en deux sous-bandes, servant l'une pour le transfert d'informations entre le poste GSM mobile et la station de base (voie montante), et l'autre pour la liaison entre la station de base et le mobile (voie descendante) :

- bande EGSM étendue (bande de largeur totale 35 MHz)
 - de 880 à 915 MHz du mobile vers la base
 - de 925 à 960 MHz de la base vers le mobile
 - écart entre les deux fréquences 45 MHz, 174 canaux espacés de 200 kHz
- bande DCS (bande de largeur totale 75 MHz)
 - de 1710 à 1785 MHz du mobile vers la base
 - de 1805 à 1880 MHz de la base vers le mobile
 - écart entre les deux fréquences 95 MHz, 374 canaux espacés de 200 kHz

Du fait de l'atténuation de l'onde électromagnétique en $1/f^2$ au cours de la propagation qui pénalise les hautes fréquences, un système DCS est à priori microcellulaire, adapté aux zones urbaines à forte densité de trafic . Il demande une plus grande densité de stations de base mais la largeur de bande disponible est plus confortable.

En fonctionnement, un mobile utilisera donc un canal de la bande prévue pour la liaison montante et le canal correspondant dans la bande réservée à la liaison descendante. Ce numéro de canal peut changer durant une communication lorsque la qualité devient insuffisante (saut de fréquence).

Figure 5.
Liaison entre
mobile et station
de base pour le
GSM .



Chaque porteuse GSM ou DCS est identifiée de manière unique par un numéro n , désigné par le sigle ARFCN, codé sur 10 bits conformément au plan suivant où la fréquence de la voie descendante est exprimée en MHz:

- pour $1 \leq n \leq 124$ $f = 935 + (0,2 \times n)$ (GSM)
- pour $975 \leq n \leq 1024$ $f = 935 + (0,2 \times (n-1024))$ (GSM étendu EGSM)
- pour $512 \leq n \leq 885$ $f = 1805,2 + (0,2 \times (n-512))$ (DCS 1800)

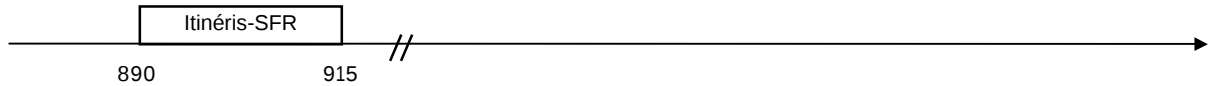
La fréquence de la voie montante est calculée en utilisant l'écart duplex constant pour chaque système.

La numérotation des canaux étant commune aux bandes GSM 900 et DCS 1800, il est possible de déployer des réseaux mixtes avec des BTS à 900 MHz et des BTS à 1800 MHz, sous réserve qu'il existe des terminaux bibande.

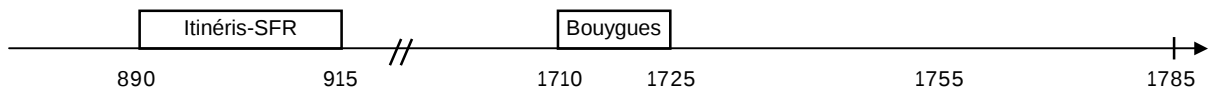
5) Evolution des bandes GSM dans le temps

La répartition des fréquences entre les différents opérateurs n'est pas figée mais est amenée à évoluer au cours du temps suivant le degré de saturation des cellules en environnement urbain.

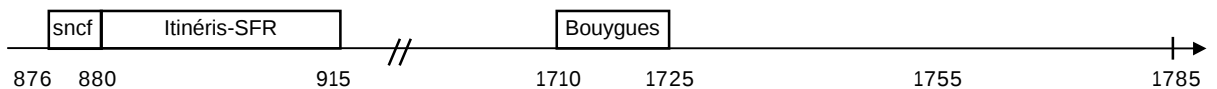
- Initialement la bande de fréquence montante réservée aux communications entre mobile et base allait de 890 à 915 MHz et était partagée entre les deux opérateurs Itinérés et SFR.



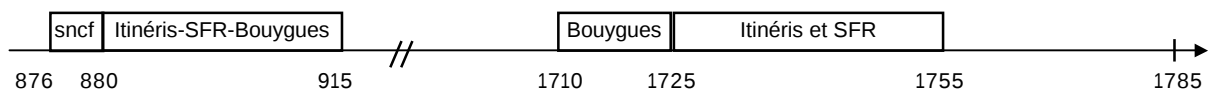
- En 1996, on alloue à un troisième opérateur, Bouygues, une partie de la bande DCS située au-dessus de 1,7 GHz.



- En 1997, la SNCF et les réseaux ferroviaires européens adoptent la norme GSM pour les communications de service et obtiennent une bande de fréquence propre en-dessous de la bande GSM. Celle-ci est étendue de 10 MHz vers le bas (Extended GSM) pour répondre à l'augmentation de trafic.



- A partir de 1999, on attribue à Itinérés et SFR une bande de fréquences dans la gamme DCS, ce qui permet à ces deux opérateurs d'attribuer, en cas de saturation de la bande GSM, des canaux dans la bande DCS à leurs abonnés équipés de mobiles bi-bande. Par souci d'équité entre opérateurs, Bouygues se voit attribuer des canaux dans la bande EGSM.



Cette évolution est effective fin 1999 pour les grandes villes comme Paris, Lyon, Marseille, Strasbourg ainsi que sur la Côte d'Azur.

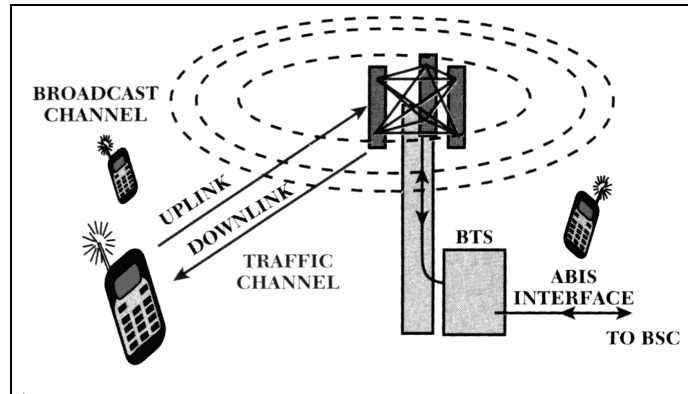
Elle est mise en place au fur et à mesure de l'augmentation du trafic dans les agglomérations d'importance moindre.

