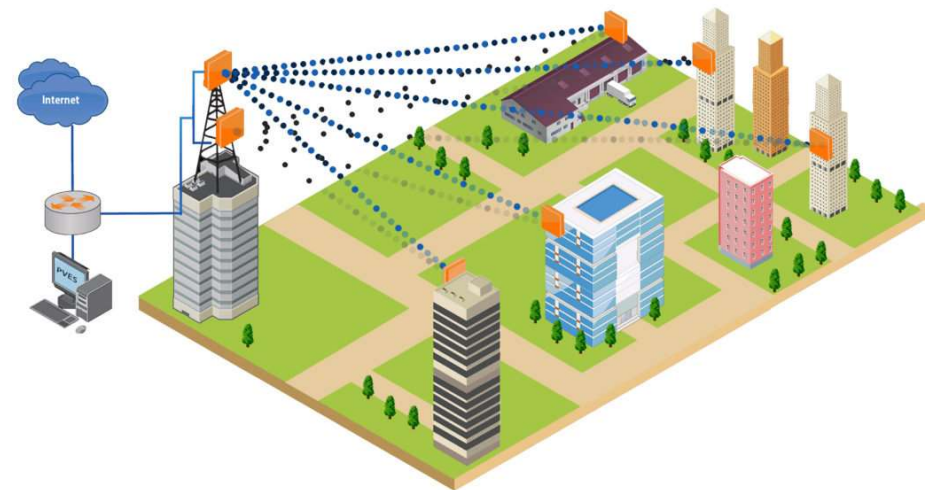


Centre universitaire de Mila, Algérie
Domaine : Mathématique et Informatique
Filière : Informatique

Chapitre 05

Les réseaux mobiles cellulaires



Plan

- ❑ Réseau mobile cellulaire ?
- ❑ Générations et normes de réseaux mobiles
- ❑ Eléments de base d'un réseau cellulaire
- ❑ Cellule
 - D'où vient le concept ?
 - Division en des cellules
 - Taille de la cellule
 - Réutilisation des fréquences
 - Distance de réutilisation de fréquences
 - Répartition de fréquences
- ❑ Architecture d'un réseau cellulaire
- ❑ GSM
- ❑ GPRS

Introduction

Réseau mobile cellulaire ?

- Est un réseau qui connecte des équipements mobiles utilisant la voie hertzienne pour communiquer.
- Structuré sous forme de cellules (ou zones géographiques)
- Tous les points dans une cellule peuvent être atteints à partir d'une même antenne
- Couverture continue d'un large territoire avec des stations de base (Wifi -couverture non garantie)
- En évolution depuis les années 1980 (1 génération → 5 génération)
- Assure le transfert de la voix (téléphonie) et de données (Internet)



Génération et normes de réseaux mobiles



1G

1^{er} génération

1980 - 1995

- Norme analogique
- Service de téléphonie (transmission de la voix)



2.4 Kbps

- FDMA
- AMPS, NMT, etc.



2G

2^{eme} génération

1995

- 1^{er} norme numérique
- Service de téléphonie + SMS
- Couverture et capacité améliorées



64 Kbps

- TDMA
- GSM



3G

3^{eme} génération

2002

- Téléphonie + SMS + Internet (transmission de données)
- 1^{er} norme avec haut débit



