

Réseaux Mobiles



Réseaux Mobiles

- ✓ Historique de la téléphonie mobile
- ✓ Caractéristiques du réseau GSM
- ✓ Concept cellulaire
- ✓ Principe de réutilisation des fréquences radio
- ✓ Aspects techniques du GSM (multiplexage et duplexage)
- ✓ Architecture physique générale du réseau GSM
- ✓ Identités et identifiants de localisation dans le réseau GSM
- ✓ Modèles de propagation en GSM
- ✓ Exemple d'échanges lors d'un appel mobile
- ✓ Interfaces définies dans la norme GSM et Interface Radio
- ✓ Canaux physiques et canaux logiques
- ✓ Chaîne de transmission du signal de parole et mécanismes mises en œuvre
- ✓ Architecture protocolaire du système GSM
- ✓ Architecture SMS
- ✓ Evolutions GSM
- ✓ Architecture physique générale du réseau GPRS-GSM



C'est quoi un réseau mobile?

- Un réseau de téléphonie mobile est un **réseau permettant un usage simultané** d'un grand nombre de téléphones portables ou de terminaux connectés, mobiles ou statiques, et ce même en cas de déplacement à vitesse élevée.
- La **technologie radio** utilisée vise à partager un spectre hertzien entre de multiples usagers, eux-mêmes répartis dans différentes **cellules radio** en fonction de leur situation spatiale. Ainsi, pour communiquer depuis un téléphone portable, il faut se trouver à portée d'une **antenne-relais** investie par son opérateur mobile de sorte à réceptionner un signal radio suffisamment puissant.



Différentes technologies mobile

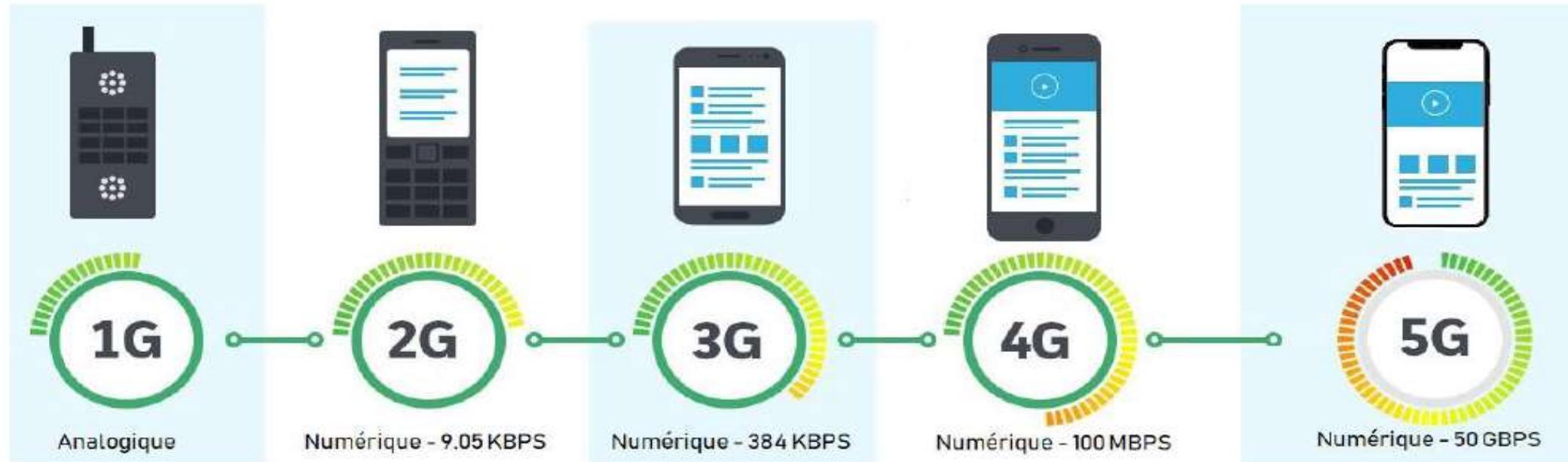
- Les mobiles emploient pour la plupart d'entre eux 4 technologies basées sur les réseaux cellulaires d'antennes, à savoir :
- le **GSM** (Global System for Mobile Communications), aussi appelé 2G (deuxième génération) : il utilise les bandes de fréquences comprises entre 900 MHz et 1800 MHz. Dans sa forme la plus aboutie (EDGE) son débit se limite à 200Kb/s.
- l'**UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System), aussi appelé 3G (troisième génération) : plus performant que le GSM dans le traitement du signal, l'UMTS peut fournir des débits allant jusqu'à 40Mbits/s avec le H+ qui en est la version la plus récente. L'UMTS utilise des bandes de fréquences comprises entre 900 MHz et 2100 Mhz.



Différentes technologies mobile

- le **LTE** (Long Term Evolution), aussi appelé 4G (quatrième génération) : cette technologie, actuellement la plus répandue, offre des débits jusqu'à 6 fois supérieurs à la H+ dans sa déclinaison la plus moderne (4G+). Elle utilise les fréquences 2600 MHz, 1800 MHz, 700 MHz et 800 MHz.
- La **5G**, qui est développée depuis quelques années et dont les premiers forfaits ont été lancés fin 2020. Cette technologie représente les plus gros investissements en ce moment des opérateurs telecom. La principale bande de fréquence de la 5G est la bande 3.5 Ghz, mais les bandes 700 Mhz et 2100 Mhz peuvent également être utilisées. Les débits de la 5G peuvent, en théorie, dépasser les 1 Gbit/s.

Historique de la téléphonie mobile





Historique de la téléphonie mobile

- **Première génération (1G)**

- ✓ Les téléphones portables étaient des téléphones analogiques et étaient introduits en 1980 .
- ✓ Tous les systèmes offraient la fonctionnalité de handover et d'itinérance, mais les réseaux cellulaires n'étaient pas en mesure d'interagir entre les pays. C'était le principal inconvénient de la téléphonie mobile de première génération .

- **Deuxième génération (2G)**

- ✓ La 2G est la seconde génération pour la téléphonie mobile, elle est aussi connue sous le nom de GSM.
- ✓ Le réseau 2G est déployé en 1982.
- ✓ Il représente le passage de l'analogique au numérique.

- **2,5G**

- ✓ aussi appelé Le réseau GPRS.
- ✓ offre une amélioration notable en matière de débit par rapport à la 2G (171,2Kbits/s théorique, 40Kbits/s généralement en pratique).
- ✓ Le GPRS et la 2G sont diffusés sur les bandes de fréquences 900 MHz et 1800 MHz.



Historique de la téléphonie mobile

- **2.75G**
 - ✓ connue sous le nom de EDGE.
 - ✓ un débit allant jusqu'à 384 kbit/s qui a été déployé sur les réseaux GSM à partir de 2003 par AT&T aux États-Unis.
- **Troisième génération (3G)**
 - ✓ La troisième génération de réseaux mobiles (3G) regroupe deux familles de technologies ayant connu un succès commercial : l'UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), issu du GSM et largement déployé autour du globe, et le CDMA2000, issu de l'IS-95 et déployé principalement en Asie et en Amérique du Nord.
 - ✓ Les interfaces radio de ces deux familles reposent sur des caractéristiques techniques proches, notamment un schéma d'accès multiples à répartition par les codes (CDMA).



Historique de la téléphonie mobile

Standard	Génération	Bandes de fréquences	Services	Débit théorique	Débit réel
GSM	2G	900MHz 1800MHz (1900MHz)	Permet le transfert de voix ou de données numériques de faible volume.	9.6 Kbps	9.6 Kbps
GPRS	2.5G	900MHz 1800MHz (1900MHz)	Permet le transfert de voix ou de données numériques de volume modéré.	21.4-171.2 kpbs	48 kpbs
EDGE	2.75G	900MHz 1800MHz (1900MHz)	Permet le transfert simultanés de voix et de données numériques.	43.2-345.6 kbps	171 kbps
UMTS	3G	2GHz	Permet le transfert simultanés de voix et de données numériques à haut débit.	0.144-2 Mbps	384 Kbps



Historique de la téléphonie mobile

- **Le réseau 4G**

- ✓ Il s'agit d'une nouvelle technologie qui a premièrement été commercialisée utilisant la norme LTE (Long Term Evolution) fin 2009 par l'opérateur téléphonique suédois et finlandais « Telia », c'est une évolution des réseaux GSM/UMTS qui spécifie la prochaine génération du système d'accès mobile à large bande.
- ✓ Les intérêts majeurs qu'a apportée la 4G par rapport à son antécédent 3G réside dans:
 - l'augmentation considérable du débit qui peut atteindre 100 Mbits/s en liaison descendante et 50 Mbits/s en liaison montante,
 - et permet d'offrir plus de capacité et une mobilité qui peut aller jusqu'à 350 km/h, et même 500 km/h en fonction de la bande de fréquences.
- ✓ Avec un débit théorique de 150Mbits/s et un débit pratique de 40Mbits/s, la 4G ou LTE (Long Term Evolution) donne aux usagers l'opportunité de surfer à très grande vitesse. L'utilisation des bandes de fréquences dépend de l'opérateur



▪ Le réseau 5G

- ✓ La 5G est arrivée sur le territoire entre 2018 et 2020, pour commencer à être exploitée par les premiers forfaits compatibles fin 2020. C'est aujourd'hui, en 2024, la génération de réseau vers laquelle sont portés tous les projecteurs.
- ✓ Ses débits théoriques pourraient atteindre 20 Gbit/s sur les bandes de fréquence les plus performances (bande 24-27 Ghz, bien que celle-ci ne soit pas employée par les réseaux mobiles). Exple: On compte environ 31 000 antennes 5G mises en service en France à l'heure actuelle (février 2024).

Historique de la téléphonie mobile

Il existe différents réseaux mobiles, chacun ayant un usage spécifique :

La 2G est réservée à la transmission de la voix.

La navigation sur internet devient réellement fluide à partir du réseau 3G, 3G+, voire H ou H+.

La 4G permet de profiter du très haut débit mobile.

La 5G permet de découpler les débits et d'entrer dans l'internet des objets.



Caractéristiques du réseau GSM

- La norme GSM prévoit que la téléphonie mobile par GSM occupe deux bandes de fréquences aux alentours des 900 [MHz] :
 1. la bande de fréquence **890-915 [MHz]** pour les communications montantes (du mobile vers la station de base)
 2. la bande de fréquence **935-960 [MHz]** pour les communications descendantes (de la station de base vers le mobile).
- Comme chaque canal fréquentiel utilisé pour une communication a une largeur de bande de 200 [kHz], cela laisse la place pour 124 canaux fréquentiels à répartir entre les différents opérateurs. Mais, le nombre d'utilisateurs augmentant, il s'est avéré nécessaire d'attribuer une bande supplémentaire aux alentours des 1800 [MHz].
=> On a donc porté la technologie GSM900 [MHz] vers une bande ouverte à plus haute fréquence. C'est le système **DCS-1800** (*Digital Communication System*) dont les caractéristiques sont quasi identiques au GSM en termes de protocoles et de service.
- Les communications montantes se faisant alors entre 1710 et 1785 [MHz] et les communications descendantes entre 1805 et 1880 [MHz].



Caractéristique du réseau GSM

- Connaissant les différents canaux disponibles, il est alors possible d'effectuer un multiplexage fréquentiel, appelé *Frequency Division Multiple Access (FDMA)*, en attribuant un certain nombre de fréquences porteuses par station de base. Un opérateur ne dédie pas pour autant une bande de fréquences par utilisateur, car cela conduirait à un gaspillage de ressources radio étant donné qu'un utilisateur émet par intermittence. De plus, avec un tel système, si une source parasite émet un bruit à une fréquence bien déterminée, le signal qui se trouve dans la bande de fréquence contenant le parasite sera perturbé.
- Pour résoudre ces problèmes, on combine le multiplexage en fréquence à un multiplexage temporel (appelé *Time Division Multiple Access ou TDMA*) consistant à diviser chaque canal de communication en trames de 8 intervalles de temps (dans le cas du *GSM*). Pour être complet, signalons qu'il existe encore une autre technique de multiplexage appelé *Code Division Multiple Access (CDMA)*, utilisée dans la norme américaine *IS-95* ou promue pour l'*UMTS*.
- Ainsi, avec le *TDMA*, il est par exemple possible de faire parler huit utilisateurs l'un après l'autre dans le même canal. On multiplie donc le nombre de canaux disponibles par unité de temps par huit.



Caractéristique du réseau GSM

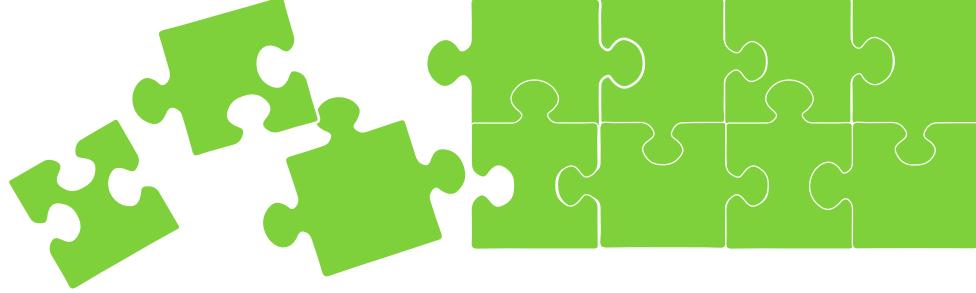
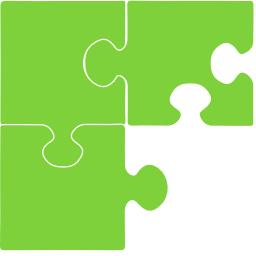
Le tableau 1 montre les caractéristiques des réseaux à technologie GSM et il compare les normes.

	GSM	DCS-1800
Bande de fréquences (\uparrow)	890, 2 – 915 [MHz]	1710 – 1785 [MHz]
Bande de fréquences (\downarrow)	935, 2 – 960 [MHz]	1805 – 1880 [MHz]
Nombre d'intervalles de temps par trame TDMA	8	8
Débit total par canal	271 [kb/s]	271 [kb/s]
Débit de la parole	13 [kb/s]	13 [kb/s]
Débit maximal de données	12 [kb/s]	12 [kb/s]
Technique de multiplexage	Multiplexage fréquentiel et temporel	Multiplexage fréquentiel et temporel
Rayon de cellules	0, 3 à 30 [km]	0, 1 à 4 [km]
Puissance des terminaux	2 à 8 [W]	0, 25 et 1 [W]
Sensibilité des terminaux	-102 [dB]	
Sensibilité de la station de base	-104 [dB]	



Systèmes Cellulaire

- Systèmes analogiques de 1ère génération : AMPS, NMT, TACS, R2000, C-450, RTMS
- Systèmes numériques de 2ème génération : GSM, DCS1800, IS-54, IS-95, PDC
- Systèmes de 3ème génération : IMT-2000, UMTS.



Concept Cellulaire

- Couverture continue découpée en cellules : Optimisation de l'utilisation du spectre alloué.
- Taille des cellules : 500m à 50km
- Mobilité importante (Pays, Continent), vitesse mobile importante.
- Handover.



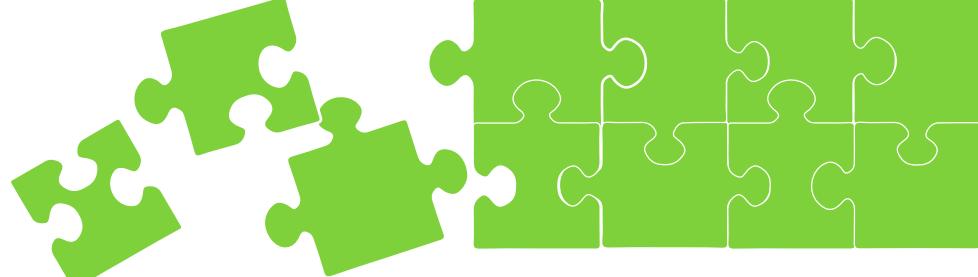
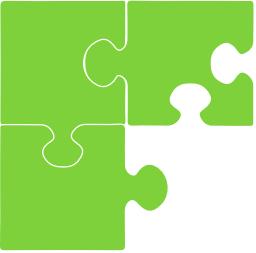
Concept Cellulaire

Les réseaux de première génération possédaient des cellules de grande taille (50 [km] de rayon) au centre desquelles se situait une station de base (antenne d'émission). Au tout début, ce système allouait une bande de fréquences de manière statique à chaque utilisateur qui se trouvait dans la cellule qu'il en ait besoin ou non. Ce système ne permettait donc de fournir un service qu'à un nombre d'utilisateurs égal au nombre de bandes de fréquences disponibles.

La première amélioration consista à allouer un canal à un utilisateur uniquement à partir du moment où celui-ci en avait besoin permettant ainsi d'augmenter ``statistiquement'' le nombre d'abonnés, étant entendu que tout le monde ne téléphone pas en même temps. Mais ce système nécessitait toujours des stations mobiles de puissance d'émission importante (8 [W]) et donc des appareils mobiles de taille et de poids conséquents.

De plus, afin d'éviter les interférences, deux cellules adjacentes ne peuvent pas utiliser les mêmes fréquences. Cette organisation du réseau utilise donc le spectre fréquentiel d'une manière sous-optimale.

C'est pour résoudre ces différents problèmes qu'est apparu le concept de cellule.



Concept Cellulaire

Le concept de cellule est introduit comme une solution à la contrainte de la limitation de la ressource radio (spectres de fréquences).

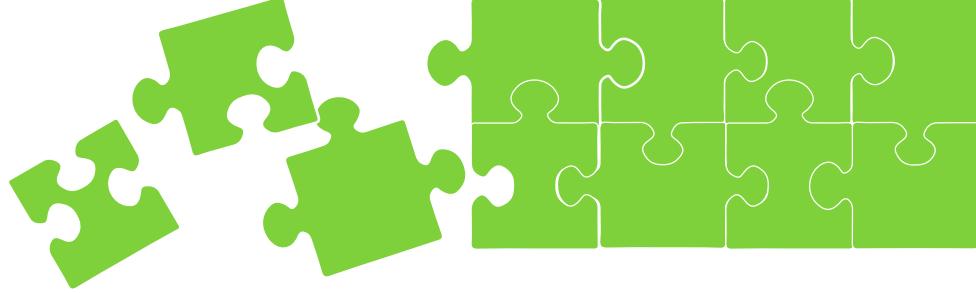
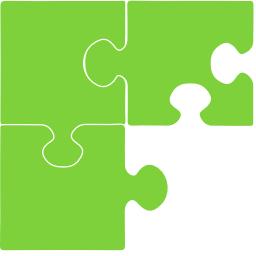


Le principe : diviser le territoire en de petites zones, appelées cellules, et de partager les fréquences radio entre celles-ci. Ainsi, chaque cellule est constituée d'une station de base (BS) à laquelle on associe un certain nombre de canaux de fréquences à bande étroite.



L'opérateur affecte une ou plusieurs fréquences à chaque station de base. Les mêmes canaux de fréquence sont réutilisés dans plusieurs cellules selon la capacité du système à résister aux interférences.

Une cellule : zone géographique couverte par un émetteur appelé station de base et utilisant une plage de fréquences pour les communications qu'elle couvre.