6) La voie balise et la voie de trafic

Chaque BTS est équipée pour travailler sur un certain nombre de canaux qui sont autant de paires de fréquences émission-réception. Le nombre de canaux déterminera le nombre maximal d'utilisateurs possibles dans cette cellule.

Toute BTS émet en permanence des informations sur son canal BCH (Broadcast Channel) appelé aussi voie balise. Ce signal constitue le lien permanent reliant mobile et station de base à partir de la mise en route du mobile jusqu'à sa mise hors service, qu'il soit en communication ou non.

Figure 6.
Le BCCH diffuse
ses informations
vers tous les
mobiles de la
cellule.



Schématiquement le fonctionnement du mobile se décompose en 2 phases :

⇒ **mobile en service mais pas en communication** : le mobile échange avec sa base des signaux de contrôle sur la voie balise (émission en slot 0 à f_1 , réception en slot 0 à $f_1 + 45$ MHz)

Le niveau de la voie balise (BCH) est connu et sert pour un certain nombre de fonctions de contrôle :

- à la mise en route du mobile, son récepteur scrute la bande GSM pour chercher le signal BCH de niveau le plus élevé. C'est avec la station de base correspondante que le mobile se mettra en communication.
- ce signal émet des informations concernant les opérateurs (SFR, Itinériss, Bouygues) et les fréquences balise des cellules voisines
- ce signal véhicule les messages qui seront affichés sur l'écran du mobile

Toutes les 15 secondes si le signal reçu est fort et toutes les 5 secondes s'il est faible, le récepteur écoute les BCH des cellules voisines pour détecter un éventuel changement de cellule.

L'émission du BCH n'occupe le canal de transmission que dans le sens station de base - mobile. La liaison montante du BCH, libre, pourra donc être utilisée par le mobile pour d'autres fonctions de contrôle comme par exemple signaler son désir de se connecter au réseau pour une communication (RACH).

⇒ **mobile en communication** : le mobile échange avec la base des signaux de parole et de contrôle sur la voie TCH (émission en slot i à f_2 , réception en slot i à $f_2 + 45$ MHz)

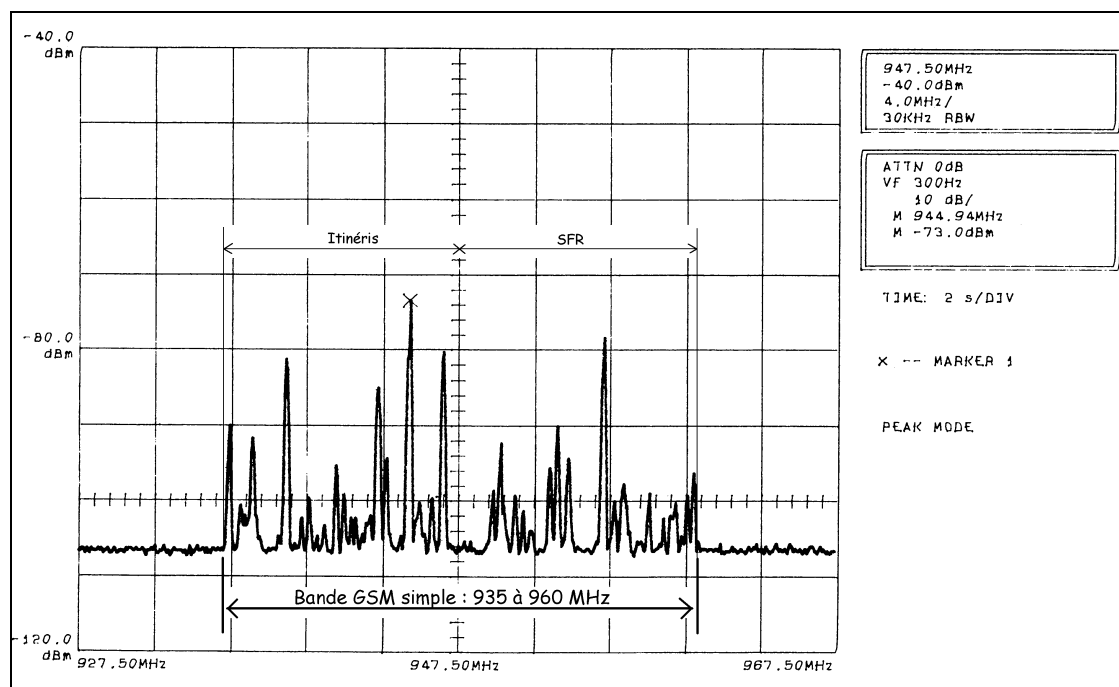
Il travaille maintenant sur une fréquence qui lui a été allouée par la base pour la durée de la communication : c'est le TCH (Traffic CHannel) constitué comme nous l'avons déjà vu par une paire de fréquences, montante et descendante.

Parallèlement à cette activité principale, il écoute périodiquement les voies balises de la cellule et des cellules voisines pour détecter une variation de niveau lui indiquant un changement de cellule.

7) Le spectre de la bande GSM descendante

La bande réservée aux liaisons descendantes est relativement occupée puisqu'on peut y voir les signaux balise émis en permanence par la station de base de la cellule et par les stations de base des cellules adjacentes en général au nombre de 6 si la cellule est hexagonale.

Figure 7.
Spectre de la
bande descendante
à Mulhouse Illberg.



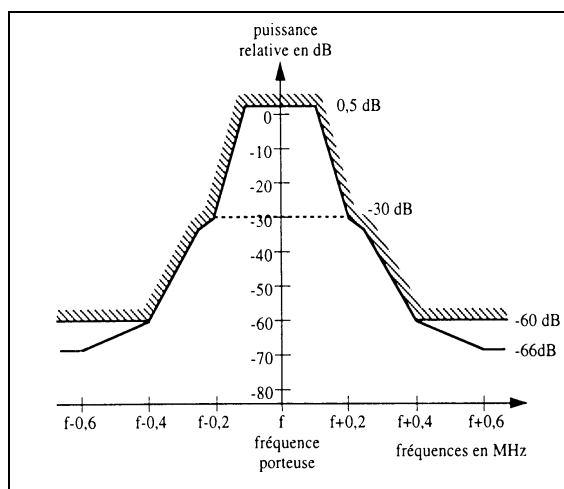
On repère bien sur ce tracé les raies des voies balises de la cellule pour les deux opérateurs.

