

Réseaux Mobiles

Chapitre 3

Les systèmes cellulaires : concepts de base

Dr. Ismehene CHAHBI

Introduction

- **Au début, les réseaux de première génération allouaient une bande de fréquences à chaque utilisateur (en cas de besoin ou pas).**
=> service fourni à un nombre d'utilisateurs égal au nombre de bandes de fréquences disponibles.
 - **Première amélioration : allouer un canal à un utilisateur uniquement en cas de besoin.**
 - **augmenter « statistiquement » le nombre d'abonnés, vu que tout le monde ne téléphone pas en même temps.**
 - **ce système nécessitait toujours des stations mobiles de puissance d'émission importante et donc des appareils mobiles de taille et de poids conséquents.**
 - **deux cellules adjacentes ne peuvent pas utiliser les mêmes fréquences.**
=> utilisation sous-optimale du spectre fréquentiel
- ➔ Solution : concept cellulaire**

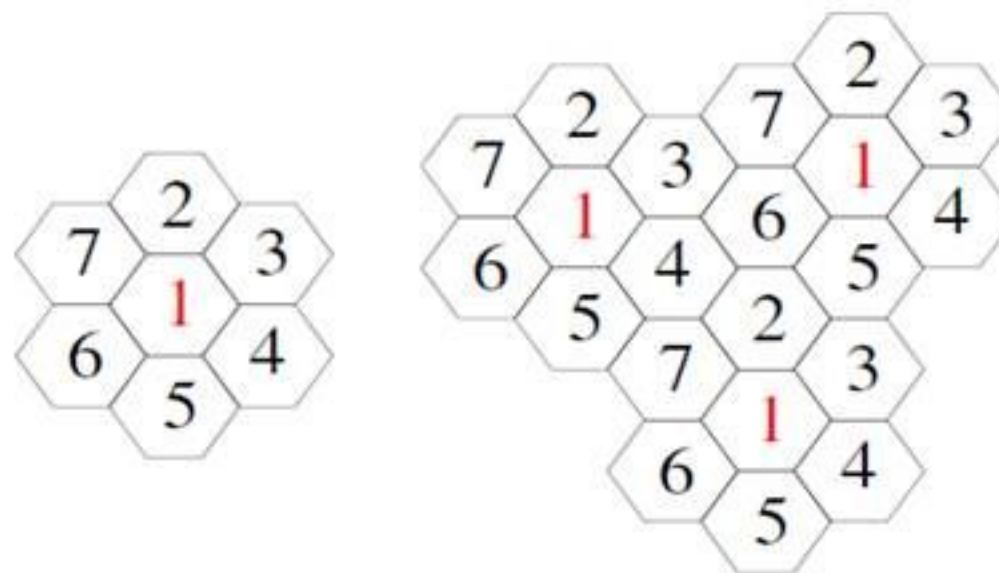
Le concept cellulaire

- Principe : diviser le territoire en de petites zones, appelées *cellules*.
 - Chaque cellule est constituée d'une station de base à laquelle on associe un certain nombre de canaux de fréquences à bande étroite.
 - ces fréquences ne peuvent pas être utilisées dans les cellules adjacentes afin d'éviter les interférences.
- ➔ Recours aux motifs, appelés aussi clusters.

Le concept cellulaire

Motif de réutilisation

- Un motif cellulaire est l'ensemble des cellules dans lequel chaque fréquence de la bande est utilisée une seule fois.
- Il est répété sur toute la surface à couvrir.



- Les motifs « optimaux » éloignent le plus possible les cellules ayant les mêmes fréquences.