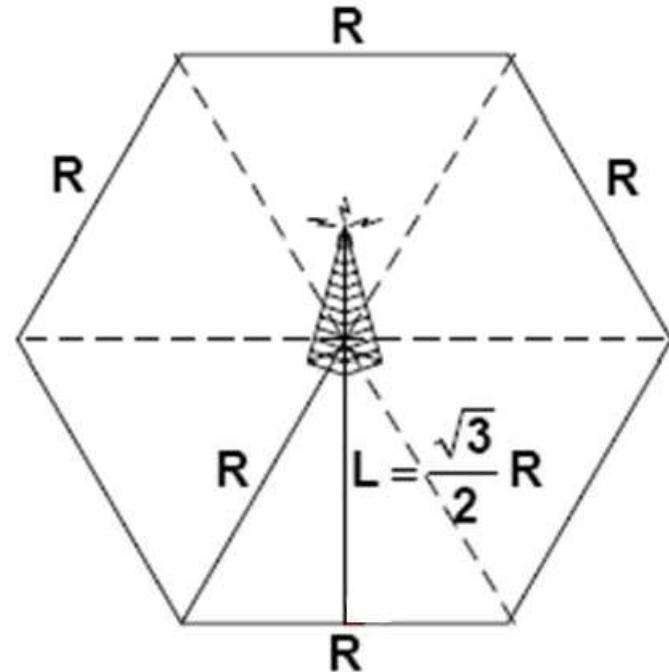


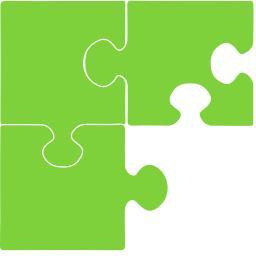
Concept Cellulaire

Graphiquement, on représente une cellule par un hexagone car cette forme approche celle d'un cercle. Cependant, en fonction de la nature du terrain et des constructions, les cellules n'ont pas une forme circulaire.

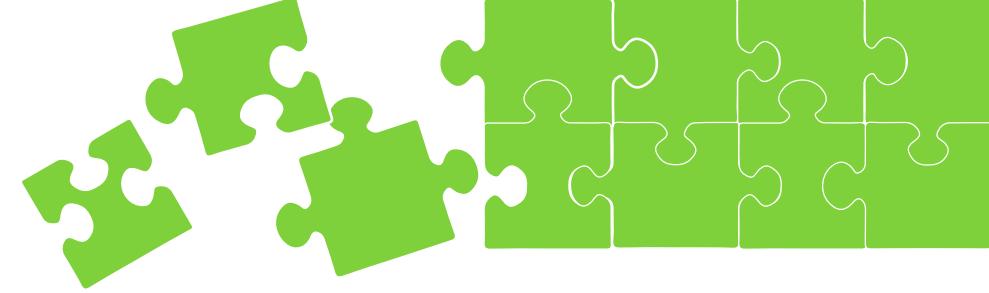
En théorie on imagine un hexagonal qui permet un pavage exhaustif et autorise les calculs sur des bases géométriques fiables.

En réalité : forme irrégulière.



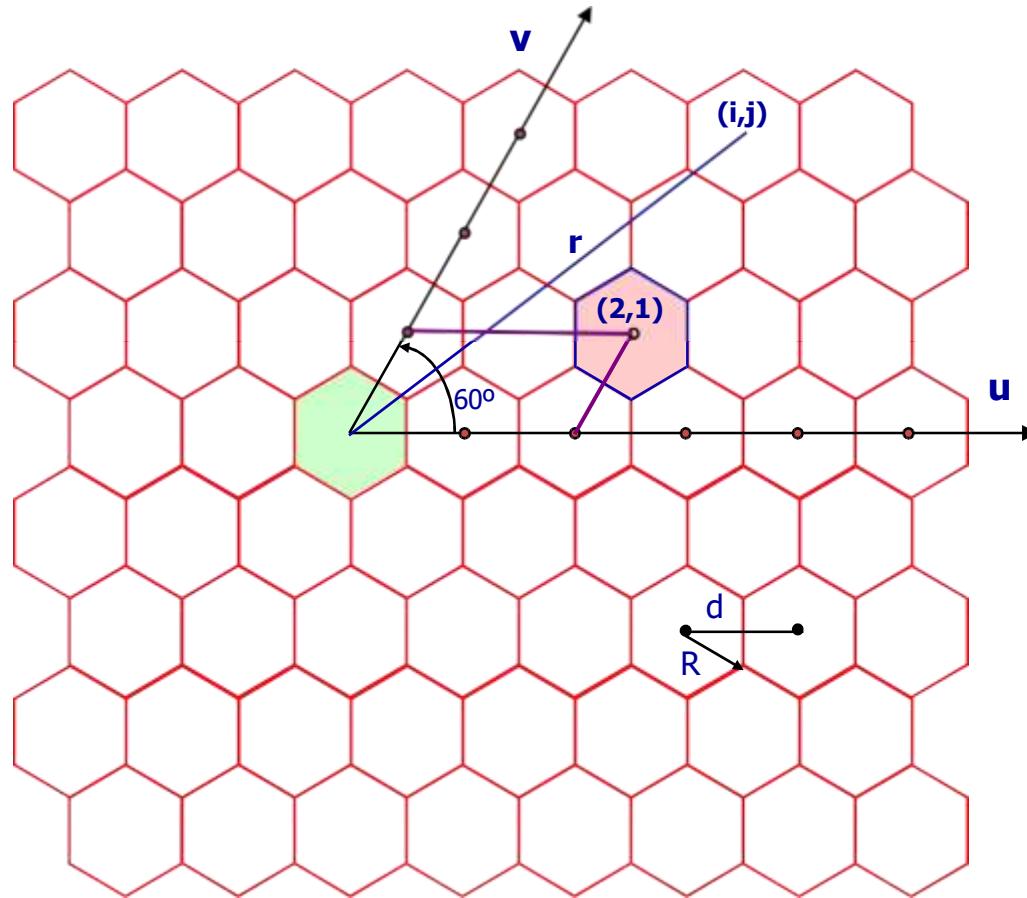


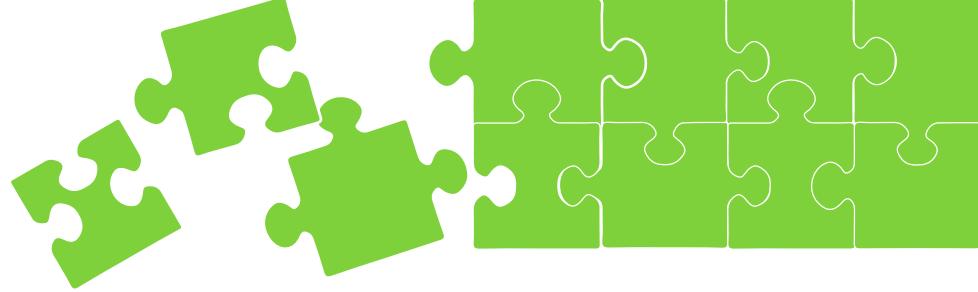
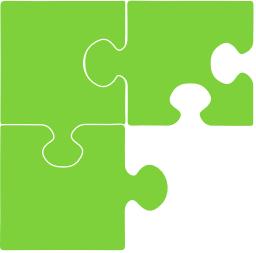
Concept Cellulaire



$$d = \sqrt{3}R$$

$$S_{\text{cellule}} = \frac{3\sqrt{3}R^2}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} d^2$$





Concept Cellulaire

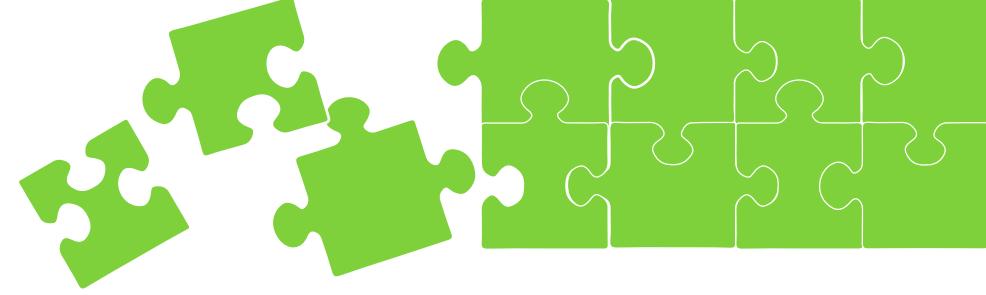
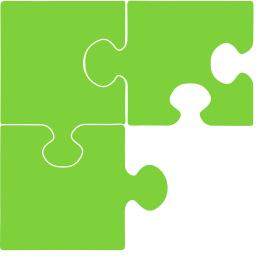
Pour éviter les interférences à plus grande distance entre cellules utilisant les mêmes fréquences, il est également possible d'asservir la puissance d'émission de la station de base en fonction de la distance qui la sépare de l'utilisateur.

Le même processus du contrôle de la puissance d'émission est également appliqué en sens inverse. En effet, pour diminuer la consommation d'énergie des mobiles et ainsi augmenter leur autonomie, leur puissance d'émission est calculée en fonction de leur distance à la station de base.

Grâce à des mesures permanentes entre un téléphone mobile et une station de base, les puissances d'émission sont régulées en permanence pour garantir une qualité adéquate pour une puissance minimale.

En résumé, une cellule se caractérise:

- par sa puissance d'émission nominale -ce qui se traduit par une zone de couverture à l'intérieur de laquelle le niveau du champ électrique est supérieur à un seuil déterminé-
- par la fréquence de porteuse utilisée pour l'émission radio-électrique
- par le réseau auquel elle est interconnectée.



Concept Cellulaire

Il faut noter que la taille des cellules n'est pas la même sur tout le territoire. En effet, celle-ci dépend:

- du nombre d'utilisateurs potentiels dans la zone,
- de la configuration du terrain (présence d'immeubles, ...),
- de la nature des constructions (maisons, buildings, immeubles en béton, ...) et
- de la localisation (rurale, suburbaine ou urbaine) et donc de la densité des constructions.

Ainsi, dans une zone rurale où le nombre d'abonnés est faible et le terrain relativement plat, les cellules seront plus grandes qu'en ville où le nombre d'utilisateurs est très important sur une petite zone et où l'atténuation due aux bâtiments est forte.



Concept Cellulaire

Réutilisation des ressources

Motif de réutilisation dans un réseau régulier

Comme précédemment, ces fréquences ne peuvent pas être utilisées dans les cellules adjacentes afin d'éviter les interférences. Ainsi, on définit des motifs, aussi appelés clusters, constitués de plusieurs cellules, dans lesquels chaque fréquence est utilisée une seule fois

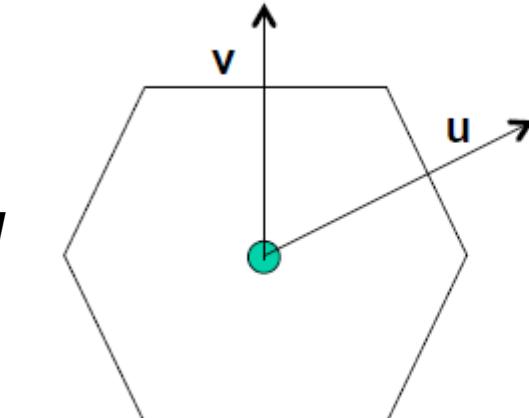
Définition

- Un motif cellulaire est l'ensemble des cellules dans lequel chaque fréquence de la bande est utilisée une fois et une seule fois.

Avec le modèle hexagonal

- On peut montrer que les motifs optimaux sont de taille K tel que :

$$K = i^2 + ij + j^2 \text{ avec } i, j \in \mathbb{N}$$

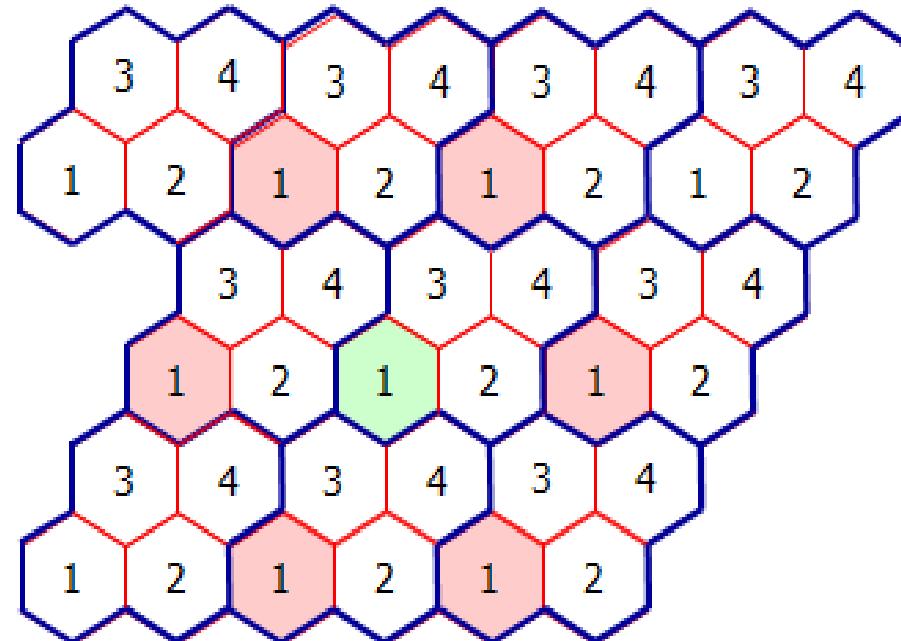


$$\begin{aligned} OM &= iu + jv \\ D &= |OM| \end{aligned}$$



Concept Cellulaire

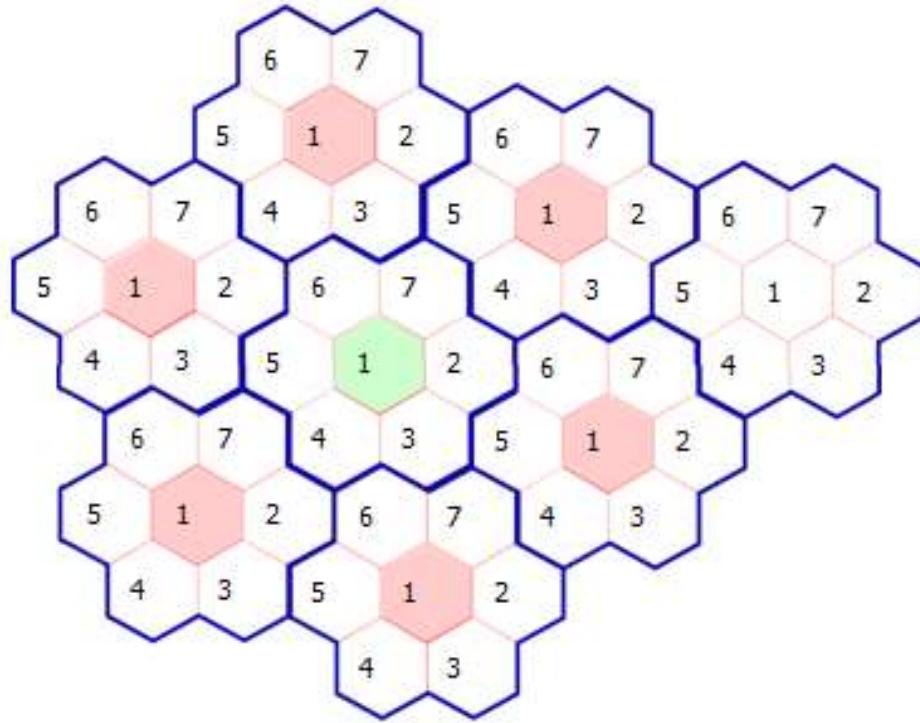
Le motif représente le plus petit groupe de cellules contenant l'ensemble des canaux radios une et une seule fois. Ce motif est répété sur toute la surface à couvrir.



Motif à 4 cellules $K = 4$



Concept Cellulaire

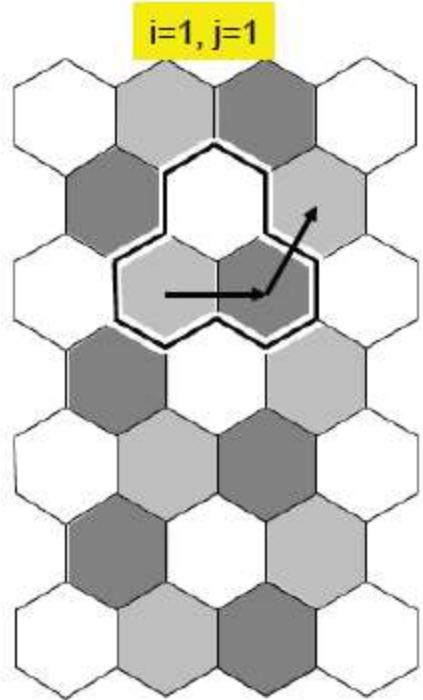


Motif à 7 cellules $K = 7$

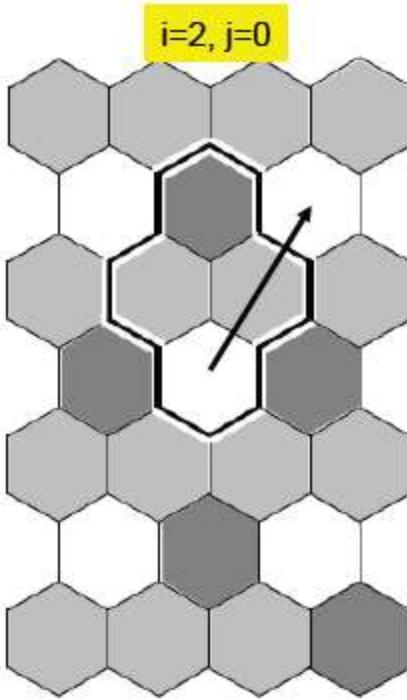


Concept Cellulaire

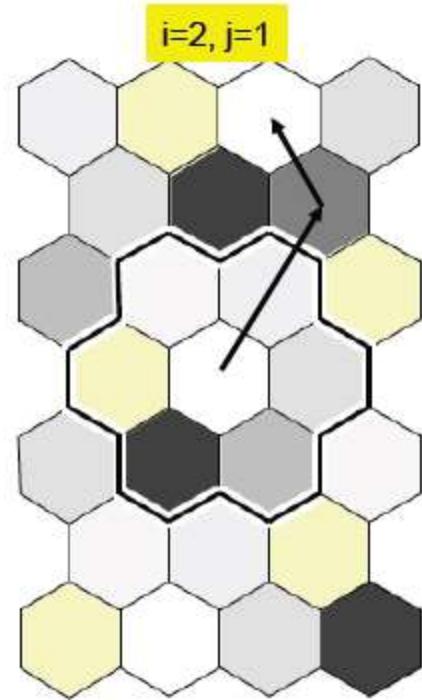
Exemples de motifs



[1] Motif à $K = 3$



Motif à $K = 4$



Motif à $K = 7$



Concept Cellulaire

→ On montre que les motifs optimaux sont de taille K tel que :

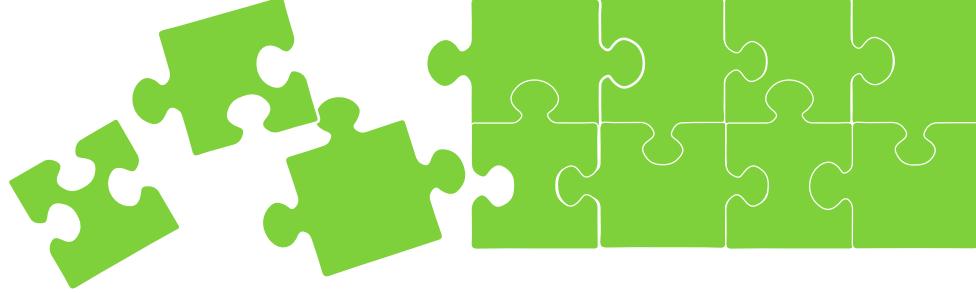
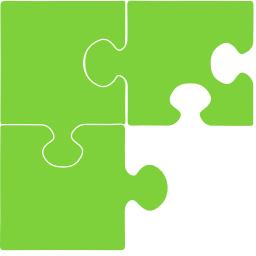
$$K = i^2 + i \times j + j^2 \quad i, j \in \mathbb{N}$$

Exemples : $(i,j) = (0,1) \rightarrow K = 1$.

