

Chapitre II

Principe généraux de l'attribution des fréquences

II.1 Spectre et allocation du spectre, réglementation (nationale et internationale)

L'union internationale des télécommunications (ITU) définit l'attribution des fréquences en tant que d'une bande de fréquences dédiée pour un service ou une application donnée (GSM, 3G, ...) dans des conditions spécifiques.

Le spectre d'un réseau GSM est divisé en 124 canaux (CH1-CH124) de bande 200 kHz. Pour le standard GSM 900, le spectre est allant de 890 à 915 MHz pour le front montant (UL) et 935-960 MHz pour le front descendant (DL) avec une bande totale de $2 * 25$ MHz. Les deux montants (UL & DL) sont séparés par une distance FDD de 45 MHz.

A la suite, l'ITU a décidé de réserver 230 MHz de spectre à l'usage de l'IMT-2000, répartis en deux bandes : 1850-2050 MHz pour la première bande et 2110-2200 MHz pour la deuxième bande.

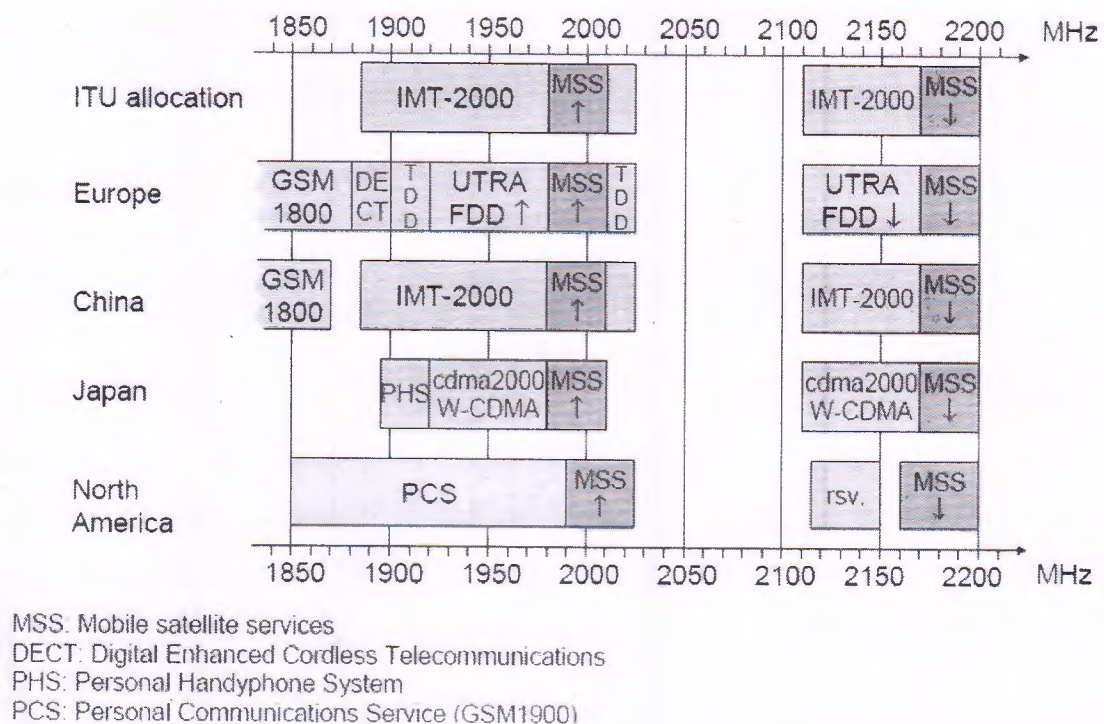


Figure 2-1 : Le spectre réservé à l'IMT-2000s

Comme on a déjà vu, la norme UMTS a intégré la possibilité d'utiliser les ressources radio FDD ou TDD.

II.2 Fréquences utilisées par les mobiles

Le concept cellulaire d'un réseau donné est un système avec de nombreux émetteurs de faible puissance, chacun ne couvrant qu'une petite partie de la zone de service (cellule). Chaque zone se voit attribuer une partie du nombre total de canaux disponibles pour l'ensemble du système, et les stations de base voisines se voient attribuer différents groupes de canaux de sorte que les interférences entre les stations de base soient minimisées. L'affectation des canaux dans le cas de GSM900, E-GSM900 et DCS1800 (ou GSM1800) est comme indiqué dans la Figure suivante

