

# Le réseau GSM

1

## Sommaire

- 1- La cellule et sa station de base
- 2- La structure du réseau GSM
- 3- Les équipements du réseau GSM
- 4- Les fréquences de travail
- 5- La répartition des fréquences
- 6- La voie balise et la voie de trafic
- 7- Les émissions dans la bande GSM descendante
- 8- Les émissions dans 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

2

## Sommaire ...

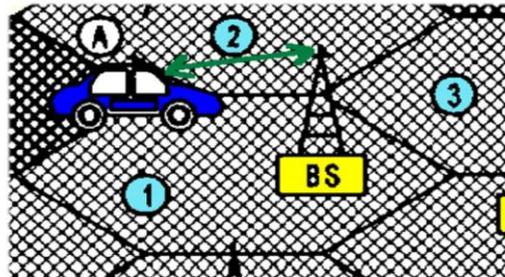
- 13- La détection du changement de cellule
- 14- Les différents types de signaux échangés
- 15- La structure du burst
- 16- La transmission de données et le GSM
- 17- Les équipements du réseau GPRS
- 18- L'attribution des canaux
- 19- La protection des données
- 20- Exemples de mobiles GPRS
- 21- L'avenir du réseau GSM
- 22- Les antennes intelligentes
- 23- Le principe du standard UMTS
- 24- Le spectre dans le standard UMTS

3

## 1-La cellule et sa station de base

Dans un réseau GSM, le territoire est découpé en petites zones appelées cellules :

- chaque cellule est équipée d'une station de base ou BTS (Base Transmitter Station) munie de ses antennes installées sur un point haut (château d'eau, immeuble ...), la puissance d'émission allant de 2,5 W à 320 W .
- les cellules sont dessinées hexagonales mais la portée réelle des stations dépend de la configuration du territoire arrosé et du diagramme de rayonnement des antennes d'émission. Dans la pratique, les cellules se recouvrent donc partiellement.



4

## 1-La cellule et sa station de base ...

→ dans une cellule GSM typique (macro cellule) , les mobiles peuvent être situés jusqu'à 35 km de la station de base pour le GSM et 2 km (mini cellule) pour le DCS : Digital Communication System qui utilise la gamme des 1800 MHz (puissance plus faible, atténuation plus importante avec la distance).



5

## 1-La cellule et sa station de base ...

→ la taille limitée des cellules permet de limiter la puissance d'émission nécessaire pour la liaison et donc augmenter l'autonomie des mobiles

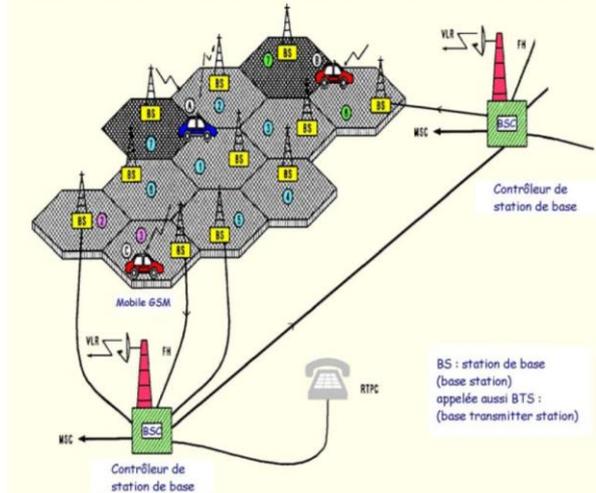
→ pour les piétons qui évoluent moins vite qu'une voiture, on ajoute des sous-stations de petites dimensions sur un site peu élevé et sur les murs des immeubles.



6

## 2-La structure du réseau GSM

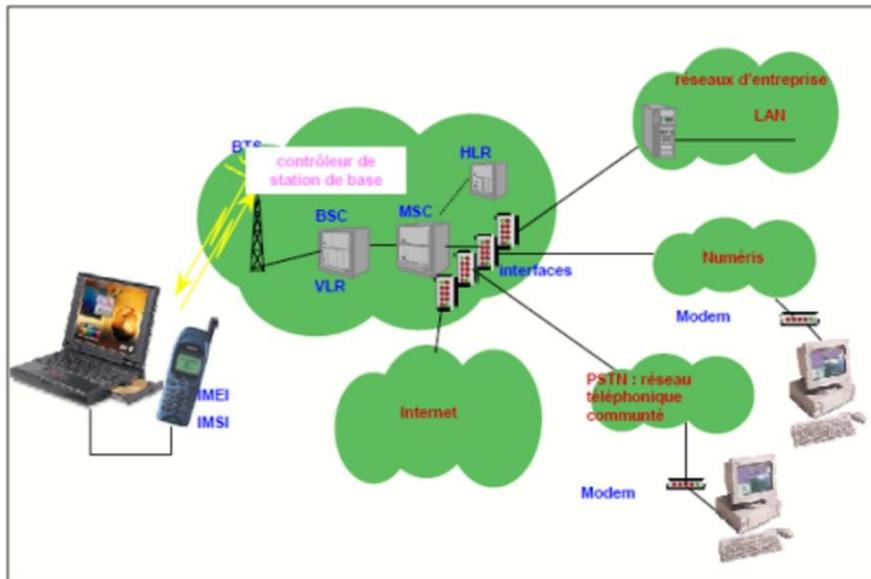
- le mobile transmet par radio la communication vers la station de base de sa cellule
- elle est acheminée par câble ou fibre optique vers la station de base du correspondant (ou vers son téléphone fixe)
- cette station de base transmet finalement la conversation par radio au correspondant



## 2-La structure du réseau GSM ...

- la conversation ne passe jamais directement d'un mobile GSM à l'autre mobile.
- Si on se déplace, il arrive qu'on sorte d'une cellule pour entrer dans la cellule voisine. Il faut alors changer de base tout en maintenant la communication, c'est le hand-over ou transfert intercellulaire :
- le téléphone GSM mesure en permanence la force du signal radio reçu de la base et écoute aussi régulièrement les bases des cellules voisines
  - lorsqu'il constate qu'il reçoit mieux une autre station de base, il en informe sa base
  - la base décide alors de passer le relais à la base voisine et met en œuvre la procédure de hand-over

### 3-Les équipements du réseau GSM ...



9

### 3-Les équipements du réseau GSM

Le réseau est constitué des équipements suivants :

➔ Le téléphone GSM ou station mobile est caractérisé 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

10

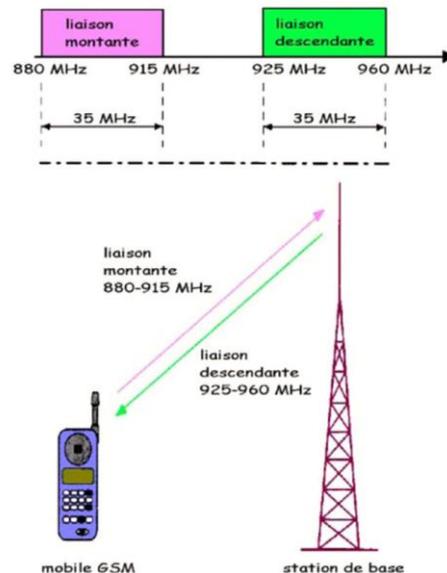
### 3-Les équipements du réseau GSM

- les stations de transmission de base BTS qui assurent les communications avec les mobiles dans chaque cellule
- le contrôleur de stations de base BSC (Base Station Controller) qui gère entre 20 et 30 BTS et possède son registre d'abonnés visiteurs VLR stockant les informations sur les abonnés présents dans les cellules gérées
- le commutateur de services mobiles MSC qui aiguille les conversations vers la MSC du correspondant ou vers d'autres réseaux (téléphonique, Internet, Numéris ...) à travers des interfaces appropriées
- le registre des abonnés nominaux ou HLR (Home Local Register), base de données utilisée pour la gestion des abonnés mobiles et contenant les informations sur les abonnés et sur leur localisation

11

### 4-Les fréquences de travail

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



12

## 4-Les fréquences de travail ...

### Bande GSM :

- largeur totale 25 MHz
- de 890 à 915 MHz mobile  $\Rightarrow$  base
- de 935 à 960 MHz base  $\Rightarrow$  mobile
- écart duplex 45 MHz
- 124 canaux espacés de 200 kHz

### Bande DCS :

- largeur totale 75 MHz
- de 1710 à 1785 MHz mobile  $\Rightarrow$  base
- de 1805 à 1880 MHz base  $\Rightarrow$  mobile
- écart duplex 95 MHz
- 374 canaux espacés de 200 kHz

### Bande EGSM étendue :

- largeur totale 35 MHz
- de 880 à 915 MHz mobile  $\Rightarrow$  base
- de 925 à 960 MHz base  $\Rightarrow$  mobile
- écart duplex 45 MHz
- 174 canaux espacés de 200 kHz

13

## 4-Les fréquences de travail ...

Aller à pp 100  
Autres formules (ANRT)

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

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

### Exemple :

pour  $n=10$ , voie descendante à  $935 + (0,2 \times 10) = 937$  MHz et voie montante à  $f_d - 45 = 892$  MHz

14

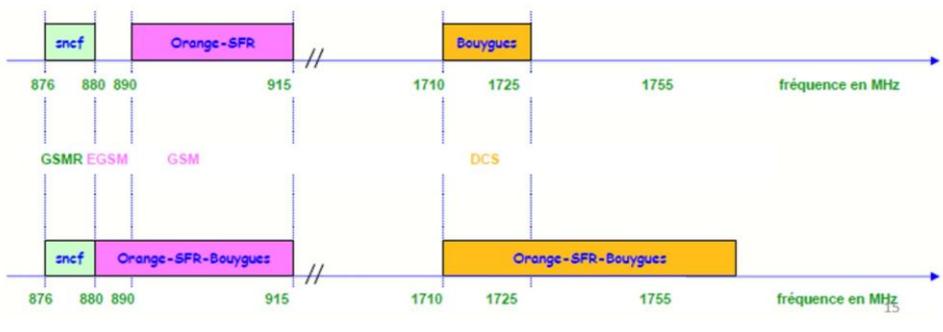
## 5-La répartition des fréquences

La répartition des fréquences entre les opérateurs évolue selon le degré de saturation des cellules et donne lieu essentiellement à deux types de distributions :

1- la bande des fréquences montantes GSM de 890 à 915 MHz est partagée entre Orange et SFR, et Bouygues travaille sur une partie de la bande DCS située au-dessus de 1,7 GHz

2- les 3 opérateurs travaillent à la fois dans la bande GSM étendue de 10 MHz vers le bas (EGSM) et dans la bande DCS, ce qui permet à Orange et à SFR de se replier dans la bande DCS en cas de saturation de la bande GSM

La seconde distribution est effective depuis fin 1999 dans les grandes villes comme Paris, Lyon, Marseille, Strasbourg ainsi que sur la Côte d'Azur. Elle est mise en place progressivement en fonction du trafic dans les agglomérations d'importance moindre.



## 5-La répartition des fréquences ...

Aller à pp 101 \_ 102  
(Réseau GSM\_2 PP37-38)

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 GSM-R pour la réalisation du projet MORANE (MOBILE radio for RAILway Networks in Europe). Ce standard répond aux besoins en communications mobiles des Chemins de Fer Européens :

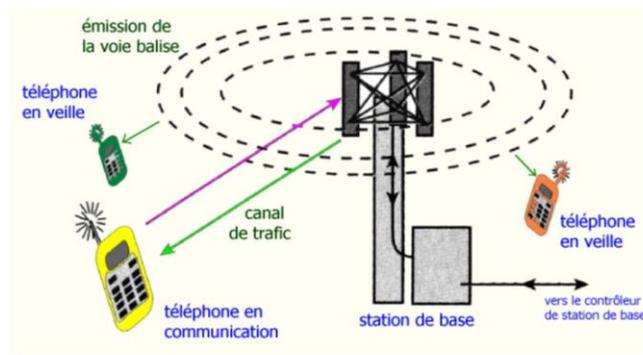
- pour les communications sol-train de voix et de données (agents de conduite, usagers, signaux de service et de signalisation)
- pour les communications mobiles des personnels au sol (agents de la voie, du dépôt, de la gare, et personnel de gestion)

## 6-La voie balise et la voie de trafic

Aller à pp 103 - 105  
Réseau GSM\_2 pp 25-27

Chaque 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.

⇒ à la mise en route du mobile, son récepteur examine la bande GSM pour chercher le signal BCH de niveau le plus élevé qui correspondra à sa station de base. Il garde aussi en mémoire les fréquences des 7 BCH de puissance inférieure. Ce signal contient des informations concernant les opérateurs (SFR, Orange, Bouygues) et les fréquences balise des cellules voisines



17

## 6-La voie balise et la voie de trafic ...

⇒ mobile en veille : 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)

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

La liaison montante de la voie balise sera utilisée par le mobile pour signaler son désir de se connecter au réseau pour une communication (RACH : random access channel (canal d'accès aléatoire)).

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

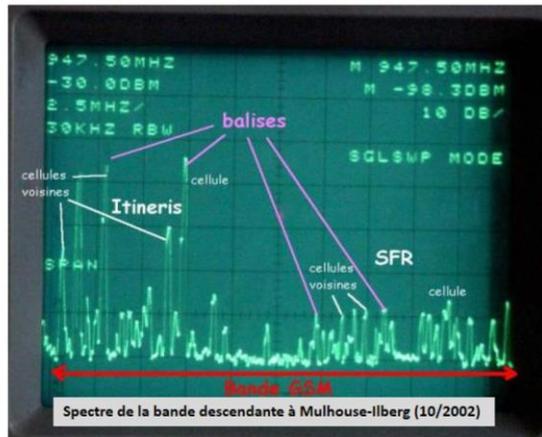
Parallèlement à cette activité principale, il écoute périodiquement les voies balises de la cellule et des cellules voisines pour détecter une variation de niveau lui indiquant un changement de cellule.

18

## 7-Les émissions dans la bande 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 .

La répartition entre les opérateurs alloué dans cette cellule la moitié inférieure de la bande GSM à Itineris (largeur 12,5 MHz) et la moitié supérieure à SFR.

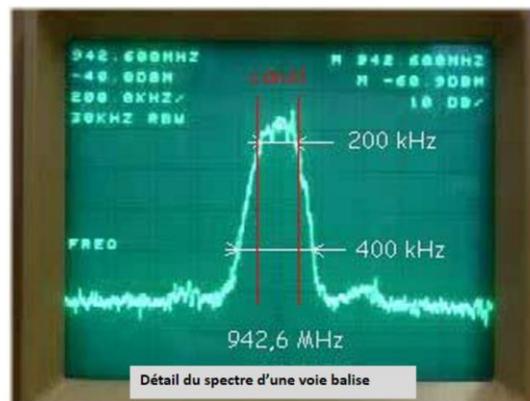


## 7-Les émissions dans la bande descendante ...

Remarque :

à cause de l'encombrement spectral du signal GSM, on n'utilise jamais deux canaux adjacents dans la même cellule.

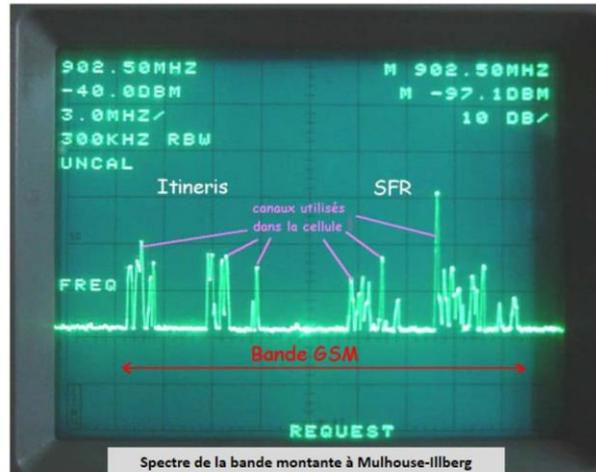
En effet, si la largeur du spectre GSM est de 200 kHz à -3 dB, elle s'élève à 400 kHz à -60 dB et c'est pour éviter les interférences entre canaux que l'écart pratique entre deux canaux utilisables est de 400 kHz.