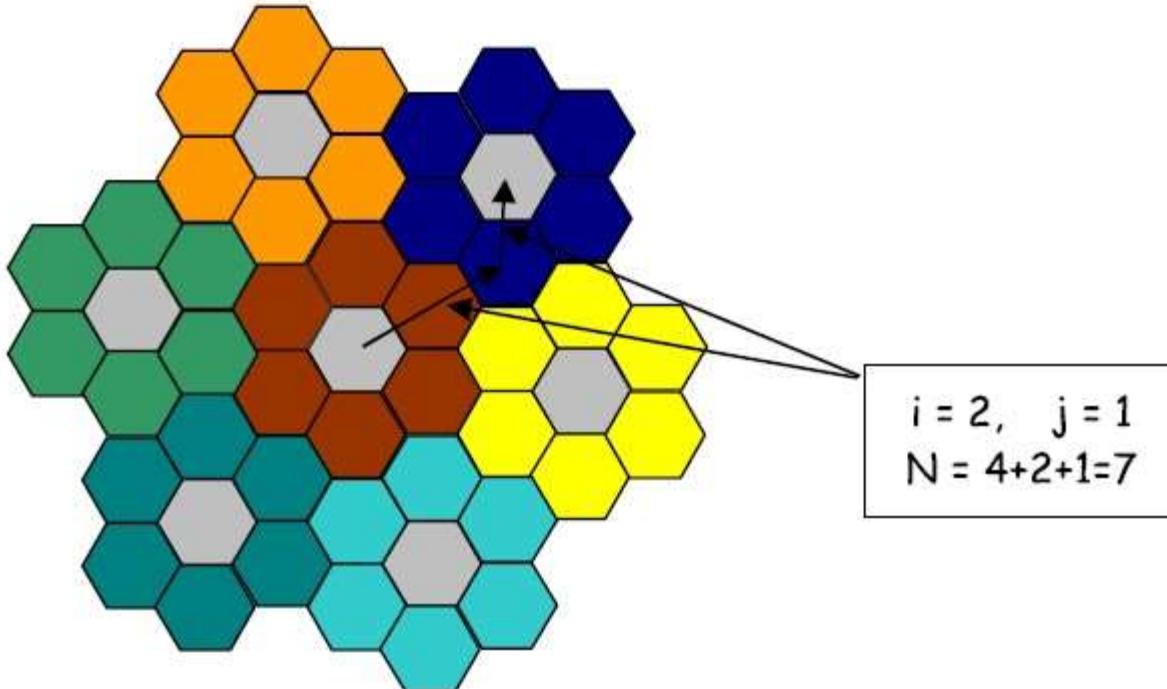
$(i,j) = (1,1) \rightarrow K = 3$.

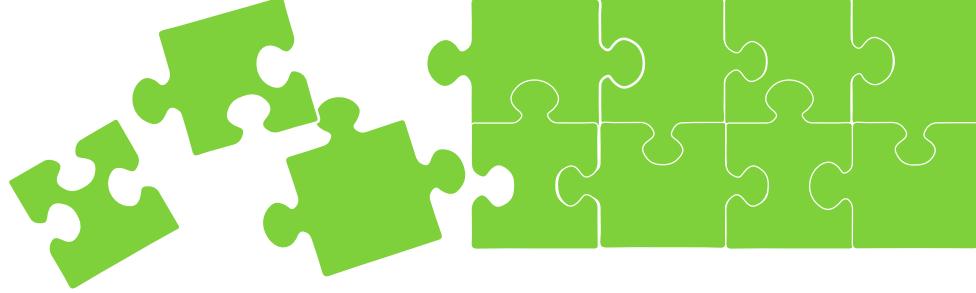
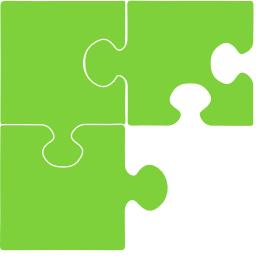
$(i,j) = (1,2) \rightarrow K = 7$.

	1	2	3	4
1	3	7	13	21
2	7	12	19	28
3	13	19	27	37
4	21	28	37	48

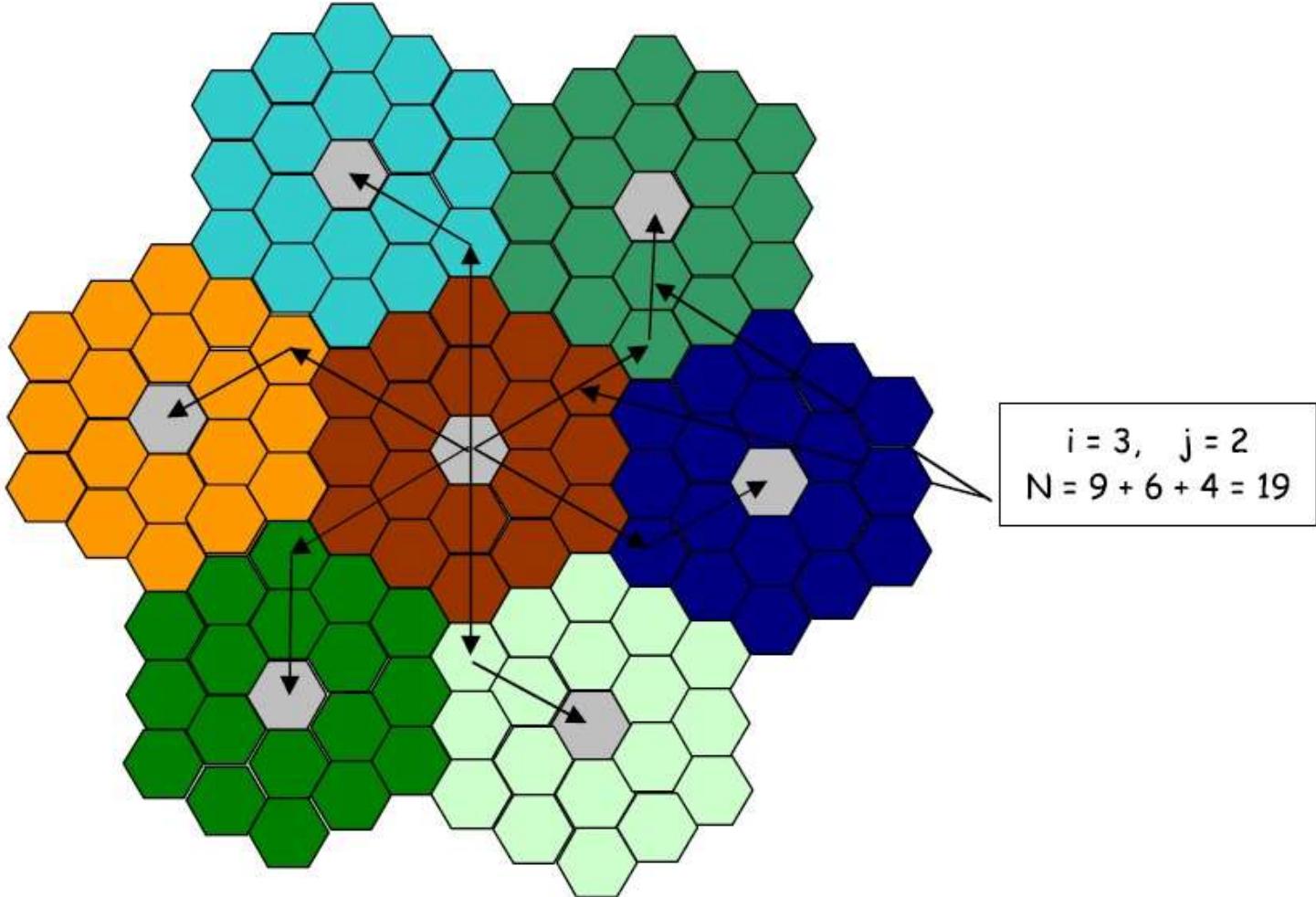


Concept Cellulaire





Concept Cellulaire





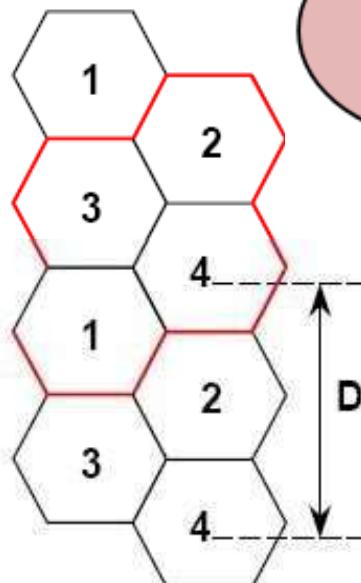
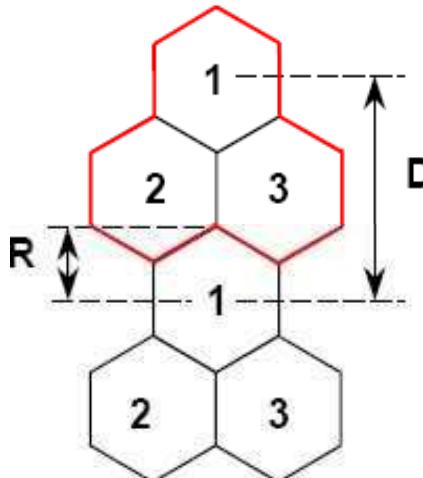
Concept Cellulaire

Distance de réutilisation

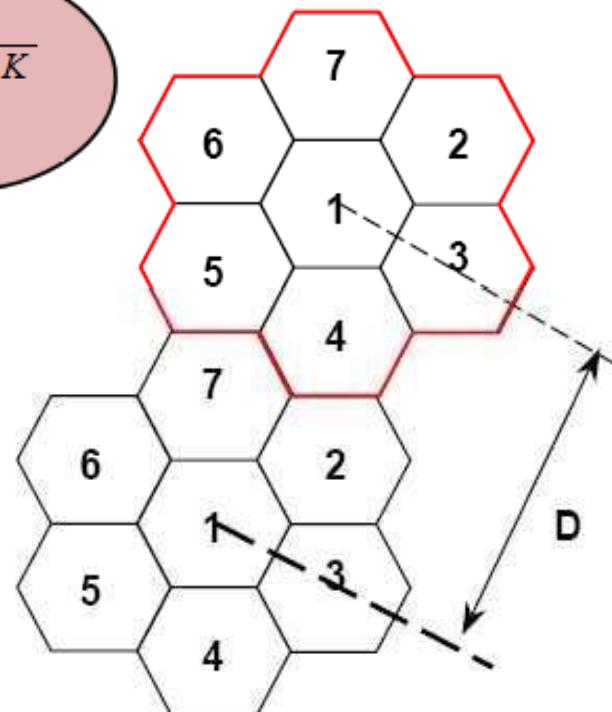
- La plus proche distance de réutilisation d'une fréquence est alors : où D est la distance de réutilisation
 - R , le rayon d'une cellule (cercle circonscrit à l'hexagone)

$$D = \sqrt{3} K R$$

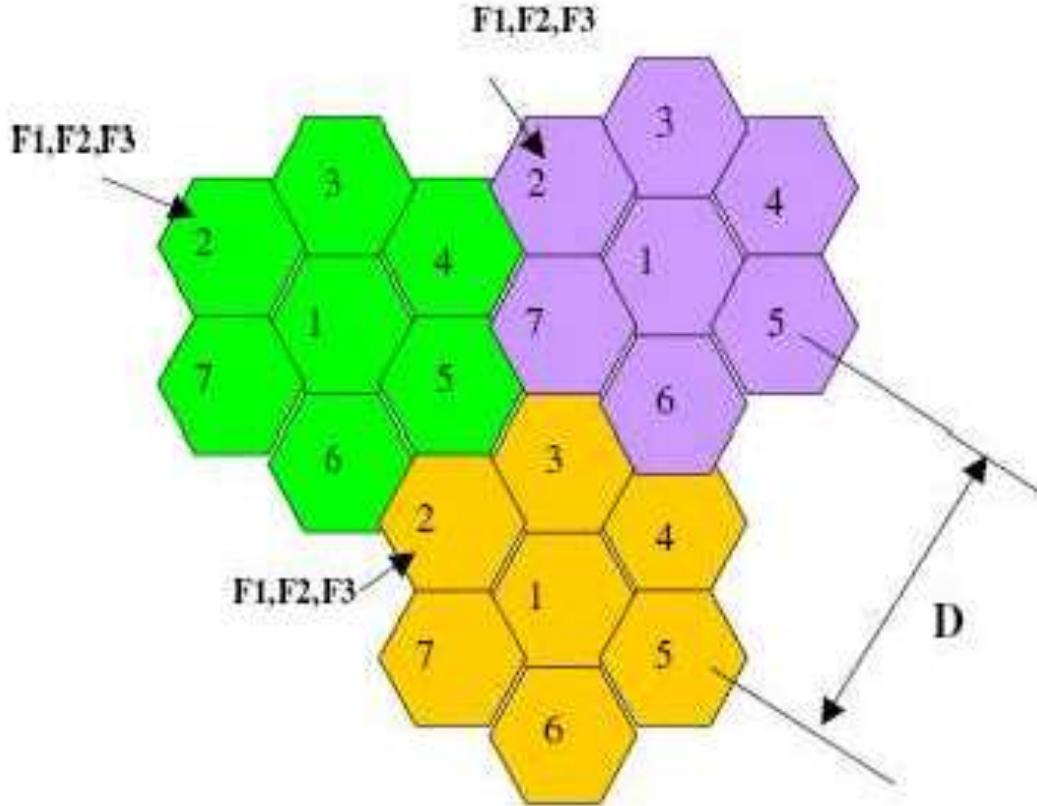
D = distance de réutilisation



$$\frac{D}{R} = \sqrt{3} K$$



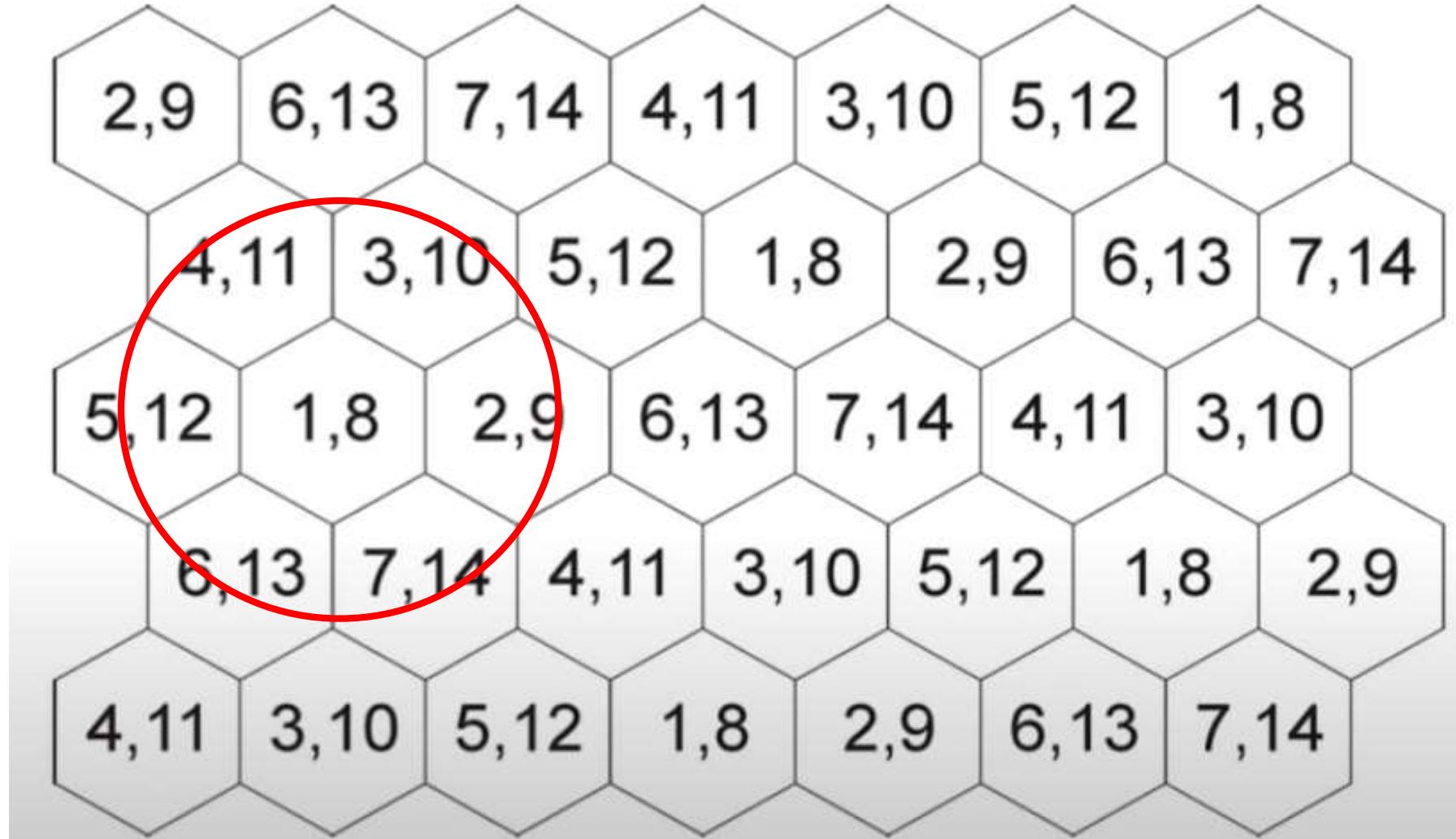
Concept Cellulaire



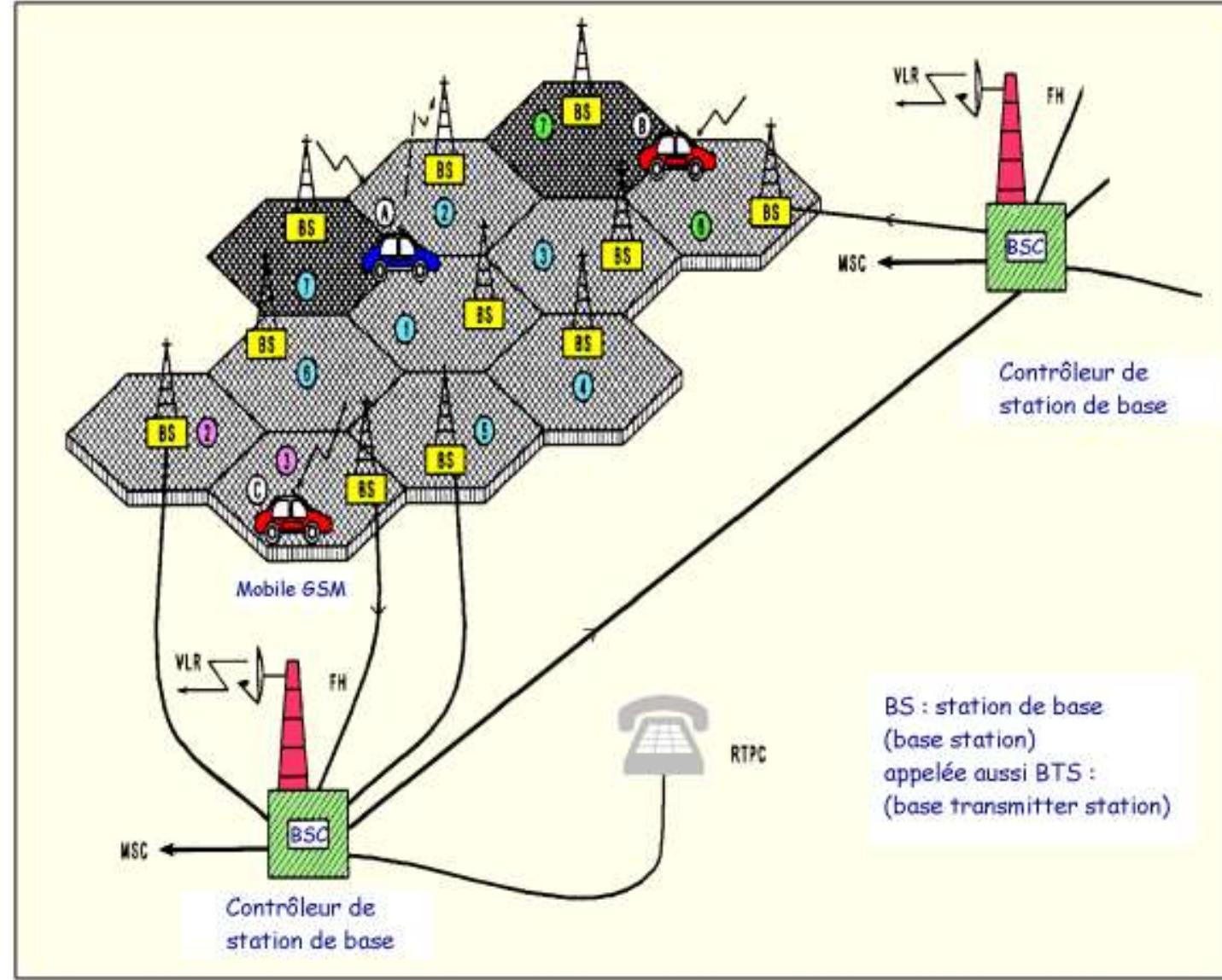


Concept Cellulaire

Exemple: Planification des cellules



Concept Cellulaire



Structure cellulaire du
réseau GSM



Concept Cellulaire

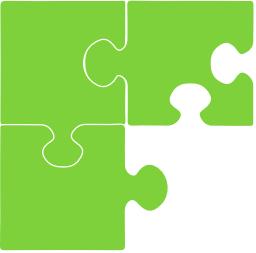
Estimation du rapport de puissance porteuse à bruit