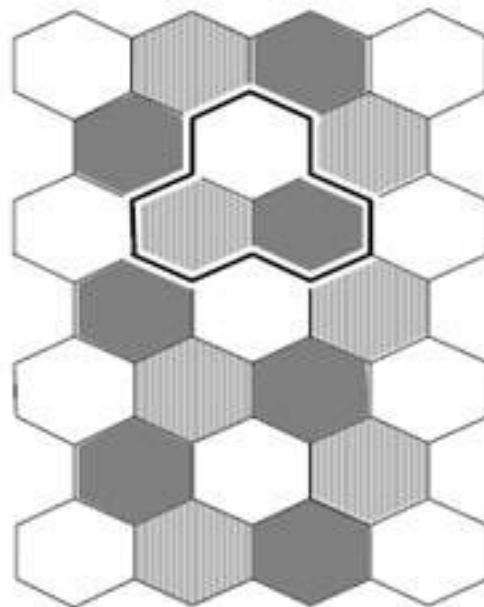
Le concept cellulaire

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

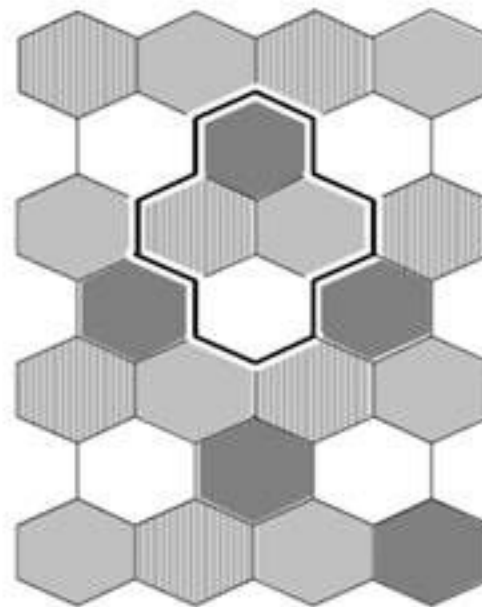
$$K = i^2 + ij + j^2 \quad \text{avec } i, j \in \mathbb{N}$$