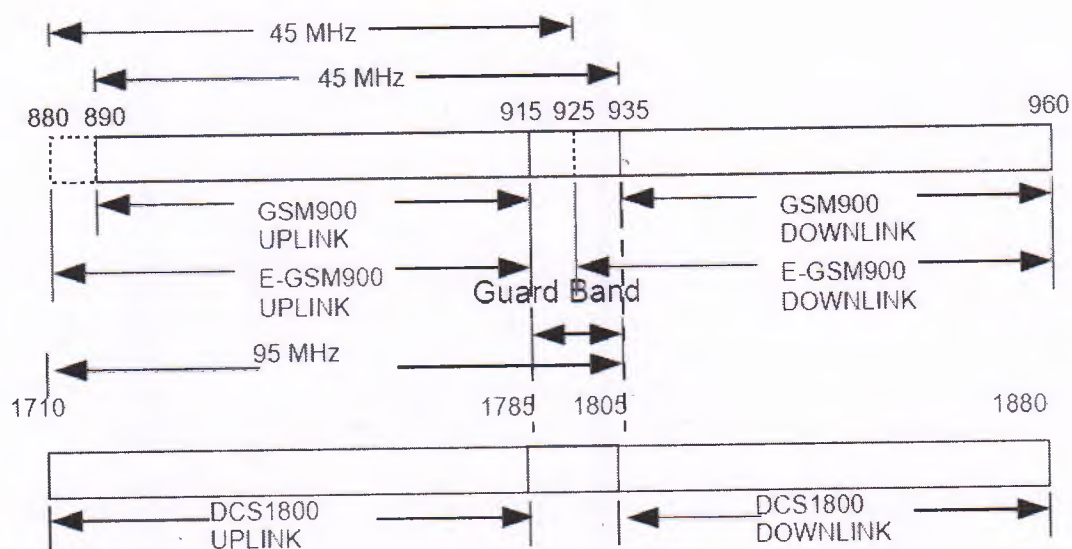


Figure 2-2 : L'affectation des fréquences

Le réseau GSM utilise les deux techniques de duplex temporel (TDD) en utilisant TDMA et les time slot (08TS) et fréquentiel (FDD) dans un canal radio de 200 KHz, comme indique la figure suivante.

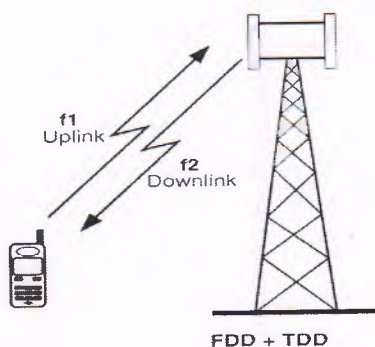


Figure 2-3 : Le duplex dans un réseau GSM

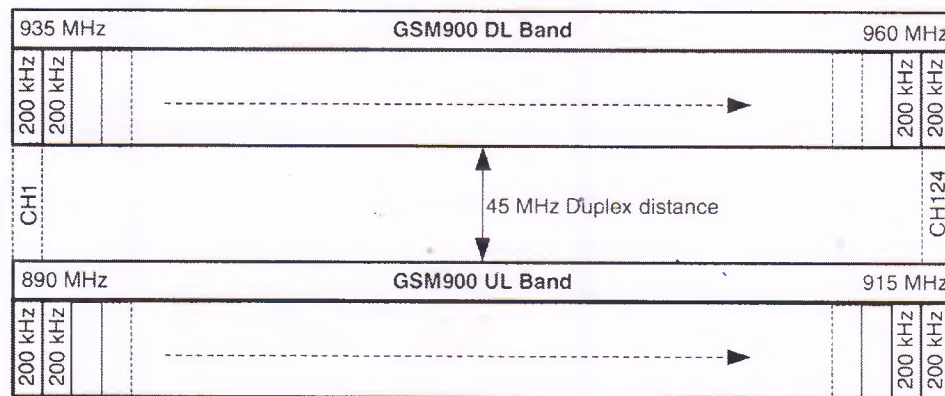


Figure 2-4 : Le spectre d'un GSM 900 (UL & DL)

On note que la première band GSM (GSM 900) utilise 124 canaux de 200 KHz.