Étant donné que, dans un réseau, une même fréquence est réutilisée plusieurs fois, il est nécessaire d'évaluer la distance minimum qui doit séparer deux cellules utilisant la même fréquence pour qu'aucun phénomène perturbateur n'intervienne.

En calculant le rapport entre la puissance de la porteuse et celle du bruit, il est possible d'estimer cette distance.

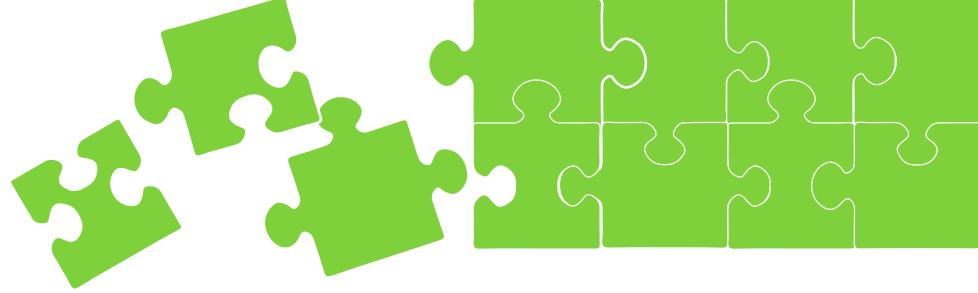
Pratiquement, dans une cellule, un mobile reçoit à la fois le message utile (dont la puissance vaut C) qui lui est destiné et un certain nombre de signaux perturbateurs.

➤ **La connaissance du rapport entre ces puissances, nous permettra de connaître la qualité de la communication.**



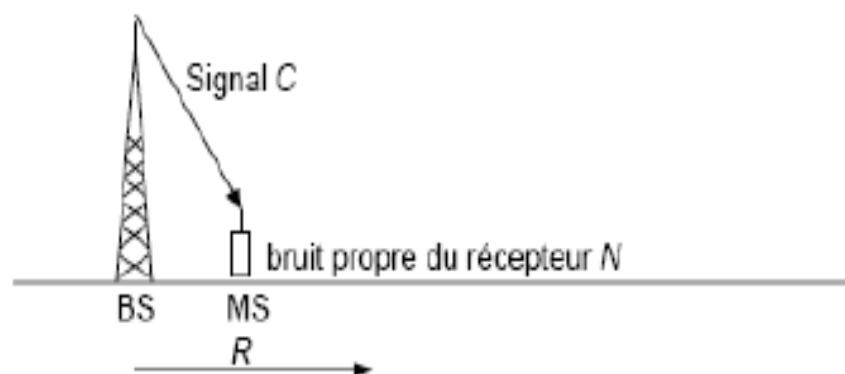
Concept Cellulaire

Estimation du rapport de puissance porteuse à bruit



Il est nécessaire d'identifier les différents signaux perturbateurs. On peut les subdiviser en deux classes:

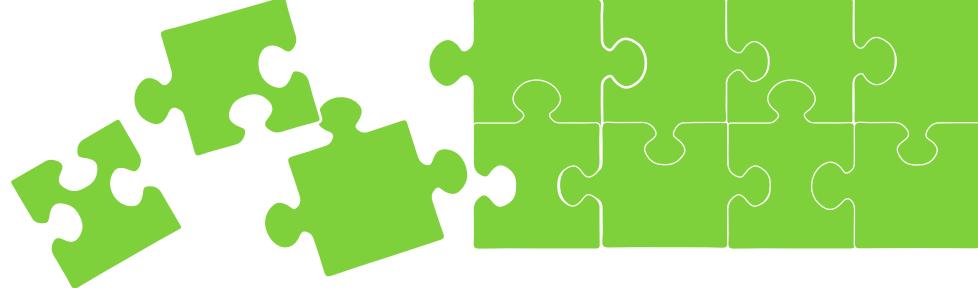
1. Les interférences **de puissance totale I** qui sont dues aux signaux émis par les autres stations. On peut distinguer :
 - Les interférences co-canal qui sont dues aux signaux émis par les autres stations de base utilisant la même fréquence.
 - Les interférences de canaux adjacents dues aux signaux émis par les stations de base utilisant des fréquences voisines.
2. Le bruit, **de puissance N** , provenant principalement du bruit de fond du récepteur.



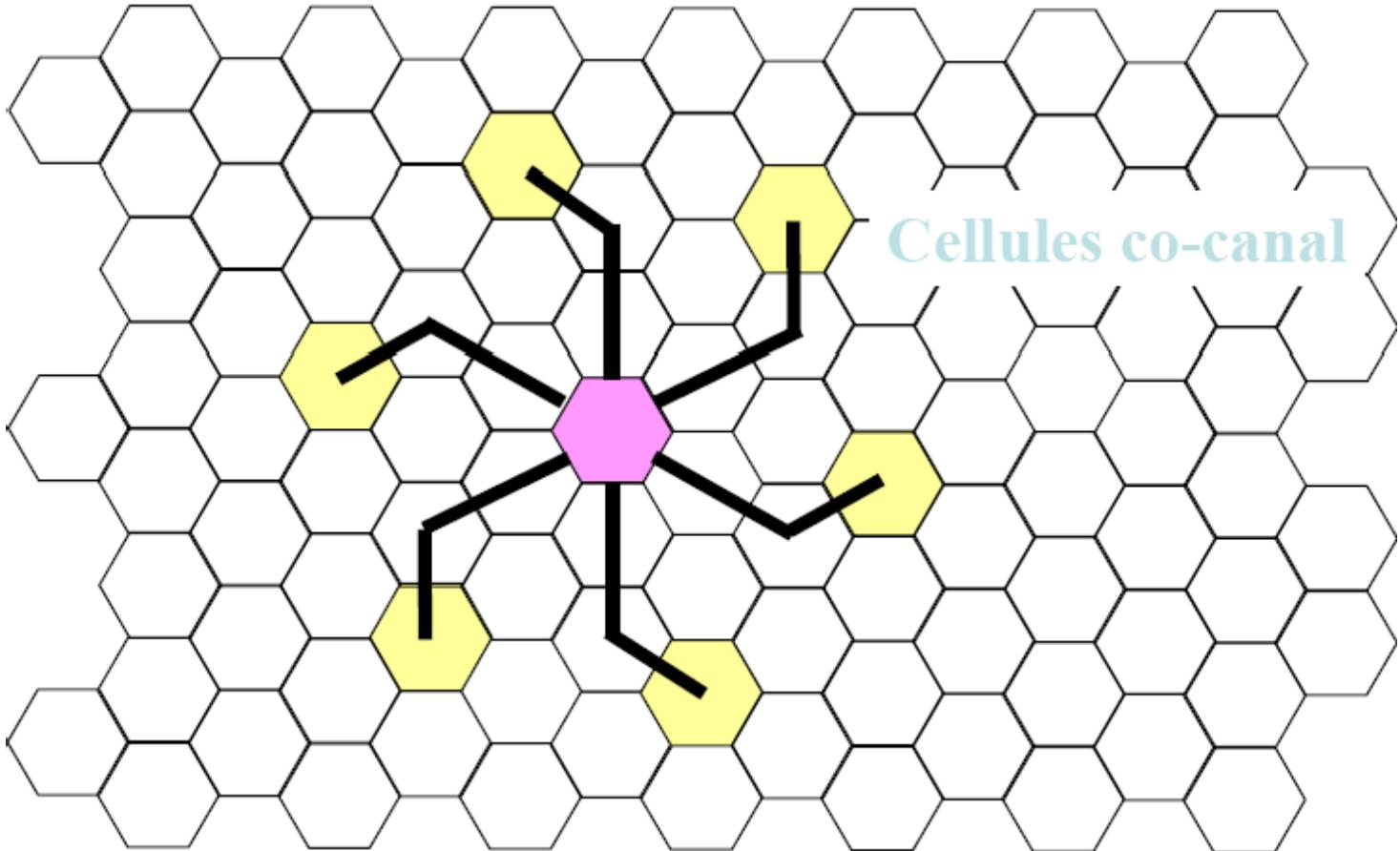


Concept Cellulaire

Estimation du rapport de puissance porteuse à bruit



Cellules à interférences co-canal



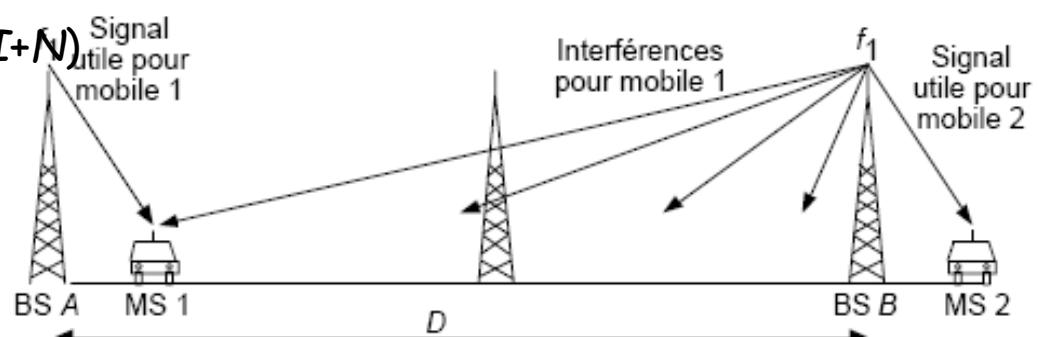


Concept Cellulaire

Estimation du rapport de puissance porteuse à bruit

interférences co-canal

- On utilise la même fréquence sur deux sites éloignés => interférences co-canal
- Grandeurs principales
 - C : Puissance du signal utile
 - I : Ensemble des interférences (réduites souvent à l'interférence co-canal)
 - N : Bruit
- Le rapport Signal sur Bruit s'exprime ici comme un rapport $C/(I+N)$
- Du fait de la réutilisation des fréquences : $N \ll I$
 - On parle couramment de rapport C/I
- Chaque système a un certain C/I de fonctionnement

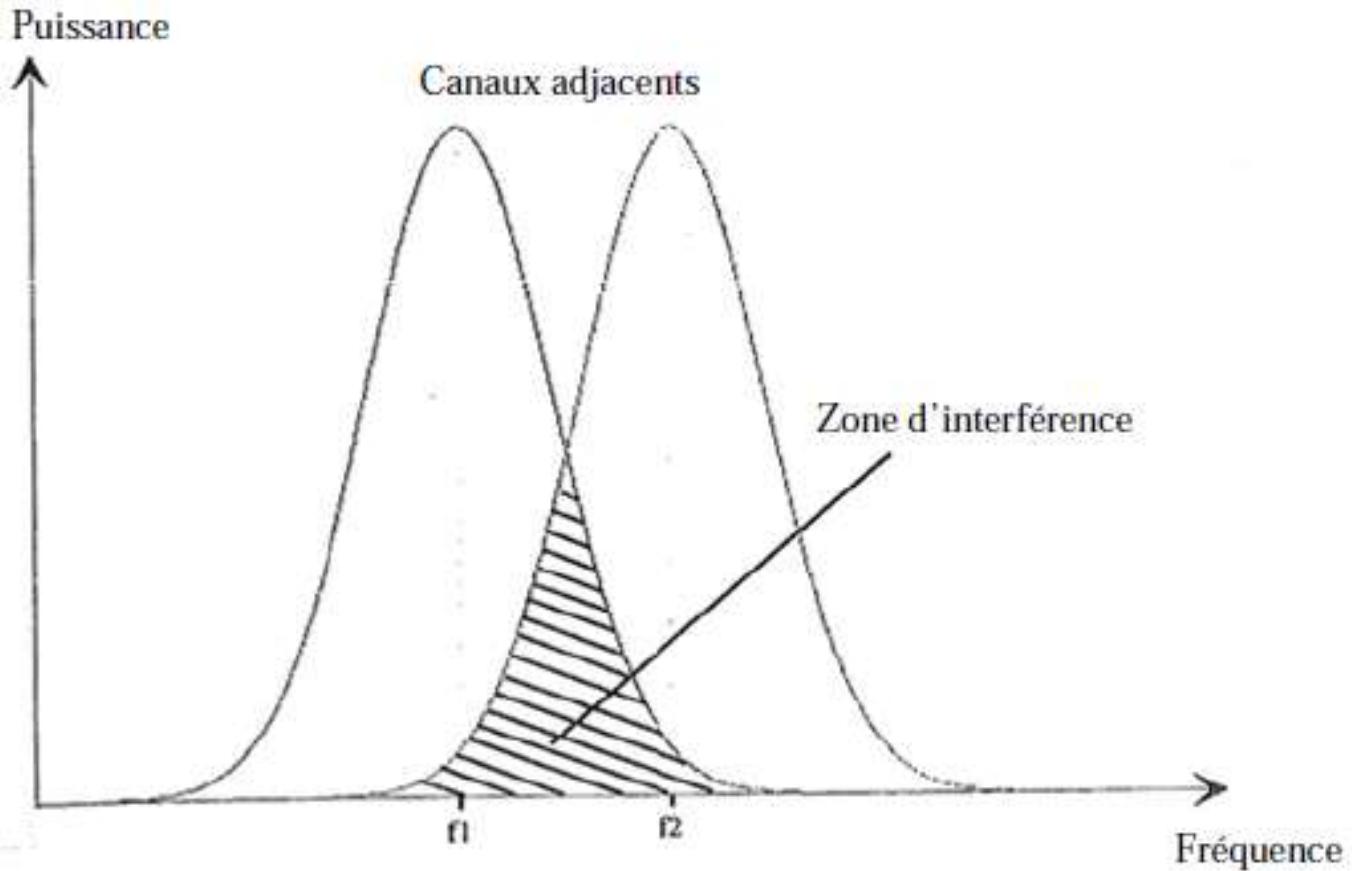




Concept Cellulaire

Estimation du rapport de puissance porteuse à bruit

Les interférences sur canal adjacent sont dues aux émissions d'autres équipements sur des fréquences adjacentes.





Concept cellulaire : Lien entre C/I et motif de réutilisation

- Une interface radio est définie avec une certaine capacité à résister aux interférences :

$$\frac{C}{I(+N)} \geq \text{seuil}$$

➤ fonctionnement correct

Remarques

- Le motif est seulement fonction du seuil de C/I
- Pour GSM, on considère un motif de référence à 12

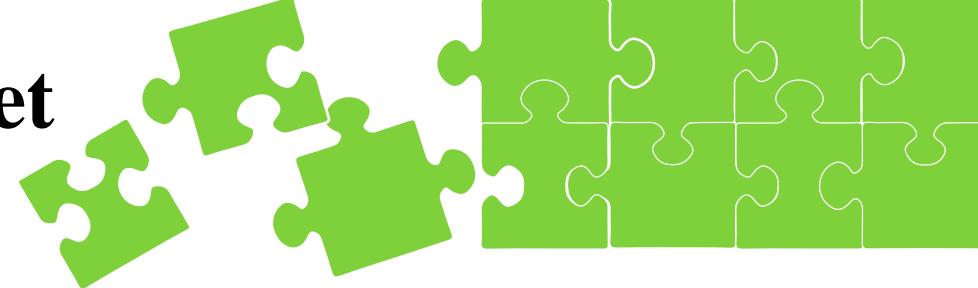
$$C / I = \frac{1}{6} \left(\frac{D}{R} \right)^\gamma$$

$$C / I = \frac{1}{6} \left(\sqrt{3K} \right)^\gamma$$

Si on note γ le coefficient d'affaiblissement de parcours

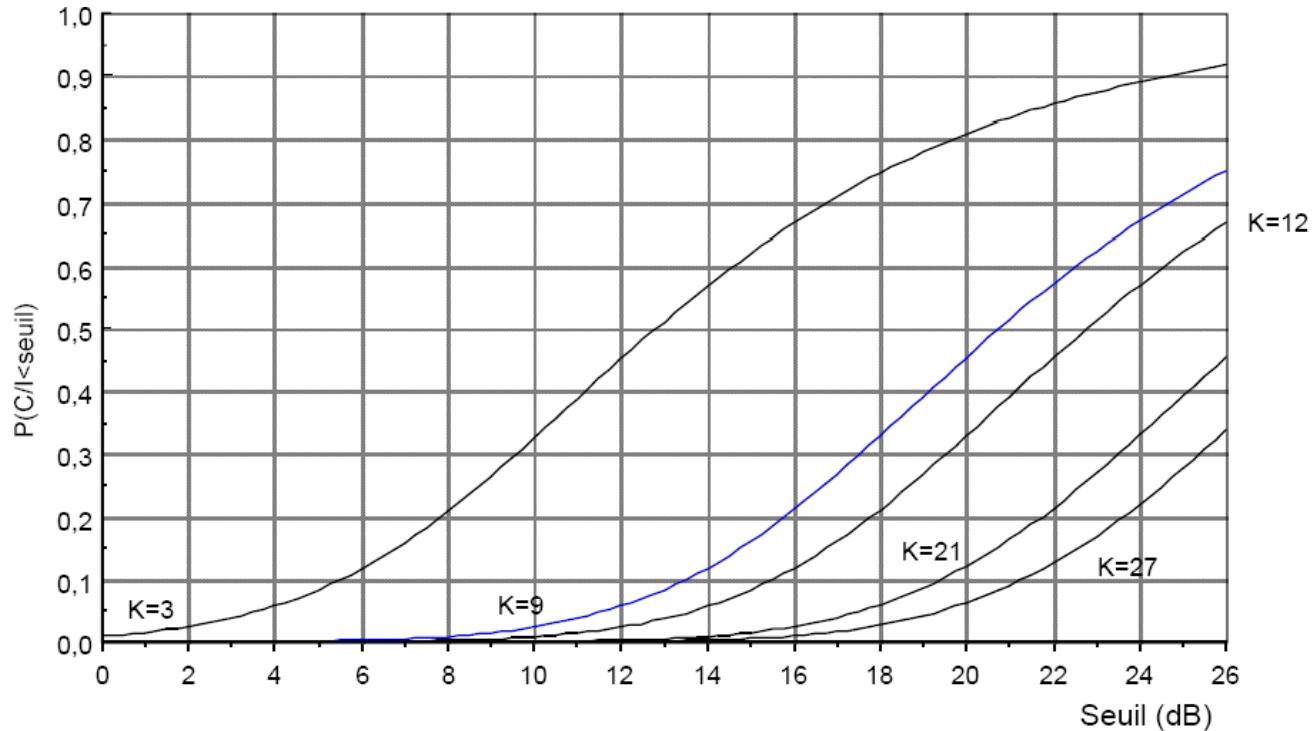


Concept cellulaire : Lien entre C/I et motif de réutilisation



■ Effet de masque :

Le C/I n'est pas fonction que de la distance mais dépend de l'effet de masque représenté par une loi log-normale (gaussienne en dB)



La figure montre qu'il faut que K soit supérieur ou égal à 9 pour que la probabilité que d'avoir un C/I inférieur à 10 dB soit de 10%.