Les puissances d'émission des stations de bases sont parfaitement contrôlés. Lorsqu'on allume le téléphone GSM, le mobile balaie la bande en mesurant les niveaux des différents signaux reçus.

C'est le signal dont l'amplitude est la plus forte qui sera considéré comme étant celui provenant de la station de base la plus proche avec laquelle il échangera ensuite les données relatives à son fonctionnement ultérieur.

Au moment où cette courbe a été relevée (juin 99), la répartition entre les opérateurs allouée à Itinéris la moitié inférieure (largeur 12,5 MHz) de la bande GSM900 et à SFR la moitié supérieure, de largeur identique. L'opérateur Bouygues dispose de 15 MHz au début de la bande DCS.

Figure 8.
Encombrement
spectral d'un
signal GSM..



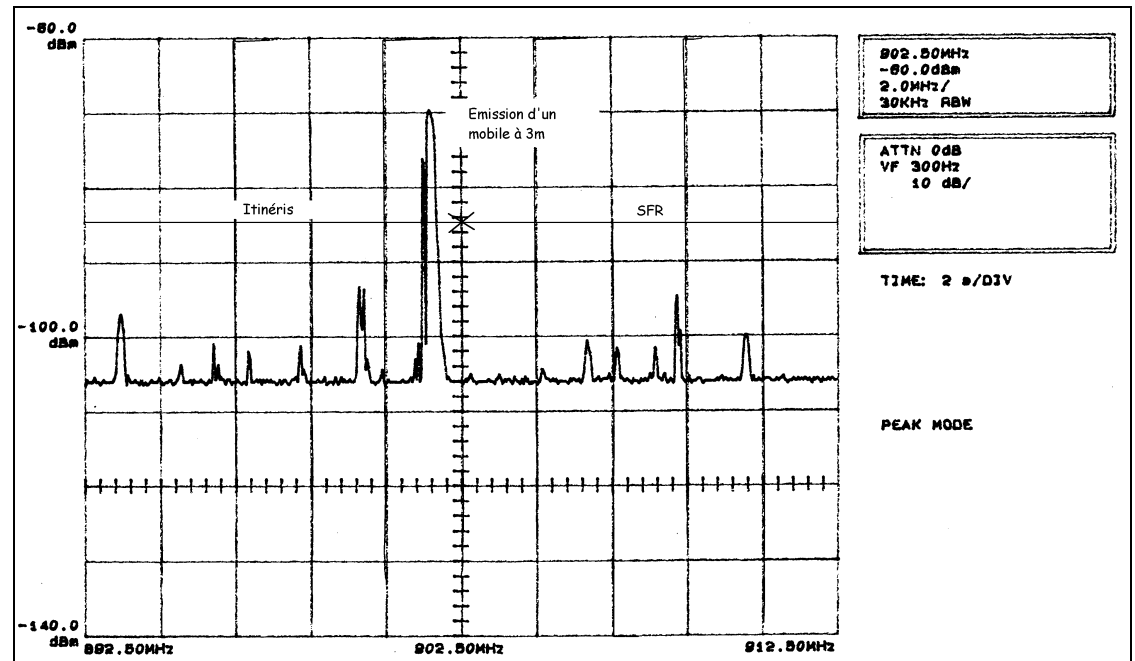
Remarque : à cause d'encombrement spectral d'une émission GSM, on n'utilise jamais deux canaux contigus dans la même cellule. En effet, si la largeur du spectre GSM est de 200 kHz à -3dB, elle s'élève à 400 kHz à -60 dB et c'est pour éviter les interférences entre canaux que l'écart pratique entre deux canaux utilisables est de 400 kHz.

8) Le spectre de la bande GSM montante

La bande allouée aux liaisons montantes est beaucoup moins encombrée puisqu'elle ne sert qu'au moment de l'allumage du mobile et pendant les communications téléphoniques.

Pour visualiser les émissions des différents mobiles, l'analyseur de spectre a superposé les enregistrements durant 2 heures en affichant les valeurs maximales (mode Max-Hold). Les différents pics visibles correspondent chacun à une liaison montante mobile-base.

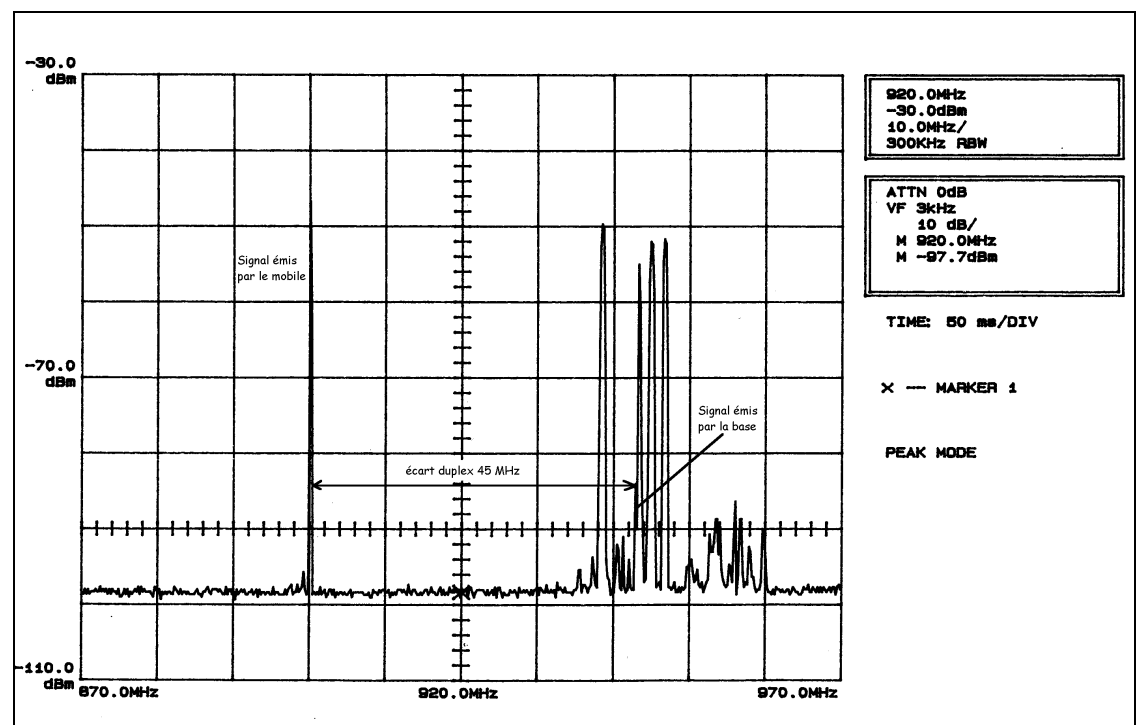
Figure 9.
Spectre de la
bande montante
à Mulhouse
Illberg.