## 8-Les émissions dans la bande montante

La bande allouée aux liaisons montantes est beaucoup moins encombrée puisqu'elle ne sert que pendant les communications.

Pour visualiser les émissions des différents mobiles, l'analyseur de spectre a superposé les enregistrements durant quelques minutes en affichant les valeurs maximales (mode Max-Hold).



## 8-Les émissions dans la bande montante ...

Les opérateurs utilisent la technique du saut en fréquence qui fait changer le mobile de canal plusieurs fois par seconde. Les canaux bruités ou perturbés seront ainsi répartis sur l'ensemble des utilisateurs et la qualité globale améliorée.



## 9-Le multiplexage temporel

Lors d'une conversation, un téléphone mobile n'a pas besoin du canal de transmission en permanence :

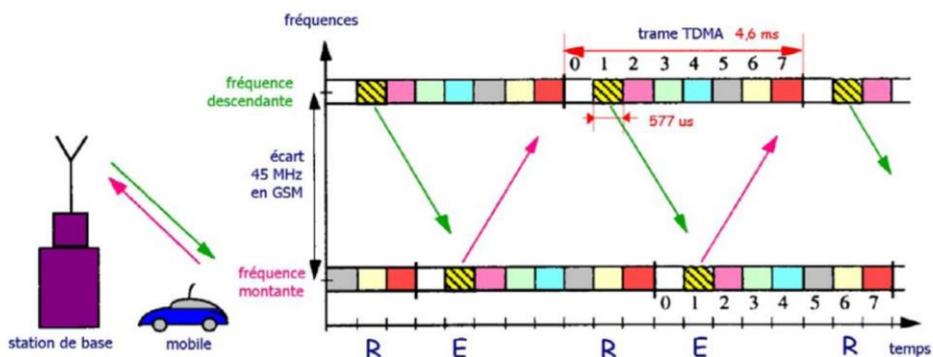
⇒ le temps est divisé en 8 intervalles appelés time-slots, numérotés de 0 à 7, qui durent 7500 périodes du signal de référence fourni par un quartz à 13 MHz qui rythme tous les mobiles GSM :  $T_{\text{slot}} = 7500/13 \text{ MHz} = 0,5769 \text{ ms}$  soit environ 577  $\mu\text{s}$

⇒ sur une même porteuse, les slots sont regroupés par paquets de 8 qui constituent une trame TDMA. la durée de la trame est donc :  $T_{\text{TDMA}} = 8 T_{\text{slot}} = 4,6152 \text{ ms}$

23

## 9-Le multiplexage temporel

Un mobile GSM en communication n'utilisera qu'un time-slot, ce qui permet de faire travailler jusqu'à 8 mobiles différents sur la même fréquence de porteuse. Le signal radio émis dans un time-slot est souvent appelé burst.



24

## 9-Le multiplexage temporel ...

Durant une communication :

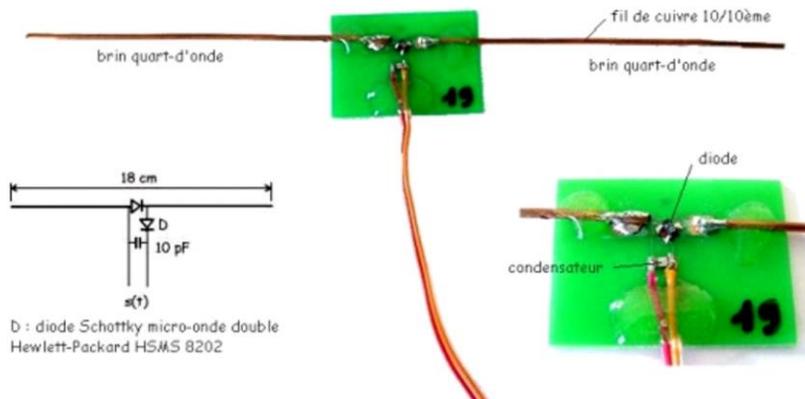
- les échanges se font sur deux fréquences différentes et n'ont pas lieu au même moment
- pour le mobile, l'émission et la réception sont décalés dans le temps de 3 time-slots
- pour conserver la même numérotation des slots, le début de la trame TDMA du mobile est décalée de 3 time-slots / début de la trame de la base

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

25

## 10-Détection de l'activité du mobile

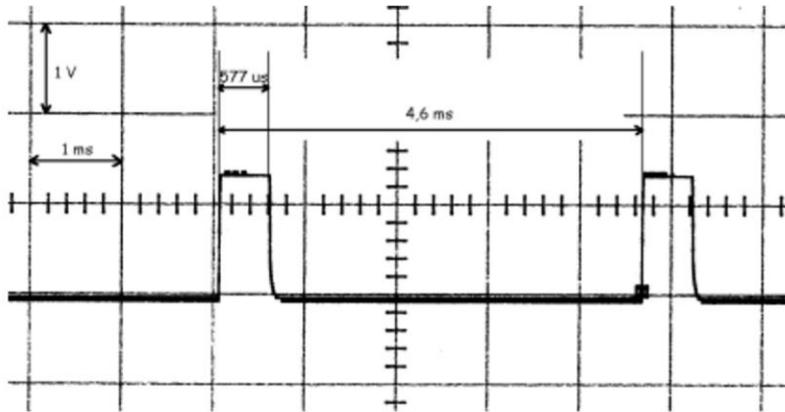
Pour mettre en évidence l'émission d'une OEM par le mobile GSM, on peut utiliser le dispositif simple suivant constitué par une antenne demi-onde suivie d'un détecteur crête.



26

## 10-Détection de l'activité du mobile

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.

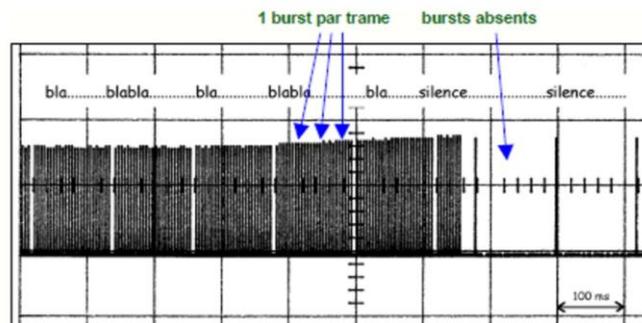


27

## 10-Détection de l'activité du mobile ...

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.

Durant un silence, le mobile émet un burst de temps en temps, transmettant un bruit de fond standard qui évite au correspondant l'impression désagréable d'une interruption de la communication.



28

## 11-Contrôle par la base de la puissance d'émission

Aller à pp 106 – 107  
Réseau GSM\_2 pp35-36

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 consommation tout en conservant la qualité de la communication, les bénéfices étant la diminution du niveau d'interférence dans les canaux adjacents et l'augmentation de l'autonomie des mobiles.

L'amplificateur de puissance RF de tout mobile GSM doit être équipé :

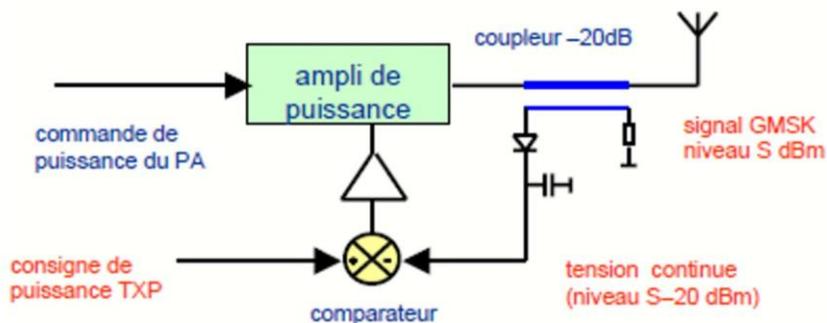
- d'une entrée commandant la puissance de sortie
- d'un dispositif de mesure de la puissance émise

29

## 11-Contrôle par la base de la puissance d'émission

Dans les mobiles actuels, la mesure de la puissance est faite :

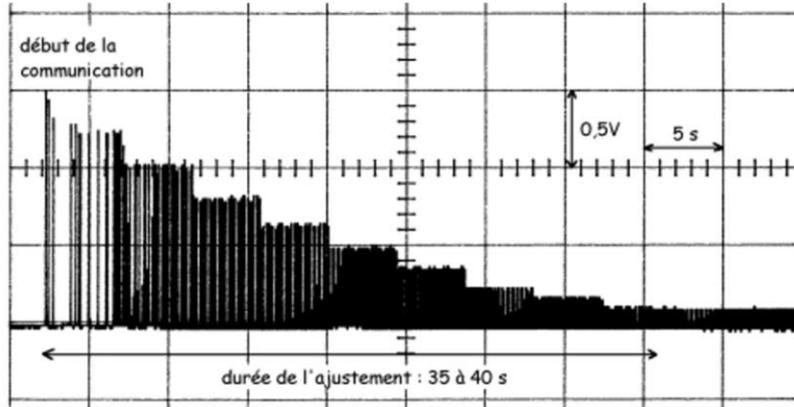
- à l'aide d'un ensemble coupleur directif-détecteur Schottky
- plus rarement par le contrôle du courant absorbé par l'ampli



30

### 11-Contrôle par la base de la puissance d'émission ...

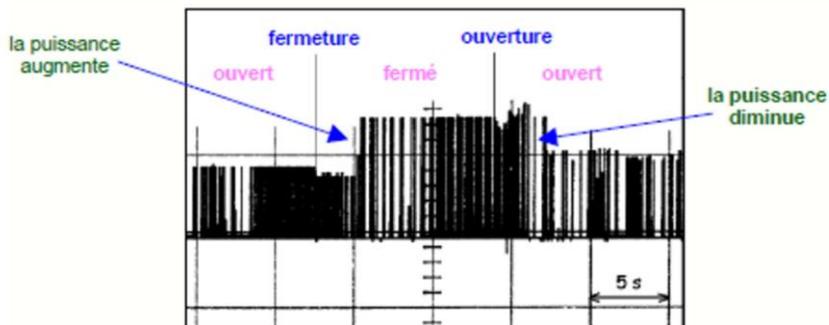
Au début de la conversation téléphonique, la station de base réduit progressivement la puissance émise par le mobile jusqu'au niveau minimal compatible avec une bonne liaison.



31

### 11-Contrôle par la base de la puissance d'émission ...

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 base au bout de 3 à 4 secondes.

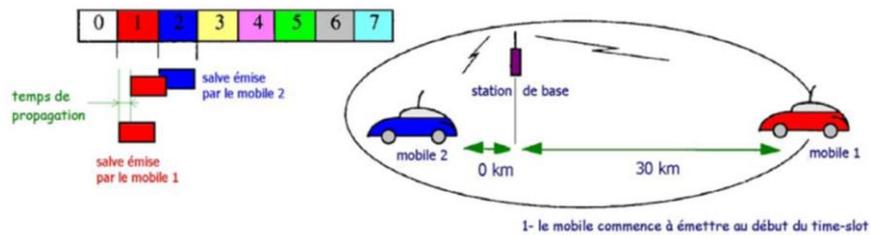


32

## 12-Contrôle par la base du début d'émission

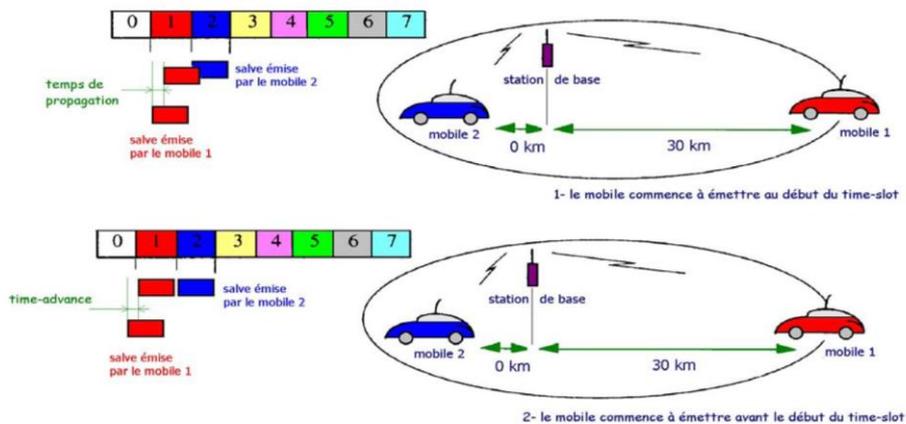
Les différents utilisateurs sont à des distances variables de leur station de base et subissent des délais de propagation variables :

- l'onde électromagnétique se propage à la vitesse de la lumière soit  $C = 300\,000\text{ km/s}$
- les retards engendrés par la distance se font sentir sur le timing puisqu'une distance de 30 km cause un retard de 100 microsecondes



33

## 12-Contrôle par la base du début d'émission



34

## 12-Contrôle par la base du début d'émission ...

Exemple : deux mobiles sont dans la même cellule,  $MS_1$  en limite de cellule et  $MS_2$  près de la station de base.

- en l'absence de précaution, les bursts émis par chacun des mobiles se chevaucheront au niveau de la BTS
- la station de base compense ce retard en gérant un paramètre TA (Time Advance) lié au temps de propagation aller-retour
- le mobile éloigné doit avancer l'émission de chacun de ses bursts par rapport au début du slot
- la distance entre mobile et station de base variant en permanence, le TA est réajusté à chaque trame

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.

35

## 13-La détection du changement de cellule

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

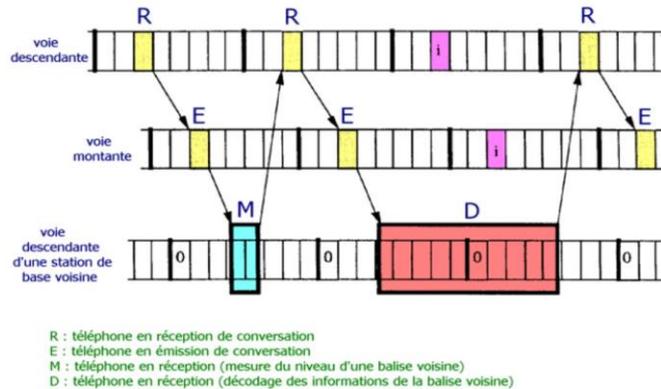
- cette écoute se fait dans un time-slot libre entre l'émission et la réception du burst suivant. Vu le faible temps disponible, le mobile ne pourra faire qu'une mesure de niveau
- pour décoder les informations provenant de la balise d'une cellule voisine, il lui faut davantage de temps.

36

### 13-La détection du changement de cellule

A cet effet, le mobile doit décoder le time-slot 0 de la balise voisine qui contient les informations recherchées. Ce time-slot est émis avec une périodicité différente de la périodicité d'écoute du mobile qui est de 26 trames.

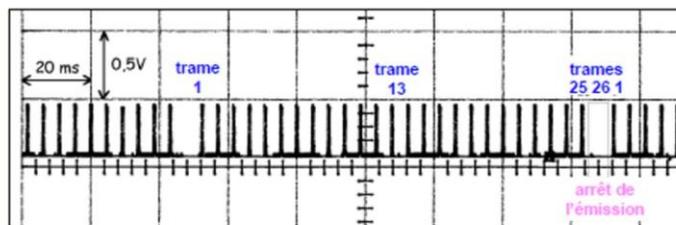
- c'est pourquoi le mobile s'arrête d'émettre et de recevoir toutes les 26 trames (slot idle) ce qui lui permet de disposer d'une trame complète pour écouter et décoder le canal de contrôle d'une cellule voisine



37

### 13-La détection du changement de cellule

Aller à pp 108 - 114  
 Réseau GSM\_2 pp28-34



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.