2 Mbps

- CDMA
- UMTS



4G

4^{eme} génération

2010

- Principalement transmission de données
- Très haut débit



100 Mbps

- OFDMA
- LTE

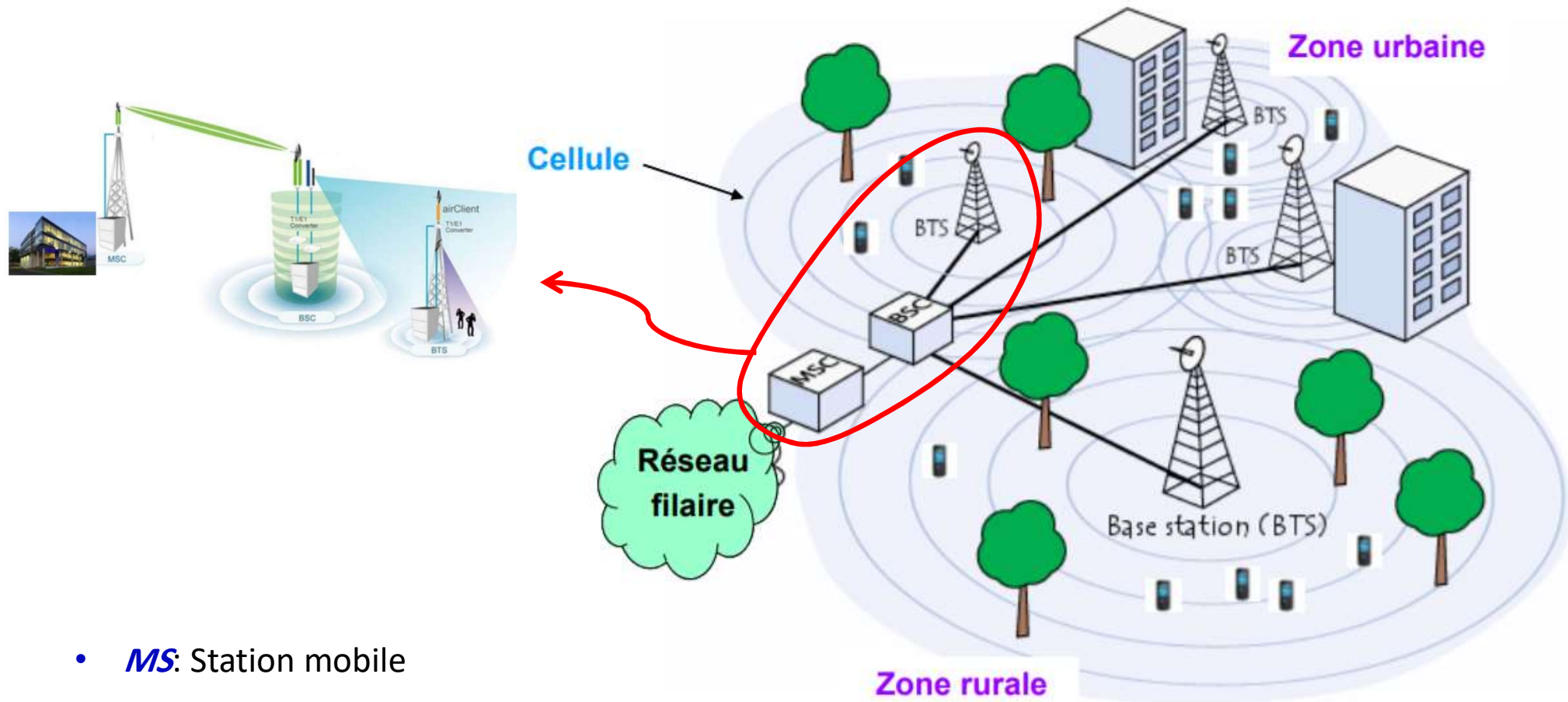
2,5 G (2000)

- Accès IP à 100 Kb/s
- GPRS, EDGE.

3,5 G (2008)

- Accès IP à 10 Mb/s
- HSDPA, HSDPA+

Éléments de base d'un réseau cellulaire



- **MS**: Station mobile
- **BTS**: Base Transceiver Station
- **BSC**: Mobile Station Controller
- **MSC**: Mobile Service Switching

Cellule

D'où vient le concept ?

Problème de base !

- Comment **desservir** une région de taille importante (pays, continent)
 - Avec une **bande de fréquence limitée**
 - Avec une **densité d'utilisateurs et du trafic**
 - Importante
 - varie dans l'espace et dans le temps
 - qui peut augmenter ?
 - Tout en **offrant différents services**: voix, données, etc. (débit)
 - A des utilisateurs **fixes et mobiles**.

Solution

Concept **cellulaire** avec **réutilisation** de fréquences.

Cellule

Division en des cellules

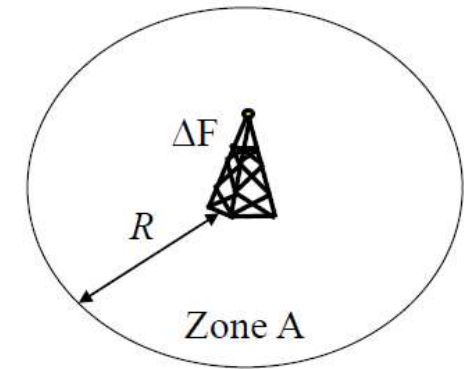
- Le territoire à couvrir est divisé en **cellules**
- Chaque cellule est desservie par une **station de base**
- La division est transparente pour les usagers

Avantages

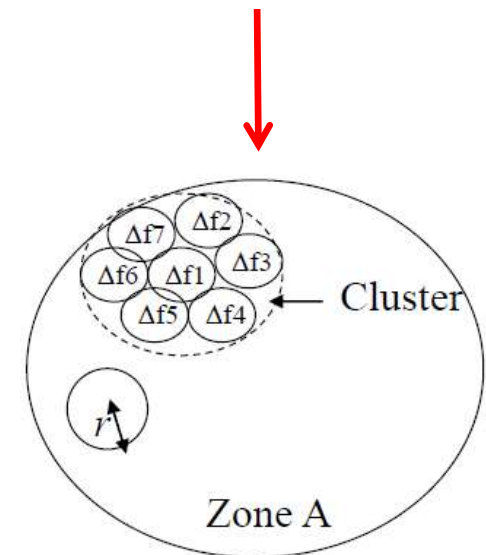
- Desservir de façon continue un très large territoire (plus de couverture).
- Utiliser des puissances d'émission moins importantes.
- Augmenter la capacité du réseau
 - En diminuant la taille des cellules.

Inconvénients

- travail de planification fastidieux et délicat (fait par l'opérateur)
- gestion de la mobilité entre les cellules.