Le pic de forte amplitude correspond à une communication par un mobile situé à 3m de l'analyseur.

On peut noter la faible amplitude des pics correspondants aux mobiles en communication, qui est liée à une gestion rigoureuse de la puissance émise (optimisation de l'autonomie et diminution des brouillages).

Figure 10.
Spectre de la
bande montante
et descendante
durant une
conversation.



9) Le multiplexage temporel

A l'intérieur d'une cellule, on dispose donc d'un certain nombre de canaux (61 pour la bande GSM simple) qu'il faut répartir entre les différents utilisateurs.

Les bandes GSM sont divisées en canaux de largeur 200 kHz. Mais lors d'une conversation courante, à cause des silences intervenant dans le dialogue et surtout grâce aux techniques de compressions de débit, un téléphone mobile n'a pas besoin du canal de transmission en permanence.

C'est pour cette raison que chaque porteuse est divisée en 8 intervalles de temps appelés **time-slots**. La durée d'un slot a été fixé pour le GSM à 7500 périodes du signal de référence fourni par un quartz à 13 MHz qui rythme tous les mobiles GSM :

$$T_{\text{slot}} = 7500/13 \text{ MHz} = 0,5769 \text{ ms} \quad \text{soit environ } 577 \text{ } \mu\text{s}$$

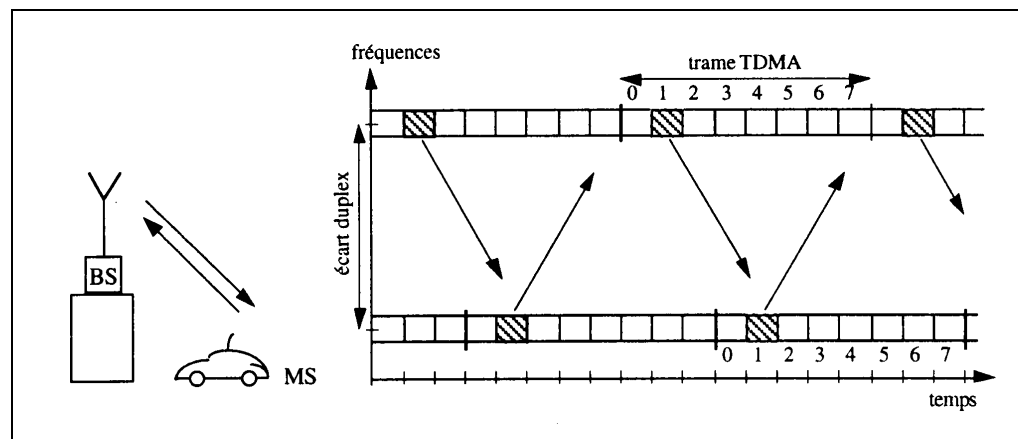
Un mobile GSM n'utilisera qu'un time-slot , on pourra ainsi faire travailler jusqu'à 8 mobiles différents sur la même fréquence de porteuse. Un slot accueille un élément de signal radioélectrique appelé **burst**.

L'accès TDMA permet à différents utilisateurs de partager une bande de fréquence donnée. Sur une même porteuse, les slots sont regroupés par paquets de 8.

La durée d'une trame TDMA est donc : $T_{\text{TDMA}} = 8 T_{\text{slot}} = 4,6152 \text{ ms}$

Chaque utilisateur utilise un slot par trame TDMA. Les slots sont numérotés par un indice T_N qui varie de 0 à 7. Un « canal physique » est donc constitué par la répétition périodique d'un slot dans la trame TDMA sur une fréquence particulière.

Figure 11.
Fonctionnement
de la liaison
bidirectionnelle.



Dans son mode de fonctionnement normal, le mobile GSM reçoit des informations de la station de base et émet des informations vers celle-ci.

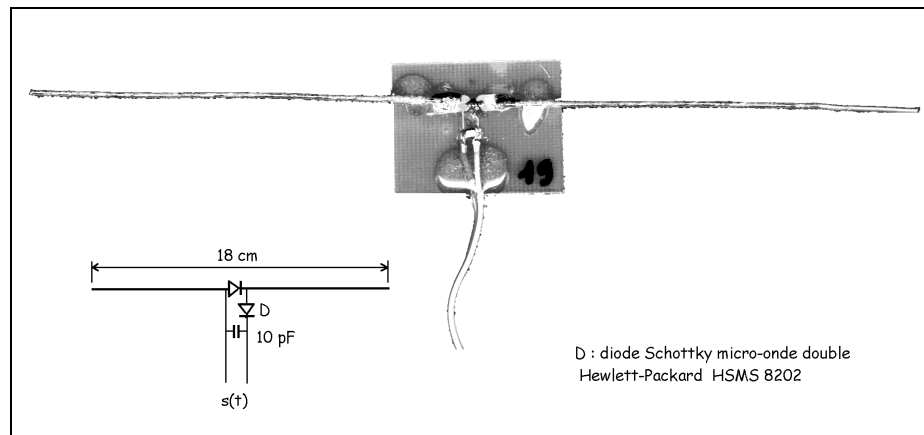
Ces échanges se font sur deux fréquences différentes et dans des time-slots différents. Au niveau du mobile, l'émission et la réception sont décalés dans le temps de 3 time-slots. Pour conserver la même numérotation des slots, la synchronisation de la trame TDMA montante est décalée aussi de 3 time-slots.

Le mobile reçoit donc le signal émis par la base à la fréquence f durant un time slot soit $577 \text{ } \mu\text{s}$, puis 3 time-slots soit $1,7 \text{ ms}$ plus tard, émet son signal vers la station de base sur une fréquence plus basse ($f-45 \text{ MHz}$ pour le GSM).