Donnant $K = 1, 3, 4, 7, 9, 12, 13, 16, 19, 21, 25, 27, \dots$

- Les motifs les plus courants ont $K = 3, 4, 7, 9, 12, 21, 27$



Motif à $K = 3$



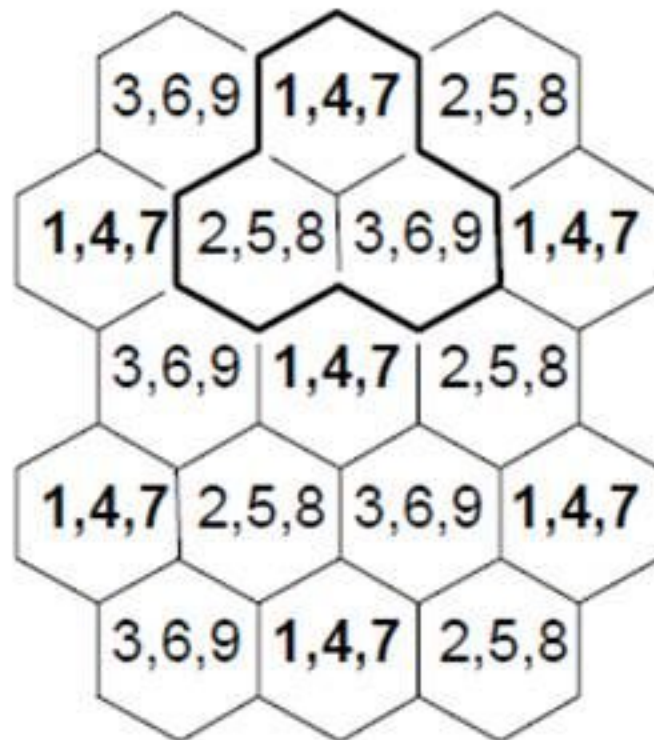
Motif à $K = 4$



Motif à $K = 7$

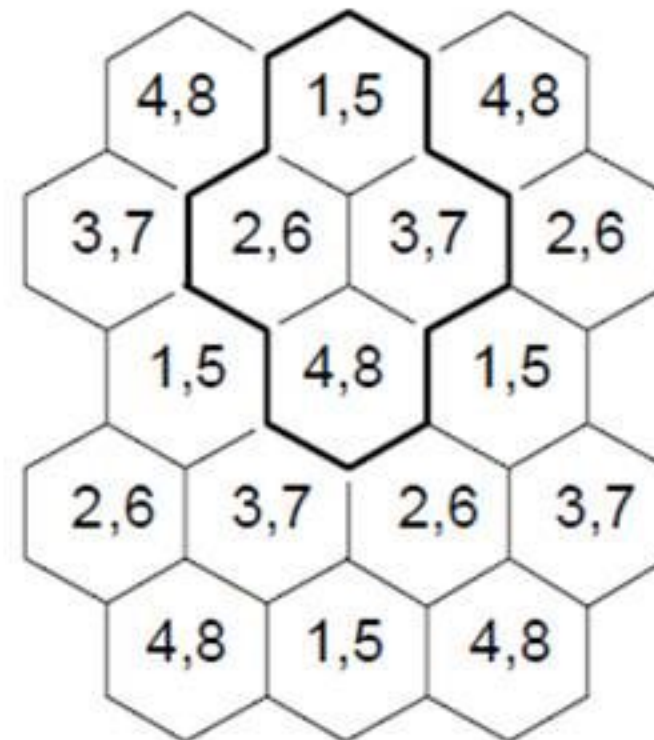
Le concept cellulaire

- **Exemple de répartition de 10 fréquences suivant un motif**



10

Motif de taille 3



9,10

Motif de taille 4

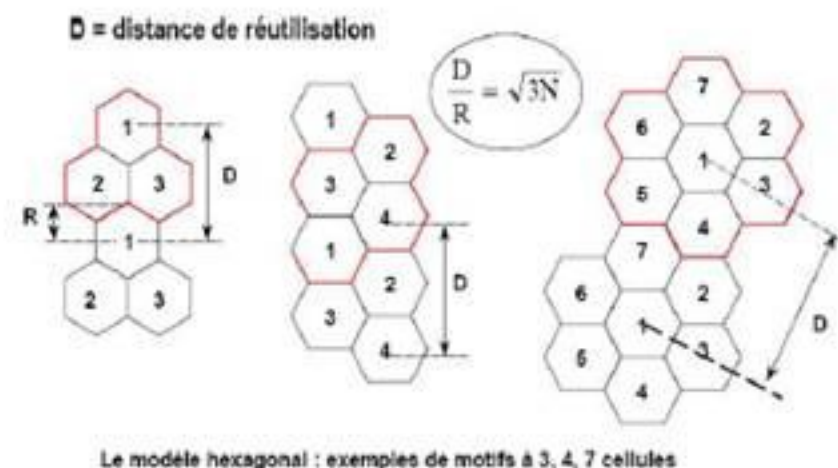
Le concept cellulaire

Distance de réutilisation

- 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.
 - il est possible d'estimer cette distance en calculant le rapport entre la puissance de la porteuse et celle du bruit.
- La plus proche distance de réutilisation d'une fréquence est :

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

où D est la distance de réutilisation
 R , le rayon d'une cellule



Caractéristiques d'une cellule

- On représente une cellule par un hexagone, elle n'a pas une forme circulaire.
- Une cellule se caractérise par :
 - sa puissance d'émission nominale => une zone de couverture à l'intérieur de laquelle le niveau du champ électrique est supérieur à un seuil déterminé.
 - la fréquence de porteuse utilisée pour l'émission radio-électrique.
 - le réseau auquel elle est interconnectée.