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

38

## 14-Les différents types de signaux échangés

Les signaux de voix et de contrôle échangés entre le mobile et la base transitent tous sur 2 voies radio montantes et descendantes :

### Par la voie balise :

- le mobile récupère les informations de correction de fréquence lui permettant de se caler précisément sur les canaux GSM
- le mobile récupère le signal de synchronisation de la trame TDMA et synchronise sa trame
- le mobile lit 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 MSC le plus proche du mobile fait diffuser dans la zone de localisation un message à l'attention du mobile auquel on veut téléphoner (par le Paging Channel)
- la demande du mobile qui veut téléphoner arrive à la BTS de sa cellule (par le Random Access Channel)

### Par la voie de trafic :

- le mobile échange les données correspondant à la voix
- le mobile échange des données de contrôle : paramètre TA, gestion de la puissance d'émission, gestion du hand-over ...

39

Aller à pp 115-123  
Réseau GSM\_2 pp 40-46

## 14-Les différents types de signaux échangés

				fonction	méthode de multiplexage	
Voie balise	<b>BCH</b> Broadcast Channel  voie balise (diffusion)	↓	<b>FCCH</b>	<i>Frequency Correction Channel</i>	Calage sur la porteuse	un <b>burst</b> particulier toutes les 50 ms sur le <b>slot 0</b> de la voie balise.
			<b>SCH</b>	<i>Synchronization Channel</i>	Synchronisation, identification de la BTS	Un <b>burst</b> sur le <b>slot 0</b> de la voie balise, une trame après le burst FCCH
			<b>BCCH</b>	<i>Broadcast Control Channel</i>	Informations système	4 <b>burst</b> "normaux" à chaque multiframe
	<b>CCCH</b> Common Control Channel  (accès partagé)	↓ ↑	<b>PCH</b>	<i>Paging Cannel</i>	Appel des mobiles	sous-blocs entrelacés sur 4 <b>bursts</b> "normaux".
			<b>RACH</b>	<i>Random Access Channel</i>	Accès aléatoire des mobiles	<b>Burst</b> court envoyé sur des <b>slots</b> particuliers en accès aléatoire
		↓	<b>AGCH</b>	<i>Access Grant Channel</i>	Allocation de ressources	8 blocs entrelacés sur 4 <b>bursts</b> "normaux"
		↓	<b>CBCH</b>	<i>Cell Broadcast Channel</i>	Messages courts diffusés (météo, trafic routier, etc.)	utilise certains <b>slots</b> de la trame à 51.C (utilisation marginale)

40

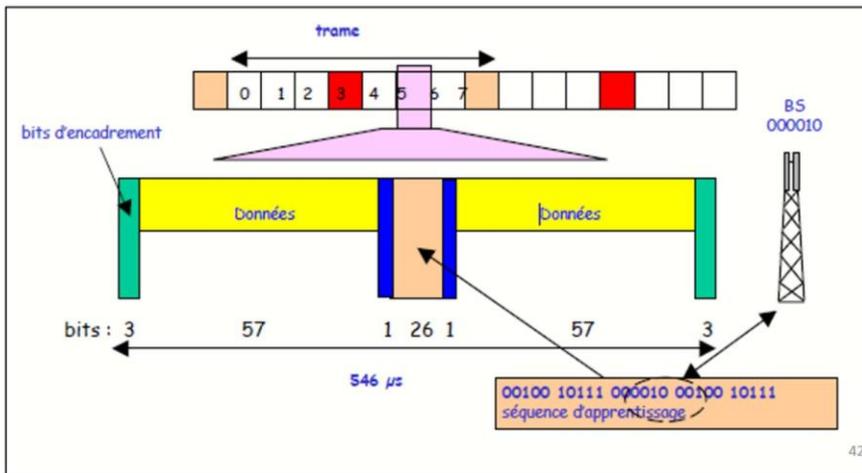
## 14-Les différents types de signaux échangés ...

Voie de trafic	Canaux de Contrôle dédiés	↓ ↑	SDCCH	<i>Stand-Alone Dedicated Control Channel</i>	Signalisation	8 <i>SDCH</i> + 8 <i>SACCH</i> sur un canal physique
		↓ ↑	SACCH	<i>Slow Associated Control Channel</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>compensation du délai de propagation</li> <li>contrôle de la puissance d'émission du mobile</li> <li>contrôle de la qualité de liaison</li> <li>mesures sur les autres stations.</li> </ul>	associé à <i>TCH</i> sur un canal physique ou à 8 <i>SDCH</i> sur un canal physique
		↓ ↑	FACCH	<i>Fast Associated Control Channel</i>	Exécution du <i>Handover</i>	vol du TCH lors de l'exécution du handover.
	TCH Traffic Channel	↓ ↑	TCH/FS TCH/HS	<i>Traffic Channel for Coded Speech</i>	voix plein débit/ demi débit	occupe la majeure partie d'un canal physique
		↓ ↑		<i>Traffic Channel for data</i>	données utilisateur 9,6 kbit/s, 4,8 kbit/s, < 2,4 kbit/s	

## 15-La structure du burst

Les données échangées entre le téléphone mobile et la base (voix ou signaux de contrôle) sont toujours transmises par paquets de 148 bits qui forment le burst :

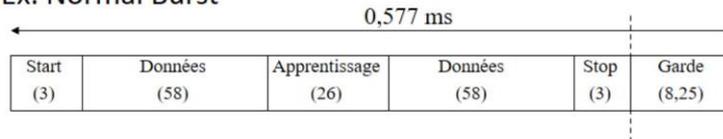
- 57 bits de données (voix ou signaux de contrôle)
- 26 bits d'une séquence d'apprentissage (training séquence)
- 57 bits de données (voix ou signaux de contrôle)
- quelques bits d'encadrement et indicateurs



## 15-La structure du burst

- Chaque canal a une largeur de bande de 200 kHz.
- Chaque porteuse est modulée en phase (modulation de phase gaussienne - GMSK Gaussian Modulation Shift Keying).
- Le débit brut est de 270,8 kbit/s sur l'Interface Air.
  - La porteuse RF est modulée par un train de données que l'on appelle **BURST** (partie élémentaire d'information). Il est composé :
    - d'une partie utile (données à transmettre, séquence d'apprentissage, bits de début et de fin). La séquence d'apprentissage est connue du système et va permettre de définir la qualité de la liaison radio.
    - d'une partie de garde.

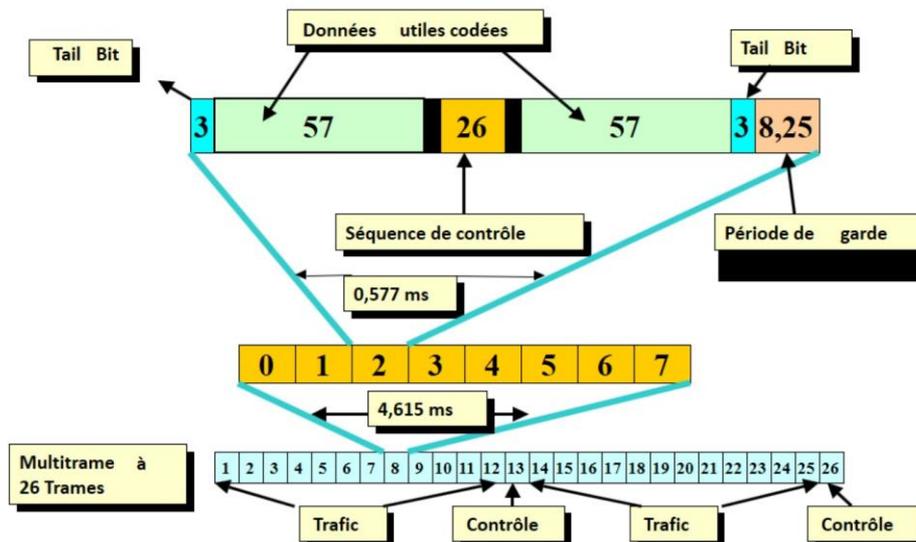
– Ex. Normal Burst



43

## 15-La structure du burst

Organisation TS, Trame et Multiframe



44

## 15-La structure du burst ...

Les 26 bits de la séquence d'apprentissage sont toujours les mêmes à l'intérieur d'une cellule et jouent un rôle important dans la gestion de la qualité du lien radiofréquence :

- il peut arriver qu'une BTS reçoive correctement un burst émis par un mobile d'une autre cellule mais émettant sur la même fréquence. La BTS peut alors rejeter ce burst caractérisé par une séquence d'apprentissage différente.
- en recevant la séquence d'apprentissage que le mobile lui renvoie, la station de base peut estimer le taux d'erreurs de la transmission à un instant donné et s'en sert pour adapter en conséquence la puissance d'émission du mobile
- la BTS analyse la forme du signal reçu correspondant aux 26 bits, en déduit les propriétés de propagation du canal, et élabore un filtre égalisateur qui sera mis en place dans le mobile pour éliminer les échos dus aux trajets multiples

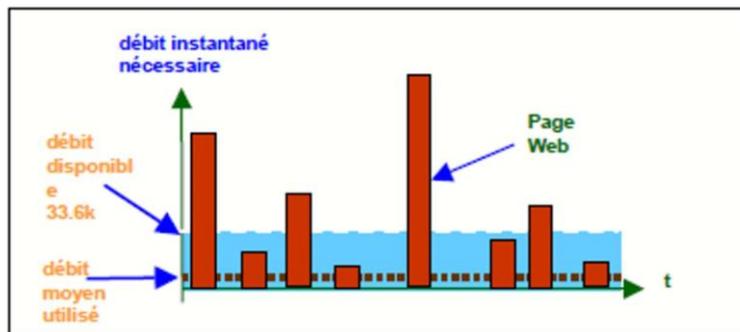
45

## 16-La transmission de données et le GSM

Le réseau GSM de base ne propose qu'un débit de 9,6 kbits/s, parfaitement satisfaisant pour la voix, mais insuffisant pour le transfert de fichiers, d'images, de vidéos, accès à Internet ...

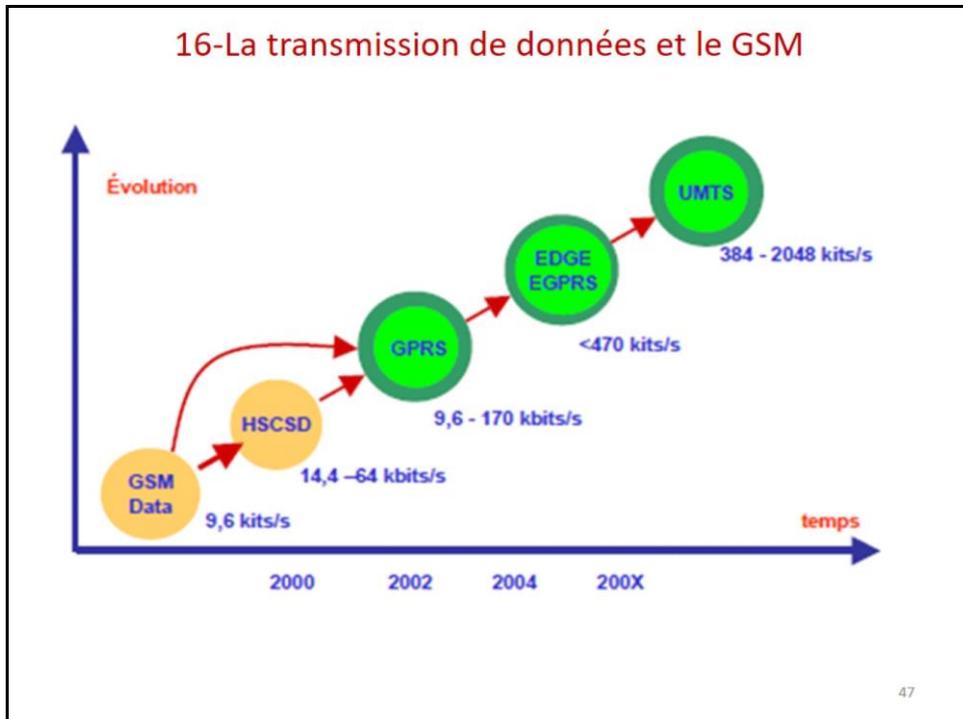
De plus, le canal de transmission GSM est souvent très mal utilisé lors du transfert de données :

- si on surfe sur Internet, le canal est utilisé à 5% en moyenne
- lorsqu'on répond à ses Emails en direct, le canal est utilisé à 2%
- lorsqu'on télécharge ses Emails, le canal est utilisé à 10%



46

## 16-La transmission de données et le GSM



## 16-La transmission de données et le GSM

De nouvelles structures sont donc nécessaires pour offrir aux utilisateurs un confort plus grand :

- la technique HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) qui permet d'utiliser 2, 3 ...6 time-slots du GSM avec un débit de 14,4 kbits/s par time-slot
- le standard GPRS (General Packet Radio Service) offre un débit plus élevé en affectant un nombre de time-slots variable d'une trame à l'autre en fonction des besoins instantanés

## 16-La transmission de données et le GSM

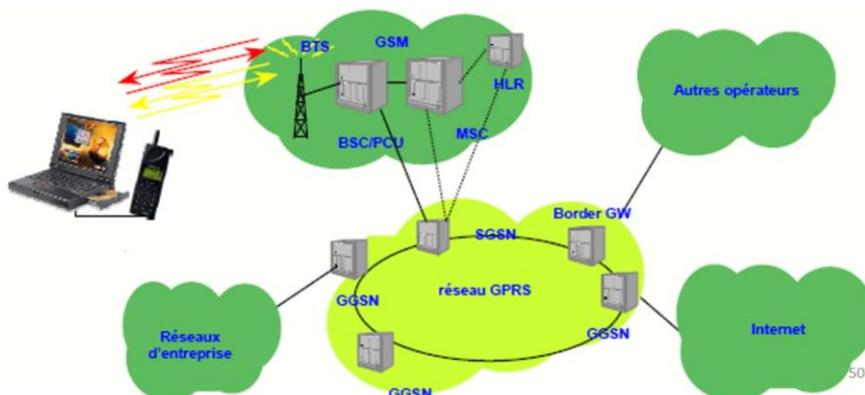
- l'EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) : réseau de transition entre le GPRS et l'UMTS, permettant une augmentation de débit grâce à une modulation à 8 états au lieu de 2 pour le GMSK
- l'UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) : réseau mobile du future avec des débits 200 fois supérieurs à ceux d'aujourd'hui, qui fournira des services multimédia et de vidéoconférence d'excellente qualité