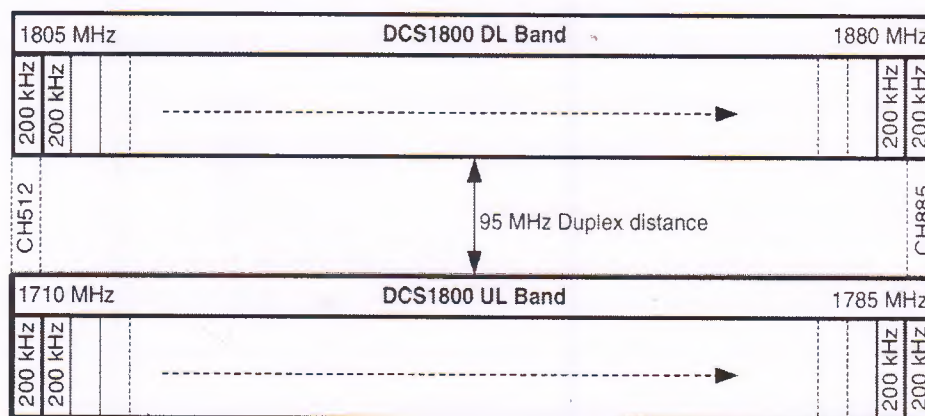


Figure 2-5 : Le spectre d'un réseau GSM1800 (DCS 1800)

On note que la deuxième band GSM (DCS 1800) utilise 374 canaux de 200 KHz.

Le spectre dans la bande DCS est divisé en deux bandes la première concernant le front montant (UL) et allant de 1710 à 1785 MHz et une deuxième bande pour le front descendant (DL) de 1805 à 1880 MHz (CH512-CH885) d'une bande totale de $2 * 75$ MHz avec une distance FDD de 95MHz.

Chaque canal (porteuse) dans le système GSM a une bande passante de 200 KHz, désignée par Numéro absolu de canal de fréquence radio (ARFCN). Ce numéro est donné par $F_l(n)$ la valeur de fréquence de la porteuse ARFCN (n) dans la bande inférieure (*lower band*) ou la bande du front montant (UL), et $F_u(n)$ la valeur de fréquence correspondante dans la bande supérieure (*upper band*) ou la bande du front descendant (DL).

Le tableau suivant illustre la nomination de ces canaux pour les différents standards du réseau GSM.

Tableau 2-1 : ARFCN pour les différents standards du réseau GSM

GSM 900	$F_l(n) = 890 + 0.2 \cdot n$	$1 \leq n \leq 124$	$F_u(n)$	$F_u(n) = F_l(n) + 45$
E-GSM 900	$F_l(n) = 890 + 0.2 \cdot n$ $F_l(n) = 890 + 0.2 \cdot (n-1024)$	$0 \leq n \leq 124$	$F_u(n)$ $975 \leq n \leq 1023$	$F_u(n) = F_l(n) + 45$
DCS 1800	$F_l(n) = 1710.2 + 0.2 \cdot (n-512)$	$512 \leq n \leq 885$		$F_u(n) = F_l(n) + 95$

II.3 La réutilisation des fréquences

La réutilisation de la même fréquence radio à l'intérieur d'une zone géographique limitée pose plusieurs problèmes. En effet le mobile va recevoir non seulement un signal utile provenant de la station de base à laquelle il est rattaché, mais des signaux interférents provenant des stations de base utilisant la même fréquence dans les zones voisines.

Il est donc indispensable de « sauter » plusieurs cellules avant de pouvoir réutiliser les mêmes fréquences, d'où la notion de co-cellules (cellules utilisant la mêmes fréquence).

La technique de réutilisation de fréquences opère de la manière suivante : la bande de fréquence allouée au système est subdivisée en sous-bandes, chaque sous-bande est alors attribuée à une station de base d'une cellule donnée, pour être ensuite réutilisée dans ses co-cellules.

II.3.1 Le motif

On appelle "motif" le plus petit groupe de cellules contenant une et une seule fois l'ensemble des canaux radio. Ce motif est répété sur toute la surface à couvrir. Plus le motif est grand, plus la distance de réutilisation est grande. Dans le réseau GSM900, la bande de fréquences est limitée à 25 MHz (par exemple sur la voie montante) répartie sur 124 porteuses, soit au maximum 868 communications simultanées. La réutilisation des fréquences est donc une contrainte importante, essentiellement dans les zones à fort trafic potentiel (zones urbaines). Ceci explique d'ailleurs l'émergence de DCS en zone urbaine, qui dispose d'une plage de fréquences bien plus importante dans la bande des 1800 MHz jusqu'à 150 MHz en full-duplex.