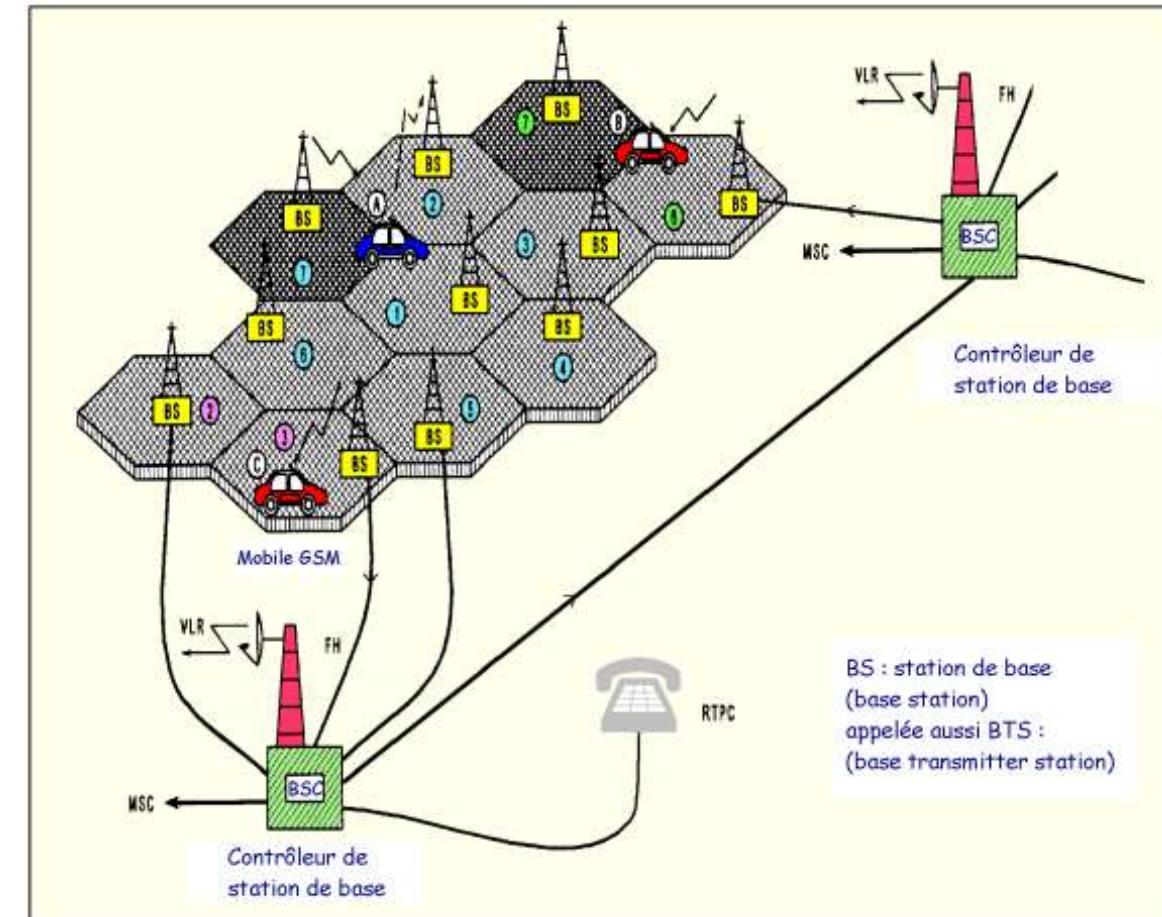
On voit qu'avec $K = 12$, dans 90% des cas, le C/I sera supérieur à 12 dB.

La structure du réseau GSM

Lorsqu'on téléphone à partir d'un mobile GSM:

Lorsqu'on téléphone à partir d'un mobile GSM :

- 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.





La structure du réseau GSM

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

Au cours d'un déplacement, il est possible qu'on sort d'une cellule. Il est nécessaire alors de changer de station de base tout en maintenant la communication : c'est le transfert intercellulaire ou **handover**.

Pour gérer ce transfert :

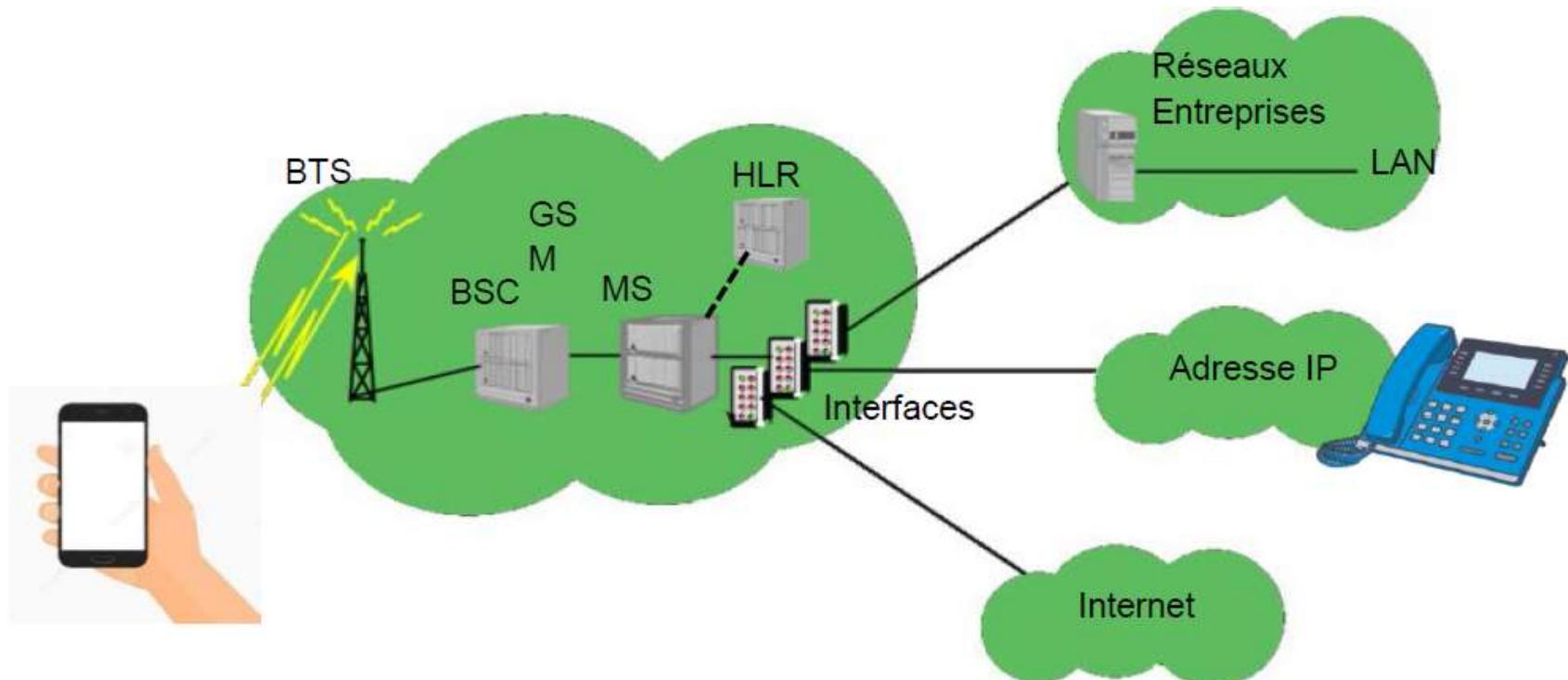
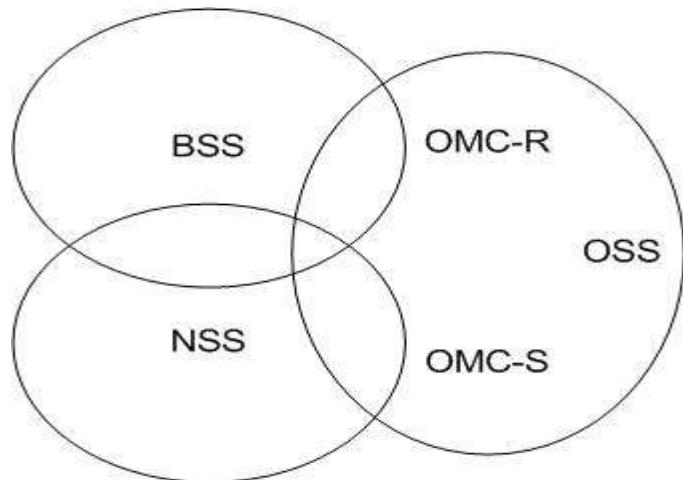
- Le téléphone GSM mesure en permanence la force du signal radio reçu de la station de base et écoute aussi régulièrement les stations de base des cellules voisines.
- Lorsqu'il constate qu'il reçoit mieux une autre station de base que celle avec laquelle il échange les signaux, il en informe sa station 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.

Ce processus oblige tous les mobiles GSM à écouter les stations de base des cellules voisines en plus de la station de base de la cellule dans laquelle il se trouve.

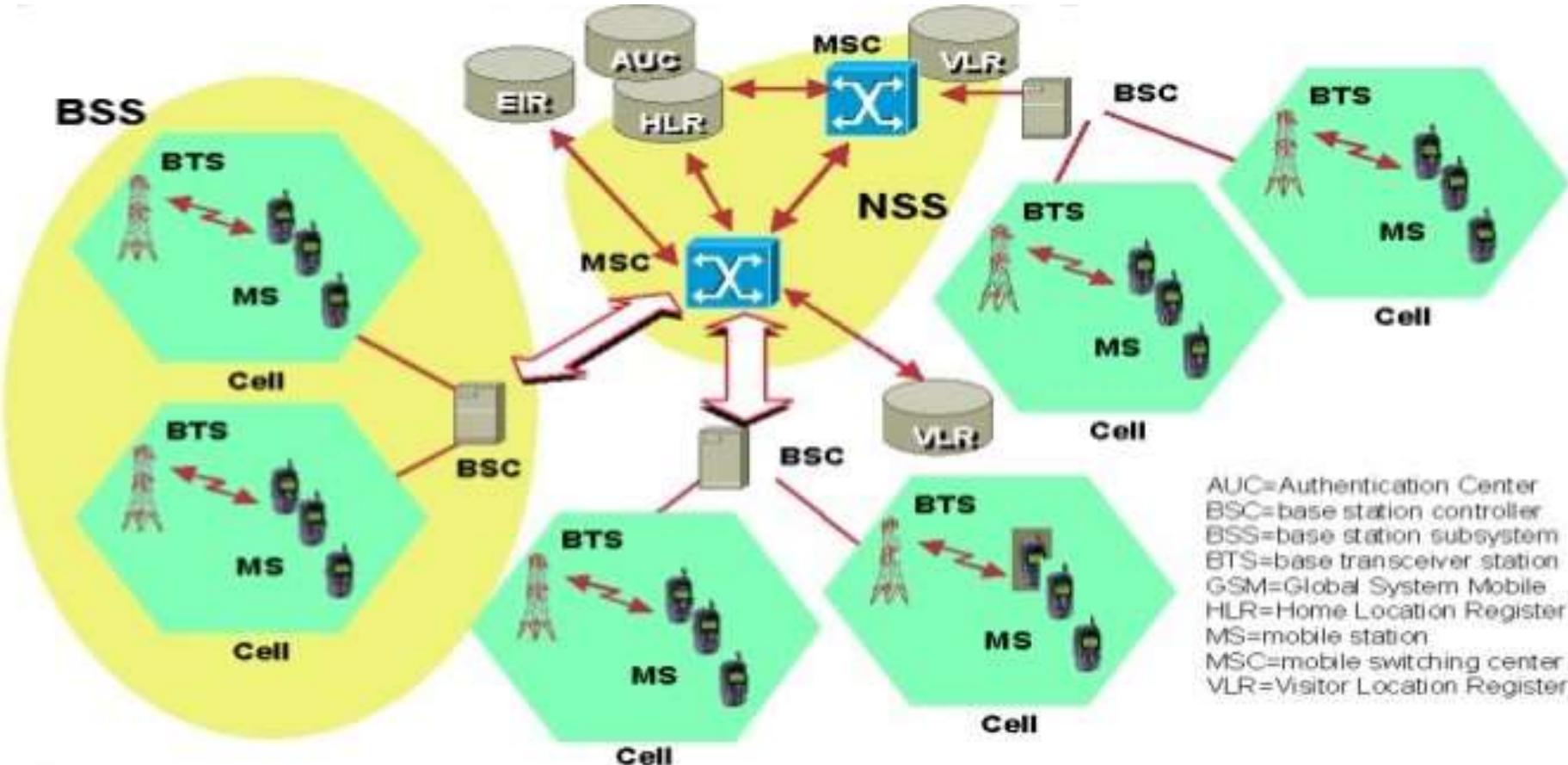
La structure du réseau GSM

D'une façon générale le réseau est structuré comme suit :

- Un sous-système radio BSS (Base station Subsystem)
- Un sous-système réseau NSS (Network Switching Subsystem)
- Un sous-système exploitation & maintenance OSS (Operating Subsystem) comportant :
 - L'OMC-S (Switch Operation & Maintenance Center)
 - L' OMC-R (Radio Opération & Maintenance Center)



La structure du réseau GSM

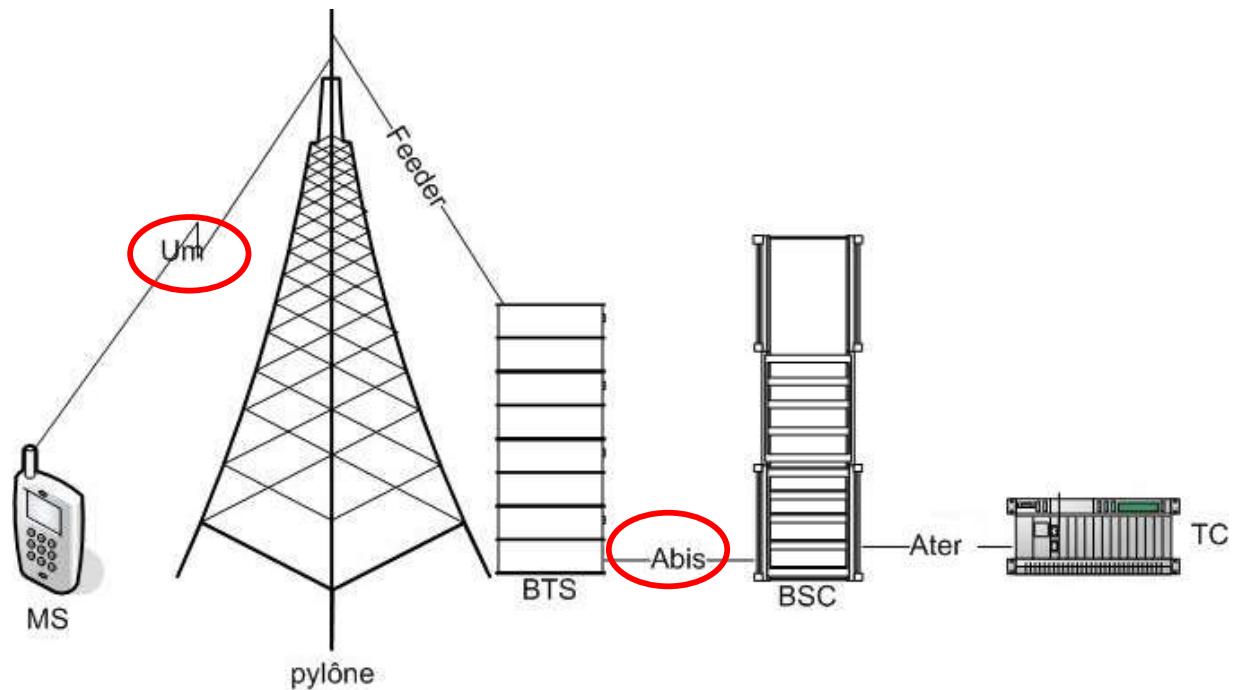


AUC=Authentication Center
BSC=base station controller
BSS=base station subsystem
BTS=base transceiver station
GSM=Global System Mobile
HLR=Home Location Register
MS=mobile station
MSC=mobile switching center
VLR=Visitor Location Register

La structure du réseau GSM

Le Sous-système radio BSS

Le BSS assure, au sein du réseau GSM la fonction de distribution des radiocommunications. Il est constitué de : la station mobile, des stations de base BTS, d'un contrôleur de station de base **BSC** et d'un transcodeur TC ou TRAU.



La structure du réseau GSM

La station mobile MS :

La station mobile sert d'interface entre l'utilisateur et le réseau.