10) Détection de l'activité d'émission du mobile

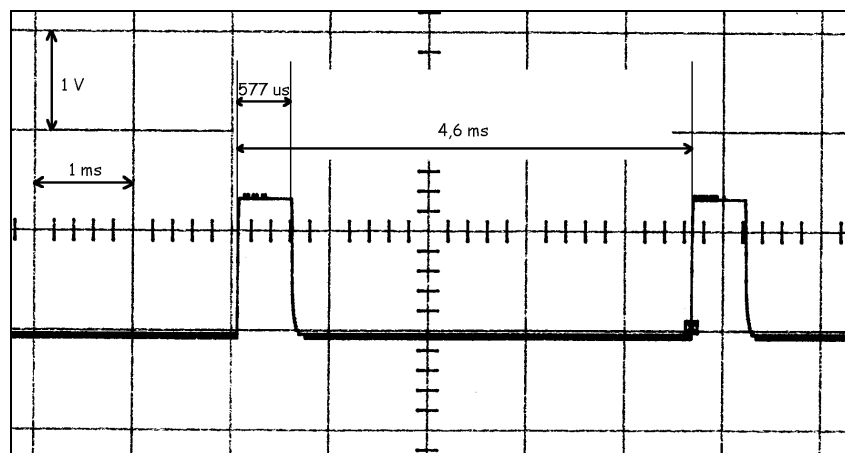
Pour mettre en évidence l'émission d'une onde électromagnétique par le mobile GSM, on peut utiliser le dispositif simple suivant constitué par une antenne demi-onde suivie d'un détecteur crête.

Figure 12.
Détecteur d'onde
électromagnétique
à 900 MHz.



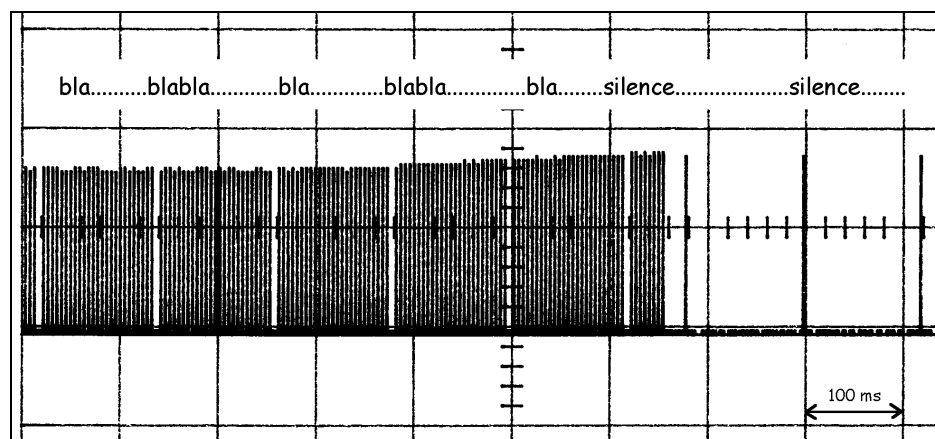
La présence d'une porteuse modulée ou non à une fréquence voisine de 900 MHz se traduit par l'apparition d'une tension $s(t)$ continue proportionnelle à l'amplitude de la porteuse.

Figure 13.
Visualisation de
l'émission pulsée
du mobile GSM.



Ce dispositif permet de mettre en évidence la **détection d'activité vocale**, fonction permettant de limiter la consommation du mobile en réduisant très fortement l'activité d'émission lors d'une interruption du signal vocal.

Figure 14.
Visualisation de
l'interruption de
l'émission durant
un silence.



Durant un silence, seul est transmis un bruit de fond standard évitant au correspondant l'impression désagréable d'une interruption de la communication.

11) Contrôle par la base de la puissance d'émission

La station de base contrôle de nombreux paramètres du mobile et en particulier la puissance d'émission. L'ajustement du niveau émis est fait de façon à minimiser la puissance requise par l'émetteur tout en conservant la qualité de la communication.

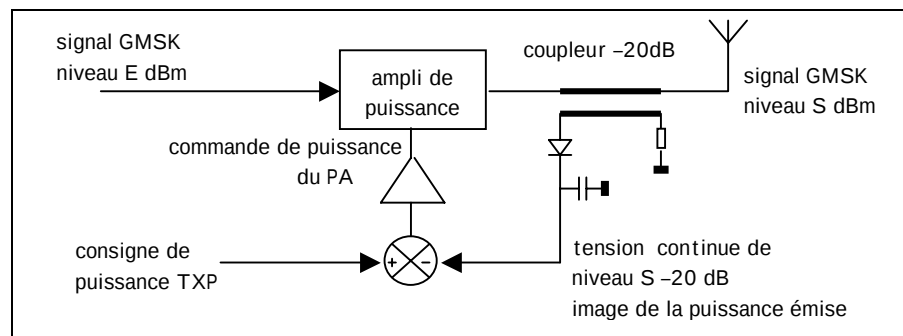
Les deux avantages sont la **diminution du niveau d'interférence** due aux canaux adjacents et l'**augmentation de l'autonomie** des mobiles

En conséquence, l'amplificateur de puissance RF de tout mobile GSM doit être équipé :

- d'une entrée commandant la puissance de sortie
- d'un dispositif de mesure de la puissance émise

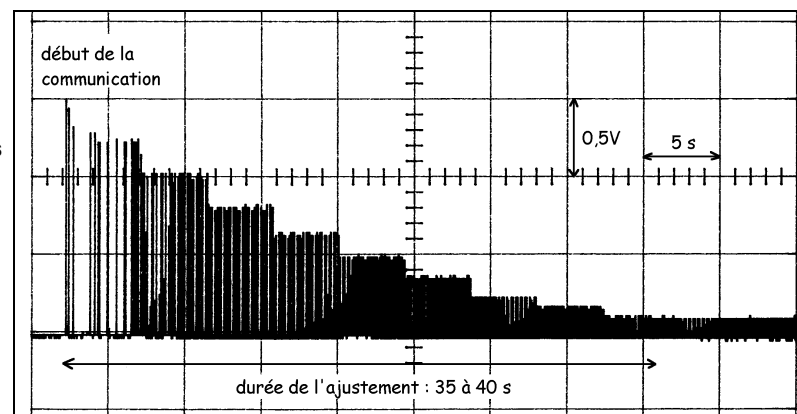
Dans les mobiles actuels, la mesure de la puissance est faite soit par le contrôle du courant absorbé par l'amplificateur de puissance, soit à l'aide d'un ensemble coupleur directif-détecteur Schottky.

Figure 15.
Principe de la mesure de la puissance émise par le mobile.