49

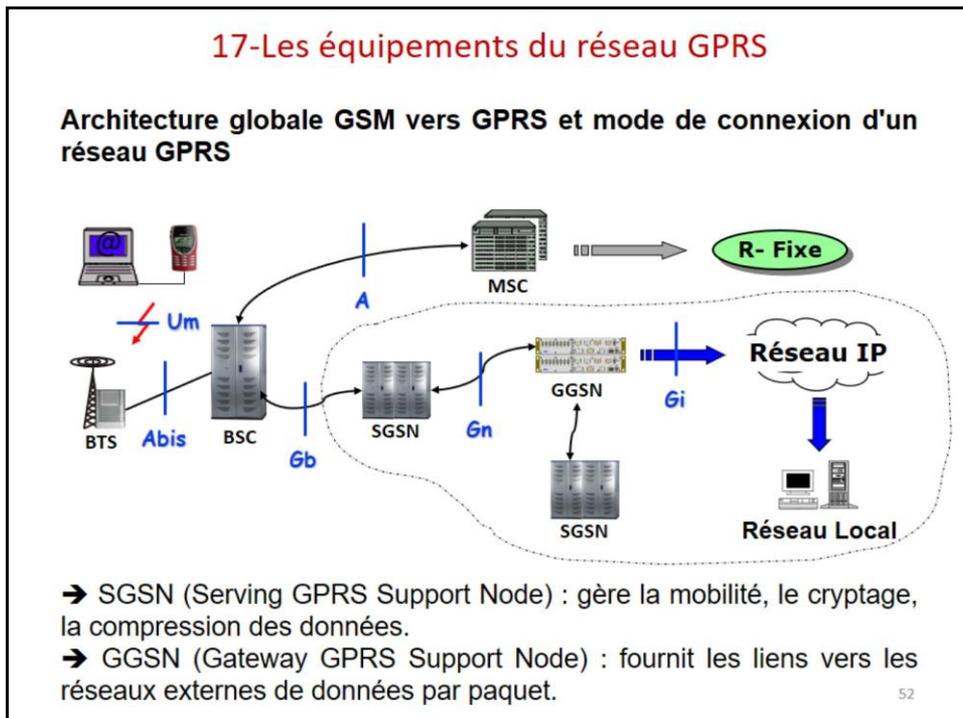
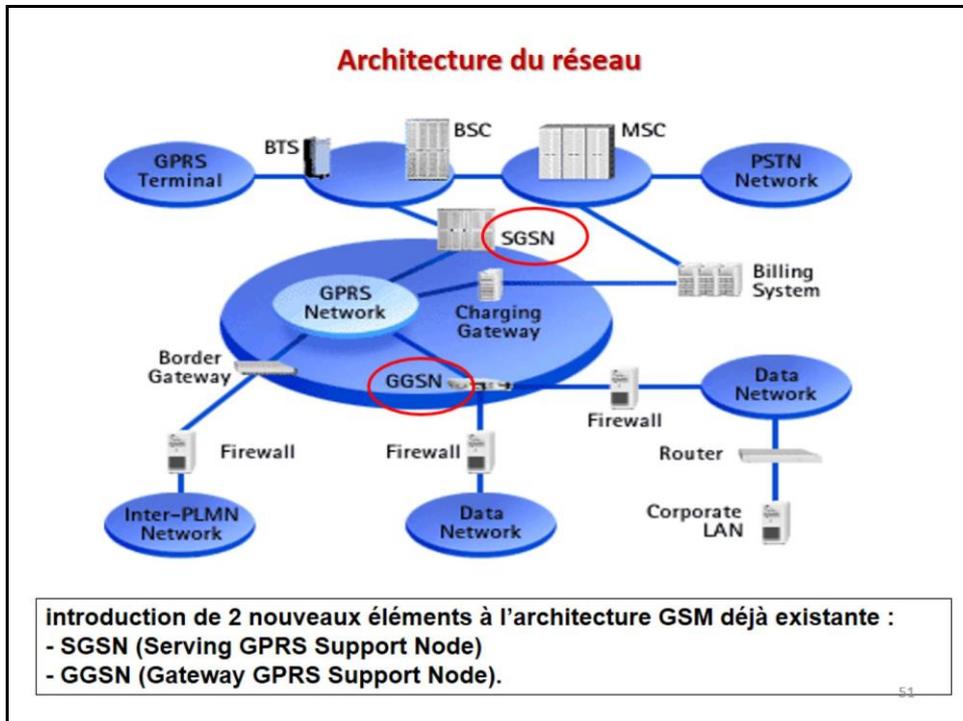
## 17-Les équipements du réseau GPRS

Le GPRS ne constitue pas à lui seul un réseau mobile, mais une couche supplémentaire rajoutée à un réseau GSM existant :

- le GPRS utilise les bandes de fréquences attribuées au GSM
- le GPRS repose sur la transmission en mode "paquet" qui permet d'affecter à d'autres les "temps morts" d'une communication



50



### 17-Les équipements du réseau GPRS ...

- les stations de base ne subissent aucune modification si ce n'est l'adjonction d'un logiciel spécifique PCU (Packet Control Unit) permettant de gérer la transmission des paquets.
- le contrôleur de stations de base BSC doit être doublé par le nœud SGSN (Serving GPRS Support Node), contrôleur qui a pour fonction de vérifier l'enregistrement des abonnés, de les authentifier et d'autoriser les communications

53

### 17-Les équipements du réseau GPRS ...

- la passerelle GGSN (Gateway GPRS Support Node) réalise l'interface entre le réseau GPRS d'un opérateur et le réseau public à commutation de paquets
- la gestion des abonnés GPRS se fait par le registre HLR/GR (GPRS Register), hébergé dans les HLR/GSM existant et visible de tous les SGSN du réseau GPRS.

54

## 18-L'attribution des canaux

La grande nouveauté du GPRS est donc l'allocation dynamique des ressources radio : le lien s'établit grâce à un canal spécifique de «paquets» PDCH (packet data channel) dont la structure (fréquence, nombre de time-slots, taux de protection) varie au cours du temps en fonction de la quantité de données échangées.

Le débit instantané varie en fonction du nombre de "time slots" utilisés, avec une fourchette de 9,05 à 13,4 kbits/s par time-slot selon le degré de protection des données.

55

## 18-L'attribution des canaux

- les premiers services GPRS déployés ont été de classe 2 soit 26,8 kbits/s en réception, et évoluent peu à peu jusqu'à la classe 12 soit 53,6kbits/s en réception également, soit l'équivalent de ce qu'offre aujourd'hui un modem V90

Classe	Nombre de slots		Maximum de slots utilisés par trame	Type de multislot	Fonctionnement
	Rx	Tx			
1	1	1	2	1	Mode alterné Rx ou Tx
2	2	1	3	1	
3	2	2	3	1	
4	3	1	4	1	
5	2	2	4	1	
6	3	2	4	1	
7	3	3	4	1	
8	4	1	5	1	
9	3	2	5	1	
10	4	2	5	1	
11	4	3	5	1	
12	4	4	5	1	

## 18-L'attribution des canaux

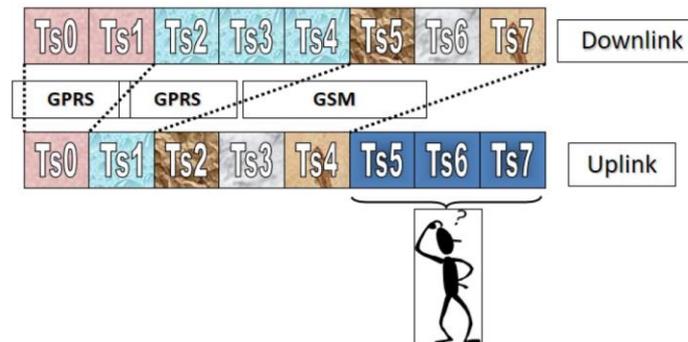
- au-delà de la classe 12, la structure logicielle et matérielle du mobile sera profondément modifiée puisqu'il devra fonctionner simultanément en émission et en réception

Classe	Nombre de slots		Maximum de slots utilisés par trame	Type de multislot	Fonctionnement
	Rx	Tx			
13	3	3	6	2	Mode simultané Rx et Tx
14	4	4	8	2	
15	5	5	10	2	
16	6	6	12	2	
17	7	7	14	2	
18	8	8	16	2	
...					

57

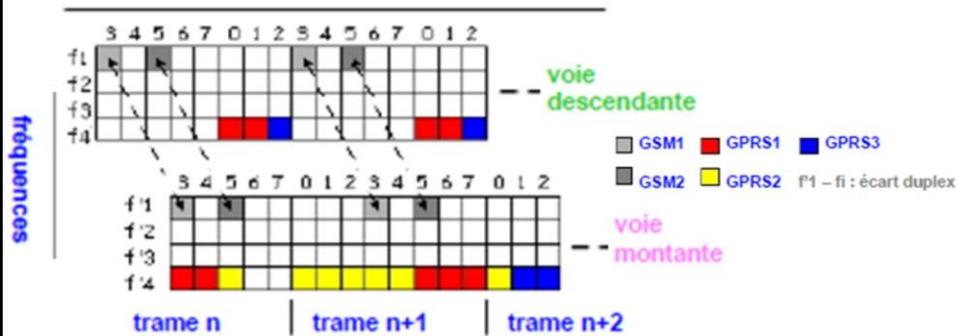
## 18-L'attribution des canaux

Réservation TS par paquets



58

## 18-L'attribution des canaux ... time-slots



L'illustration ci-dessous montre un exemple d'allocation des ressources radio GSM et GPRS :

- le canal  $f_1$  est affecté aux communications vocales
- le canal  $f_4$  est affecté à la transmission de données

On constate que chaque trame de transmission de données au standard GPRS est différente, et les time-slots sont affectés en fonction des besoins des différents utilisateurs.

59

## 19-La protection des données

Une fois que le nombre de time-slots affectés à la liaison montante et descendante est fixé, le débit numérique va dépendre du degré de protection des données transmises : c'est le choix du schéma de codage.

Quatre niveaux de codage convolutionnels  $CS_1$ ,  $CS_2$ ,  $CS_3$  et  $CS_4$  sont disponibles, suivant la qualité de liaison souhaitée et le taux de brouillage existant dans la cellule.

60

## 19-La protection des données

Schéma de codage de canal	Nombre de bits de données dans un bloc	Nombre de bits sur 4 burst	Débit de transfert en kbits/s	Débit maximal sur la base de 8 time-slots
CS1	181	456	9,05	72,4 kbits/s
CS2	268	456	13,4	107,2 kbits/s
CS3	312	456	15,6	124,8 kbits/s
CS4	428	456	21,4	171,2 kbits/s

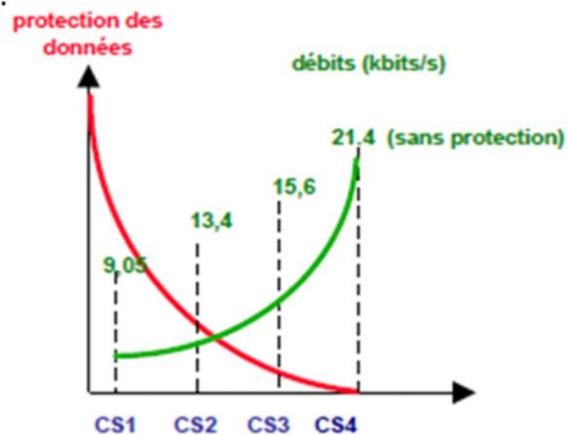
Le niveau CS<sub>1</sub> correspond à une protection maximale des données, le bloc de 181 bits passe à 456 bits :

- 181 bits transmis sur 4 bursts dans 4 trames consécutives
- durée totale :  $4 \times 4,62 \text{ ms} = 18,5 \text{ ms}$
- débit brut :  $D = 181/18,5 = 9,8 \text{ kbits/s}$
- débit net :  $D = 9,05 \text{ kbits/s}$  si on enlève les bits d'en-tête et de contrôle

61

## 19-La protection des données ...

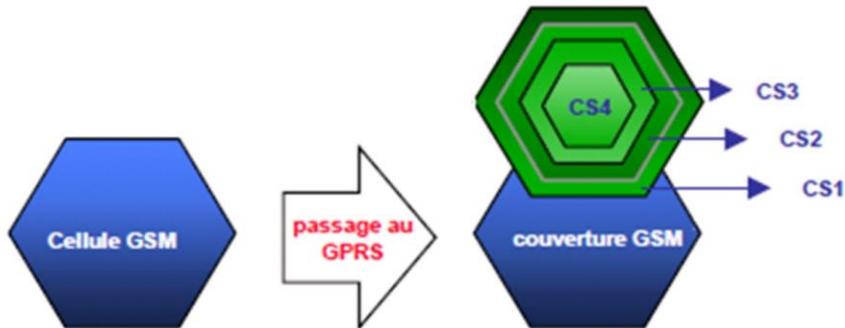
La station de base peut choisir l'un ou l'autre de ces niveaux de protection en fonction du taux d'erreur observé et de la qualité souhaitée par l'utilisateur.



62

## 19-La protection des données ...

Dans une cellule, la base optimise aussi le taux de codage en fonction de l'éloignement de l'utilisateur et réservera le mode CS<sub>1</sub> le plus protégé pour les utilisateurs situés en limite de cellule.



63

## 20-Exemples de mobiles GPRS

Trois classes de mobiles GPRS sont définies :

→ mobile de classe A (Voix et données) : il peut être déclaré sur GPRS (GPRS Attach) et GSM (IMSI Attach). Il peut être en communication simultanément sur le service GPRS et sur d'autres services GSM en mode circuit. Ce terminal haut de gamme pose problème. La puissance de calcul qu'il demande a pour l'instant une forte incidence sur son coût de production et le rend dissuasif (décourageant).

64

## 20-Exemples de mobiles GPRS

→ mobile de classe B (Voix ou données) : il peut être déclaré sur GPRS et GSM, et écouter simultanément les deux signalisations. Des communications en mode circuit GSM et en mode paquet GPRS ne peuvent avoir lieu simultanément. C'est le modèle GPRS de base.

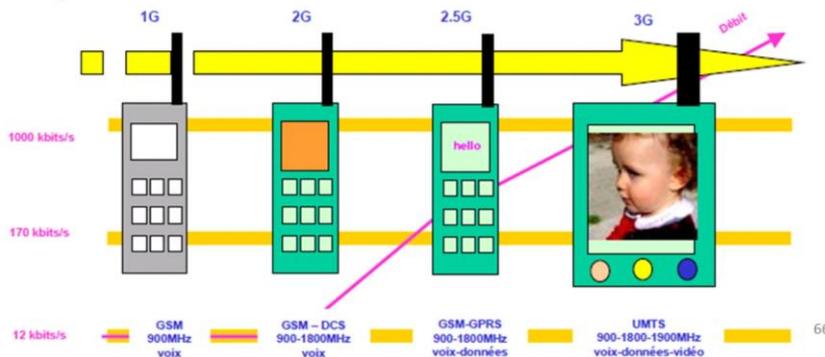
→ mobile de classe C (Données) : il peut être activé soit sur le réseau GPRS, soit sur le réseau GSM et il ne peut écouter les deux signalisations simultanément. Ce modèle professionnel ou industriel est data exclusivement (le terminal est utilisé comme un modem).

65

## 21-L'avenir du réseau GSM

L'augmentation régulière du trafic «voix» et surtout «données» conduit à une saturation des ressources disponibles et diverses solutions ont été mises en œuvre :

- diminuer la taille des cellules (installation de microcellules en environnement urbain)
- augmenter la largeur de la bande de fréquence (passage au EGSM et au DCS)
- meilleure gestion des fréquences grâce aux antennes adaptatives
- introduction du standard UMTS, qui apporte de nouvelles fréquences et un débit plus élevé

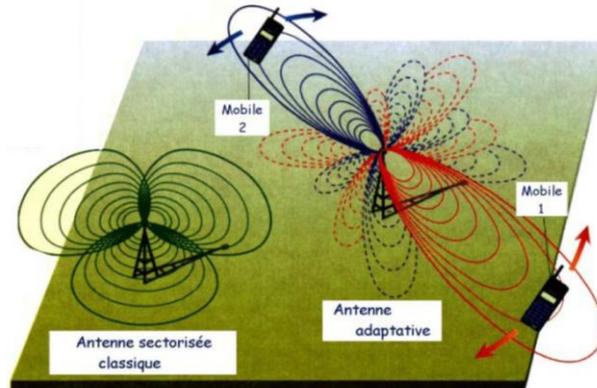


66

## 22-Les antennes intelligentes

Les antennes adaptatives qui vont équiper les nouvelles générations de stations de base :

- permettent d'orienter les faisceaux vers les mobiles en communication et donc de travailler à puissance réduite.
- l'orientation des faisceaux s'opère en contrôlant l'amplitude et la phase de la porteuse envoyée vers chaque antenne élémentaire.
- les perturbations et interférences inter-cellules seront réduites d'autant, ce qui permet une réutilisation des fréquences dans des cellules plus proches qu'avec des antennes classiques.