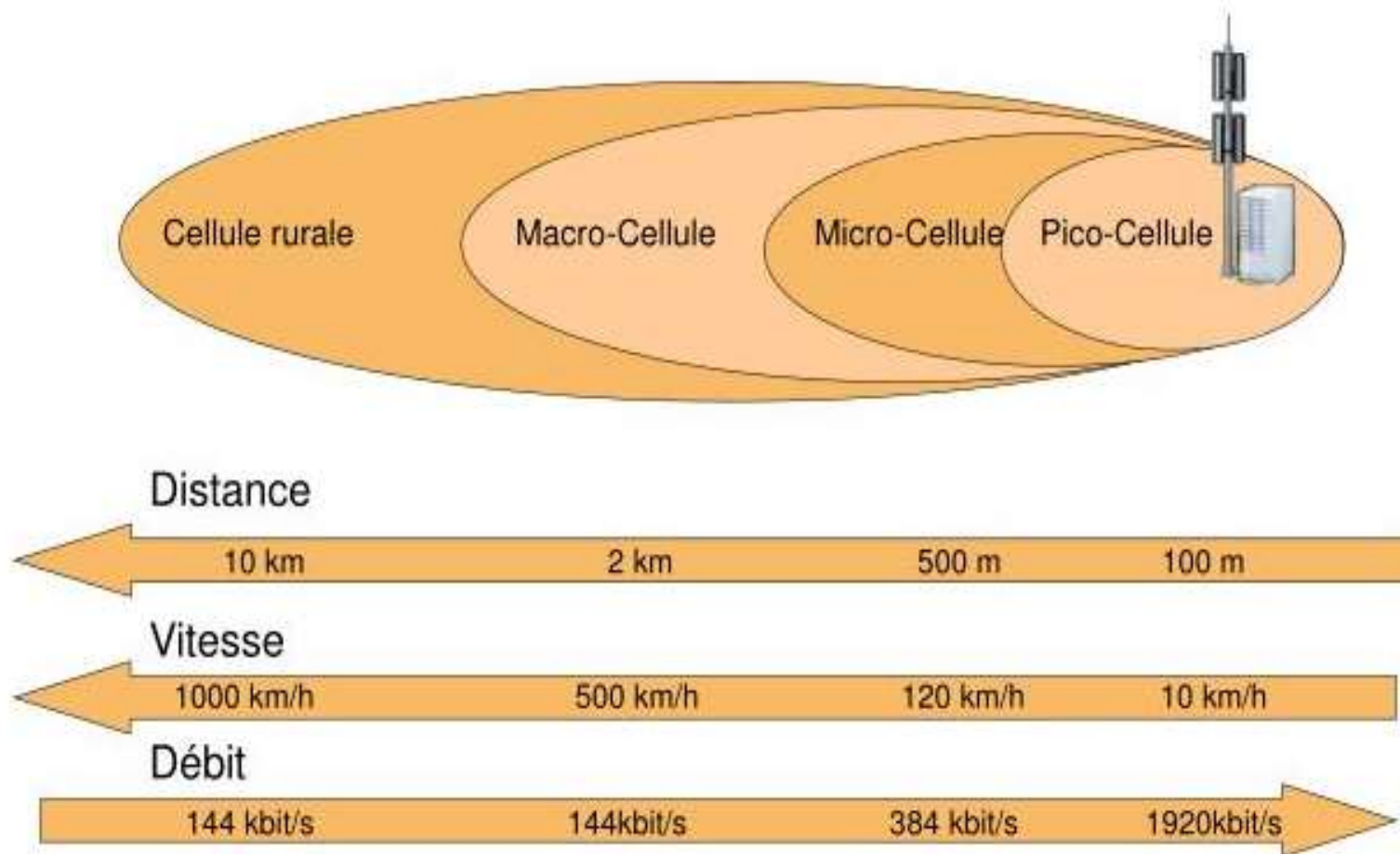
$R = 10 \text{ Km}$ avec $N = 7$ fréquences
 → 7 communications simultanées



$r = 500\text{m} \rightarrow (\pi R^2 / \pi r^2) = 400$
 communications

Cellule

Taille de la cellule



N.B. Couverture d'une cellule dépend de la **sensibilité** et de la **puissance d'émission**.

Cellule

Taille de la cellule

○ Zone rurale (faible densité d'utilisateurs).