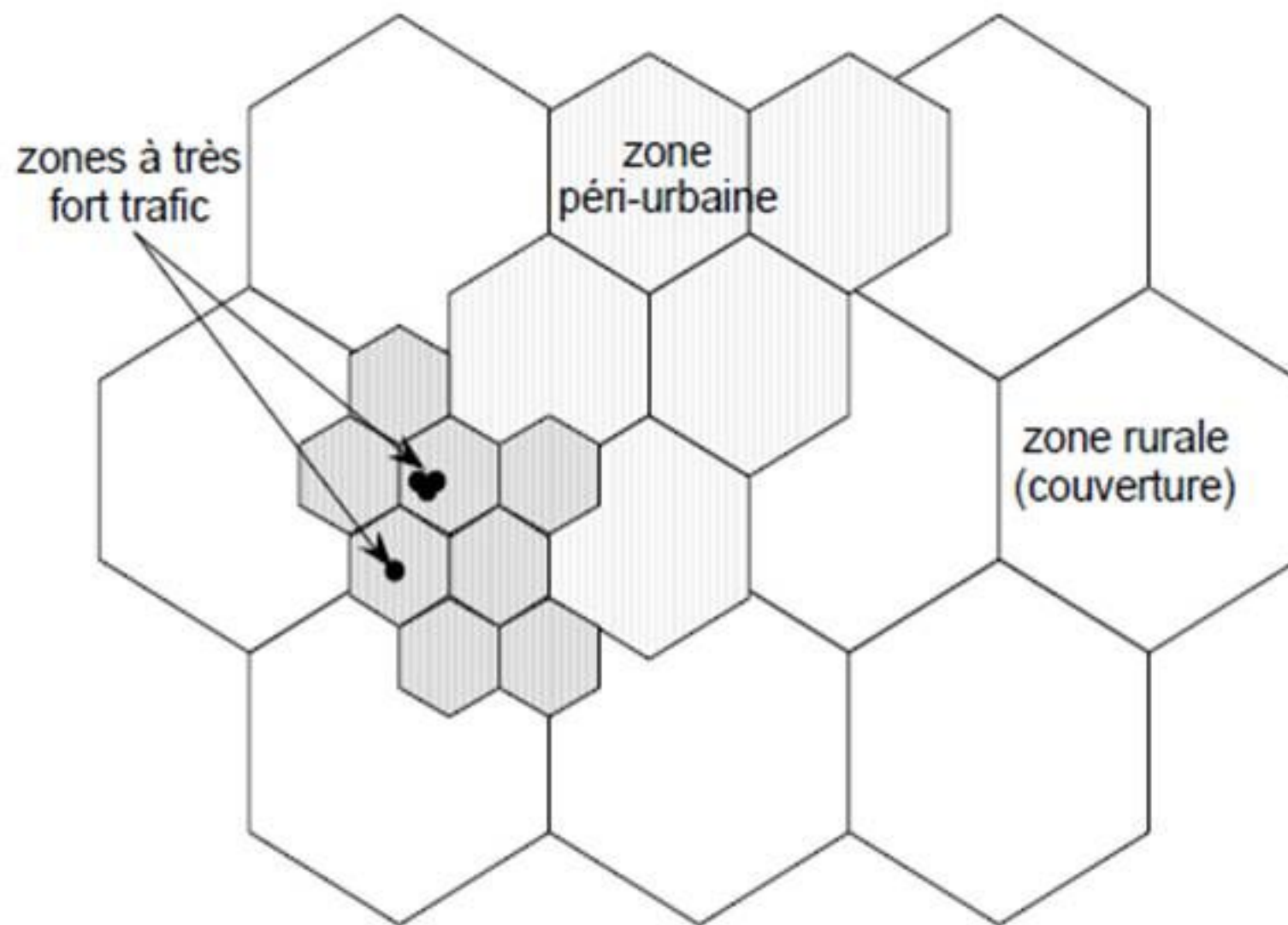
Taille de cellules

- La taille des cellules n'est pas la même sur tout le territoire, elle dépend de :
 - nombre d'utilisateurs potentiels dans la zone,
 - la configuration du terrain (relief géographique, présence d'immeubles, ...),
 - la nature des constructions (maison, buildings, immeubles en béton, ...),
 - la localisation (rurale ou urbaine) et donc de la densité des constructions.

Taille de cellules

- Dans une zone rurale où le nombre d'abonnés est faible et le terrain est relativement plat
=> cellules de taille grande
- En ville, le nombre d'utilisateurs est très important sur une petite zone et l'atténuation due aux bâtiments est forte
=> cellules de taille petite
→ Un opérateur devra tenir compte des contraintes du relief topographique et des contraintes urbanistiques pour dimensionner les cellules de son réseau.

Taille de cellules



Réutilisation de ressources

- La réutilisation des fréquences permet à un opérateur d'augmenter la capacité de son réseau.
- Il suffit de découper une cellule en plusieurs cellules plus petites et de gérer son plan de fréquences pour éviter toute interférence.
- On peut classer les cellules en fonction de leur taille (macro, micro, pico, etc), suivant une nomenclature spécifique.

Classification de cellules

- **Picocellule:** désigne un espace de desserte de quelques mètres de diamètres.
- **Microcellule:** réfère à une surface géographique de quelques dizaines de mètres de diamètre.
- **Cellule:** correspond à une superficie dont le diamètre varie de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres.
- **Macrocellule:** correspond à une étendue géographique de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres de diamètre.
- **Cellule parapluie:** définit une région de quelques centaines de kilomètres de diamètre.

Estimation du rapport de puissance porteuse à bruit

- Dans une cellule, un mobile reçoit à la fois le message utile (de puissance C) qui lui est destiné et un certain nombre de signaux perturbateurs.
- La connaissance du rapport entre ces puissances permettra de connaître la qualité de la communication.
- Il est nécessaire d'identifier les différents signaux perturbateurs.

Estimation du rapport de puissance porteuse à bruit

Ces signaux peuvent être subdiviser en deux classes :

- 1) Les interférences de puissance totale I qui sont dues aux signaux émis par les autres stations. On peut distinguer :
 - (a) Les interférences co-canal qui sont dues aux signaux émis par les autres stations de base utilisant la même fréquence.
 - (b) 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.
 - Ainsi, le rapport $\frac{C}{N + I}$
 - permet d'évaluer la qualité de la communication ainsi que la distance de réutilisation des fréquences.

Les fonctions du réseau cellulaire

Trois fonctions principales :

- **Gestion de la mobilité (Mobility Management : MM)**
 - Mettre à jour la localisation de l'utilisateur, en cas de sortie de son domaine d'abonnement : *roaming*.
- **Gestion des appels (Call Management : CM)**
 - Repérer l'appelé, initialiser un chemin puis réserver les ressources nécessaires à l'établissement d'une liaison entre l'appelant et l'appelé.
- **Gestion des ressources radio (Radio Ressource Management : RRM)**
 - Assurer un lien radio entre le terminal et sa station de base : choisir la fréquence porteuse la plus forte puis établir un contrôle de puissance destiné à diminuer les interférences sur les autres canaux et réduire l'énergie consommée.

Bilan sur le concept cellulaire

Avantages :

- desservir de façon continue un très large territoire,
 - utiliser des puissances d'émission moins importantes,
 - réutiliser les fréquences à des emplacements plus proches, en diminuant la taille des cellules de
- => augmentation de la capacité.

Inconvénients

- travail de planification fastidieux et délicat (fait par l'opérateur).

FIN