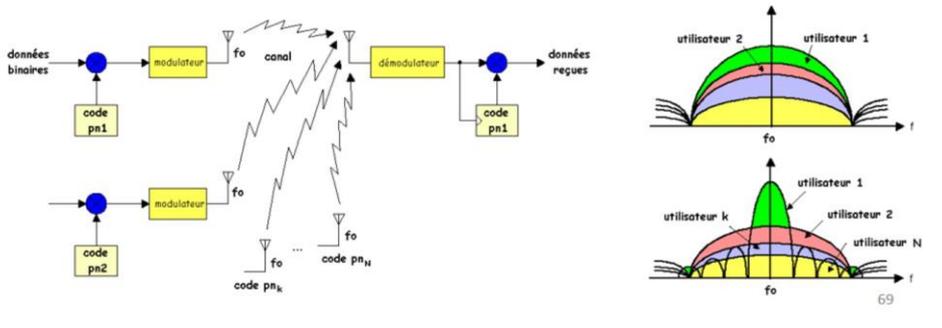
## 23-Le principe du standard UMTS

La grande différence entre le GSM et l'UMTS est le remplacement de l'accès multiple par répartition dans le temps (TDMA) par l'accès multiple par codage (CDMA) :

- une séquence pseudo-aléatoire à 5 Mbits/s est mélangée au signal d'information binaire dont le débit est compris entre 9,6 kbits/s et 2 Mbits/s. Le signal résultant a toujours un débit de 5 Mbits/s.
- ce signal module après filtrage passe-bas, une porteuse en fréquence ou en phase

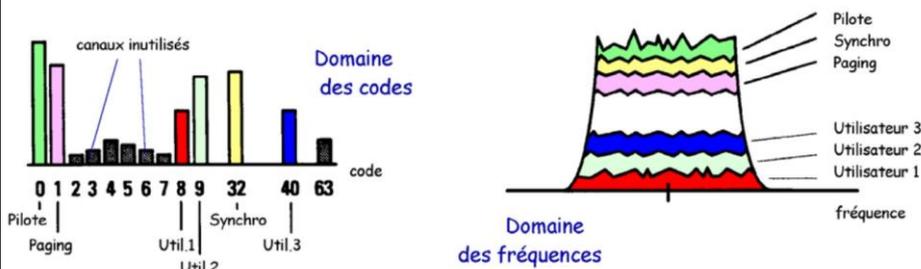
## 23-Le principe du standard UMTS

- un grand nombre de communications peuvent ainsi être transmises simultanément sur la même fréquence, chaque correspondant étant caractérisé par un code particulier
- le récepteur mélange le signal reçu avec le code numérique et sépare ainsi les usagers en récupérant l'information binaire



## 24-Le spectre dans le standard UMTS

Le spectre d'un canal UMTS est constitué par l'empilement (assemblage) des spectres des émissions des différents utilisateurs du canal, chaque émission ayant, du fait du caractère pseudo-aléatoire du code, un spectre sensiblement plat, assez proche de celui d'un bruit blanc.



## 24-Le spectre dans le standard UMTS ...

Les avantages mis en avant pour l'UMTS sont multiples :

- le signal proche d'un bruit est très difficile à brouiller et peu sensible aux parasites
- peu sensible aux trajets multiples, il fournit une meilleure qualité que le GSM en ville
- la confidentialité est bien assurée grâce à des codes de longueur suffisante
- les mêmes fréquences sont utilisables dans toutes les cellules, seuls les codes changent
- plus robuste, il permet de diminuer la puissance (meilleure autonomie, diminution des risques)
- le débit du signal à transmettre est limité à 2 Mbits/s, ce qui permettra des applications à haut débit (Internet, vidéo ...)

Pour l'UMTS, la bande montante va de 1920 à 1980 MHz et la bande descendante couvre de 2110 à 2170 MHz, la largeur d'un canal radio étant de 5 MHz.

71

## Illustration : exemple d'antennes

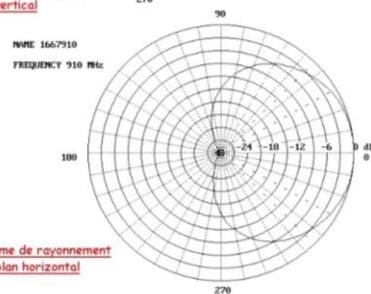
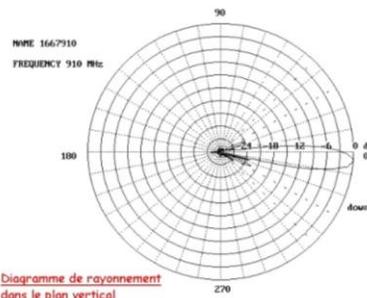
### Antenne panneau GSM à polarisation croisée

#### Caractéristiques électriques

Frequency Range	070 - 900 MHz
Gain	16 ± 0.2 dBi
SWR	< 1.3 : 1
Polarization	+45° / -45°
Horizontal Beamwidth	95° ± 5°
Vertical Beamwidth	9° ± 0.5°
Electrical tilt	4°
Lateral side lobes	> 19 dB
Front /Back ratio	> 25 dB
Isolation between polarizations	> 30 dB Typical
Power	500 W
Intermodulation	< -110 dBm @ 2 × 20 Watts
Impedance	50 Ω
Electrical protection	Grounded

#### Caractéristiques mécaniques

Length	2330 mm
Wide	253 mm
Depth	145 mm
Weight	15.7 kg
Brackets	pole 48-115 mm
Mechanical tilt	0-10°, 2° pass
Wind load	873N @ 160 km/h



### Illustration : les stations de base



BTS de l'aéroport de Zurich (équipement Nokia)



BTS Nokia



départ des câbles d'antennes

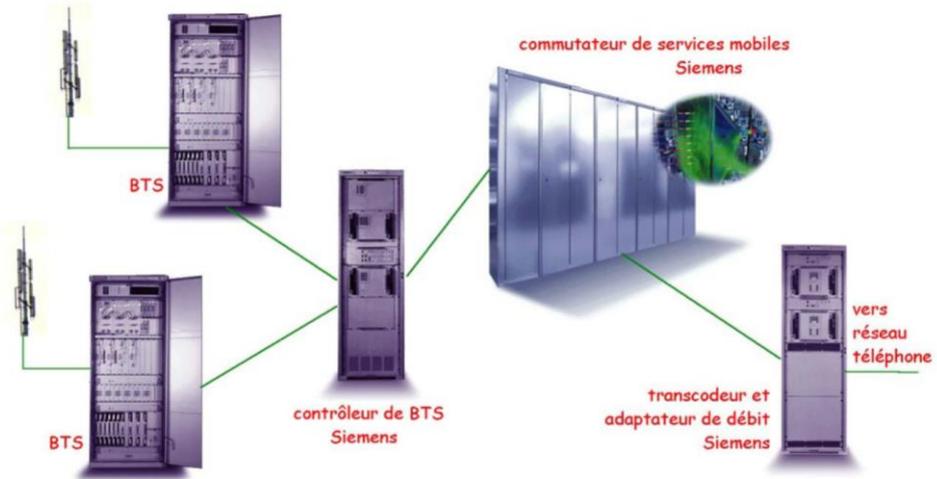


BTS Nortel

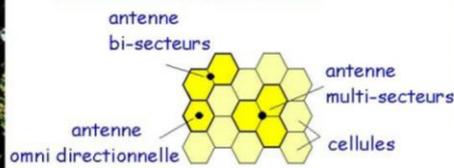


BTS Ericsson

### Illustration : le contrôleur de stations de base

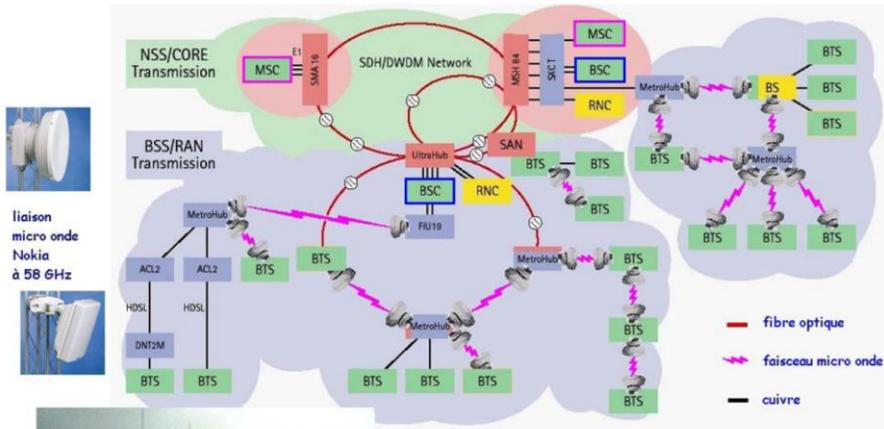


### Illustration : installation des antennes



75

### Illustration : faisceaux hertziens



liaison micro onde Nokia à 58 GHz



liaison micro onde à l'aéroport de Zurich



liaison micro onde Sagem

76

# **ANNEXES**

77

# **Protocoles et composants du réseau**

78

## Protocoles d'interfaces GSM

### ☐ Interface radio

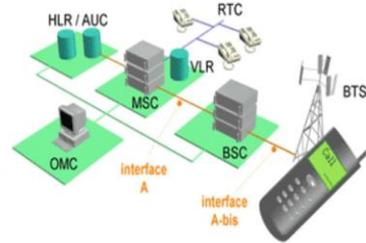
- Gère les communications entre le mobile et les BTS pour tout ce qui concerne la transmission radio analogique
- Protocole utilisé : **LAPDm** (Link Access Procedure on the D channel for mobile)

### ☐ Interface Abis

- Gère les communications entre BTS et BSC, en particulier :
  - La gestion du trafic radio
  - L'exploitation et la maintenance des stations BTS
- Protocole utilisé : **LAPD**

### ☐ Interface A

- Gère les communications entre BSC et MSC, en particulier
- le hand over
- Signalisation du type SS7
- Protocole utilisé : **BSSAP** (BSS Application Part)

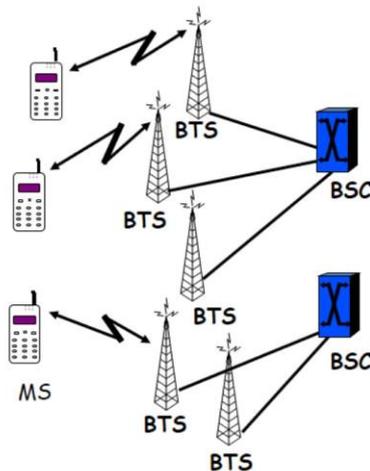


79

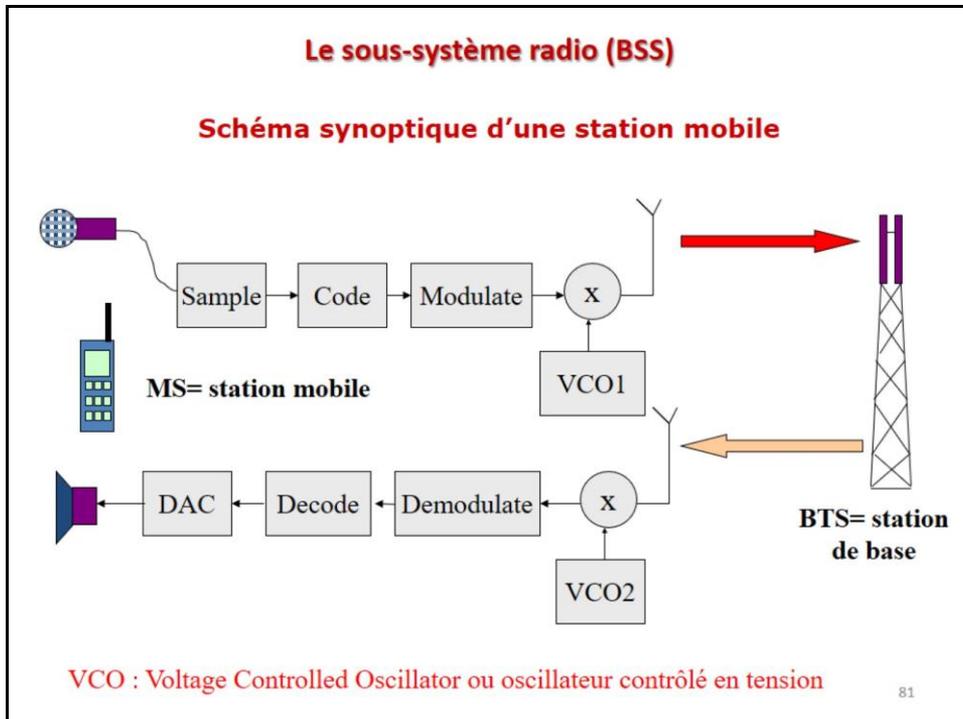
## Le sous-système radio (BSS : Base Station Subsystem)

### MS : Terminal mobile

- De plus en plus performants et légers
- Abonnement séparé du terminal
  - ☐ Blocage par certains opérateurs
- Carte à puce **SIM** (Subscriber Identity Module)
  - ☐ Caractéristiques de l'abonnement, identités **IMSI** (L'International Mobile Subscriber Identity) et le **TMSI** (Temporary Mobile Subscriber Identity), et les algorithmes de **chiffrement**
- Identité propre au terminal : **IMEI** (International Mobile Equipment Identity)
- Puissance maximale d'émission de 0.8 à 8 W



80



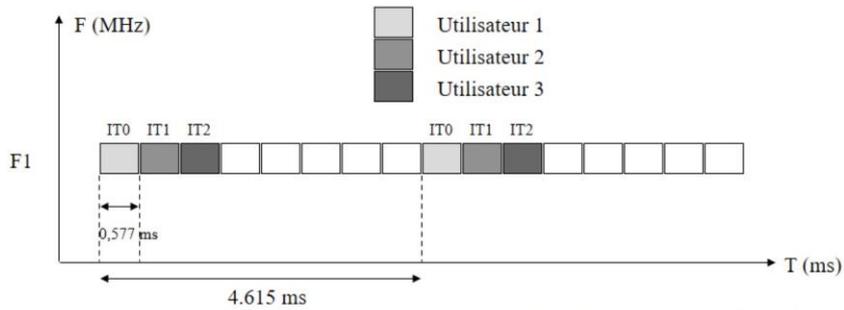
### L'interface radio

- Technique de multiplexage : F-TDMA
- Multiplexage fréquentiel : plages de 200 kHz
  - 890-915 MHz : terminal → station de base
  - 935-960 MHz : station de base → terminal
  - 124 voies de communication duplex en parallèle
- Multiplexage temporel d'ordre 8 :
  - optimiser l'utilisation de la capacité de transmission
  - $8 \times 577 \mu s = 4,615 \text{ ms} \equiv$  une trame GSM  $\equiv 1,25 \text{ kbit}$
- Canal *physique* : 271 kbit/s
- Canaux *logiques* :
  - 13 kbit/s pour la parole
  - 9,6 kbit/s pour la transmission de données

## La liaison hertzienne (1/5)

### Le multiplexage temporel et fréquentiel

- Le système TDMA (Time Division Multiple Access ou AMRT). Sur la trame TDMA, chaque utilisateur a un intervalle de temps parmi 8 sur une fréquence.

