

« Interactions du cerveau avec les champs des radiofréquences micro-ondes générés par les téléphones mobiles »

Par le professeur.

W. Ross Adey

Distinguished Professor of Physiology
Loma Linda University School of Medicine
Loma Linda California 92354 USA

Ni les radiofréquences (30 KHz à 300 MHz), ni les champs des micro-ondes (300 à 3000 MHz) n'existent en tant que composants de l'environnement électromagnétique terrestre naturel. En conséquence, notre génération humaine est la première à s'exposer volontairement elle-même aux champs des radiofréquences/micro-ondes artificiels qui couvrent un large spectre de fréquences et d'intensité. Dans les environnements suburbains en général, ces champs nouvellement introduits ont maintenant des intensités moyennes d'environ $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (4 V/m).

Les téléphones mobiles classiquesradient une moyenne de puissance de 0,2 à 0,6 W. Lorsqu'ils sont tenus à la main et appuyés près de la tête, les niveaux de base sont nettement déformés avec 40 % de l'énergie rayonnée par le téléphone qui est absorbé par la main et la tête (Kuster et al., 1997). Dans ce mode d'opération, un téléphone mobile peut être considéré comme un transmetteur radio assez puissant. Son émission sur la surface de la tête est classiquement 10 000 fois plus puissante que les champs qui atteignent la tête d'un utilisateur se tenant à 30 mètres de la base d'un relais classique de téléphonie mobile monté sur un pylône de 30 mètres au dessus du sol.

1 – L'historique du développement des systèmes de transmission de téléphone analogique et digital.

Le développement mondial rapide du système de communication de téléphonie mobile durant la dernière décade a impliqué une progression technologique également rapide. En conséquence, les têtes de plusieurs utilisateurs courants ont été exposées à une séquence de champs de micro-ondes modulés de façon substantiellement différente ([Adey, 1997]). Initialement, l'information vocale fut universellement signalée par la modulation de fréquences (FM) des micro-ondes porteuses. Dans sa perspective biophysique, l'onde porteuse reste constante en amplitude à travers le temps de transmission, toutes les informations vocales étant transmises dans le domaine de la fréquence. Bien que ces systèmes FM (analogiques) soient encore d'usage commun, les considérations d'ingénierie en radio, telles que l'économie d'utilisation de puissance dans l'opération téléphonique et l'utilisation optimale du spectre limité disponible des micro-ondes ont conduit à l'adoption progressive générale des techniques de transmission digitales ([Kuster et al., 1997]). Les systèmes de transmission initiaux utilisaient les fréquences 400 MHz, mais les systèmes actuels transmettent généralement à 900 et 1800 MHz. Les deux méthodes de modulation digitales maintenant largement utilisées dans les systèmes de téléphonie mobile démontrent par l'exemple ces techniques. Le standard de la North American Cellular (NADC) utilisé en Amérique du Nord et au Japon emploie la modulation du time division multiple access (TDMA) avec l'encodage du discours à 50 impulsions/seconde. Le système Global System for Mobile communication (GSM) employé à travers l'Europe et le plupart du reste du monde est encodé à 217 impulsions/seconde.

2 – L'influence des champs des téléphones à micro-ondes sur la performance cognitive.

Des changements sur la performance cognitive humaine ont été rapportés durant les expositions à des champs de téléphonie actuels ou simulés, et aux champs de téléphonie FM (analogique). Avec de champs simulés de GSM et de FM, il y eut des accroissements de vitesse dans le temps de réaction de choix, plus grand pour les expositions aux FM qu'aux GSM (Preece et al., 1999). En utilisant six tests de cognition neuropsychologique (entre espace chiffre et espace spatial progressif et rétrograde, soustraction et facilité de parole), la performance fut facilitée après 1 exposition de 30' à un champ de téléphone mobile GSM à 900 MHz dans 2 tests de capacité d'attention (espace temps entre chiffres progressifs et espace temps spatial rétrograde), et la vitesse de traitement (soustraction en série) (Edelstyn et Oldershaw, 2002)

3 – Symptômes subjectifs rapportés après une utilisation prolongée du téléphone mobile.