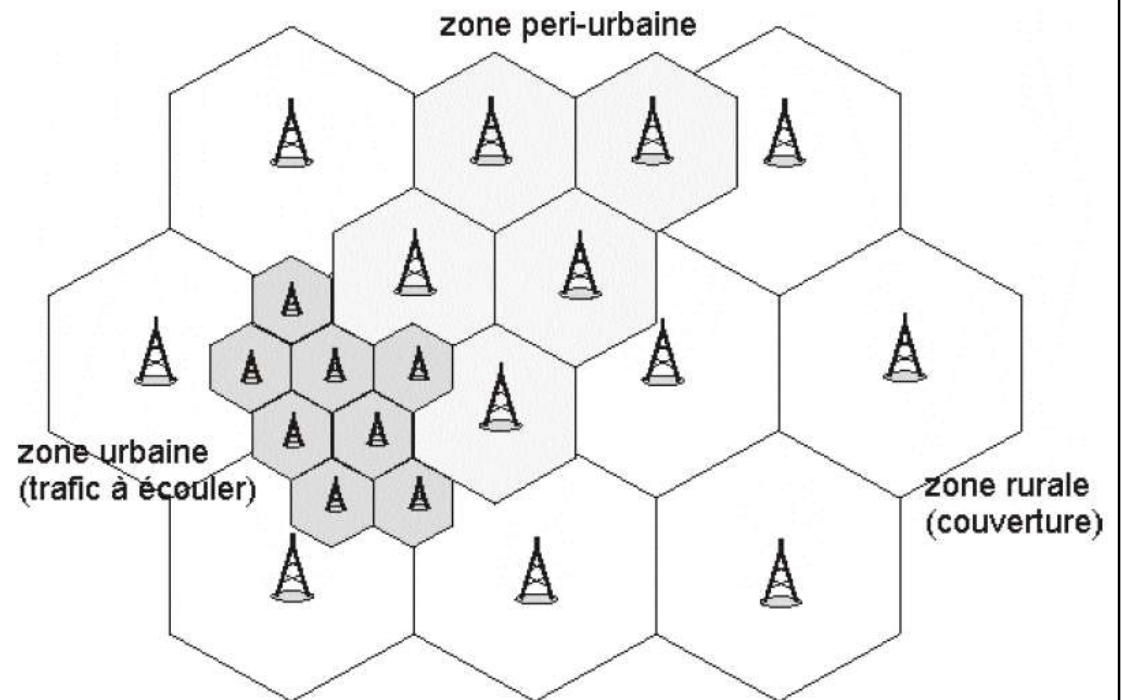
Objectif: assurer une couverture en tout point du territoire.

- chaque terminal est sous la portée d'une station de base et peut l'atteindre.
- Grandes cellules (3 –30 km)

○ Zone urbaine (forte densité d'utilisateurs).

Objectif: écouler le trafic.

- la densité des stations de base est imposée par la charge à écouler
- Taille de la cellule réduite (300 m à 3 km)



Rayon de cellule ↘ → Capacité ↗

Cellule

Réutilisation des fréquences

Principe

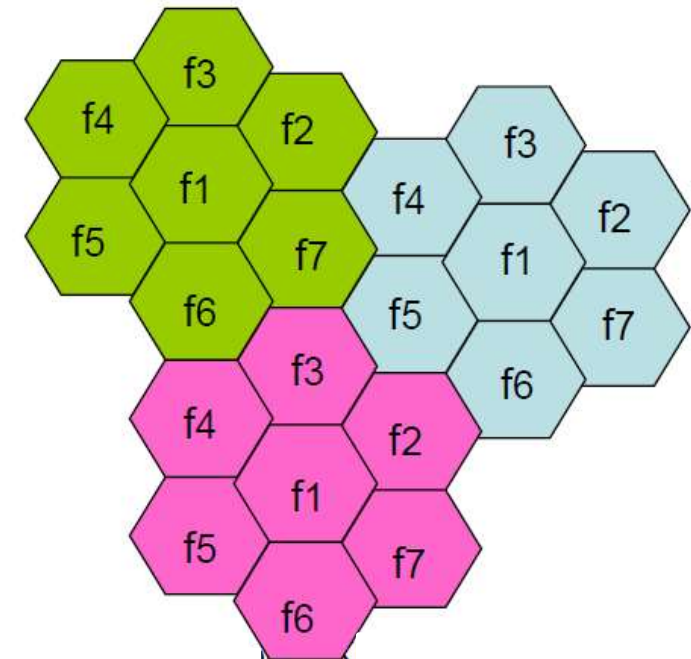
- Réutilisation des fréquences dans des cellules suffisamment éloignées l'une de l'autre pour éviter les interférences.
- Repose sur la propriété **d'atténuation des signaux avec la distance**.

Mécanisme

- **Co-cellules** = Cellules utilisant la même fréquence.
- **motif (ou cluster)** = Le plus petit groupe de cellules utilisant l'ensemble de la bande de fréquence du système.

Le motif est répété sur toute la surface à couvrir

Exemple de motif à 7 cellules

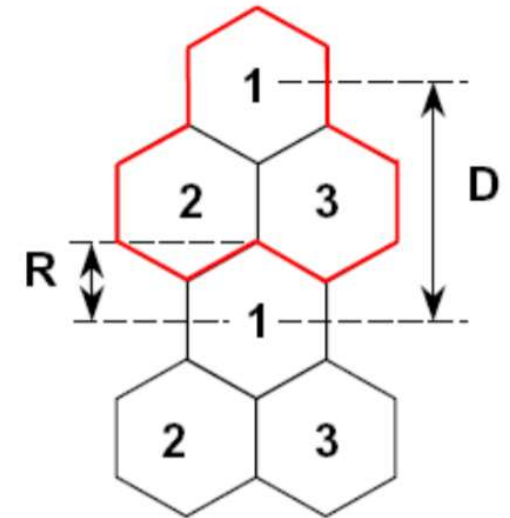
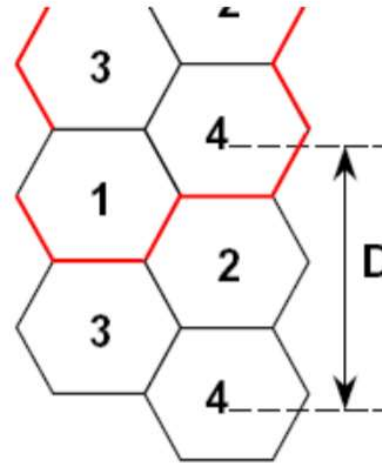