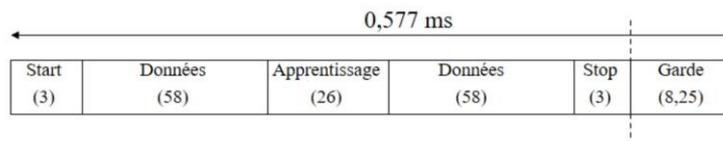


- Pour augmenter la capacité, on ajoute des fréquences (A chaque fréquence ajoutée, on gagne 8 IT)

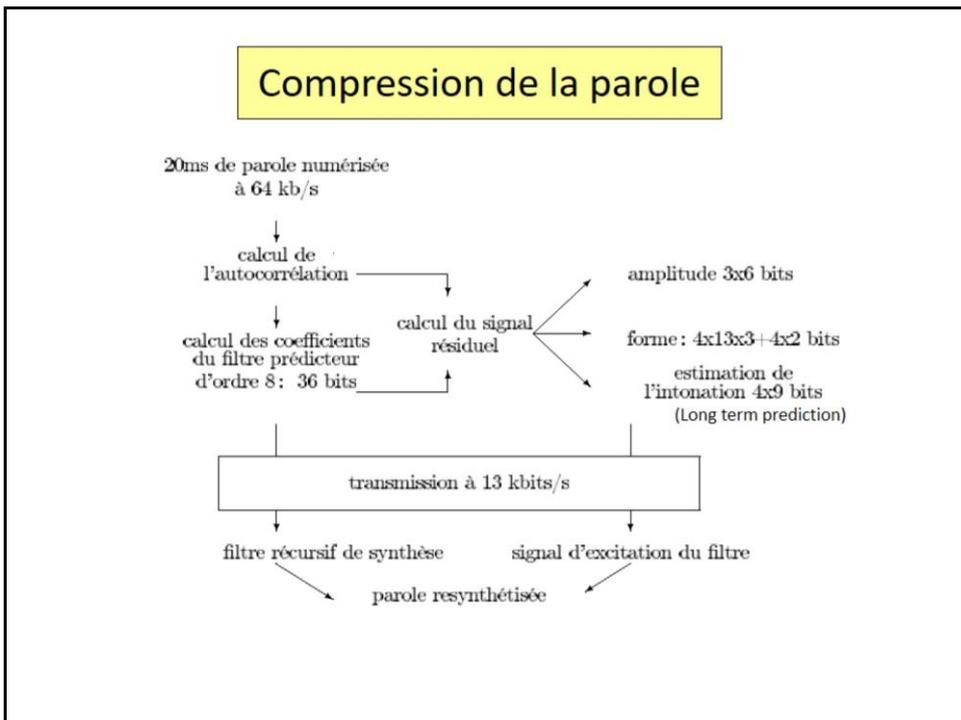
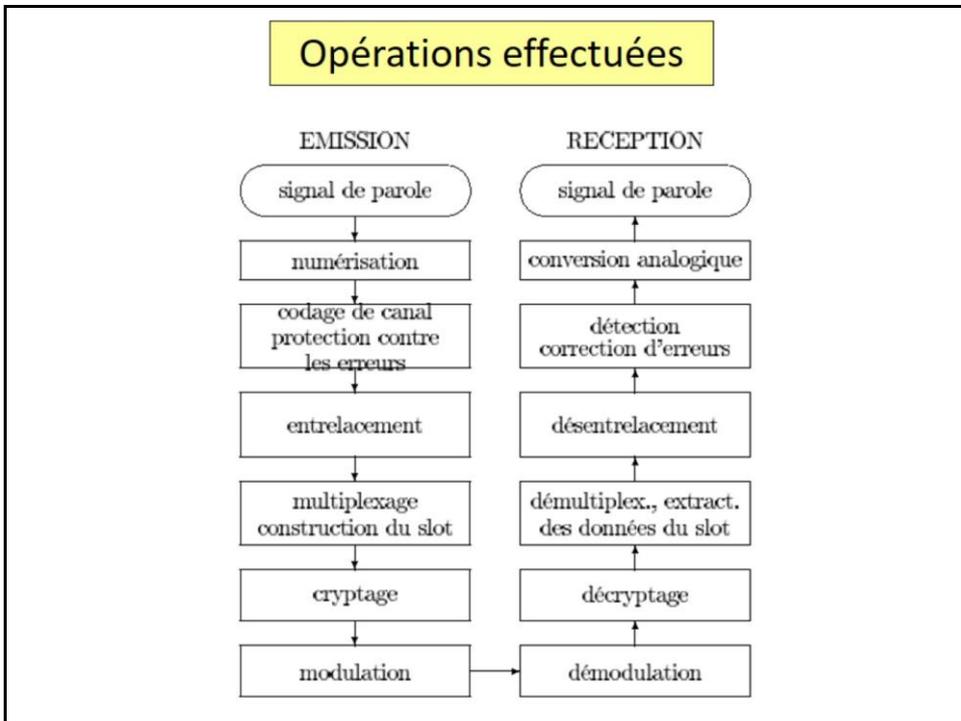
## La liaison hertzienne (2/5)

- Chaque canal a une largeur de bande de 200 kHz.
- Chaque porteuse est modulée en phase (modulation de phase gaussienne - GMSK Gaussian Modulation Shift Keying).
- Le débit brut est de 270,8 kbit/s sur l'Interface Air.
  - La porteuse RF est modulée par un train de données que l'on appelle **BURST** (partie élémentaire d'information). Il est composé :
    - d'une partie utile (données à transmettre, séquence d'apprentissage, bits de début et bits de fin). La séquence d'apprentissage est connue du système et va permettre de définir la qualité de la liaison radio.
    - d'une partie de garde.

### – Ex. Normal Burst

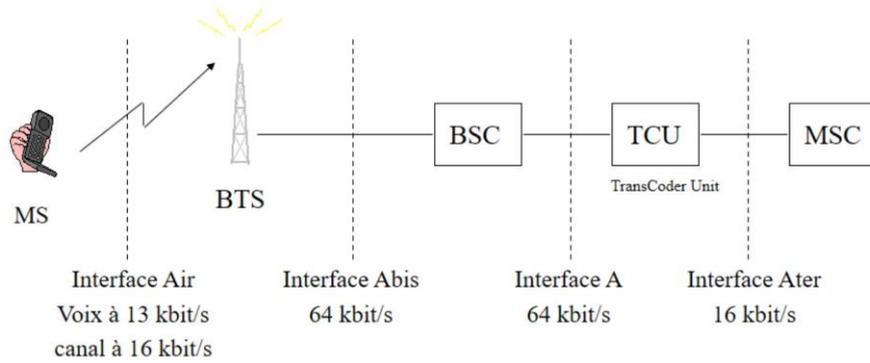






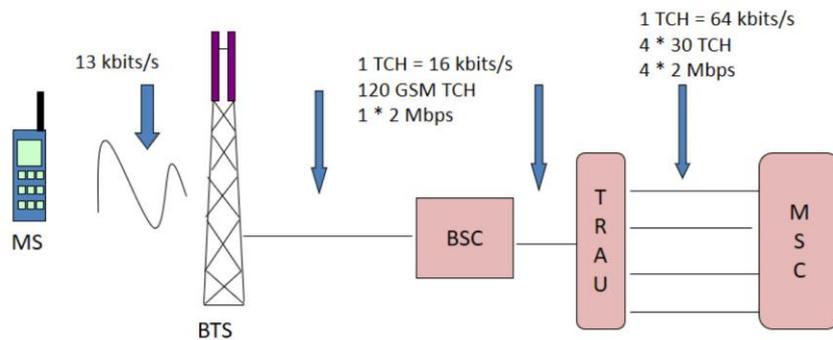
### Transcodage de la voix

- Lors de son transit dans le réseau , la parole subit des modifications de débit pour s'adapter aux liens de transmission.



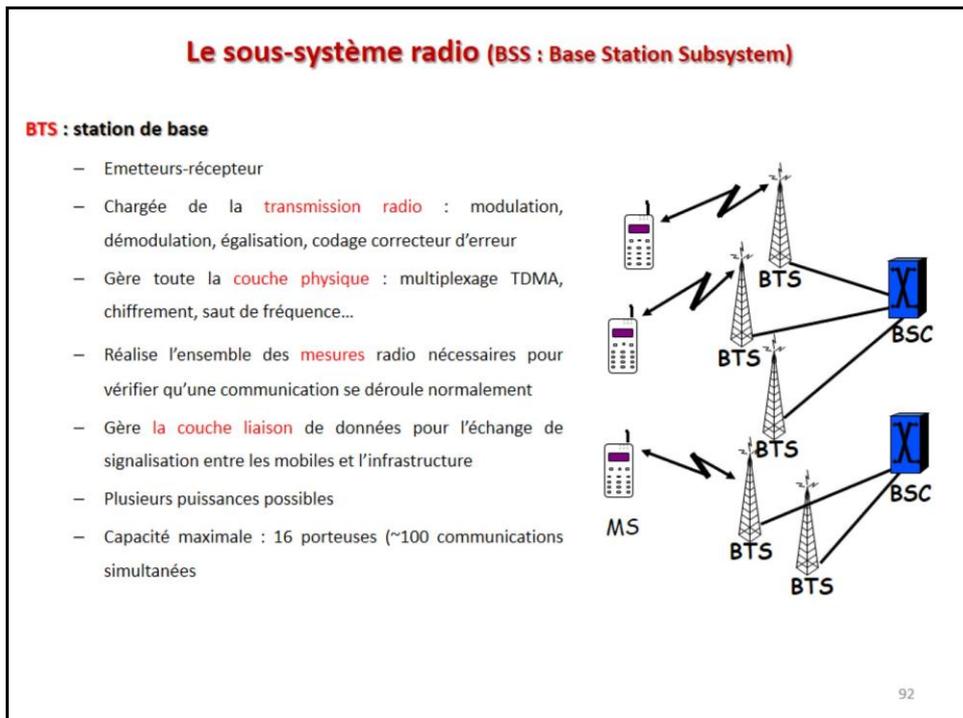
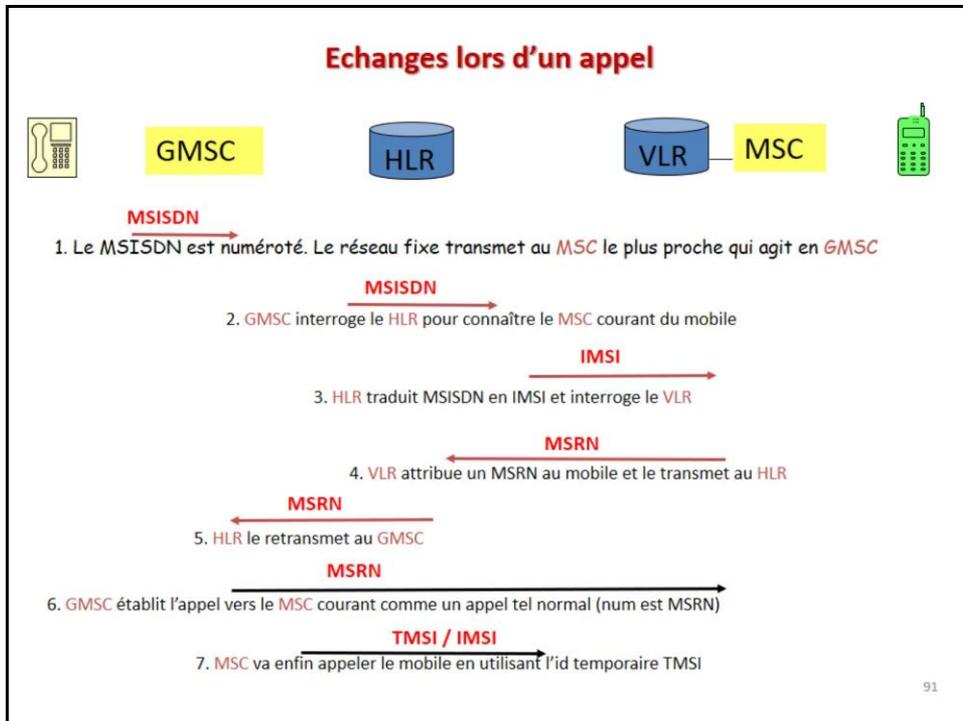
89

### Transcodage de la voix



TRAU : Transcoding Rate Adaptation Unit

90



## Le sous-système radio (BSS : Base Station Subsystem)

### Exemples de BTS

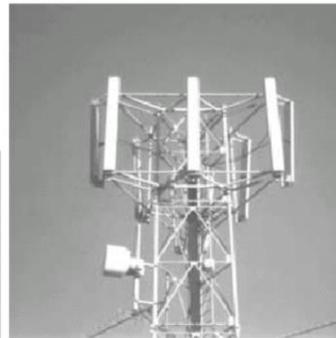
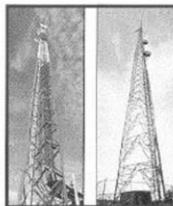


3 secteurs → minimum 3 antennes et 3 radios TRX (ensemble émetteurs récepteurs à 1 fréquence porteuse)

93

## Le sous-système radio (BSS : Base Station Subsystem)

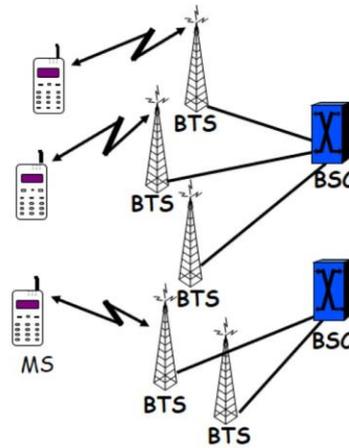
### Autres exemples de BTS



## Le sous-système radio (BSS : Base Station Subsystem)

### BSC : Contrôleur de BTS

- Le BSC contrôle plusieurs BTS
- Organe 'intelligent' du BSS
- Gère :
  - l'allocation des fréquences, le contrôle de puissance,
  - le contrôle d'admission,
  - le handover : décision et exécution
  - les mesures reçues par les BTS
- Liaison BTS-BSC similaire au RNIS

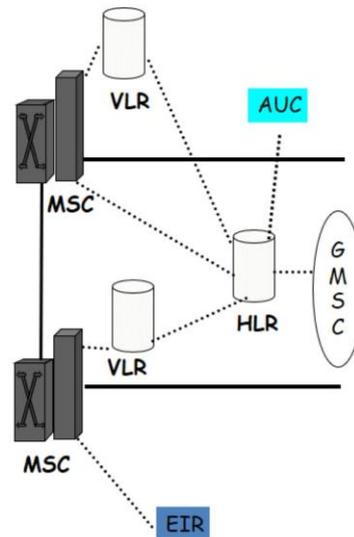


95

## Le sous-système réseau (NSS : Network Switching Subsystem)

### MSC : commutateur du service mobiles

- Gère les communications des mobiles sous sa couverture :
  - Gère l'établissement des **communications** entre un mobile et un autre MSC
  - Transmission des messages courts
  - Exécution du **handover si hors BSC**
  - Dialogue avec le **VLR** pour gérer la mobilité des usagers (vérification, transfert d'information de localisation ...)
- Sert de passerelle active lors d'appels d'abonné fixe vers un mobile **GMSC** (Gateway MSC)

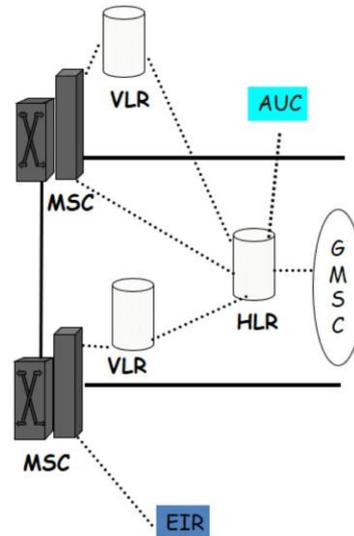


96

## Le sous-système réseau (NSS : Network Switching Subsystem)

### HLR : BD de localisation nominale

- Gère les abonnés d'un **PLMN** donné (Public Land Mobile Network)
- Mémoire le profil de l'abonné :
  - **MSISDN** (Mobile Station International Subscriber Directory Number) : numéro de téléphone
  - **IMSI** (L'International Mobile Subscriber Identity) : identité nationale de l'abonné
  - Informations **chiffrement**
  - **Localisation courante**
  - ...