Le téléphone GSM ou **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.

$$\text{MS}=\text{ME}+\text{SIM}$$

▪ ME: Mobile equipment		▪ SIM: Subscriber Identity Module	
			
IMEI: International Mobile Equipment Identity		IMSI: International Mobile Subscribers Identity	
TMSI: Temporary Mobile Subscriber Identity		LAI: Location Area Identity	
KI: Subscriber Authentication Key		MSISDN: Mobile Station International Standard Data Number	
CLASS	POWER OUTPUT		
1	20W		
2	8W		
3	5W		
4	2W		
5	0.8W		



La structure du réseau GSM

La station mobile MS :

La station mobile assure les fonctions suivantes :

- Protection des abonnés par la procédure d'authentification
- Mesure des signaux reçus de la cellule serveuse et des cellules voisines permettant le contrôle de puissance et le handover
- Conversion analogique / numérique de la parole.
- Protection et contrôle de qualité de transmission radio.
 - codage et décodage des signaux numériques
 - chiffrement et déchiffrement....
- Multiplexage par répartition en fréquence (FDMA)
- Multiplexage par répartition dans le temps (TDMA)

La structure du réseau GSM

La station mobile MS :

Le téléphone et la carte SIM (Subscriber Identity Module) sont les deux seuls éléments auxquels un utilisateur a directement accès. Ces deux éléments suffisent à réaliser l'ensemble des fonctionnalités nécessaires à la transmission et à la gestion des déplacements.

La principale fonction de la carte SIM est de contenir et de gérer une série d'informations. Elle se comporte donc comme une mini-base de données dont les principaux champs sont fournis dans le tableau:

Paramètres	Commentaires
<i>Données administratives</i>	
PIN/PIN2	Mot de passe demandé à chaque connexion
PUK/PUK2	Code pour débloquer une carte
Language	Langue choisie par l'utilisateur
<i>Données liées à la sécurité</i>	
Clé K_i	Valeur unique, connue de la seule carte SIM et du HLR
CKSN	Séquence de chiffrement
<i>Données relatives à l'utilisateur</i>	
IMSI	Numéro international de l'abonné
MSISDN	Numéro d'appel d'un téléphone GSM
<i>Données de "roaming"</i>	
TMSI	Numéro attribué temporairement par le réseau à un abonné
Location updating status	Indique si une mise à jour de la localisation est nécessaire
<i>Données relatives au réseau</i>	
Mobile Country Code (MCC), Mobile Network Code (MNC), etc	Identifiants du réseau mobile de l'abonné
Numéros de fréquence absolus	Fréquences utilisées par le PLMN



La structure du réseau GSM

La station mobile MS :

L'identification d'un mobile s'effectue exclusivement au moyen de la carte SIM.

Elle contient des données spécifiques comme le code PIN (Personal Identification Number) et d'autres caractéristiques de l'abonné, de l'environnement radio et de l'environnement de l'utilisateur.

L'identification d'un utilisateur est réalisée par un numéro unique (**IMSI**, International Mobile Subscriber Identity) différent du numéro de téléphone connu de l'utilisateur (**MSISDN**, Mobile Station ISDN Number), tous deux étant incrustés dans la carte SIM.

La structure du réseau GSM

La station de base BTS (Base Transceiver Station):

- L' élément de réseau(BTS) se compose des composants matériels, tels que les systèmes d'antennes et les modules d'interface qui fournissent l'interface Radio(Um) entre BSS et les MS.
- équipement composé des émetteurs/récepteurs radio
- BTS fournit des canaux radio(porteuses)pour une zone de couverture (cellule)
- BTS a également une quantité limitée de fonctionnalités de contrôle qui réduit la quantité de trafic entre le BTS et le BSC.



La structure du réseau GSM

La station de base BTS (Base Transceiver Station):

- L' élément de réseau(BTS) se compose des composants matériels, tels que les systèmes d'antennes et les modules d'interface qui fournissent l'interface Radio(Um) entre BSS et les MS.
- équipement composé des émetteurs/récepteurs radio
- BTS fournit des canaux radio(porteuses)pour une zone de couverture (cellule)
BTS a également une quantité limitée de fonctionnalités de contrôle qui réduit la quantité de trafic entre le BTS et le BSC.
- Mesure du niveau de puissance et de la qualité de réception de la communication,
- Achemine les mesures effectuées par la MS au BSC afin que ce dernier contrôle la puissance émission des MS (optimisant la transmission pour un minimum de puissance : réduction des interférences et de la consommation du terminal)
- Codage, entrelacement, chiffrement du signal
- Multiplexage par répartition en fréquence, sauts de fréquences
- Elaboration et traitement de la trame TDMA
- Synchronisation des stations mobiles.

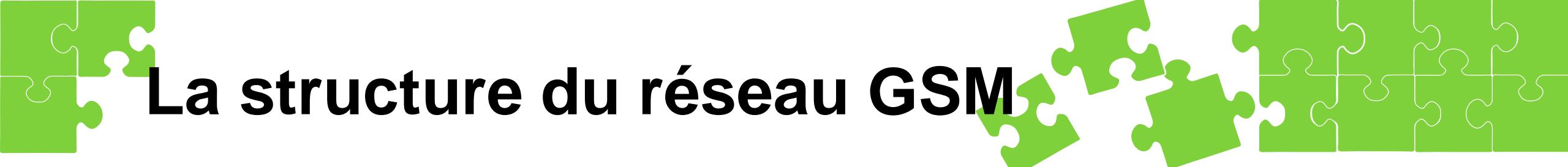




La structure du réseau GSM

Le Contrôleur de Station de Base BSC (Base Station Controller)

- Gère les ressources radio
 - ✓ allocation de fréquences pour les communications
 - ✓ mesures des BTS, contrôle de puissance des mobiles et BTS
 - ✓ décision et exécution des handovers
- Rôle de commutateur
 - ✓ La gestion des stations de base notamment :
 - ✓ La supervision du bon fonctionnement des BTS
 - ✓ La reconfiguration des BTS en cas de nécessité
 - ✓ La mise à jour des paramètres du système
- Les fonctions de traitement des communications, des appels.
- Gestion des canaux radios
- L'exécution des procédures de maintien de communications
- L'exploitation et la maintenance
- Transfère les informations de signalisation vers et depuis les autres équipements du réseau.



La structure du réseau GSM

Le sous-système Réseau NSS (Network Switching Subsystem):

- Le sous-système réseau NSS regroupe les fonctions de commutation et de routage

C'est le cœur du réseau GSM, il est composé du:

- MSC (Mobile Service Switching Center)
- HLR (Home Location Register)
- VLR (Visitor Location Register)
- l'AUC(Authentification Center)
- l'EIR (Equipment Identity Register)



La structure du réseau GSM

Le MSC (Mobile Service Switching Center)

- Le centre de commutation du service mobile MSC assure la commutation, le routage ainsi que l'interfonctionnement du système cellulaire avec les réseaux de télécommunications (RTCP, réseau sémaaphore)
- MSC coordonne l'établissement des appels vers et depuis les utilisateurs GSM.
- Il s'agit du centre de commutation téléphonique pour le trafic en provenance ou à destination de la MS.
- Il contrôle un certain nombre de BSC dans une zone de couverture géographique spécifique et donne un accès aux bases de données des abonnés(HLR) et des équipements(EIR).
- Certaines fonctions importantes exécutées par le MSC:
 - ✓ Le traitement des appels
 - ✓ Le transferts inter BSS
 - ✓ Le contrôle de la mobilité
 - ✓ La mesure de trafic

Pour accéder au réseau GSM à partir du RTCP, c'est vers le MSC le plus proche du CAA (Commutateur à Autonomie d'Acheminement) du demandeur que sera acheminé l'appel ; ce MSC prend alors le nom MSC passerelle ou GMSC(Gateway MSC).

La structure du réseau GSM

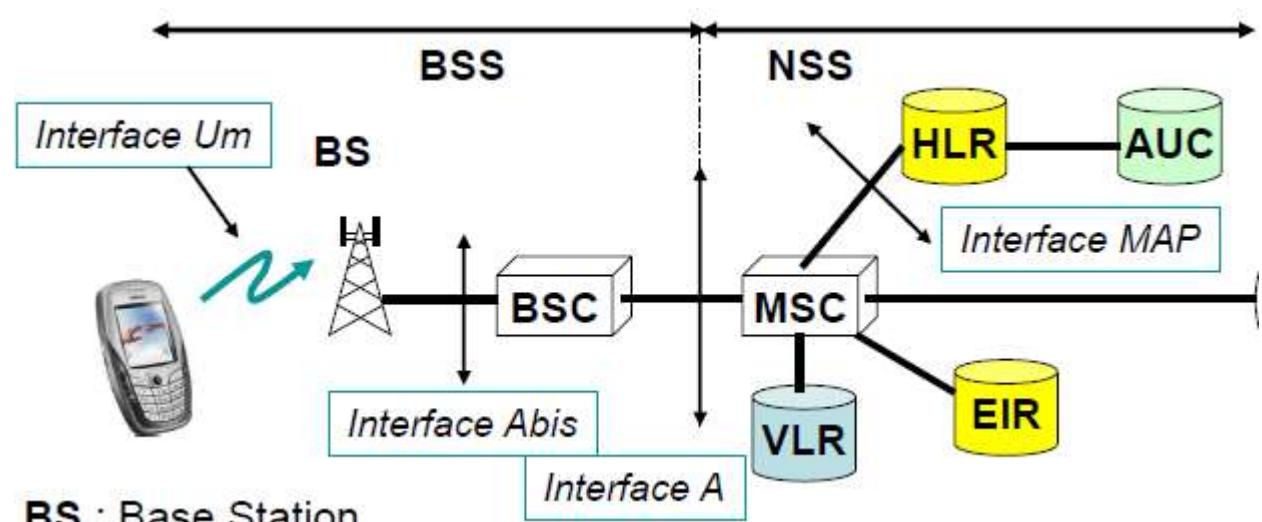
Le HLR (Home Location Register)

Le HLR contient une base de données contenant les informations nécessaires à la gestion des communications des abonnés(base de données principale de tous les abonnés)

Les données de HLR sont accessibles à distance par les MSC et les VLR.

Pour chaque abonnement souscrit dans le HLR, les paramètres stockés dans HLR sont :

- Les identifiants de l'abonnée(IMSI et MSISDN)
- VLR courant de l'abonnée
- Les services supplémentaires auxquels l'abonnée est souscrit
- Etat de l'abonné(registed/deregistred)



La structure du réseau GSM

Le VLR (Visitor Location Register)

- VLR est une base de données d'abonnées locaux, contenant des informations sur les abonnées qui entrent dans la zone de ce VLR, le détails sont stockés dans le VLR jusqu'à ce que l'abonnée se déplace dans la zone desservie par un autre VLR.
- Les données comprennent la plupart des informations stockées sur le HLR, ainsi que des informations de localisation et d'état plus précises.
- Les données supplémentaires stockées dans le VLR:
 - ✓ L'état de mobile (Busy/Free/...)
 - ✓ LAI(Location Area identity)
 - ✓ TMSI(Temporary Mobile Subscribers identity)
 - ✓ MSRN(Mobile station roaming number)

Le VLR fournit les éléments du système local à l'abonnée, avec des informations de base sur cet abonné, supprimant ainsi la nécessité d'accéder au HLR chaque fois que les informations sur l'abonné sont nécessaires.



La structure du réseau GSM

Le VLR (Visitor Location Register)

- LAI (Local Area Identity) composé du code du pays MCC (Mobile Country Code), du code de l'opérateur MNC (Mobile Network Code) et du code de la zone de localisation LAC (Local Area Code).
- La procédure d'authentification est réalisée par le VLR à partir des données fournies par l'AUC et par la station mobile.
- Le VLR est le composant fonctionnel qui alloue le numéro de réacheminement MSRN (Mobile Station Roaming Number)

La structure du réseau GSM

L'AUC (Authentication Center)

- Le centre d'authentification AUC contient la clé d'authentification Ki relative à chaque abonnement et peut générer les triplets (Kc, RAND, SRES) qui seront utilisés par le VLR pour l'authentification et par la BTS pour le chiffrement.
- Le processus d'authentification a généralement lieu à chaque initialisation de l'abonné sur le système.



La structure du réseau GSM

L'EIR (Equipment Identity Register)

- EIR contient une base de données centralisée pour valider l'IMEI(International Mobile Station Equipment Identity)
- Cette base de données contient trois listes:
 - ✓ La liste blanche: contient les séries de numéros d'identités d'équipement qui ont été attribuées dans les différents pays. Cette liste ne contient pas de numéros individuels mais une série de numéros en identifiant le début et la fin de la série.
 - ✓ La liste gris: contient les IMEI des équipements à surveiller et à observer pour leur emplacement et leur bon fonctionnement.
 - ✓ La liste noire: contient les IMEI qui ont été signalés comme ayant volés ou à qui on doit refuser le service.
 - ✓ La base de données EIR est accessible à distance par les MSC du réseau et peut également être consultée par un MSC dans un réseau différent.
 - ✓



La structure du réseau GSM

Le Sous-système Exploitation & Maintenance OSS (opérations subsystem):

- L'OMC contrôle et surveille les éléments du réseau à distance. Il contrôle également la qualité du service fourni par le réseau.
- Voici les principales fonctions exercées par l'OMC:
 - ✓ L' MOC permet de relier ou de restaurer manuellement les périphériques réseau.
 - ✓ L'état des périphériques réseau peut être vérifié à partir de la console OMC.
 - ✓ Les alarmes générées par les éléments du réseau sont signalées et enregistrées dans la console OMC.
- L'OMC continue de collecter et d'accumuler des statistiques de trafic à partir des éléments du réseau pour les analyser.



Les différentes identités GSM

Le système GSM utilise quatre types d'adressage lié à l'abonné:

- a. L'**IMSI** (identité invariante de l'abonné) n'est connu qu'à l'intérieur du réseau GSM; cette identité doit rester secrète au tant que possible, aussi GSM fait recours au **TMSI**.
- b. Le **TMSI** est une identité temporaire utilisé pour identifier le mobile lors des interactions Station Mobile-Réseau;
- c. Le **MSISDN** est le numéro de l'abonné; c'est le seul identifiant connu à l'extérieur.
- d. Le **MSRN** a pour fonction de permettre le routage des appels entrants directement du commutateur passerelle (GMSC) vers le commutateur courant (MSC) de la station mobile.



Les différentes identités GSM

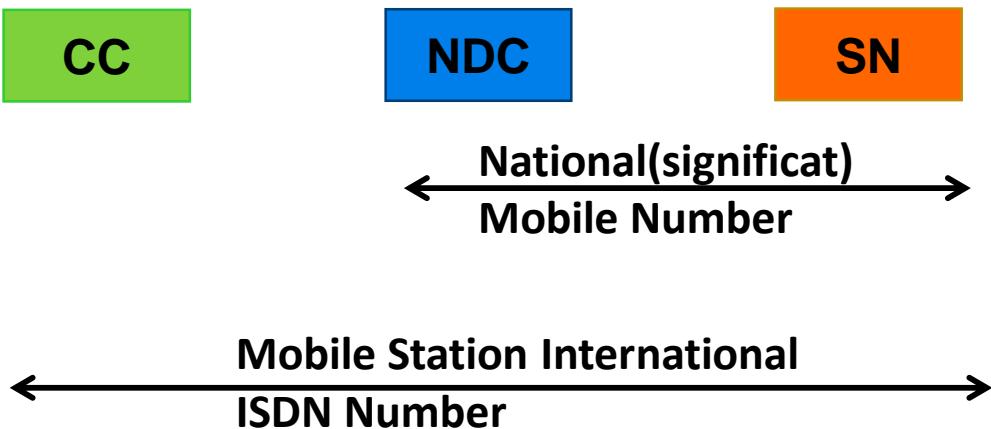
MSISDN: Mobile Station International Standard Data Number

L'identité de l'abonné GSM pour le “monde extérieur”, c'est à dire pour les réseaux autres que le réseau GSM de l'abonné, est le **MSISDN**. C'est ce numéro que composera une personne désirant joindre un abonné GSM. Seul le **HLR** contient la table de correspondance entre le MSISDN et l'IMSI.

Identifiants GSM

MSISDN: Mobile Station Internation Standard Data Numer

MSISDN: Est le numéro utilisé pour appeler un abonnée



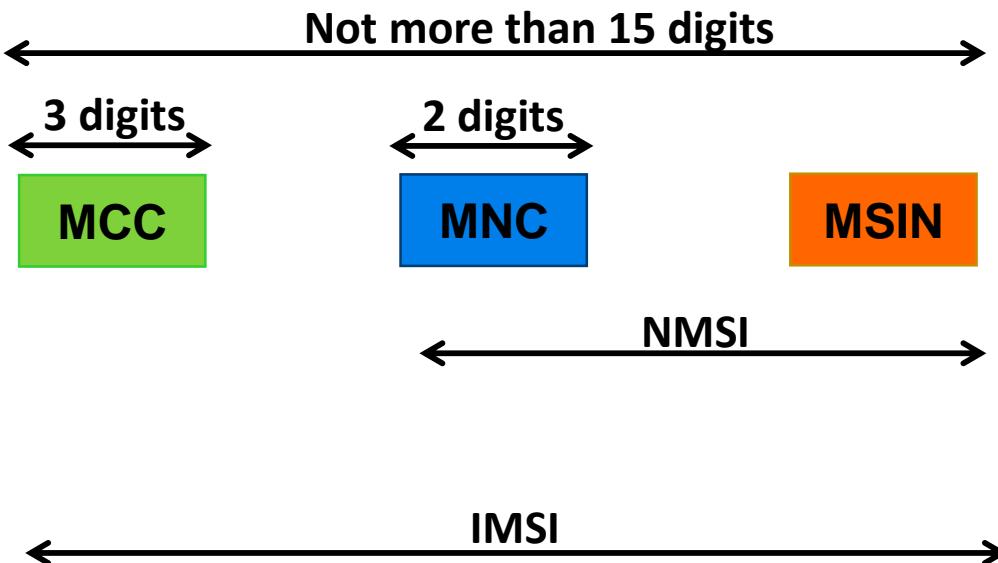
CC: Country Code : Le CC du Maroc est: 212:la France :33.
NDC: National Destination Code: 0661 est NDC de Maroc Telecom.
SN: Subscriber Number: Le reste du Numéro: 12314.

Dans cet exemple le MSISDN est : 212-661-12314

Les différentes identités GSM

IMSI: International Mobile Subscribers identity

IMSI: Est l'identité principale de l'abonné au sein du réseau mobile et qui est attribué en permanence à cet abonné.



Chaque usager dispose d'une identité internationale IMSI, est codé sur 15 digits et comprends trois parties: MCC / MNC / MSIN, ou:

MCC: Mobile Country Code: il se compose de 3 chiffres, le MCC du Maroc est :604

MNC: Mobile Network Code: il se compose de 2 chiffres: Le NNC du Maroc Telecom est : 01

MSIN : Mobile Subscriber identification Number.

NMSI: National Mobile Subscriber identification

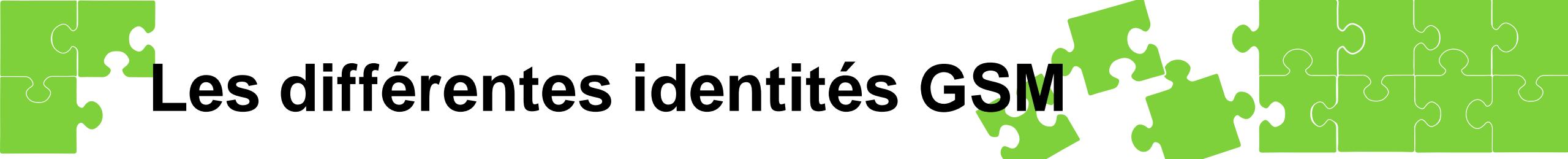
Les deux champs MCC et MNC permettent de déterminer, de façon unique dans le monde, le PLMN de l'abonné



Les différentes identités GSM

TMSI: Temporary Mobile Subscriber Identity

- A l'intérieur d'une zone gérée par un VLR, un abonné dispose d'une identité temporaire, le **TMSI**, attribuée au mobile de façon locale, c'est à dire uniquement pour la zone gérée par le VLR courant du mobile.
- Le TMSI n'est connu que sur la partie MS-MSC/VLR et le HLR n'en a jamais connaissance.
- Le TMSI est utilisé pour identifier le mobile appelé ou appelant lors d'un établissement de communication.
- Plusieurs mobiles dépendants de VLR différents peuvent avoir le même TMSI. A chaque changement de VLR, un nouveau TMSI doit être attribué.
- L'utilisation du TMSI est optionnelle. En effet, la norme GSM prévoit la possibilité pour l'opérateur de n'avoir recours qu'à l'IMSI.
- Cependant, pour les raisons de sécurité, il est préférable d'utiliser le TMSI.
- La structure du TMSI est laissée libre à l'opérateur.
- Il est codé sur 4 octets. Sa structure plus courte que l'IMSI permet de réduire la taille des messages d'appel sur la voie radio.



