

## **Exposition du public aux rayonnements électromagnétiques émis par les stations de base des réseaux de téléphonie mobile et par les téléphones portables**

Le but de cette fiche est de présenter la relation entre l'exposition du public aux rayonnements électromagnétiques émis par les stations de base des réseaux de téléphonie mobile d'une part, et par les téléphones portables d'autre part, et de montrer que les actions sur l'un des deux aspects peuvent impacter l'autre.

### **1. Eloignement des antennes relais de la population**

L'une des solutions avancées pour la diminution des niveaux d'exposition vis-à-vis des antennes relais est d'éloigner ces dernières des « zones de vie » (zones résidentielles, habitations, etc.) et/ou de certains établissements particuliers (crèches, écoles, hôpitaux, etc.). Il s'agit par exemple d'installer les antennes à grande distance des établissements particuliers, souvent fort nombreux en ville.

Il est nécessaire de prendre en compte dans l'étude de cette solution l'équilibre du bilan de liaison antennes relais <=> équipements terminaux : les niveaux de puissance du signal reçu par le terminal (émission de l'antenne relais) et de celui reçu par l'antenne relais (émission du portable) doivent être suffisants pour que le message soit correctement décodé et permette à la communication de s'établir. L'éloignement de l'antenne relais de l'utilisateur se traduit par la nécessité pour l'antenne relais, mais aussi pour le téléphone portable de l'utilisateur, d'émettre avec une puissance plus importante que dans la situation antérieure pour établir une communication correcte.

Cela conduit aux trois conséquences suivantes :

- les antennes relais émettront avec une puissance plus importante, et les niveaux de champ atteints à proximité immédiate de l'antenne au voisinage de l'axe d'émission seront plus importants, et constitueront des points plus « chauds » ;
- les portables devront émettre à un niveau de puissance en moyenne plus important, et, pour le cas des téléphones GSM, plus souvent à leur niveau de puissance maximale de fonctionnement (c'est le niveau qui correspond à la valeur de DAS, débit d'absorption spécifique en local dans la tête, affiché dans la documentation). Cela entraîne une exposition plus importante de l'utilisateur au rayonnement de son propre téléphone, c'est-à-dire, en cas d'utilisation du portable à l'oreille, une exposition locale plus importante de la tête de cet utilisateur ;
- une augmentation du nombre de « trous » de couverture ; en effet, à l'intérieur des bâtiments, ou dans certaines rues des villes densément peuplées, les niveaux de puissances reçus par le terminal seront trop faibles pour permettre d'établir la communication.

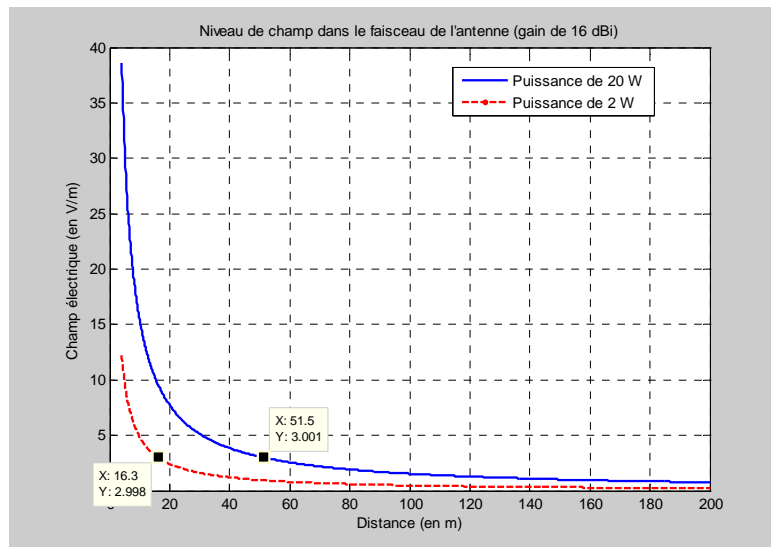
### **2. Diminution des puissances d'émission – vers un réseau tout micro/pico**

Une autre solution avancée pour la diminution des niveaux d'exposition vis-à-vis des antennes relais est, à l'inverse, de diminuer leur puissance d'émission, afin de s'affranchir au maximum de ce que l'on appelle les macro cellules, et de s'orienter vers un réseau tout micro/pico cellules.

Diminuer la puissance conduit à diminuer la taille des cellules. De plus, si l'on diminue la puissance de ces antennes, le niveau de champ au sol et à l'intérieur des habitations peut devenir trop faible pour établir la communication. Pour conserver la couverture, il est alors nécessaire d'installer ces antennes en des points moins haut, en-dessous du niveau des toits (micro-cellules), ce qui réduira encore plus,

pour des raisons liées à la propagation des ondes, la taille des cellules. Par conséquent, le nombre d'antennes à installer dans un réseau composé uniquement de macro-cellules de faible puissance ou de microcellules augmentera significativement.