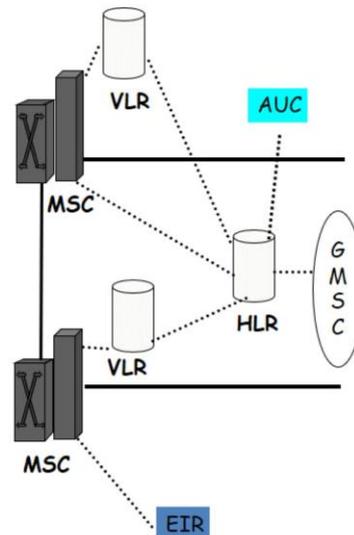


97

## Le sous-système réseau (NSS : Network Switching Subsystem)

### VLR : BD de localisation locale

- Mémoire les informations concernant les abonnés présents dans une zone
- Données identiques au HLR avec **TMSI** (Temporary Mobile Subscriber Identity) identité temporaire en plus
- Les informations suivent le mobile lors de ses déplacements
- **Séparation matérielle** entre MSC et VLR rarement respectée



98

## Le sous-système réseau (NSS : Network Switching Subsystem)

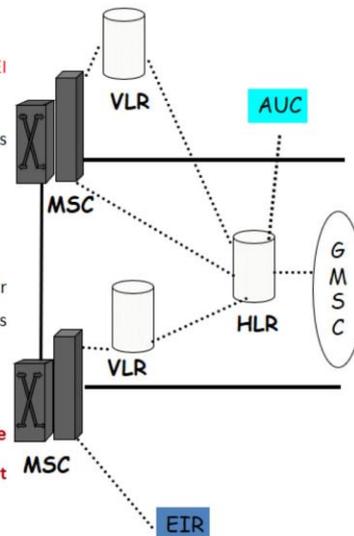
### EIR (Equipment Identity Register)

- BD annexe contenant les identités des terminaux **IMEI** (L'International Mobile Equipment Identity)
- Peut refuser l'accès au réseau parce que le terminal n'est pas homologué ou qu'il a fait l'objet d'une déclaration de **vol**

### AUC (Authentication Center)

- mémorise pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour chiffrer les communications

→ EIR et AUC sont souvent considérés dans le sous-système d'exploitation et de maintenance OSS (Operation Support Subsystem)



Retour à la page 11

99

## 4-Les fréquences de travail ...annexe

MRC29 \* : Les bandes 880-915 MHz et 925-960 MHz sont exploitées par les réseaux de radiotéléphonie numérique mobile de norme GSM. L'espacement entre canaux adjacents est de 200 KHz.

Les formules utilisées pour le calcul des canaux :

→ GSM :

$$f_n = n \times 0,2 + 890 \text{ (MHz)}$$

$$f'_n = n \times 0,2 + 935 \text{ (MHz) où } 1 \leq n \leq 125$$

→ EGSM :

$$f_n = (n-974) \times 0,2 + 880 \text{ (MHz)}$$

$$f'_n = (n-974) \times 0,2 + 925 \text{ (MHz) où } 975 \leq n \leq 1024$$

\* : <http://www.anrt.ma/sites/default/files/ANRT-Maroc-Plan-national-frequences-2013.pdf>

Retour à pp 14

100

## Les interférences (1/2)

- Une interférence se caractérise par un signal parasite émis à la même fréquence que le signal utile. Ce signal parasite se superpose au signal utile et la résultante est un signal plus ou moins dégradé suivant la puissance de l'interfèreux.
- Les sources d'interférences peuvent être externes au réseau (brouilleur militaire) ou internes (dus à la réutilisation des fréquences).

101

## Les interférences (2/2)

- Dans un réseau cellulaire, on trouve 2 types d'interférences dues à la réutilisation des fréquences :
  - Les interférences co-canal :  
Interférence entre deux cellules utilisant la même fréquence. Gênant dès que la différence entre la serveuse et l'interfèreuse atteint 9 dB.
  - Les interférences dues au canal adjacent :  
Le gabarit d'un canal n'est pas à flancs raides donc il va "déborder" sur les canaux adjacents (le canal N va interférer les canaux N+1 et N-1). Gênant dès que la serveuse et l'interfèreuse sont de même valeur.
- Pour y remédier, corriger le plan de fréquences, modifier la zone de couverture des antennes, baisser la puissance des cellules qui créées l'interférences si cela est possible.

102

[Retour à la page 16](#)

### L'itinérance (1/3)

- Le mobile peut se trouver dans 3 modes :
  - Il est éteint. Le réseau ne peut pas le localiser . Tous les appels le concernant sont dirigés vers la boîte vocale.
  - Il est allumé mais hors communication. C'est le **Mode Idle**.
  - Il est en communication.
- L'itinérance est la possibilité de se connecter au réseau n'importe où et d'être joint partout quand le mobile est en Idle Mode.  
 Pour cela, on définit des zones de localisation LAC (Location Area Code) qui regroupe plusieurs stations émettrices et dans lesquelles, le réseau va rechercher un mobile. C'est la procédure de **Paging**.

103

### L'itinérance (2/3)

- Lorsque le mobile se déplace hors communication (en Idle Mode), le mobile envoie une mise à jour de localisation (Location Updating) lorsqu'il change de LAC.
  - Périodiquement, le réseau envoie une demande de mise à jour de localisation (Periodic Location Updating) au mobile qui lui répond.
- Lorsque le mobile s'est déplacé éteint et qu'il a changé de LAC, le réseau fait une procédure de Paging.

104

### L'itinérance (3/3)

- Pour éviter des paging inutiles sur tout le réseau lorsqu'un mobile est éteint, le réseau renvoie directement sur la boîte vocale.
- l'IMSI (International Mobile Subscriber Identity) est l'identité invariante de l'abonné à l'intérieur du réseau GSM. C'est par le biais d'une procédure sur l'IMSI que le réseau suit le mobile, lorsque celui-ci est allumé.
- L'IMSI est différent du MSISDN (Mobile Station Integrated Services Digital Network Number) qui est le numéro de téléphone de l'abonné (ex. 33 06 60 31 \*\* \*\*).

[Retour à la page 17](#)

105

### Le contrôle de puissance : Power Control (1/2)

- But :
  - Faire varier la puissance d'émission du mobile et de la BTS en cours de communication afin d'utiliser la puissance la plus faible possible sans altérer la qualité de la communication.
- Intérêt :
  - Économie des batteries des mobiles.
  - Réduction du taux moyen d'interférence sur le réseau.
- Remarque :
  - Le power Control est désactivable par l'opérateur.

106

## Le contrôle de puissance : Power Control (2/2)

- Principe et fonctionnement :
  - La gestion est entièrement réalisée par la BTS, le mobile exécute.
  - A partir des mesures du mobile et de la BTS, la BTS réduit sa puissance ou réduit la puissance du mobile (ordre sur le SACCH) si les mesures dépassent certains seuils (paramétrables). Les pas d'incréméntation et de décrémentation sont de +4 dB et +2 dB (paramétrables).
  - Les algorithmes de Power Control UpLink et DownLink sont indépendants et peuvent être exécutés en parallèle.

[Retour à la page 29](#)

107

## La mobilité : le HandOver (1/8)

- La mobilité est la possibilité -qui a le mobile- de maintenir la communication lors de son déplacement.
- Pour cela, le réseau effectue la procédure de HandOver (HO), c'est-à-dire le passage d'une cellule à l'autre afin d'assurer la meilleure qualité de la communication.
- Pour définir si la communication est de bonne ou mauvaise qualité, des paramètres ont été définis :
  - Le niveau de puissance du signal de la cellule RxLev.  
C'est un nombre entier.  $RxLev-110 =$  puissance en dBm.
  - La qualité du signal de la cellule RxQual.  
C'est un nombre entier compris entre 0 (bon) et 7 (mauvais) qui traduit le taux d'erreurs binaires (BER) dans les trames TDMA.

108

### La mobilité : le HandOver (2/8)

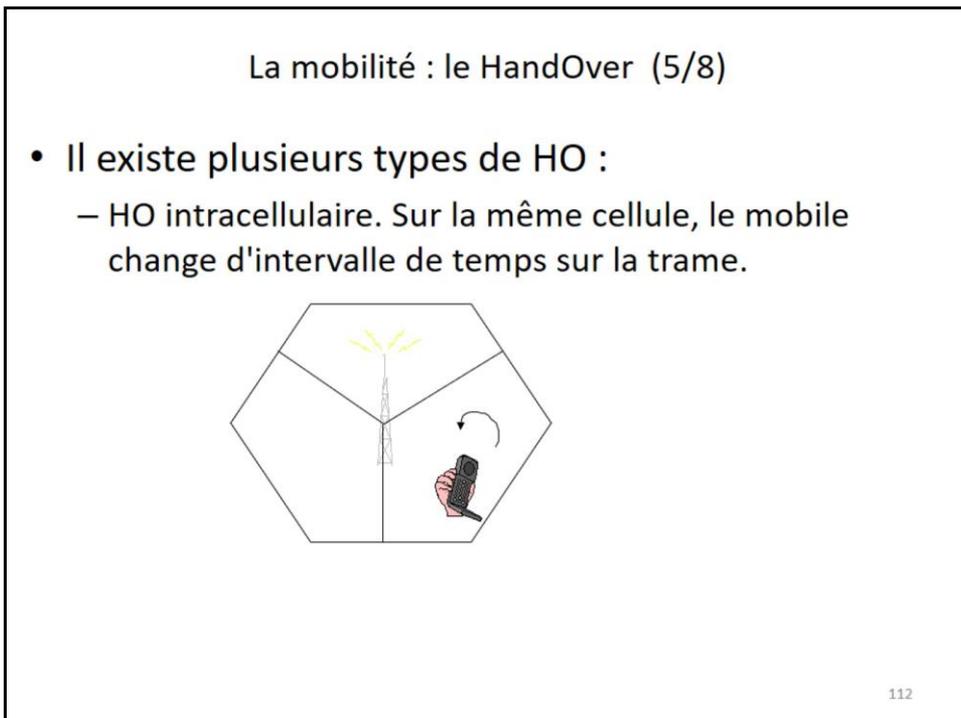
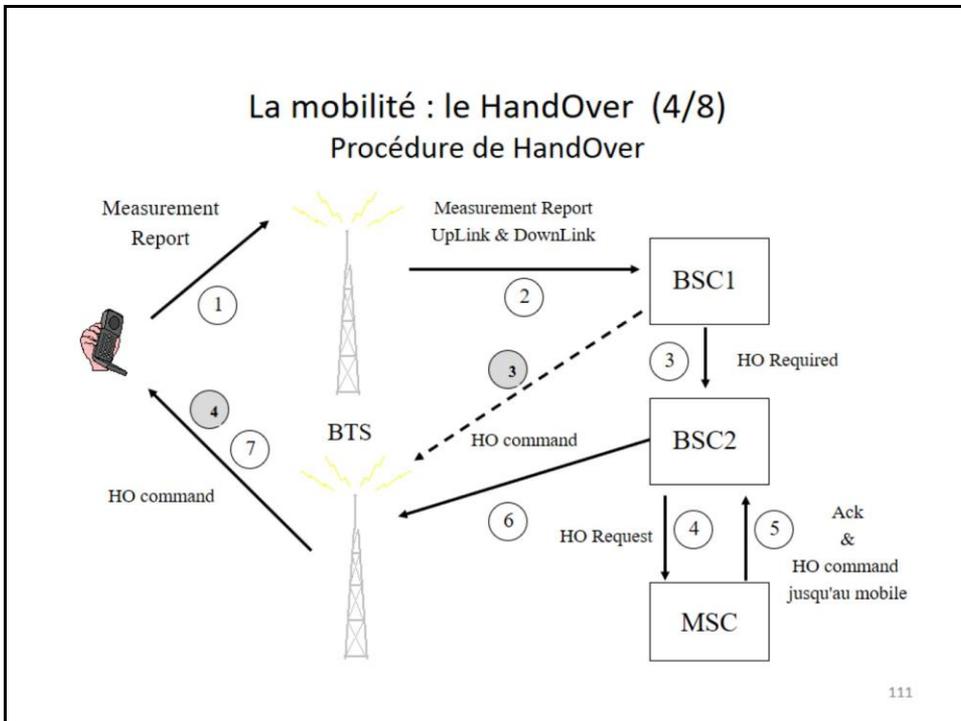
- Le HO se déclenche à l'initiative du réseau pour les raisons suivantes :
  - Si le niveau de champ (RxLev) de la cellule serveuse est insuffisant → HO sur niveau (RxLev UpLink ou DownLink).
  - Si le niveau de qualité (RxQual) de la cellule serveuse est insuffisant → HO sur Qualité (RxQual UpLink ou DownLink).
  - Si le mobile est trop loin de la BTS → HO sur Distance (la distance maximale entre Mobile et BTS est de 35 km).
  - Si une cellule voisine est meilleure ou de qualité égale mais nécessitant une puissance plus faible sans que la cellule serveuse soit mauvaise → HO sur bilan de liaison.

109

### La mobilité : le HandOver (3/8)

- Pour savoir, en cas de HO, sur quelle cellule aller, le mobile est à l'écoute de diverses informations qui lui permettront d'établir une liste des cellules voisines possibles.
- Il mesure :
  - le niveau de champ de la cellule serveuse et des cellules voisines.
  - la qualité de la cellule serveuse.
  - la distance par rapport à la cellule serveuse.
  - l'identité de la cellule serveuse et des cellules voisines.
  - la LAC sur laquelle il est connecté.
- Ces informations servent au réseau à déclencher le HO et à savoir sur quelle cellule le mobile doit aller.

110



## La mobilité : le HandOver (7/8)

- HO interBSC. Passage d'une cellule gérée par un BSC à une cellule gérée par un autre BSC dépendant du même MSC. Lors de ce HO le MSC en question intervient dans la procédure.
- HO interMSC. Passage d'une cellule gérée par un BSC d'un MSC à une cellule gérée par un autre BSC dépendant d'un autre MSC. Ce type de HO est le plus critique car les temps de transfert des informations pendant la procédure pénalise le HO.

113

## La mobilité : le HandOver (8/8)

- Les étapes du processus de HO :
  - Détection d'une alarme : comparaison des mesures (UL & DL) aux seuils prédéfinis et paramétrables . BTS.
  - Sélection d'une cellule cible : Algorithme de HO dans la BTS.
  - Décision du HO : Algorithme de HO dans la BTS. Information transmise au BSC.
  - Activation d'un canal sur la cellule cible : BSC.
  - Tentative d'exécution du HO sur la cellule cible : Mobile.
  - Libération de l'ancien canal si le HO a réussi : BTS.
  - Retour sur l'ancien canal si le HO a échoué\_(HO\_FAILURE) : Mobile.

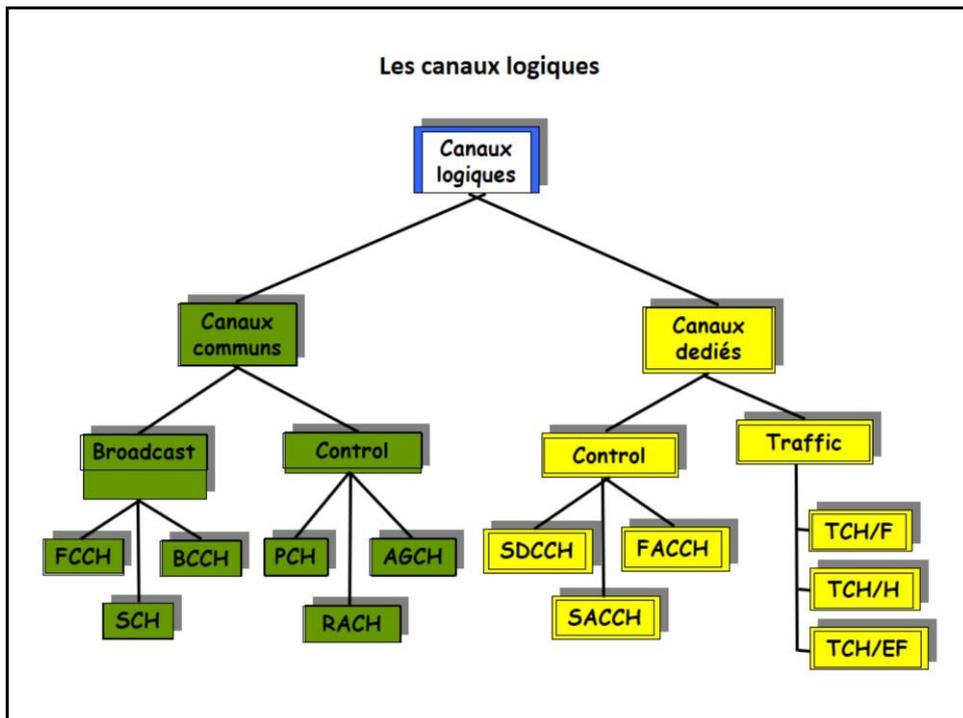
Retour à la page 38

114

### Les canaux logiques (1/8)

- Chaque trame TDMA est décomposée en 8 IT. Chaque IT constitue un **canal physique**.
- Le contenu de l'information transporté sur les canaux physiques est associé en différents canaux logiques. Selon le type d'information véhiculé, on distingue les canaux suivants :
  - des canaux communs de contrôle (BCH : Broadcast Control Channel , CCCH : Common Control Channel) accessibles à tous les mobiles.
    - des canaux de signalisation hors communication (SDCCH : Stand-alone Dedicated Control Channels) dédiés à un seul mobile.
    - des canaux de signalisation pendant la communication (SACCH : Slow Associated Control Channel) utilisés en parallèle du trafic.
  - des canaux de trafic (TCH : Traffic channel ) dédiés à un seul mobile.