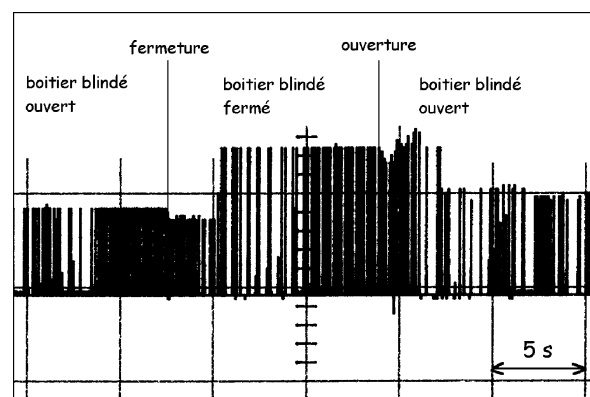
Au début de la conversation téléphonique, la station de base réduit progressivement la puissance émise par le mobile jusqu'au niveau minimal compatible avec une bonne liaison.

Figure 16.
Ajustement de la puissance émise par le mobile au cours de la conversation téléphonique.



En plaçant le mobile dans un boîtier blindé muni d'un couvercle amovible, on peut modifier l'atténuation introduite au cours de la propagation et observer le réajustement de la puissance émise suite à la réaction de la station de base.

Figure 17.
Régulation de puissance en fonction de l'atténuation.



On peut observer un temps de réponse de la régulation de puissance de l'ordre de 3 à 4 s.

12) Contrôle par la base du début d'émission

Les différents utilisateurs d'un système cellulaire sont à des distances variables de leur station de base et endurent des délais de propagation variables.

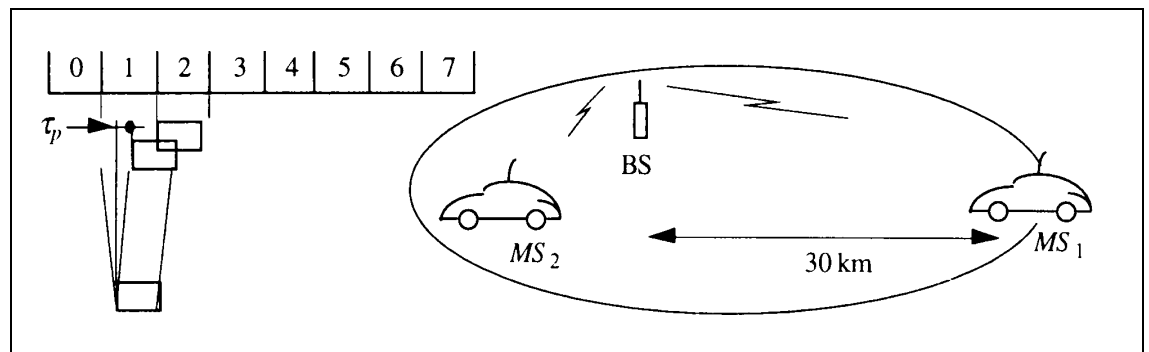
Or l'onde électromagnétique se propage à la vitesse de la lumière soit $c = 300\,000\text{ km/s}$.

Cette vitesse est très élevée, mais pas infinie et les retards engendrés par la distance se font sentir sur le timing puisqu'une distance de 30 km cause un retard de **100 μs** .

Deux mobiles MS1 et MS2 appartiennent à la même cellule. Le premier MS1 est en limite de cellule alors que le second, MS2 est situé près de la station de base

On suppose que ces deux mobiles utilisent des slots consécutifs sur la même porteuse : MS1 émet dans le slot 1, MS2 dans le slot 2.

Figure 18.
Importance du
paramètre de
Time Advance.



En l'absence de compensation du temps de propagation τ_p , les bursts émis par chacun des mobiles se chevaucheraient au niveau du récepteur de la BS.

Pour pallier à cette difficulté, la station de base va compenser ce retard en gérant un paramètre TA (Time Advance) correspondant au temps de propagation aller-retour.

Le mobile éloigné doit avancer l'émission de chacun de ses slots d'une durée τ_p par rapport à l'instant nominal de début de slot (c'est-à-dire $2\tau_p$ par rapport à l'horloge slot telle qu'il la perçoit).

La distance entre mobile et station de base étant susceptible de varier en permanence, ce paramètre TA est réajusté à chaque trame et pourra prendre une valeur comprise entre 0 et 63.

Remarque : la détermination du paramètre TA permet à la base de connaître la distance à laquelle se trouve le mobile. Par triangulation avec une deuxième station de base, on pourra donc déterminer la position exacte d'un mobile.

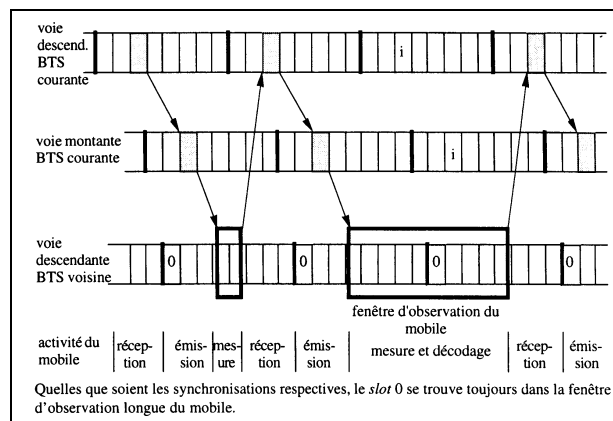
13) La détection du changement de cellule

Pendant un échange de données vocales, le mobile continue l'écoute des BCH des cellules voisines pour détecter un éventuel changement de cellule.

Cette écoute se fait entre l'émission et la réception du burst suivant. Vu le faible temps disponible, le mobile ne pourra faire qu'une mesure de niveau.

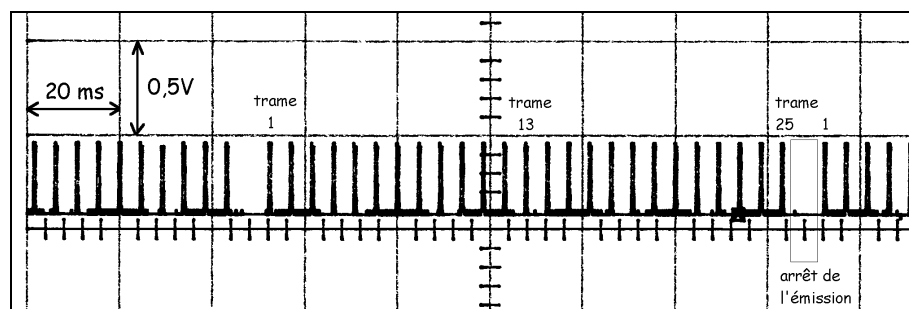
Pour décoder les informations provenant d'une cellule voisine, il lui faut davantage de temps. C'est la raison pour laquelle le mobile s'arrête d'émettre et de recevoir toutes les 26 trames (slot idle) ce qui lui permet d'écouter et de décoder le canal de contrôle d'une cellule voisine.