Un large éventail de symptômes subjectifs ont été rapportés suite à une utilisation prolongée de téléphone mobile. Ils incluent les vertiges, l'inconfort, les difficultés de concentration et de mémoire, de la fatigue, des sensations d'échauffement derrière l'oreille, et des sensations de brûlures sur le visage. Des études scandinaves de ces symptômes ont impliqué 6379 utilisateurs de téléphones GSM et 5613 utilisateurs de NMT (analogique) en Suède, et 2500 de chaque catégorie en Norvège (Sandstrom et al., 2001); (Wilén et al., 2003). Ces études prirent en compte l'absorption d'énergie (SAR) dans les structures de la tête adjacentes à l'oreille de l'utilisateur et aussi les indicateurs de la quantité de l'utilisation journalière, tels que déterminés à partir du temps d'appel/par jour et du nombre d'appels journaliers. Elles concluent que les symptômes subjectifs, spécialement le vertige, l'inconfort, et la chaleur derrière l'oreille, correspondent aux valeurs élevées du SAR ($> 0,5$ W/kg) et aux plus longs temps d'appel par jour.

4 – Altérations dans l'enregistrement de l'EEG et de l'écoulement de sang cérébral durant et après l'exposition aux champs du téléphone mobile.

Les champs de téléphone mobile GSM sont rapportés pour altérer les diagrammes EEG durant et suivant l'exposition, avec des preuves pour des changements concomitants dans l'écoulement du sang cérébral. Durant le processus cognitif d'une tâche visuelle séquentielle de lettres, les champs digitaux altèrent les réponses de synchronisation /désynchronisation des EEG relatives à l'événement dans les bandes des 6 à 8 et de 8 à 10 Hz, mais seulement lorsqu'elles furent examinées en tant que fonction de charge de mémoire, et indépendamment aussi du fait que le stimulus présenté fut une cible ou non (Krause et al., 2000). L'émission de positrons en tomographie (PET) après l'exposition unilatérale de 30 minutes d'exposition augmenta l'écoulement du sang cérébral dans le cortex préfrontal dorso-latéral sur le côté exposé. Ces champs GSM pulsés accroissent aussi la puissance de l'EEG dans la plage alpha (8 à 13 Hz) avant le début du sommeil et dans la plage fuselée des fréquences durant l'étape 2 du sommeil. Ce qui est important, l'exposition aux champs non modulés (CW) à la même densité moyenne de puissance comme les champs GSM n'accroissent pas la puissance dans l'EEG d'éveil et de sommeil, qui supportent les concepts de ce que la modulation pulsée est nécessaire pour induire des changements d'EEG d'éveil et de sommeil (Adey, 1997), Huber et al., 2002).

5 – Modification de la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique par le téléphone mobile et les autres champs de micro-ondes.

Au point de vue historique, les observations initiales de possibles ruptures de la Barrière Hémato-Encéphalique BHE, (BBB = Blood-Brain-Barrier) par des champs de micro-ondes utilisés par les radars à 3 GHz à des niveaux présumés être non-thermiques ($3\text{mW}/\text{cm}^2$) ont été constatées (Oscar and Hawkins, 1977). Ils rapportèrent la prise accrue de mannitol et de dextrine. Cette observation de défrichement fut éclipsée par des études de collaboration subséquentes dans lesquelles Oscar participa avec la découverte de l'absence de changements de perméabilité au sucre (glucose) (Oscar et al., 1982); Gruenau et al., 1982).

L'étude d'origine utilisant la mannitol et l'insuline ne fut pas répétée à l'époque. Des études plus extensives depuis 1988 par Salford et ses collègues ont rapporté des fruits significatifs d'albumine à travers la BBB de rats exposés aux champs de téléphones GSM durant 2 heures à une énergie moyenne de taux d'absorption du corps entier de $2\text{mW}/\text{kg}$, $20\text{mW}/\text{kg}$ et de $200\text{mW}/\text{kg}$ (Salford et al., 2003). Tous les niveaux de champs seraient compatibles avec les expositions non thermiques.