Cellule

Distance de réutilisation de fréquences

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3K} \text{ où :}$$

K : taille du motif de réutilisation,
 D : Distance de réutilisation,
 R : rayon de cellule.



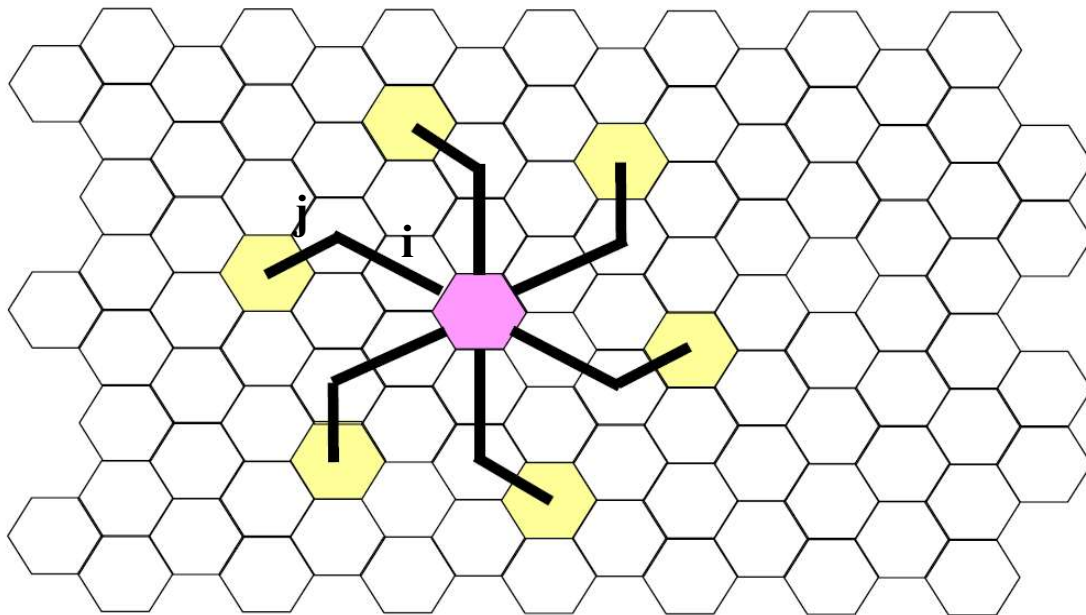
Exemple. Un opérateur a choisi le motif $K=3$ pour déployer son réseau mobile, et il a des BTS de 30 Km de rayon, donc:

$D = \sqrt{3 \times 3} \times 30 = 90 \text{ Km} \rightarrow$ il ne peut pas mettre une BTS qui utilise la même fréquence dans une zone de moins de 90 Km.

Cellule

Distance de réutilisation des fréquences

On peut choisir un motif K quelconque, mais la distance est égale à la distance calculée selon K' tel que $K' < K < K''$, où k' et k'' vérifie $K' = i'^2 + j'^2 + i'j'$ et $K'' = i''^2 + j''^2 + i''j''$



$$K = i^2 + ij + j^2$$

i et j entiers naturels positifs ou nuls

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

Avantages

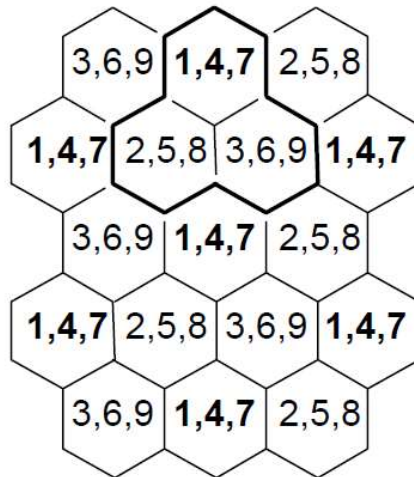
- augmenter le nombre de **communications simultanées** dans le réseau.
- fournir potentiellement **une capacité illimitée** avec des bandes de fréquences peu importantes

Cellule

Répartition de fréquences

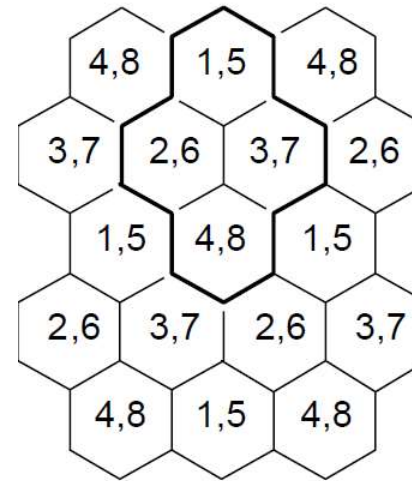
Nbr de fréquences par cellule = $\text{Nbr_de_fréquences} / \text{Nbr_de_cellules} = N/K$