Figure 19.
Mesure de niveau
et décodage des
BCCH des
cellules voisines.



L'enregistrement de l'activité en émission d'un mobile GSM montre bien l'arrêt de l'émission toutes les 26 trames, soit toutes les 120 ms.

Figure 20.
Mise en évidence
de la trame de
décodage des
voies balise des
cellules voisines.

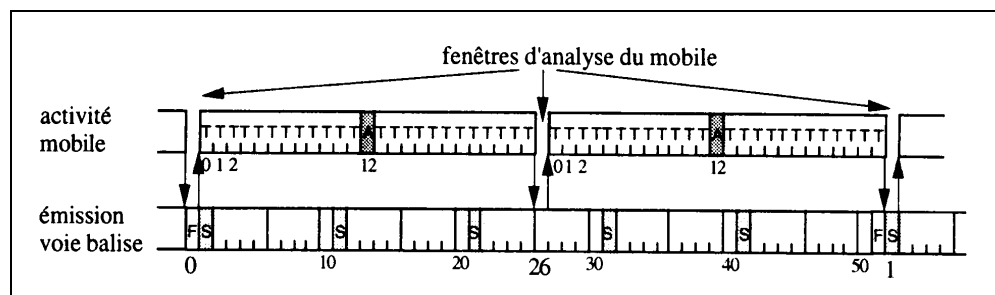


Durant cette trame 26, le mobile GSM doit écouter et décoder la voie balise de l'une des cellules voisines.

Chaque cellule émet sur la voie balise les informations qui la concernent avec une périodicité de 51 trames, soit toutes les 236 ms.

Les nombres 26 et 51 étant premiers entre eux, les informations émises sur les voies balises « glissent » par rapport à la synchronisation du mobile.

Figure 21.
Défilement des
trames de voie
balise.



On voit que dans la trame 26 du mobile se présentent successivement les trames 0, 26, 1, 27, 2, 28 ... de la voie balise. Ainsi au bout de 26 trames soit 120 ms un mobile peut décoder n'importe quelle voie balise d'une cellule voisine.

14) Les différents types de signaux échangés

Les signaux de voix et de contrôle échangés entre le mobile et la base sont classés en plusieurs catégories, mais transitent tous sur 2 voies radio montantes et descendantes :

- la voie balise : FCCH, SCH,,BCCH,PCH,RACH ...
- la voie trafic : TCH, SACCH, FACCH...

	fonction						méthode de multiplexage	
Voie balise	BCH Broadcast Channel voie balise (diffusion)		FCCH	Frequency Correction Channel	Calage sur la porteuse	un burst particulier toutes les 50 ms sur le slot 0 de la voie balise.		
			SCH	Synchronization Channel	Synchronisation, identification de la BTS	Un burst sur le slot 0 de la voie balise, une trame après le burst FCCH		
			BCCH	Broadcast Control Channel	Informations système	4 burst "normaux" à chaque multiframe		
	CCCH Common Control Channel (accès partagé)		PCH	Paging Cannel	Appel des mobiles	sous-blocs entrelacés sur 4 bursts "normaux".		
			RACH	Random Access Channel	Accès aléatoire des mobiles	Burst court envoyé sur des slots particuliers en accès aléatoire		
			AGCH	Access Grant Channel	Allocation de ressources	8 blocs entrelacés sur 4 bursts "normaux"		
			CBCH	Cell Broadcast Channel	Messages courts diffusés (météo, trafic routier, etc.)	utilise certains slots de la trame à 51.C (utilisation marginale)		
Voie de trafic	Canaux de Contrôle dédiés		SDCCH	Stand-Alone Dedicated Control Channel	Signalisation	8 SDCH + 8 SACCH sur un canal physique		
				SACCH	Slow Associated Control Channel	• compensation du délai de propagation • contrôle de la puissance d'émission du mobile • contrôle de la qualité de liaison • mesures sur les autres stations.	associé à TCH sur un canal physique ou à 8 SDCH sur un canal physique	
				FACCH	Fast Associated Control Channel	Exécution du Handover	vol du TCH lors de l'exécution du handover.	
	TCH Traffic Channel		TCH/FS TCH/HS	Traffic Channel for Coded Speech	voix plein débit/ demi débit	occupe la majeure partie d'un canal physique		
					Traffic Channel for data	données utilisateur 9,6 kbit/s, 4,8 kbit/s, < 2,4 kbit/s		

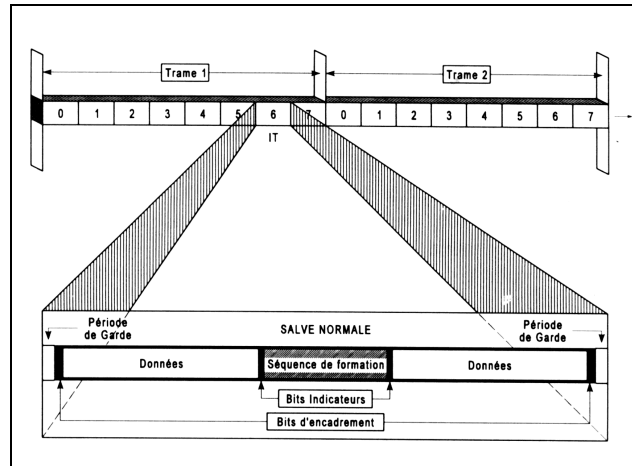
Tous les trames ci-dessus n'ont pas lieu en même temps et s'articulent sur des séquences particulières orchestrées par le logiciel de la base.

15) Le format des échanges

La salve normale présente plusieurs séquences où l'on place, dans l'ordre, 3 bits d'encadrement, 57 bits de données diverses où on loge ce qu'on veut, 1 bit indicateur pour amorcer les 26 bits d'une séquence de formation (training sequence) qui a pour mission de mesurer les propriétés du canal de transmission, puis 57 bits de données.