Les différentes identités GSM

TMSI: Temporary Mobile Subscriber Identity

- Une fois l'IMSI de l'abonné a été initialisé sur le réseau, le TMSI doit être utilisé pour envoyer des messages sur le réseau pour identifier l'abonné.
- Le VLR contrôle l'allocation des nouveaux TMSI et les notifie au HLR.
- TMSI est utilisé pour garantir de l'identité de l'abonné sur l'interface radio est gardée secrète.
- Le TMSI est composé au maximum de 4 octets et déterminé par l'opérateur.

Les différentes identités GSM

MSRN: Mobile Subscriber Roaming Number

MSRN: est un numéro de téléphone temporairement attribué à une station mobile qui se déplace dans une autre zone de numérotation (Roaming)(il s'agit généralement d'un autre pays). Ce numéro est nécessaire au réseau domestique pour transférer les appels entrants de la station mobile vers le réseau qu'il visite. Il est enregistré dans le HLR.

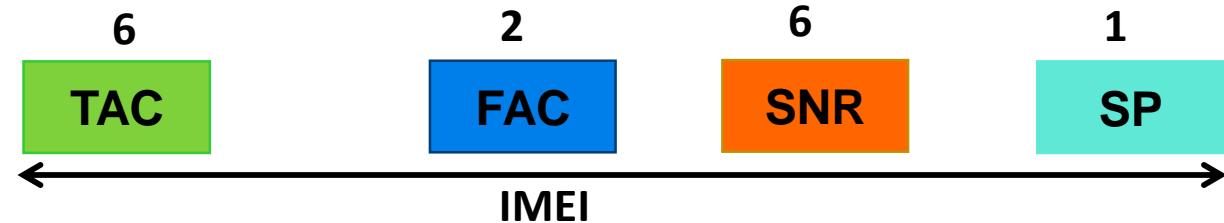
Le MSRN a pour fonction de permettre le routage des appels entrants directement du commutateur passerelle (GMSC) vers le commutateur courant (MSC) de la station mobile. Il est attribué par le VLR courant du mobile de façon temporaire et uniquement lors de l'établissement d'un appel à destination de la station mobile;

Les différentes identités GSM

IMEI: International Mobile Equipment Identity

IMEI: Est un numéro de série unique pour chaque mobile

IMEI peut être utilisé pour identifier les mobiles signalés comme ayant été volé ou qui fonctionnent incorrectement.

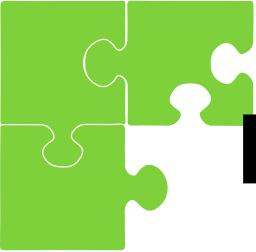


TAC: Type approval code: 6bits, déterminé par le centre d'homologation

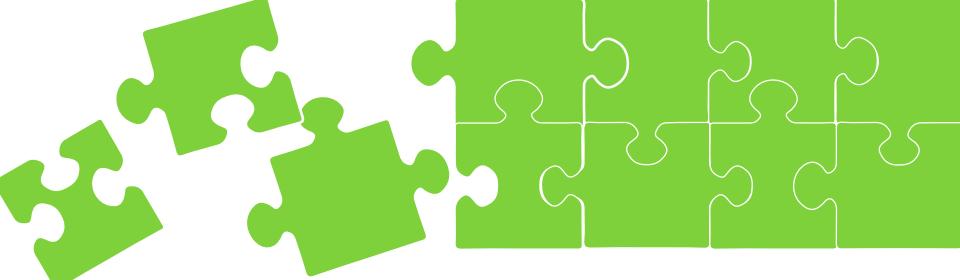
FAC: Final assembly code; 2bits, il détermine le fabricant.

SNR: Serial number, 6 bits, il est déterminé par le fabricant.

SP: Space, 1 bit, n'est pas utilisé.



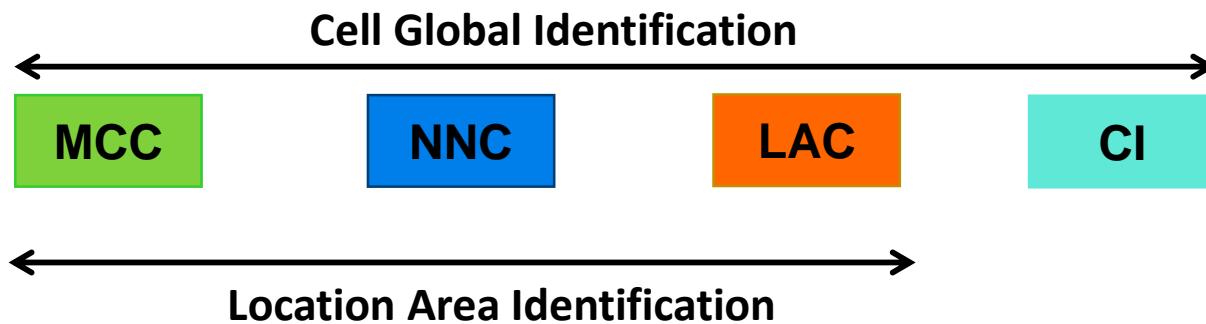
Les différentes identités GSM



LAI/CGI: Location Area Identity/Cell Global Identity

LAI: est le code international d'une zone de localisation

CCI: est une identification internationale unique pour une cellule



MCC: Mobile Country Code

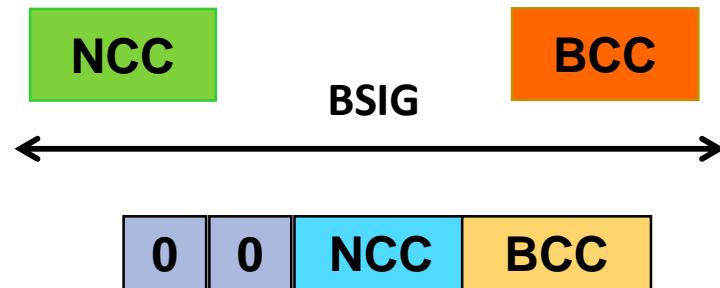
MNC: Mobile Network Code

LAC: Location Area Code: Maximum 16bits

CI: Cell Identity

Les différentes identités GSM

BSIC: Base Station Identity Code



NCC: Network Color Code: Il comprend 3 bit, il permet de distinguer différents PLMN voisins

BCC: Base Station color Code: Il comprend 3bits, utilisés pour distinguer différents cellules affectées à la même fréquence.



Les différentes identités GSM

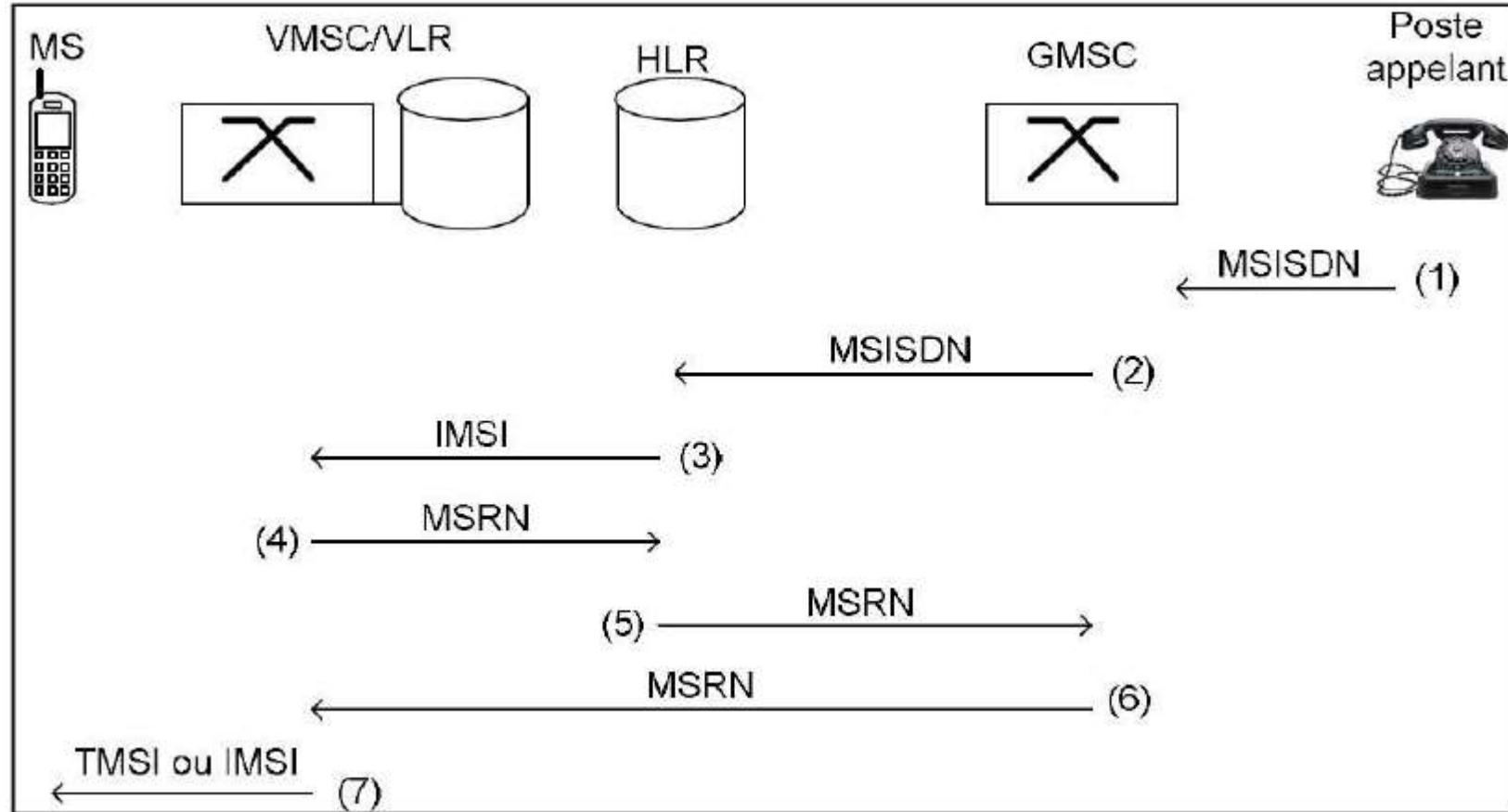
Exemple de mise en œuvre des différentes identités d'abonné dans GSM

L'ensemble des identités et numéros présenté dans les paragraphes précédent et utilisé lors d'un appel entrant :

1. Le MSISDN est numéroté par l'appelant. L'appel est routé par le réseau vers le MSC le plus proche qui agit alors en GMSC.
2. Le GMSC interroge le HLR pour connaître le MSC vers lequel l'appel doit être route.
3. Le HLR traduit le MSISDN en IMSI et interroge le VLR du mobile en utilisant l'IMSI.
4. Le VLR du mobile attribue un MSRN au mobile et transmet ce numéro au HLR.
5. Le HLR en recevant le MSRN le transmet au GMSC.
6. Le GMSC établit l'appel vers le MSC courant du mobile comme un appel téléphonique normal vers un abonne dont le numéro est le MSRN.
7. Le MSC va enfin appeler le mobile en utilisant l'identité temporaire, TMSI qui a été attribuée au mobile lors de la mise a jour de localisation ou lors de l'inscription du mobile.

Les différentes identités GSM

Exemple de mise en œuvre des différentes identités d'abonné dans GSM



Echange de différentes identités



Bandes De Fréquences

- Les systèmes de téléphonie mobile GSM 900 et DCS 1800 fonctionnent respectivement à des fréquences voisines de 900 et 1800 MHz.
- Dans le cas du réseau GSM 900, la bande de fréquences comprise entre 880 et 915 MHz est utilisée pour la transmission du téléphone mobile vers l'antenne-relais,
- tandis que la bande comprise entre 925 et 960 MHz est utilisée dans le sens inverse.
- Dans la terminologie GSM, la transmission du téléphone mobile vers l'antenne-relais est appelée « **voie montante** » ou « up-link »; la transmission de l'antenne-relais vers le téléphone mobile est appelée « **voie descendante** » ou « down-link ».
- Il faut signaler que les deux bandes de 10 MHz comprises entre 880 et 890 MHz, d'une part, et entre 925 et 935 MHz, d'autre part, sont souvent appelées « extended bands » pour des raisons historiques, car attribuées, à la téléphonie mobile, dans un second temps.
- De manière similaire, les voies montantes et descendantes du DCS 1800 utilisent les bandes comprises entre 1710 et 1785 MHz, d'une part, et entre 1805 et 1880 MHz, d'autre part.



Bandes de fréquences

Normes	Voies	Bandes de fréquences (MHz)
GSM	Montante	890 - 915
	Descendante	935 - 960
GSM ("extended bands")	Montante	880 - 890
	Descendante	925 - 935
DCS 1800	Montante	1.710 - 1.785
	Descendante	1.805 - 1.880



Multiplexage fréquentiel

Dans sa version à 900 [MHz], la norme GSM occupe deux bandes de 25 [MHz];

- ✓ l'une est utilisée pour la
- ✓ voie montante (890, 2 - 915 [MHz]).
- ✓ l'autre pour la voie descendante (935, 2 - 960 [MHz]).

Il est également défini que chaque porteuse de cellule possède une densité spectrale confinée dans une bande de **200 [kHz]** ce qui signifie que, théoriquement, on peut disposer de **124 canaux**.

- ✓ Notons au passage que la bande de fréquences du DCS-1800 étant plus large, elle peut contenir 374 canaux.
- Aussi, si on indique par F_u les fréquences porteuses montantes et par F_d les fréquences porteuses descendantes,
- ✓ les valeurs de fréquence porteuse valent:

$$F_u(n) = 890,2 + 0,2 \times (n - 1) \text{ [MHz]}$$

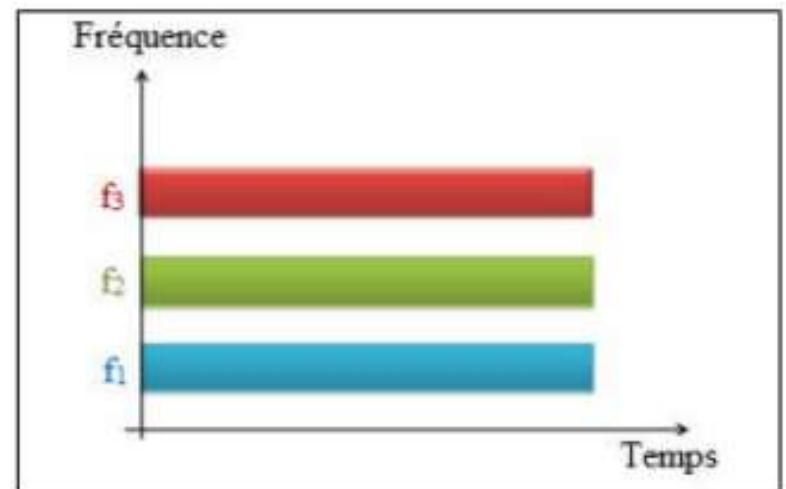
$$F_d(n) = 935,2 + 0,2 \times (n - 1) \text{ [MHz]}$$

où $1 \leq n \leq 124$.

Exemple :

pour $n=10$, voie descendante à $935 + (0,2 \times 10) = 937 \text{ MHz}$

et voie montante à $f_d - 45 = 892 \text{ MHz}$

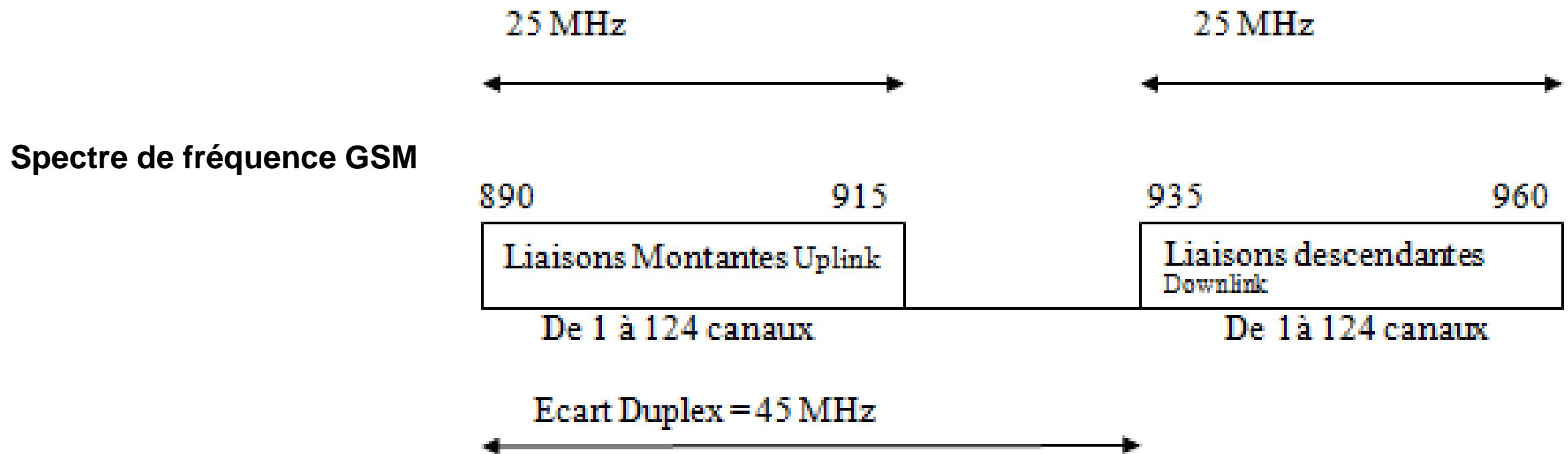


Multiplexage fréquentiel

$$F_u(n) = 890 + 2 \times (n - 1) \text{ [MHz]}$$

$$F_d(n) = 935 + 2 \times (n - 1) \text{ [MHz]}$$

où $1 \leq n \leq 124$.





Multiplexage temporel

Tant pour des questions d'interférences électromagnétiques que pour des raisons d'augmentation de capacité, le multiplexage fréquentiel se double d'une **multiplexage temporel**.