Exemple de répartition de 10 fréquences suivant un motif (N=10)



10

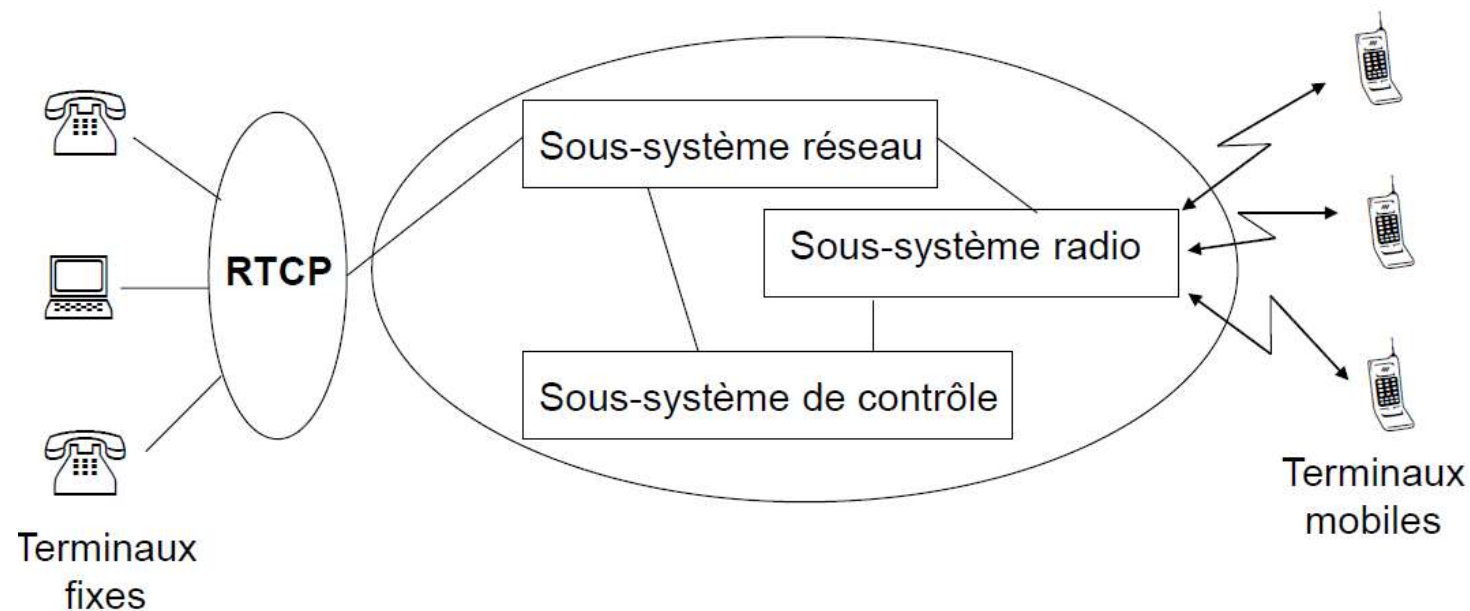
Motif de taille K=3



9,10

Motif de taille K=4

Architecture d'un réseau cellulaire



○ **Sous-système radio - BSS, Base-Station Subsystem**

- Réseau d'accès radio qui assure l'émission et la réception des appels et gère la ressource radio.