115



## Les canaux logiques (2/8)

- Canaux de contrôle
  - Sens descendant
    - le canal **BCH** (Broadcast CHannel - voie balise) qui diffuse en permanence des informations concernant les caractéristiques de la cellule.  
Il contient :
      - le **FCCH** (Frequency Correction CHannel) qui assure le calage du mobile sur la fréquence porteuse de la BTS.
      - le **SCH** (Synchronized CHannel) qui assure la synchronisation du mobile et l'identification de la cellule.
      - le **BCCH** (Broadcast Common CHannel) qui diffuse des informations locales du système (caractéristiques de la cellule).
    - les canaux communs de contrôle (**CCCH**) qui contiennent :
      - le **PCH** (Paging CHannel) utilisé lors de la procédure de paging.
      - le **AGCH** (Access Grant CHannel). Allocation d'un IT en réponse à une demande du mobile.
      - le **CBCH** (Cell Broadcast CHannel). Messages courts en diffusion vers les mobiles.

117

## Les canaux logiques (3/8)

- Canaux de contrôle
  - Sens montant
    - Entièrement réservé au canal RACH (Random Access CHannel). Accès aléatoire de la part des mobiles (demande d'allocation de canal).
- Tous ces canaux de contrôle (UpLink ou DownLink) sont toujours diffusés sur l'IT<sub>0</sub> de la première fréquence de la cellule (fréquence balise). Elle diffuse en permanence et à pleine puissance.

118

## Les canaux logiques (4/8)

- Canaux de signalisation dédiés.
  - **SDCCH** (Stand-alone Dedicated Control CHannel).  
Des échanges d'informations hors communication sont indispensables entre mobile et réseau. Le SDCCH, canal bas débit, transporte les données de signalisation dès la connexion mobile-BTS et, lors de l'établissement d'appel, jusqu'au basculement sur un canal de trafic (authentification et chiffrement). Il est possible d'allouer simultanément 8 canaux SDCCH.  
Dans le réseau Bouygues Telecom, le SDCCH est toujours sur l'IT1.

119

## Les canaux logiques (5/8)

- Canaux de signalisation dédiés.
  - **SACCH** (Slow Associated Control CHannel).  
Il est associé à un TCH ou à un SDCCH pour superviser la liaison et se localise sur le même canal physique. Il transporte des informations générales entre mobile et BTS, tels que les rapports de mesures sur cellule serveuse et voisines, le contrôle de puissance du mobile.
  - **FACCH** (Fast Associated Control CHannel).  
Un FACCH sera assigné si un SACCH n'a pu l'être. Il est utilisé en cas de signalisation urgente, pour le HandOver en particulier (SACCH de débit trop lent).

120

## Les canaux logiques (6/8)

- Canaux de trafic

- **TCH** (Traffic CHannel)

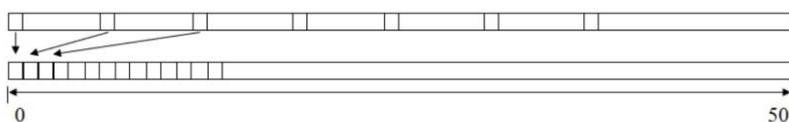
Lorsque la communication est établie, un canal TCH est alloué et sert au transfert de la parole ou éventuellement de données.

121

## Les canaux logiques (7/8)

- Pour pouvoir écouler toutes ces informations en tenant compte des débits de chaque canal, les informations sont multiplexées.
- Les canaux de contrôle et les canaux de signalisation sont "étalés" sur 51 trames TDMA (multiframe "51" - 235 ms), les canaux de trafic sur 26 trames TDMA (multiframe "26" - 120 ms).
- Il existe des supertrames "51/26" et "26/51" de 6,12 s et des hypertrames de 2048 supertrames (3h28mn53s760ms).

Canaux communs de contrôle



122

## Les canaux logiques (8/8)

- Suivant le nombre de fréquences (TRX) sur une cellule, on a la configuration suivante :
  - 1er TRX de la cellule (Fréquence BCCH)
    - IT0 : BCCH + CCCH
    - IT1 : SDCCH
    - IT2-7 : TCH => 6 communications simultanées.
  - 2ème TRX
    - IT0-7 : TCH => 6+8=14 communications simultanées.
  - 3ème TRX
    - IT0 : SDCCH
    - IT1-7 : TCH => 14+7=21 communications simultanées.
- La répartition des TCH sur les TRX d'une cellule est : 6-8-7-8-7-8...

Retour à la page 40

123

## Organisation d'un burst

- Unité de transmission est le **burst** (slot)
  - Plusieurs structures
- Burst normal :

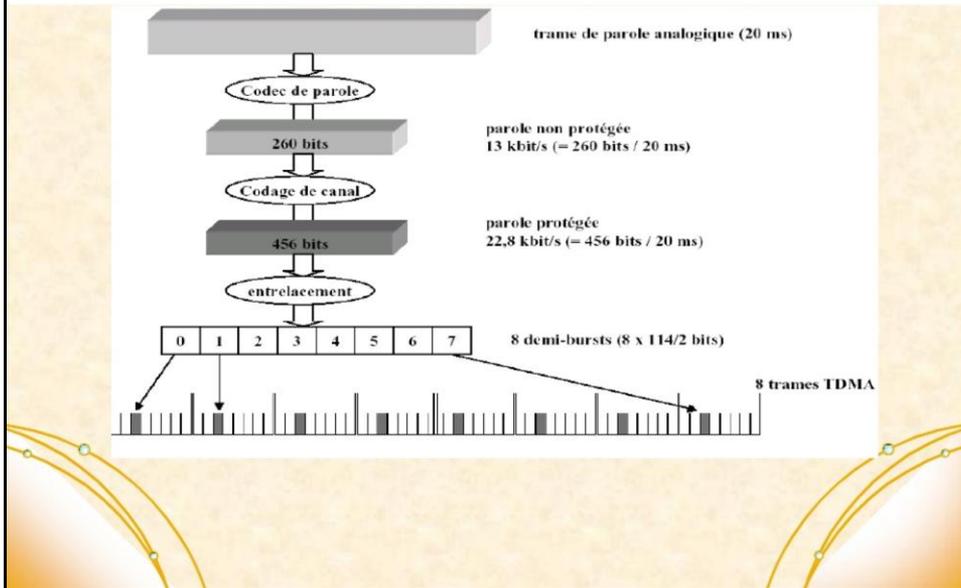
1 trame TDMA = 1250 bits (4.615 ms)



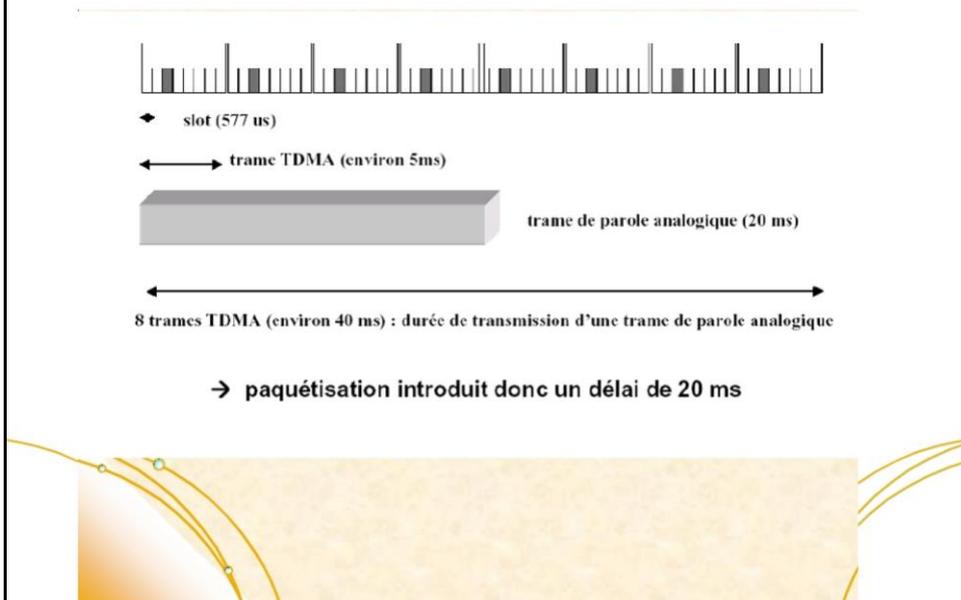
1 slot = 156,25 bits (577 µs)

- 3 bits début et fin : augmenter et diminuer la puissance de l'émetteur
- Séquence d'apprentissage : synchronisation (minimise l'apparition d'erreurs)
- Délais de garde : protège le slot suivant des inexactitude d'alignement temporel
- 2 \* 58 bits de données utilisateurs ou de signalisation (1er bit indique la présence éventuelle de signalisation)

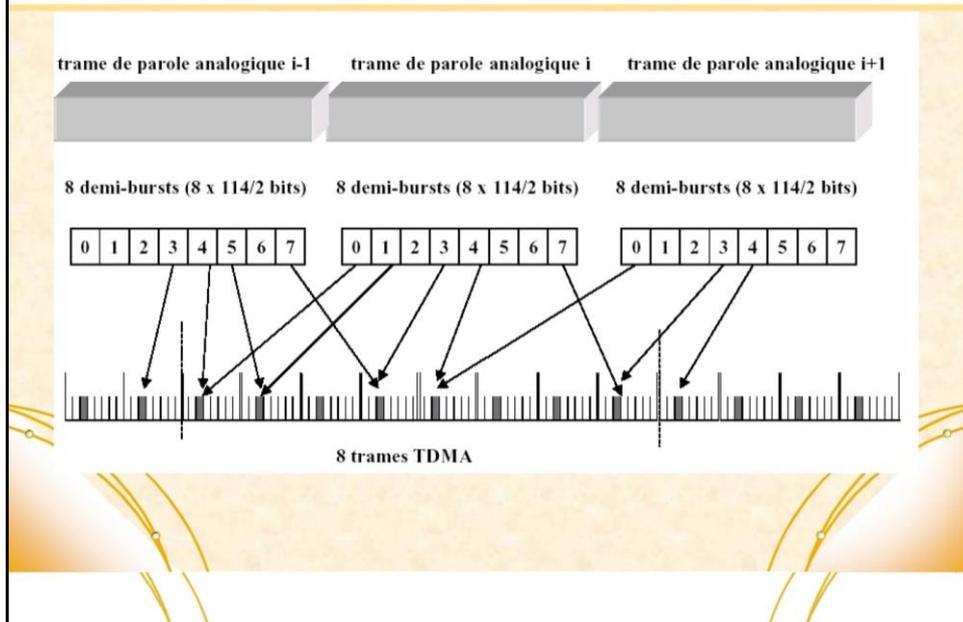
## Exemple de transmission : codage de la parole



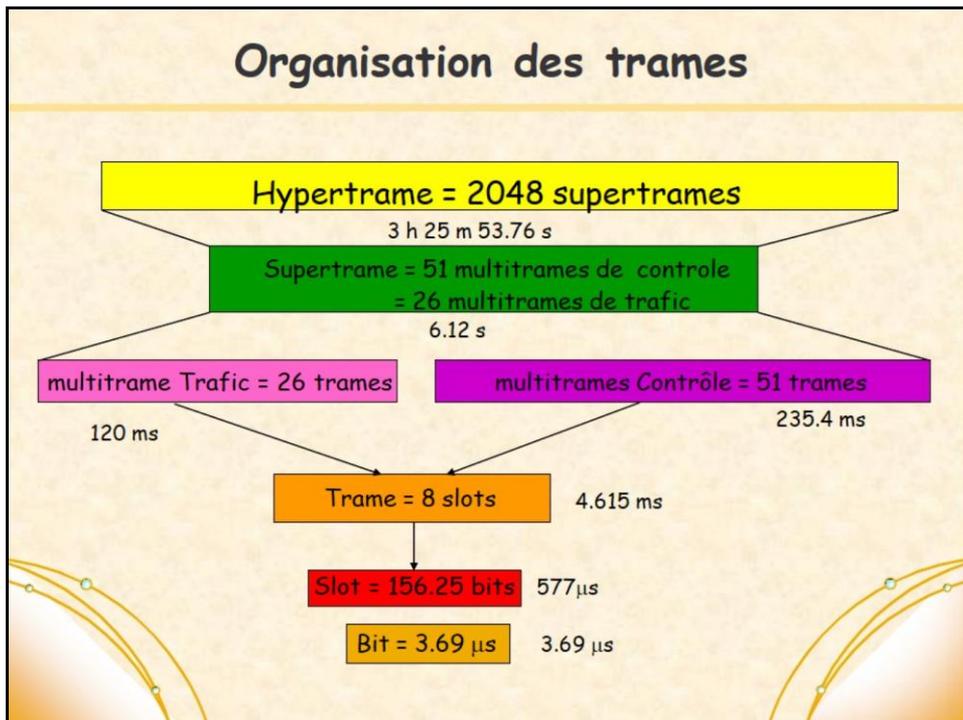
## Exemple de transmission : codage de la parole



## Exemple de transmission : codage de la parole



## Organisation des trames



## Les canaux logiques

- Les canaux de contrôle ne sont pas acheminés sur un canal physique dédié par souci d'économie mais de temps en temps
- Plusieurs types de canaux :
  - **Canaux dédiés**
    - échanges d'information (TCH) + signalisation téléphonique
  - **Canaux de contrôle (SACCH)**
    - Contrôle de présence mobile, puissance, mesures ...
  - **Canaux contrôle diffusés :**
    - voie balise

## Les canaux logiques

Catégorie	Nom	Sens	Rôle
Diffusion (commun)	BCCH(BroadcastControlChannel)	Descendant	Diffusion d'info système spécifique à la cellule
	FCCH(FrequencyCorrectionChannel)	Descendant	Synchronisation fréquentielle
	SCCH(SynchronizationChannel)	Descendant	Synchronisation temporelle et identification de la cellule
Contrôle (commun)	AGCH(AccessGrantChannel)	Descendant	Réponse du réseau à l'accès initial
	CBCH(CellBroadcastChannel)	Descendant	Diffusion de messages courts
	PCH(PagingChannel)	Descendant	Appel mobile
	RACH(RandomAccessChannel)	Montant	Accès initial du mobile
Contrôle (dédié)	FACCH(FastAssociatedControlChannel)	Bidirectionnel	Signalisation rapide
	SACCH(SlowAssociatedControlChannel)	Bidirectionnel	Contrôle de transmission
	SDCCH(Stand-aloneDedicatedControlChannel)	Bidirectionnel	Signalisation
Trafic (dédié)	TCH(TrafficChannel)	Bidirectionnel	Transmission de données