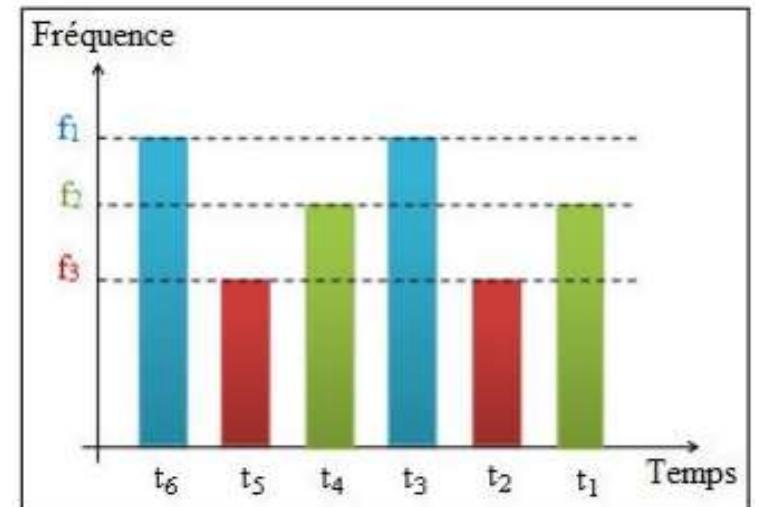
Le multiplexage temporel consiste à diviser chaque canal de communication en **8 intervalles** de temps de **0, 577 [ms]** chacun.

Trame: *On définit une trame élémentaire de 8 intervalles pour une durée de:*

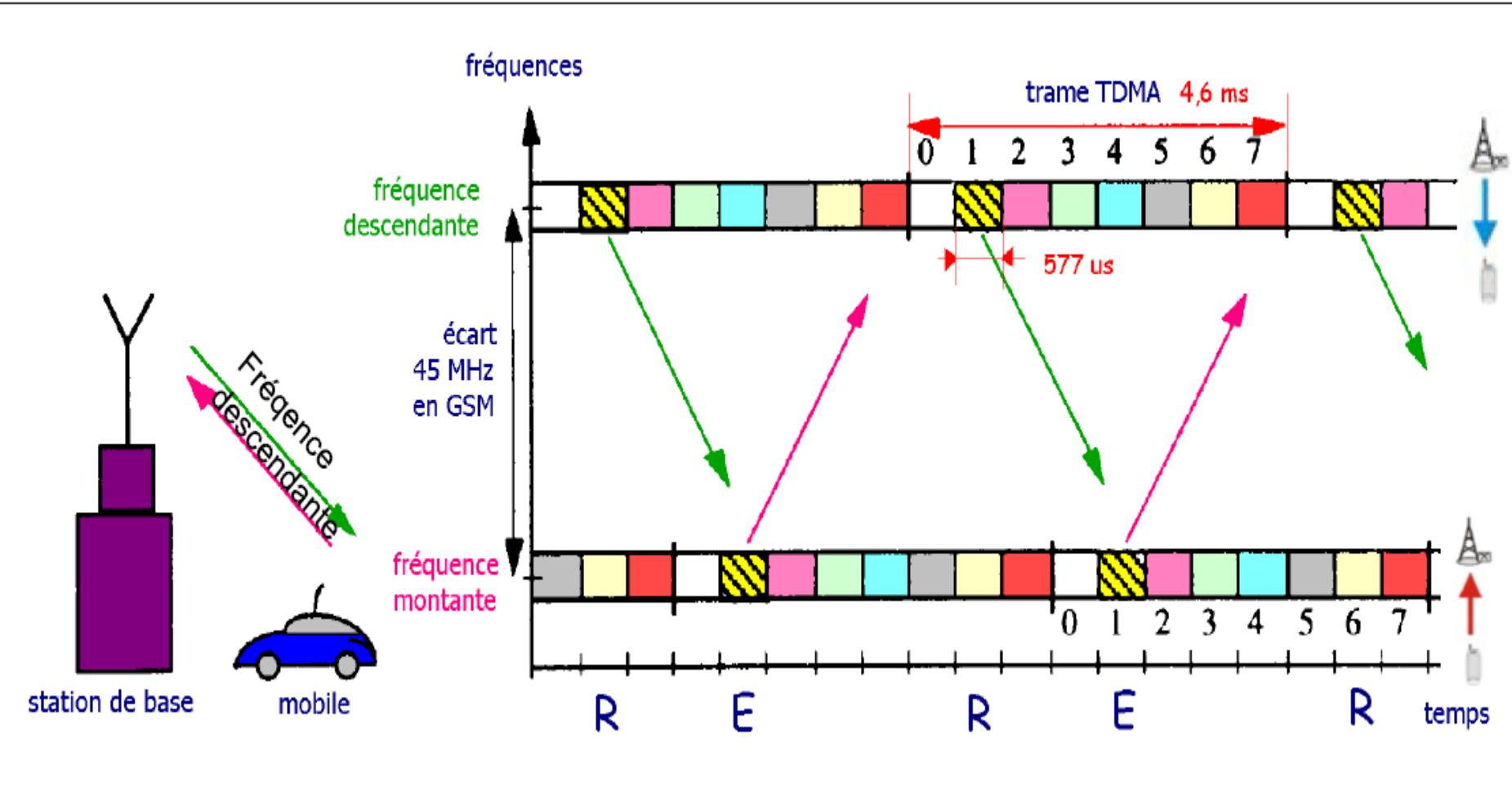
La durée d'une trame TDMA est donc : **$TTDMA = 8 \times 0, 577 = 4, 615 [ms]$** .

Comme il est exclus de transmettre toutes les informations en une fois, il faut découper l'information et la transmettre au moyen de plusieurs trames consécutives. La norme GSM prévoit une organisation spécifique de structure hiérarchique de trames.

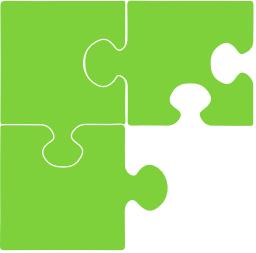
Chaque utilisateur utilise un slot par trame TDMA. Les slots sont numérotés par un indice TN qui varie de 0 à 7. Un « canal physique » est donc constitué par la répétition périodique d'un slot dans la trame TDMA sur une fréquence particulière.



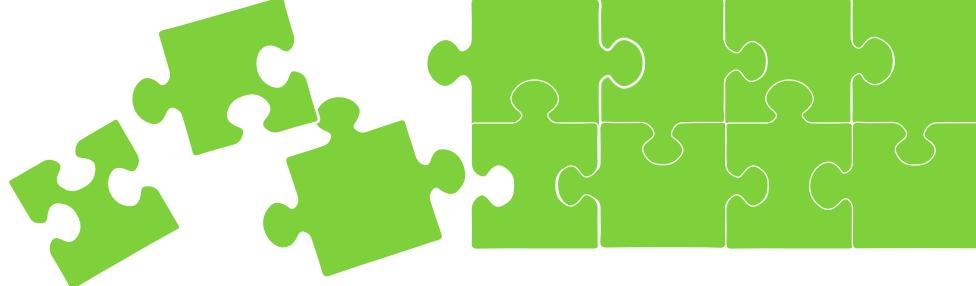
Multiplexage temporel



Mobile en conversation sur
le time-slot 1



Multiplexage temporel

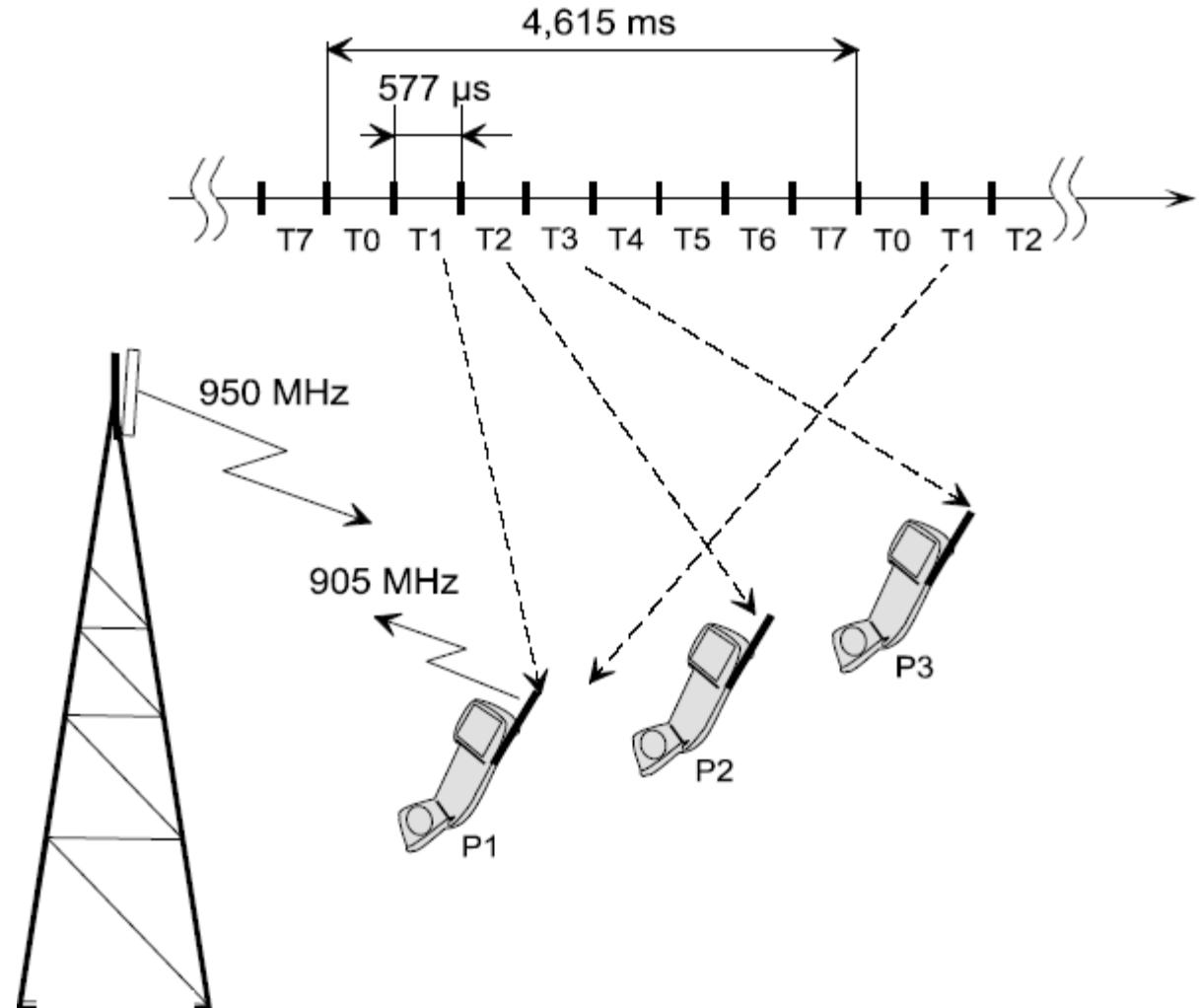


Exemple: Canal de transmission GSM

une antenne-relais transmet vers 3 téléphones mobiles, notés P1, P2 et P3, au moyen d'une porteuse dont la fréquence nominale est comprise entre 925 et 960 MHz (cas du GSM 900).

Dans cet exemple, cette fréquence nominale est de 950 MHz .

La porteuse ainsi occupe une largeur de 200 kHz comprise entre 949,9 et 950,1 MHz.

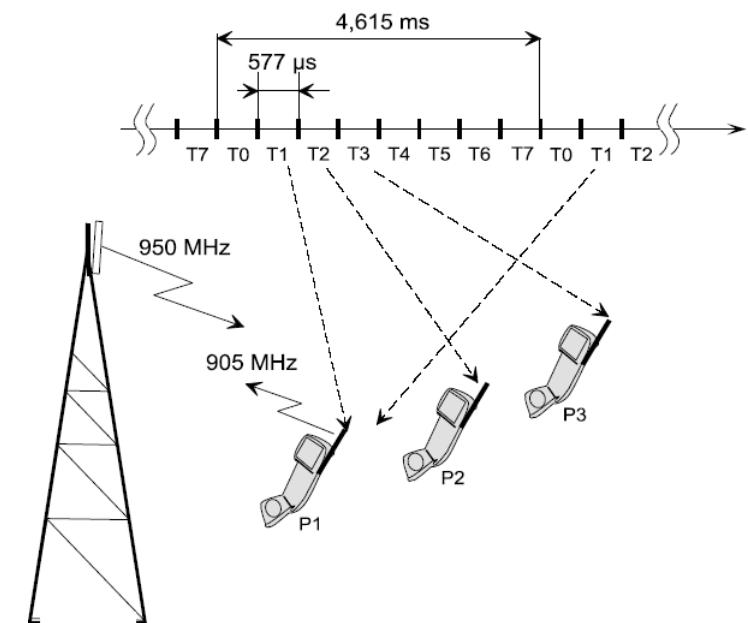
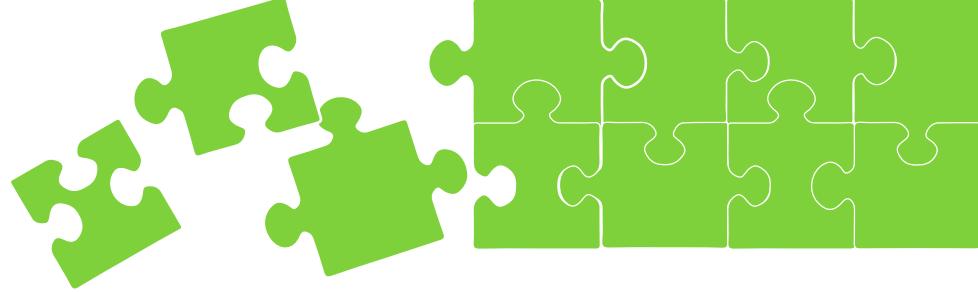


Multiplexage temporel

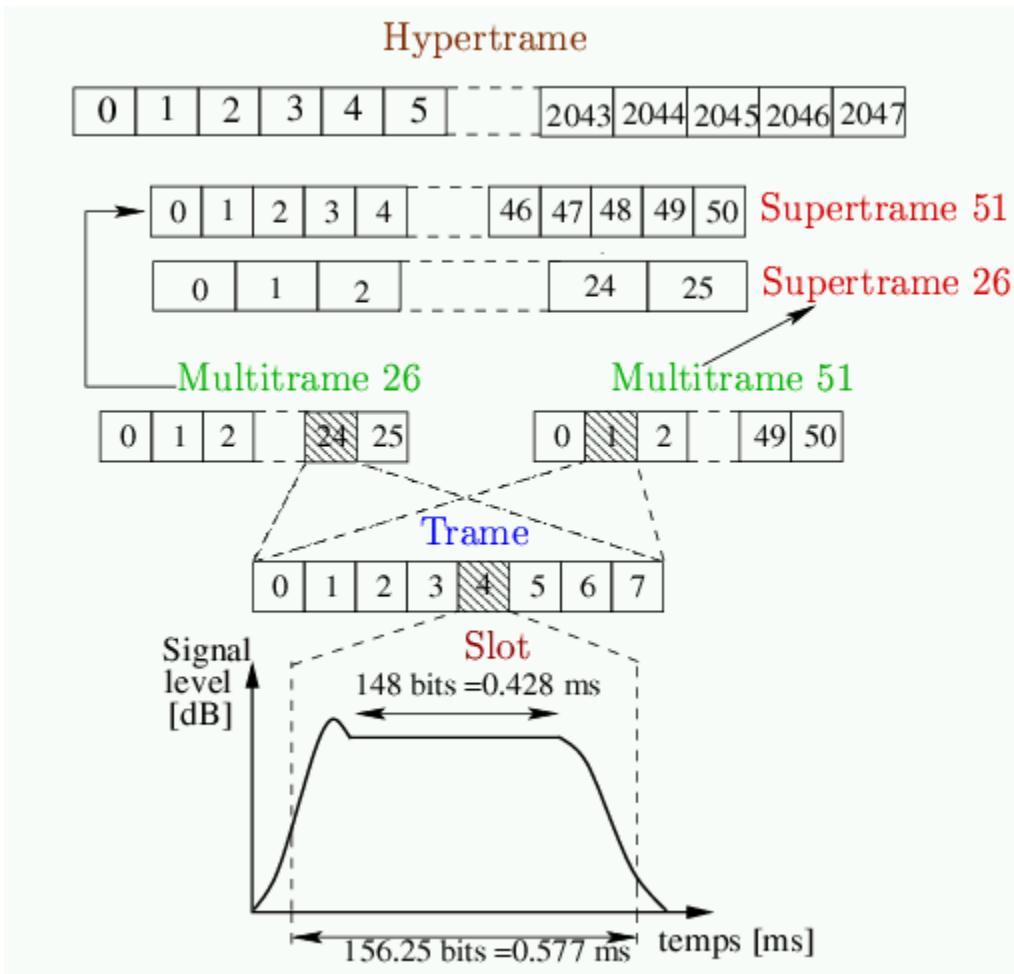
Durant un premier intervalle de temps T1, d'une durée de 577 µs, la porteuse est utilisée pour transmettre vers le téléphone P1 ; cet intervalle de temps est appelé « time slot » dans la terminologie GSM. Ensuite, le téléphone P2 reçoit pendant le second « time slot » T2.

De la même manière, le téléphone P3 recevra les informations qui lui sont destinées pendant le troisième « time slot » T3, et ainsi de suite s'il y a d'autres téléphones mobiles dans la cellule.

Une porteuse peut ainsi être partagée par 8 téléphones mobiles. A la fin du « time slot » T1, le téléphone P1 devra attendre pendant 7 « time slots » avant de recevoir à nouveau. La transmission d'un canal (c'est-à-dire une conversation) se fait donc de manière discontinue ; ce procédé est appelé « multiplexage temporel » ou encore « time division multiple access » (TDMA).



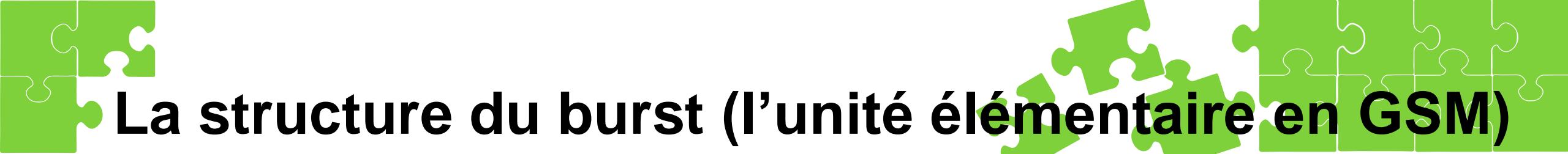
Multiplexage temporel



Les trames sont regroupées comme suit:

- 1 **multitrame** de type 26 = 26 trames TDMA élémentaires
- 1 **multitrame** de type 51 = 51 trames TDMA élémentaires,
- 1 **supertrame** de type 26 = 26 multitrames
- 1 **supertrame** de type 51 = 51 multitrames
- 1 **hypertrame** = 2048 supertrames = 2.715.648 trames.

Organisation des multiples de trames



La structure du burst (l'unité élémentaire en GSM)

Un mobile GSM en communication 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**.

Les données échangées entre le téléphone mobile et la base (voix ou signaux de contrôle) sont toujours transmises sous une forme précise :

- 57 bits de données (voix ou signaux de contrôle).
- 26 bits (toujours les mêmes dans une cellule) d'une séquence de formation (training séquence), qui a pour mission de mesurer les propriétés du canal de transmission.
- 57 bits de données (voix ou signaux de contrôle).
- quelques bits d'encadrement et indicateurs.

La structure du burst (l'unité élémentaire en GSM)

Structure du signal émis dans un time slot

Dans chaque trame, le téléphone reçoit donc 114 bits d'informations utiles regroupés dans le time-slot affecté à la communication.

Ces 114 bits peuvent correspondre :

- à de la voix uniquement .
- à de la voix mélangée à des données de contrôle.