De plus, les antennes des macro cellules sont installées sur des points hauts (pylônes, toits d'immeuble, etc.), ce qui permet d'éviter que le public ne soit soumis à une exposition trop importante (zone proche de l'antenne dans l'axe du faisceau non accessibles au public) alors que les antennes microcellules rapprochent les « points chauds » du public. Pour comparaison, le champ dans le faisceau d'une antenne de macrocellule (typiquement 20W injecté à l'antenne, gain de 16dBi) atteint 3 V/m à 51,50 m de l'antenne, tandis que pour une antenne de microcellule (typiquement 2W injecté à l'antenne, gain de 16 dBi), le champ atteint 3 V/m à 16,30 m de l'antenne (voir figure 1 ci-dessous).



**Figure 1 : Niveau de champ dans le faisceau de l'antenne**

Par ailleurs, le déploiement d'un réseau cellulaire s'effectue d'abord par un « pavage » du territoire au moyen de macrocellules (de taille plutôt importante, mais ne permettant d'écouler qu'une partie du trafic), puis par une densification du réseau au moyen de microcellules pour les zones à densité de population plus importante, où le taux de pénétration du service de téléphonie mobile est important (et donc plus de trafic à écouler). L'opérateur laisse cependant en place les stations macrocellulaires, qui font office de fonction parapluie : elles permettent de combler certains trous de couverture de la couche microcellulaire et, du fait de leur taille plus importante, sont mieux adaptées aux terminaux se déplaçant rapidement. S'affranchir des macrocellules à fonction parapluie aurait pour conséquences :

- une augmentation du nombre d'handover (changement de cellule) avec des conséquences importantes, dans le cas du GSM, sur l'exposition vis-à-vis du terminal (voir ci-dessous)
- augmentation de la probabilité de blocage de la communication, voire de trous de couvertures. Le risque est plus grand pour l'utilisateur de voir sa communication coupée ou refusée ou son débit diminué (c'est-à-dire sa communication plus longue pour l'envoi ou la réception d'un fichier d'une taille donnée).

### 3. Terminaux : technologie UMTS et GSM

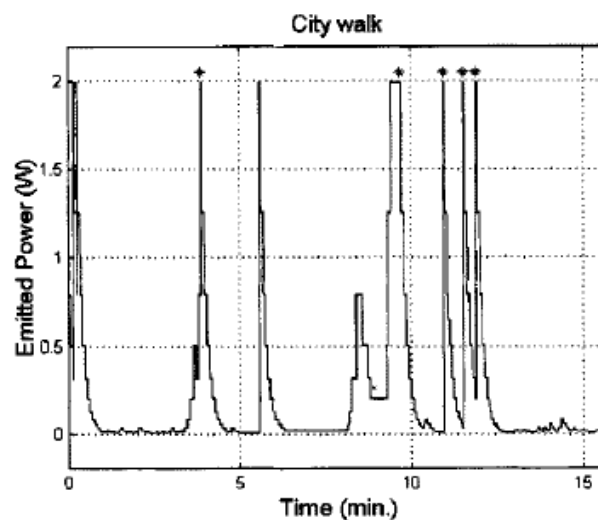
Deux technologies sont pour l'instant déployées pour les réseaux mobiles : le GSM et l'UMTS. Leur conception et mode de fonctionnement différents ont une influence sur les niveaux d'exposition vis-à-vis du terminal, principalement du fait d'une gestion différente du contrôle de puissance et du handover (changement de cellule).

## • GSM

Le GSM utilise une technique de FDMA/TDMA. Chaque canal de fréquence de 200 kHz est partagé par huit utilisateurs au maximum. Les téléphones mobiles d'un même canal bénéficient chacun d'un huitième du temps de transmission et n'émettent donc que 1/8 du temps.

La puissance maximale d'émission du mobile est de l'ordre de 2 Watts à 900 MHz (33 dBm) et de 1 Watt à 1800 MHz (30 dBm). Au début d'un appel, le mobile émet à puissance maximale, puis sa puissance décroît jusqu'à la valeur indiquée par la station de base. L'adaptation de la puissance a lieu tous les 17 centièmes de seconde, par pas de 2 dB sur 15 paliers, par exemple de 33 dBm à 5 dBm dans le cas du GSM900.

Gestion du handover : lors d'un changement de cellule, le mobile reprend l'adaptation de sa puissance depuis le début, c'est-à-dire que la puissance d'émission est de nouveau maximale puis elle sera de nouveau adaptée en décroissant. Un exemple de la puissance émise par le mobile lors d'un appel d'une personne marchant dans Paris est donné ci-dessous.