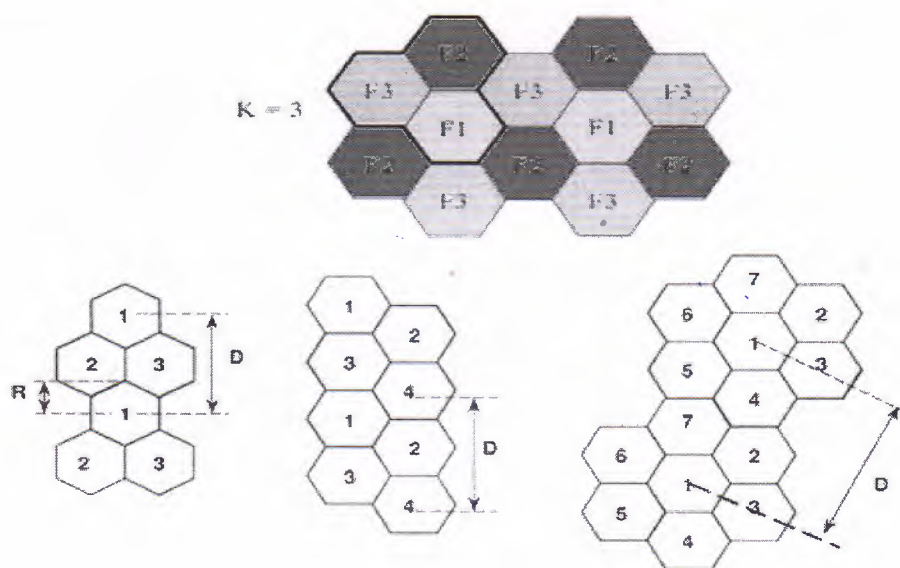


Figure 2-5 : Le motif cellulaire d'un réseau GSM

II.3.2 Le motif régulier

On considère qu'un motif ayant un nombre de fréquences données est optimal s'il est régulier, c'est-à-dire s'il est invariant par une rotation de 120° . Dans ce cas, la taille du motif K vérifié la relation suivante

$$K = I^2 + I.J + J^2$$

Avec I et J , entier naturels ou nuls.

Les motifs réguliers les plus courants comprennent 3, 4, 7, 9, 12, 21 ou 27 cellules. Il est possible d'utiliser des motifs non réguliers mais la distance de réutilisation ne peut être plus grande que celle du motif régulier de taille immédiatement inférieur. L'utilisation d'une même fréquence par des émetteurs dans des cellules différentes entraîne l'apparition de brouillage, on parle alors d'interférence co-canal. On définit le rapport C/I comme étant le rapport entre la puissance de signal arrivant au récepteur depuis l'émetteur situé dans sa cellule (appelé signal utile), et la puissance reçue provenant d'autres émetteurs utilisant la même fréquence.

La diminution de la taille des cellules permet d'augmenter la capacité, mais implique une augmentation du brouillage et une dégradation de la qualité du signal reçu. La capacité et la qualité offertes sont donc liées et conditionnées au paramètre C/I .

II.3.3 La distance de réutilisation

Pour un motif régulier et pour une cellule particulière, les centres des cellules utilisant la même fréquence sont situés sur un ensemble de cercles autour de cette cellule. Ces cercles sont appelés « couronnes ». Le rayon de plus petit cercle correspond à la distance de réutilisation D . Ce cercle comporte toujours six cellules, quelle que soit la taille du motif.