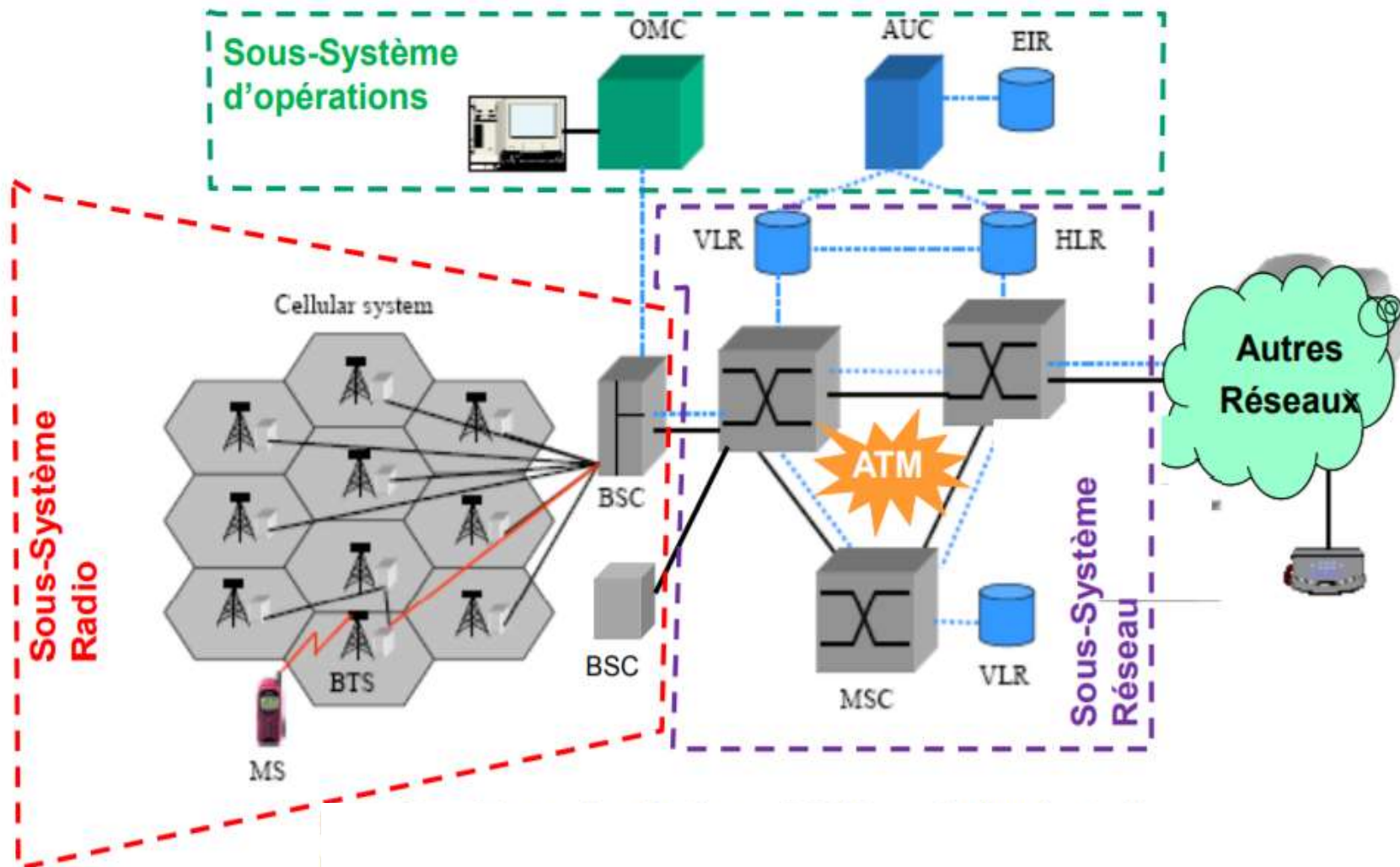
○ **Sous-système réseau - NSS, Network Subsystem**

- Ensemble des fonctions nécessaires à l'établissement des appels, gestion de la mobilité, routage, stockage et mise à jour des données des abonnés.
- Connecté au RTCP par des commutateurs passerelle

○ **Sous-système d'exploitation et de maintenance - OSS, Operation Subsystem**

- supervision et contrôle des sous-systèmes radio et réseau (commander par l'opérateur)

Réseau GSM



BTS : Base Transceiver Station
 MSC : Mobile Switching Center
 VLR : Visitor Location Register

BSC Base Station Controller
 GMSC : Gateway MSC HLR Home Location Register
 OMC : Operation and maintenance Center

Réseau GSM

○ Le sous système Radio

- **Rôle : distribution du réseau et radiocommunications, gestion de la ressource radio**
- **S/système radio = 1 ou N BTS et 1 ou N BSC**

- **BTS (Base Transceiver Station) ou BS (Base Station)**
 - Communique d'une part avec les MS d'autre part avec la BSC
 - Transmission du MS vers la BSC sur une liaison MIC (TDMA-over-FDMA)

- **BSC (Base Station Controller)**
 - Gestion d'un ensemble de BS
 - C'est l'organe intelligent du S/système radio
 - Allocation des canaux aux MS
 - Codage et décodage de la parole
 - Gestion des handovers entre BS
 - Communication avec le MSC



Réseau GSM

○ Le sous système Réseau

- **Rôle du NSS (Network SubSystem) : commutation et routage**
- **S/système NSS = MSC, VLR, HLR**
- **MSC (Mobile Service Switching)**
 - Gère plusieurs BSC
 - Gère l'interfonctionnement avec d'autres réseaux (filaire ou non)
 - Relié au VLR, HLR et EIR
- **HLR (Home Location Register)**
 - Il contient les infos nécessaires à la gestion des communications d'abonnés
 - Pour chaque abonné, la base de données du HLR contient :
 - identité internationale de l'abonné (IMSI)
 - son numéro d'abonné MSISDN, position actuelle
- **VLR (Visitors Location Register)**
 - Base de données associée au MSC
 - Contient une partie des infos des HLR – abonnés situés dans les BS dépendant du MS
 - Gestion *Roaming*

Réseau GSM

○ Le sous système d'Opération

● AUC (AUthentication Center)

- Un centre d'authentification AUC (*Authentication Center*) est associé au HLR. Il contient la clé d'authentification Ki unique de l'abonné et génère les valeurs de paramètres utilisés pour l'authentification et le chiffrement.