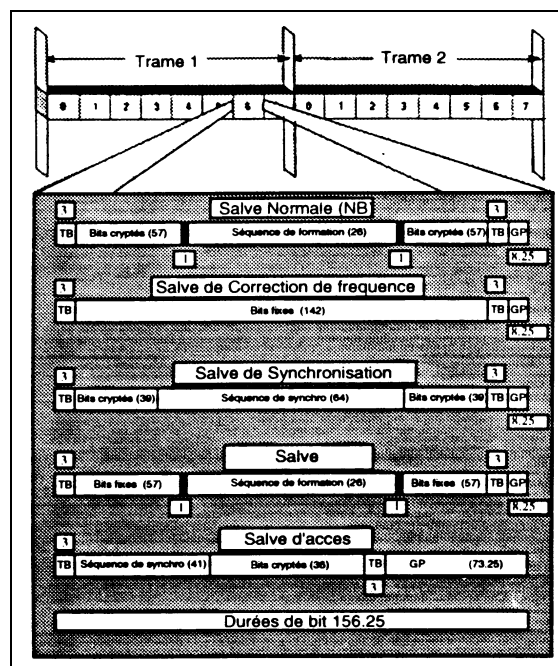
La salve se termine sur 3 bits d'encadrement et sur 8 périodes (en fait : 8,25) de garde qui séparent les salves entre elles.

Figure 22.
Structure fine
du signal émis
dans un time
slot.



La figure suivante montre les cinq principaux types de salves utilisés par l'interface radio GSM :

Figure 23.
Les différents
types de salves
ou « burst ».



Salve normale : elle transporte les canaux de trafic et tous les types de canaux de signalisation non mentionnés ci-dessus. Elle est bidirectionnelle.

Salve de correction de fréquence : elle transporte le FCCH dans le sens descendant pour corriger la fréquence de l'oscillateur de référence du mobile et l'asservir à la station de base.

Salve de synchronisation : elle est appelée ainsi parce que sa fonction est de transporter le SCH dans le sens descendant pour synchroniser le mobile avec la station de base.

Salve d'accès : elle a une durée bien plus courte que les autres. La durée supérieure de la période de garde est nécessaire car le moment de sa transmission est inconnu.

16) Le mobile en fonctionnement

A la **mise sous tension** se passent les opérations suivantes :

- l'utilisateur valide sa carte SIM en tapant au clavier son numéro de code PIN (Personal Identity Number)
- le récepteur du GSM scrute les canaux de la bande GSM et mesure le niveau reçu sur chaque canal
- le mobile repère le canal BCCH parmi les signaux les plus forts
- le mobile récupère les informations concernant le FCCH. Ce signal lui permet de se caler précisément sur les canaux GSM
- le mobile récupère le signal de synchronisation de la trame TDMA diffusé sur le BCCH et synchronise sa trame
- le mobile lit sur le BCCH les infos concernant la cellule et le réseau et transmet à la BTS l'identification de l'appelant pour la mise à jour de la localisation

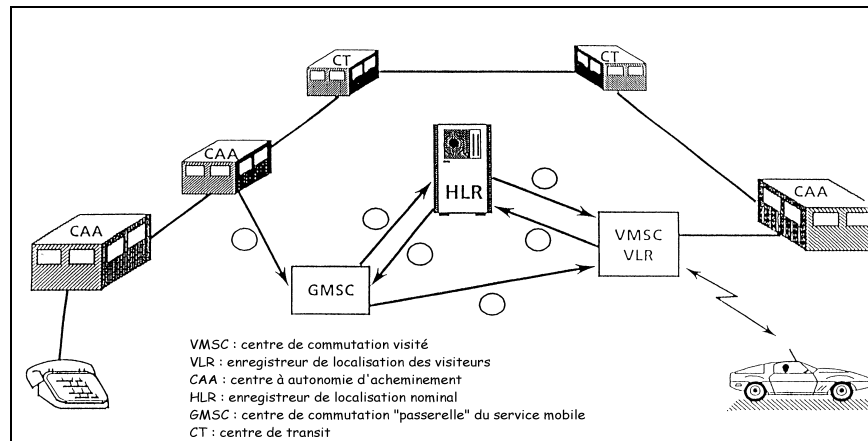
Le mobile a alors achevé la phase de mise en route et se met en **mode veille**, mode dans lequel il effectue un certain nombre d'opérations de routine :

- lecture du PCH (Paging channel) qui indique un appel éventuel
- lecture des canaux de signalisation des cellules voisines
- mesure du niveau des BCH des cellules voisines pour la mise en route éventuelle d'une procédure de handover

A la **réception d'un appel** :

- l'abonné filaire compose le numéro de l'abonné mobile : 06 XX XX XX XX
- l'appel est aiguillé sur le MSC le plus proche qui recherche l'IMSI dans le HLR et la localisation du mobile dans le VLR
- le MSC le plus proche du mobile (Visited MSC) fait diffuser dans la zone de localisation, couvrant plusieurs cellules, un message à l'attention du mobile demandé (par le PCH)
- le mobile concerné émet des données sur RACH avec un Timing Advance fixé à 0 et un niveau de puissance fixé par le réseau (ces paramètres seront ajustés ultérieurement)
- le réseau autorise l'accès par le AGCH et affecte au mobile une fréquence et un time-slot
- l'appelé est identifié grâce à la carte SIM
- le mobile reçoit la commande de sonnerie
- décrochage de l'abonné et établissement de la communication

Figure 24.
Liaison téléphone
fixe - téléphone
mobile.



Lors de l'**émission d'un appel** :

- l'abonné mobile compose le numéro du correspondant du réseau téléphonique commuté
- la demande arrive à la BTS de sa cellule
- elle traverse le BSC pour aboutir dans le commutateur du réseau MSC
- l'appelant est identifié et son droit d'usage vérifié
- l'appel est transmis vers le réseau public
- le BSC demande l'allocation d'un canal pour la future communication
- décrochage du correspondant et établissement de la communication



Merci pour l'intérêt que vous portez à mon travail. J'espère que le cours que vous avez téléchargé répond à votre attente.

Si, malgré le soin qui a été apporté à la rédaction de ce document, vous constatez l'existence d'erreurs, merci de me les signaler par Email à jean-philippe.muller1@wanadoo.fr

Comme toute œuvre intellectuelle, ce document est protégé par le Copyright et son usage est réservé à une utilisation personnelle.

Techno Assistance Formation

1, rue du Capitaine Pilleux

68720 ZILLISHEIM

Site : <http://www.ta-formation.com>