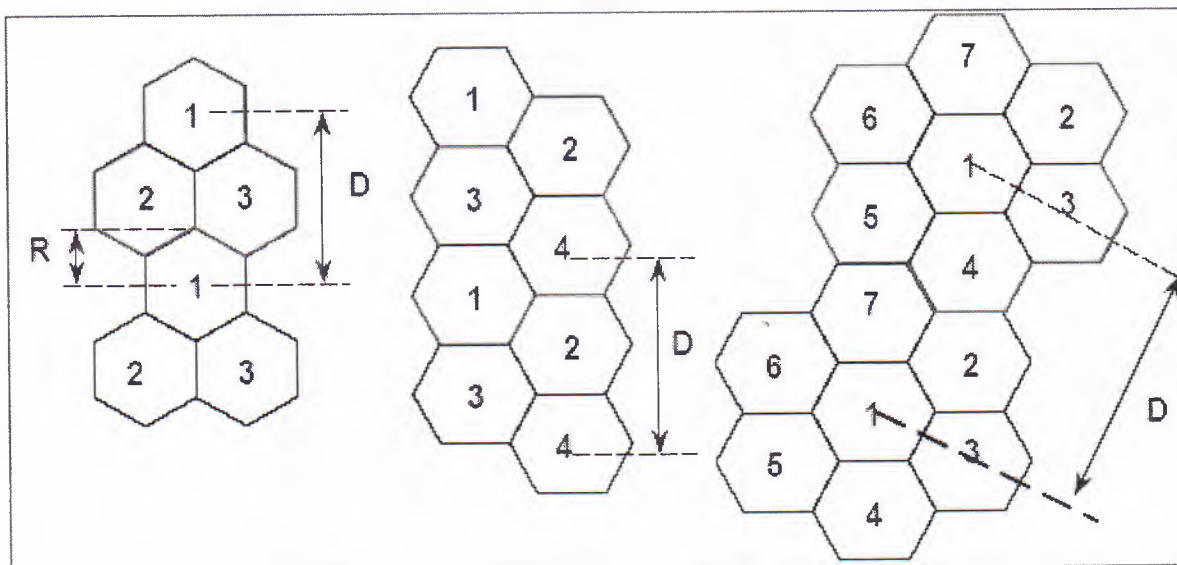


Figure 2-6 : La distance de réutilisation.

La formule de la distance de réutilisation est donnée par

$$D = R (3K)^{1/2}$$

Avec,

D : la distance de réutilisation.

K : le nombre de cellules du motif.

R : le rayon de la cellule.

II.3.4 Effet de masque et du bruit

Pratiquement, le calcul du rapport C/I exige de prendre en compte l'effet de masque, généralement approximé par une loi log normale. Dans les mesures pratiques, la quantité qui définit la qualité du système est le rapport $C/(I+N)$. Cependant le rapport C/N est indépendant des puissances d'émission. Il est possible de raisonner en C/N sans considérer le bruit en E_C/N_0 et sans considérer les interférences mais en prenant des marges de sécurité. Par exemple, on considère des marges respectives de 5 dB et 3 dB par rapport aux seuils minimaux C/N et E_C/N_0 . On obtient un seuil C/I de $9+5=14$ dB et un seuil E_C/N_0 de $8+3=11$ dB.

L'effet de masque : Si deux niveaux de bruit sont émis simultanément par deux sources différentes, et si l'un des deux est au moins supérieur de 10 dB par rapport à l'autre, le niveau de bruit résultant est égal au plus grand des deux. Le bruit le plus faible est masqué par le plus fort.

II.3.5 Interférence et Bruit

Un mobile dans une cellule particulière reçoit un signal utile de puissance C (carrier) de station de base et des signaux de perturbation de deux types : **bruit et interférence**. On désigne par I , la puissance totale des interférences, la puissance de bruit est notée par N , elle correspond principalement au bruit de fond du récepteur. Le rapport $C/(I+N)$ permet d'apprécier la qualité du signal reçu.

II.3.5 Systèmes limités par les interférences

II.3.5.1 Interférence co-canal

Due aux émissions d'autres équipements sur la même bande de fréquence. Lorsque les signaux émis sur une fréquence f_1 sont brouillés par d'autres signaux émis sur la même fréquence, il y a interférence co-canal, ce phénomène se rencontre de façon importante dans les systèmes à réutilisation de fréquences comme les systèmes cellulaires.

Si l'opérateur veut disposer de beaucoup de canaux sur chaque station de base, il va réutiliser au maximum les fréquences. L'interférence co-canal va être prépondérante par rapport à tous les autres brouillages : $N \ll I$

Le rapport $C/(I+N)$ va prendre la forme suivante

$$C/I = C / \sum_{k \in B_i} I_k$$

où B_i est l'ensemble des stations de base en émission sur la fréquence de réception du mobile et I_k est l'interférence reçue de la k ème cellule du premier motif.

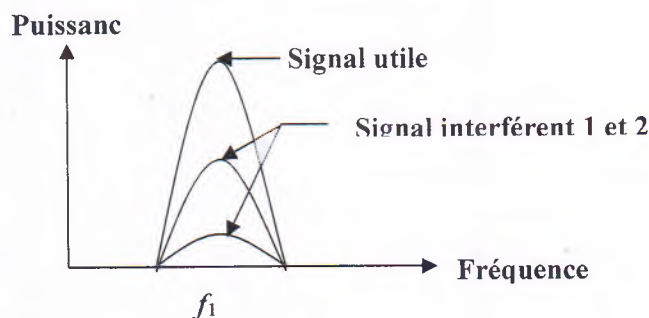


Figure 2-7 : L'interférence co-canal.