● EIR (Equipment Identity Register)

- Base de données contenant le numéro international de l'équipement IMEI (*International Mobile Equipment Identity*) permettant ainsi son identification

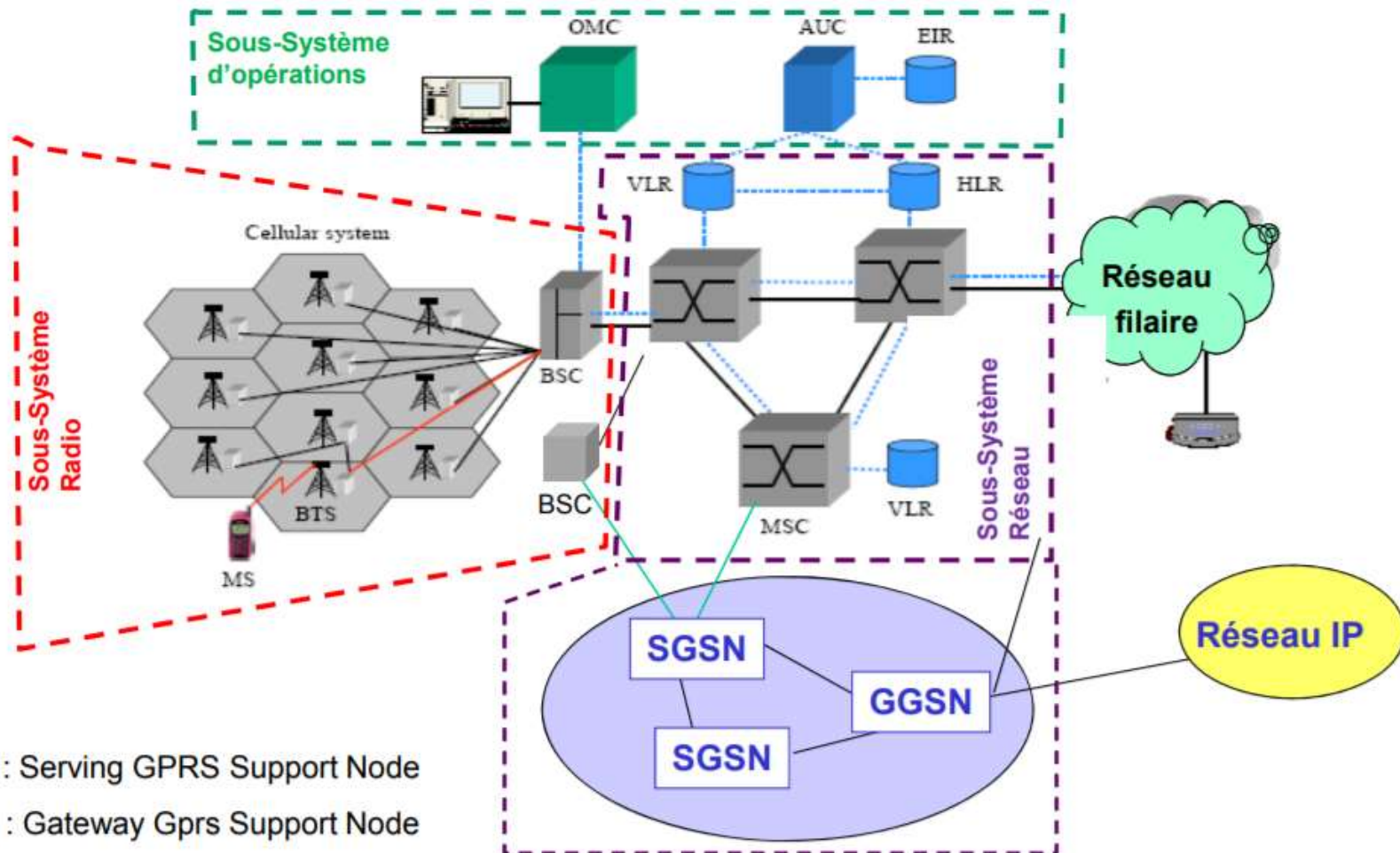
● OMC (Operation Maintenance Center)

- Gestion d'alarmes, de configurations
- Gestion de performances, statistiques
- Autres fonctions de gestion

Réseau GPRS

○ Les plus du GPRS par rapport à GSM

- Applications nouvelles pour accéder à Internet
- Implantation de nœuds spéciaux pour gérer le trafic Paquets (SGSN et GGSN)
- Ajout d'attributs au HLR (liés aux accès Internet)



Réseau GPRS

○ Rôles des SGSN et GGSN

● SGSN (Servicing GPRS Support Node)

- Gestion des paquets liés à une zone géographique
- Gestion des utilisateurs GPRS
- Gestion de la sécurité et contrôle d'accès
- Équivalent au MSC mais pour les communications en mode paquet

● GGSN (Gateway GPRS Support Node)

- Interopérabilité avec Internet
- Routage de paquets vers les SGSN en fonction des zones de destination
- Gestion de sécurité
- Gestion de la localisation des mobiles
- Gestion des handovers
- Facturation...