Les animaux exposés eurent droit de survie durant 50 jours. Les anticorps d'albumine déployèrent des foyers positifs autour de vaisseaux sanguins le plus fins dans la matière grise et blanche. Des neurones endommagés tels que révélés par la teinture violette crésyl furent trouvés parmi les neurones normaux du cortex cérébral, de l'hippocampe et des ganglions fondamentaux avec un maximum d'incidences autour de 2 %, mais dans certaines zones restreintes l'image domina. Les scores différencient de façon significative entre les groupes avec la preuve d'une dépendance de dose ($P < 0,002$). « Les auteurs concluent que le temps entre la dernière exposition et le sacrifice est d'une grande importance pour la détection de foyers de fuites, parce que l'albumine diffuse rapidement sous les niveaux de concentration possibles pour démontrer de façon précise l'histologie immunitaire. Cependant, la fuite initiale peut débiter une ouverture secondaire de la BBB conduisant à un cercle vicieux – comme nous avons même démontré une fuite d'albumine 8 semaines après l'exposition... Nous et d'autres avons signalé que lorsque une molécule aussi grande que l'albumine peut passer au travers de la BBB, plusieurs autres petites molécules, incluant des molécules toxiques, peuvent aussi s'échapper dans le cerveau à cause de l'exposition aux RF. »

Au niveau cellulaire, un modèle de la BBB peut être réalisé in vitro, dans une co-culture d'astrocytes de rats et de cellules capillaires endothéliales de cerveau de porc. (Schirmacher et al., 2000). L'existence d'une BBB formée par des cellules endothéliales capillaires fut confirmée par la présence de la protéine 'zona occludens' comme marqueur de jonctions serrées intercellulaires et aussi par les contacts étroits entre cellules, ensemble avec une absence de fissures intercellulaires. Les mesures de perméabilité avec le sucrose 'radio étiquetée' mirent aussi en corrélation un 'lien étroit' physiologique. L'exposition aux champs du téléphone GSM à 1800 MHz durant 4 jours augmenta de façon significative la perméabilité du sucrose radio étiqueté comparée aux contrôles non exposés.

6 – Voir aussi : Search Neuroscion

Références bibliographiques :

[Ader, 1997] Adey WR (1997): Bioeffects of communication fields; possible mechanisms of cumulative dose. In: Kuster N, Balzano Q, Lin eds., *Mobile Communication Safety*, New York, Chapman and Hall. pp. 103-139

[Edelsryn and Oldenshaw, 2002]: The acute effects of exposure to electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport* 13: 119-121

[Gruenau et al., 1982] Gruenau SP, Oscar KJ, Folker et al. (1982): Absence of microwave effect on blood-brain barrier permeability to [¹⁴C] sucrose in the conscious rat. *Exper Neural* 75: 299-307

[Huber et al., 2002] I Huber R, Troyer V, Borbely A, et al. (2002): Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. *J Sleep Res* 11: 280-295

[Krause et al., 2000] Krause CM, Sillanmaki L, Koivisto M, et al. (2000): Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the electroencephalogram during a visual working memory task. *Intermit Radiat Biol* 76: 1659-1667

[Kuster et al., 1997] Kuster N, Balzano Q, Lin J, eds (1997): *Mobile Communication Safety*. New York, Chapman and Hall. 279 pp

[Oscar and Hawkins, 1977] Oscar KJ, Hawkins TD (1977): Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats. *Brain Res* 126: 281-293

[Oscar et al., 1982] Oscar KJ, Gruenau SP, Folker MT (1982): Absence of microwave effect on blood-brain barrier permeability to [¹⁴C] sucrose in the conscious rat. *Exper Neural* 75: 299-307

[Preece et al., 1999] Preece AW, Iwi G, Davies-Smith A, et al. (1999): Effects of 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *Internat J Rad Biot* 75: 447-456

[Salford et al., 2003] Salford L, Brun A, Eberhardt J, et al. (2003) Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Environmental health Perspectives* 2003

[Sandstrom et al., 2001] Sandstrom M, Wilen J, Oftedal G, et al. (2001): Mobile phone use and

subjective symptoms. *Occup Med (Lond)* 51:25-35

[Schirmacher et al., 2000] Schirmacher A, Winters S, Fischer S, et al. (2000): Electromagnetic fields (1.8 GHz) increase the permeability to sucrose of the blood-brain barrier in vitro. *Bioelectromagnetics* 21: 338-345

[Wilen et al., 2000] Wilen J, Sandstrom M, Hansson Mild K (2003): Subjective symptoms among mobile telephone users — a consequence of absorption of radiofrequency fields? *Bioelectromagnetics* 24: 152-159