Chapitre II

Principe généraux de l'attribution des fréquences

II.3.5.2 Interférence des canaux adjacents

Due aux émissions par d'autres BTS sur des fréquences adjacentes. L'origine de ce type des interférences est l'utilisation des canaux très proches les uns des autres dans le spectre des fréquences. Ce choix a pour but de maximiser l'efficacité spectrale du système.

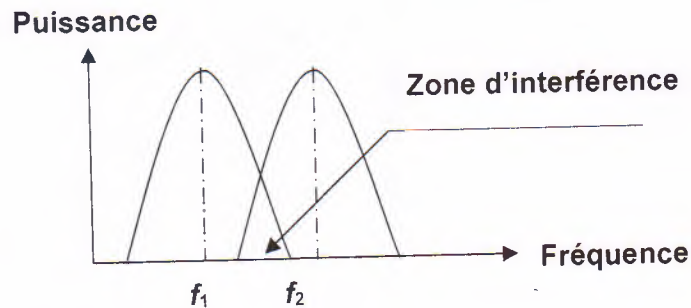


Figure 2-8 : L'interférence des canaux adjacents.

Dans le réseau GSM, les conditions aux C/I sont données par

- Pour les interférences co-canaux, $C/I \geq 9$ dB avec une marge de 3 dB signifié que le $C/I \geq 12$ dB.
- Pour les interférences des canaux adjacents, $C/I \geq -9$ dB avec une marge de 3dB cela signifié que le $C/I \geq -6$ dB.

II.4 Partage des bandes de fréquences entre plusieurs utilisateurs

Le partage de fréquences entre plusieurs utilisateurs nécessite une réutilisation des fréquences (le passage d'une macro cellule à une micro cellule de zone de couverture réduite). Ce passage permet d'augmenter la capacité du système. Par exemple, si on a 8 MHz pour Mobilis, comme des ressources fréquences, cela signifié 40 canaux X 8 time slots = 320 utilisateurs. Si chaque fréquence est réutilisée N fois, alors la capacité devienne $320 \times N$.

La distance de réutilisation dépende de plusieurs paramètres tels que le rapport C/I et l'intensité du signal eux même.

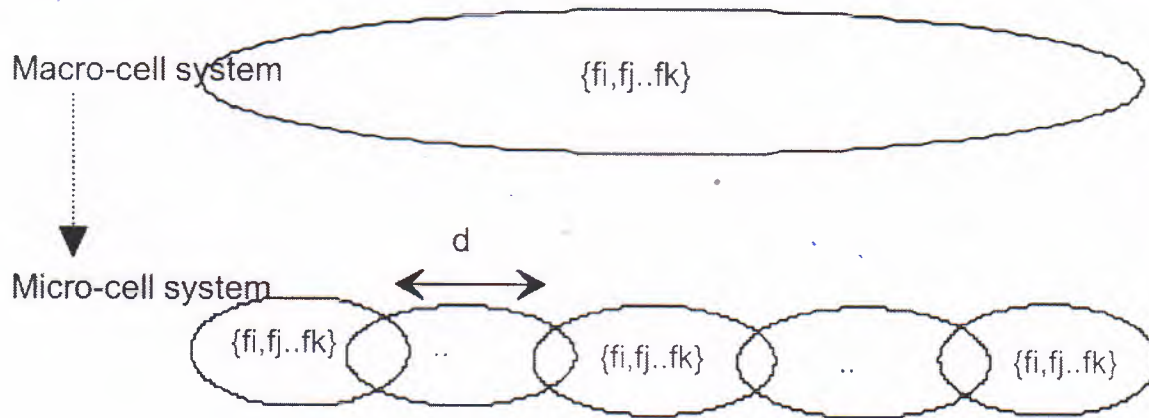


Figure 2-9 : Le concept de réutilisation des fréquences.

La densité de réutilisation de fréquences est donnée par

$$f_{reuse} = \frac{N_{ARFCN}}{N_{TRX}}$$

Avec, N_{ARFCN} est le nombre total des canaux disponible

N_{TRX} est le nombre des TRX configuré dans une cellule.

Exemple :

Pour une bande de fréquence de 12 MHz, si la densité de réutilisation de fréquence est 4x3.

Combien de TRX dans chaque cellule du motif ?

$$f_{reuse} = nxm$$

Avec, n est le nombre total des BTS dans un motif (cluster)

m est le nombre des cellules dans une BTS.