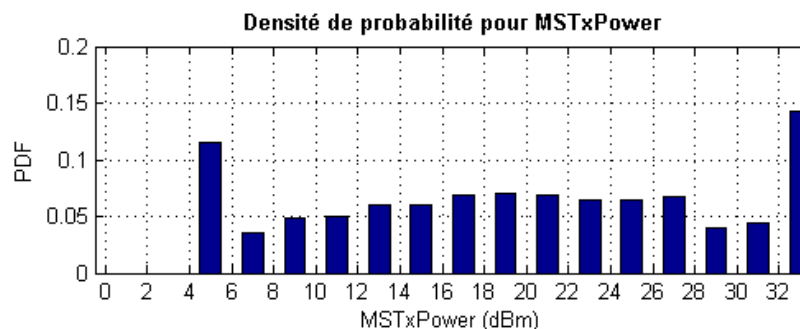


**Figure 2 : Puissance émise par un mobile GSM en fonction du temps sur un trajet dans Paris**

Plus un réseau sera densifié (micro et picocellules), plus la probabilité de handover est importante, et donc plus la puissance moyenne d'émission durant une communication téléphonique augmentera.

Les études sur le contrôle de puissance (voir figure ci-dessous) montrent que :

- la répartition de la puissance d'émission est plutôt homogène, avec une probabilité plus fréquente pour la puissance maximale (initialisation des appels, handovers, mauvaise couverture) et la puissance minimale (bonne couverture)
- l'on a une médiane de 100/125 mW (20/21 dBm) pour la répartition de puissance d'émission du mobile GSM et une moyenne entre 0,4 et 0,8 W (26-29 dBm).



**Figure 3 : Répartition statistique de la puissance d'émission d'un mobile GSM**

**MSTxPower = Mobile Station Tx Power**

## • L'UMTS

L'UMTS utilise une technique de FDMA/CDMA. Chaque canal de 5 MHz est utilisé par plusieurs utilisateurs. Les signaux utilisant le même canal sont séparés au moyen d'un code. Le téléphone émet alors en continu pendant la communication, contrairement au GSM.

Le CDMA est une forme de partage de la puissance entre les utilisateurs : la capacité de transmission d'une cellule UMTS est optimisée en s'assurant que le niveau de réception des terminaux au niveau de la station de base est la plus basse possible, c'est-à-dire que le réseau ajuste la puissance d'émission des mobiles au minimum nécessaire. Ceci explique que le contrôle de la puissance du terminal soit beaucoup plus « fin » que dans le cas du GSM.

La puissance maximale d'émission du mobile UMTS est de 250 mW (24 dBm). L'adaptation de la puissance a lieu toutes les 0,7 centièmes de seconde, par pas de 1 dB. La gamme de puissance va de 24 dBm à -60 dBm (1 nW).

Gestion du handover : le téléphone mobile peut être connecté simultanément à plusieurs stations de base et n'a pas à se « déconnecter / reconnecter » en changeant de cellule. Lorsque le mobile arrive dans la zone de couverture d'une nouvelle station de base, le réseau est capable de combiner les signaux reçus par les deux stations de base (« soft handover ») et la puissance du terminal ne passe donc pas par un pic.

Les études sur le contrôle de puissance (voir figure ci-dessous) montrent :

- qu'il n'y a pas de pic de puissance pour le handover. La répartition de la puissance d'émission est quasiment une gaussienne autour d'une valeur médiane de 0,01 mW (-20dBm).
- La médiane pour la répartition de puissance d'émission du mobile UMTS de 0,01 mW (-20 dBm) et la moyenne de 1 mW (0 dBm) (bien plus faible que pour le GSM)

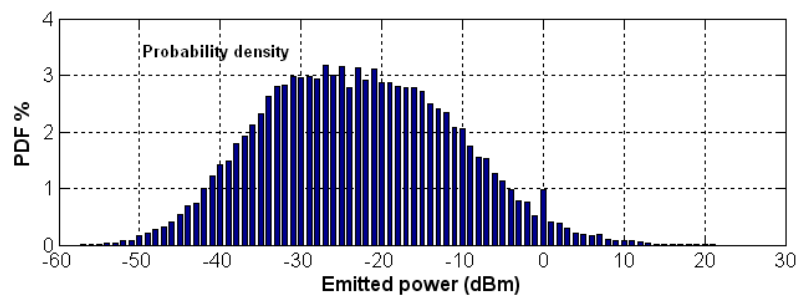


Figure 4 : Répartition statistique de la puissance d'émission d'un mobile UMTS