

La Planification d'un réseau de téléphonie mobile

Avant de déployer un réseau de téléphonie mobile, il est indispensable de prédire le nombre d'antennes nécessaires pour offrir un service de bonne qualité, tout en limitant le matériel installé, et donc le coût du système.

1 Etapes de la planification

La planification d'un réseau GSM se compose de plusieurs étapes :

- Le découpage du territoire en cellule, de telle sorte que tout le territoire soit couvert par le réseau. Il s'agit en particulier de prendre en compte la densité de population d'une part, et les reliefs d'autre part.
- L'allocation de fréquence. A cause des interférences, il n'est pas possible d'utiliser une même bande de fréquence dans deux cellules adjacentes. Le nombre de fréquences disponibles dans chaque cellule doit permettre d'acheminer un nombre suffisant de communications.
- La réduction de la taille des cellules. Si l'on se rend compte que la capacité des antennes est insuffisante pour acheminer le trafic (prévu ou existant), il est nécessaire de diminuer la taille des cellules, afin d'augmenter le nombre des antennes.

2 Le signal

Le signal émis est reçu par un terminal mobile est une onde électromagnétique. Il se propage donc à la vitesse de la lumière, soit 300000 km/s.

3 Les Interférences

Nous avons vu qu'il n'est pas possible d'utiliser une bande de fréquence donnée dans deux cellules adjacentes. Ceci est dû aux interférences : les signaux se perturbent entre eux.

On distingue trois types d'interférences qui doivent être pris en compte au moment de la planification :

- Les interférences inter-symboles (IIS),
- Les interférences co-canal (ICC),
- Les interférences inter-fréquences (IIF).

3.1 Interférences Inter-Symboles (IIS)

Pendant l'émission d'un signal, les ondes électromagnétiques qui le composent subissent des réflexions plus ou moins nombreuses en fonction de l'environnement. Un symbole (unité de base du signal) peut donc arriver au terminal mobile par plusieurs chemins. Comme ces chemins sont de longueurs différentes, un même symbole est reçu plusieurs fois à des moments différents. Par conséquent, au même moment, le mobile perçoit plusieurs symboles différents. Il peut être difficile de les distinguer : c'est l'interférence inter-symbole.

3.2 Interférences Co-Canal (ICC)

Un autre cas d'interférence a lieu quand plusieurs émissions ont lieu sur la même bande de fréquence. C'est le cas entre deux cellules qui utilisent les mêmes canaux pour leurs communications. Les signaux des deux émissions se mélangent : c'est l'interférence co-canal.

3.3 Interférences Inter-Fréquences (IIF)

Un signal émis à une fréquence donnée s'affaiblit pendant son transport : il perd de la puissance, et sa fréquence se modifie : c'est l'étalement de spectre. Il y a donc recouvrement entre des signaux voisins : c'est l'interférence inter-fréquences.

3.4 Somme des Interférences

Les différents types d'interférences s'additionnent pour brouiller le signal reçu. On note I le total des interférences présentes pour un signal donné :

$$I = IIS + ICC + IIF$$

4 Rapport Signal/Bruit

La taille des cellules est limitée par la qualité du signal. En effet, du bruit s'ajoute au signal. Ce bruit est dû aux autres émetteurs téléphoniques, radio et télévisuels, à la circulation automobile, à la température, etc.

4.1 Estimation du bruit

Le niveau de bruit N_0 en réception est donné par la formule de Johnson :

$$N_0 = \kappa * T_K \text{ Watt/Herz} \quad (1)$$

avec :

$\kappa = 1,38.10^{-23} J/K$, la constante de Boltzmann,

T_K la température en Kelvin.

Le signal reçu par un terminal est limité à une certaine bande de fréquence, qui correspond au canal sur lequel la réception a lieu.

La puissance du bruit est :

$$N = N_0 * W = \kappa * T_K * W \text{ Watt} \quad (2)$$

avec :

W la bande passante en Herz.

4.2 Les Décibels

Les décibels permettent la comparaison de deux grandeurs. Ils sont typiquement utilisés pour les signaux acoustiques, ou les signaux électromagnétiques. C'est une grandeur sans unités.

$$x = 10 * \log(P_1/P_2) \quad (3)$$

Exemples : $P_1 = P_2$; $P_1 = 10 * P_2$.

4.3 La Puissance de Signal

La norme GSM préconise en réception un rapport signal à bruit d'environ 8 dB. On prend une marge de précaution de 2 dB : le rapport signal à bruit doit donc être de 10 dB.

Le niveau de bruit est :

$$N = \kappa * T_K * W = 10^{-15} \text{ Watt} \quad (4)$$

$$N_{dB} = 10 * \log(10^{-15}) = -150 \text{ dB} \quad (5)$$

$$N_{dB} = -120 \text{ dBm} \quad (6)$$

avec :

$$T_K = 290K$$

$$W = 271kHz$$

Par conséquent le niveau du signal doit vérifier :

$$C_{dB}/N_{dB} > 10 \text{ dB} \quad (7)$$

$$C_{dB} > -110 \text{ dBm} \quad (8)$$

$$C > 10^{-14} \text{ Watt} \quad (9)$$

5 Volume de Trafic

Les lois d'Erlang permettent d'estimer le taux d'appels téléphoniques pour une zone donnée. Les paramètres considérés varient fortement avec le type de territoire concerné : entre deux régions de densité différente, mais également entre les zones d'habitation et les zones d'activités professionnelles.

L'intensité du trafic par utilisateur est :

$$A_U = \mu * H \text{Erlang} \quad (10)$$

avec :

μ le taux d'appel

H la durée moyenne d'un appel

La densité de trafic produit est donc :

$$A = A_U * d_H \text{ Erlang/km}^2 \quad (11)$$

avec :

d_H la densité de population

Le trafic que le zone doit absorber est alors :

$$A_{tot} = A * S \text{ Erlang} \quad (12)$$

avec :

S la surface de la cellule

La capacité de la cellule (nombre de canaux disponibles) doit être suffisante pour absorber ce trafic. Dans le cas contraire, il est nécessaire de réduire la taille de la cellule, ou d'augmenter le nombre de canaux disponibles.