

Fonctions cognitives et téléphones mobile

Fonctions cognitives et téléphones mobiles

Date de la mise à jour : 15.11.2005

L'essentiel...

Les **fonctions cognitives** sont des fonctions intellectuelles qui aboutissent à la connaissance. Dans le domaine des hyperfréquences, les principales fonctions cognitives étudiées sont la mémoire et l'attention.

Les tests et batteries des tests, permettant de les apprécier, sont nombreux.

Les **études expérimentales** sur l'effet de l'exposition à des hyperfréquences sur les fonctions cognitives réalisées chez l'homme mettent en évidence une amélioration de certaines d'entre elles, comme l'**attention**.

L'exposition aux hyperfréquences émises par les téléphones mobiles faciliterait l'attention et serait responsable d'une diminution du temps de réaction aux tests et par conséquent d'une augmentation de la rapidité. En revanche, la **mémoire** ne serait pas significativement affectée ou améliorée par cette exposition.

L'hypothèse d'un effet thermique a été soulevé.

Néanmoins, ces résultats sont à prendre avec précaution en raison des faiblesses méthodologiques d'un certain nombre de ces études (manque de validation des tests, analyse statistique inadéquate, ...)

Généralités sur les fonctions cognitives

Définition

Les **fonctions cognitives** sont des fonctions intellectuelles qui aboutissent à la connaissance.

Elles sont divisées en 4 classes principales :

- ✓ **Les fonctions réceptives** : elles permettent l'acquisition, le traitement, la classification et l'intégration de l'information reçue.
- ✓ **La mémoire et l'apprentissage** : ils permettent le stockage et le rappel de l'information.
- ✓ **Le raisonnement ou la pensée** : organisation et réorganisation mentale de l'information.
- ✓ **Les fonctions expressives** : elles permettent la communication ou l'action.

Dans le domaine des hyperfréquences, les principales fonctions cognitives étudiées sont la mémoire et l'attention.

Examens

Plusieurs examens permettent d'évaluer les fonctions cognitives. On distingue :

- **Les tests cognitifs** : les tests et batteries des tests d'appréciation des différentes fonctions cognitives sont nombreux. Ils peuvent être spécifiques de la fonction à étudier : attention, mémoire, vigilance, etc. Quels qu'ils soient, leur utilisation et leur interprétation dépendent de règles bien définies qu'il est nécessaire de

respecter. En effet, la plupart des résultats dits contradictoires observés dans la littérature viennent d'un suivi de procédures différentes ou d'un environnement mal contrôlé.

Dans les études, ces tests peuvent être réalisés seuls ou en association avec d'autres examens, notamment la mesure des potentiels évoqués, visuels, auditifs,... et l'électroencéphalogramme (EEG).

- **Potentiels évoqués** : les potentiels évoqués correspondent à la réponse électrique du cerveau à des stimulations données. Les potentiels évoqués cognitifs sont la manifestation électrique de phénomènes élémentaires traduisant le travail de reconnaissance qu'accomplit le cerveau pour certaines stimulations.

- **EEG** : cet examen permet d'enregistrer et de mesurer les ondes de l'activité électrique cérébrale à l'aide d'électrodes placées sur le cuir chevelu. L'électricité que l'on peut alors enregistrer sur le crâne est modifiée lorsque surviennent des stimulations sensorielles.

Cette fiche de synthèse présente les études évaluant les fonctions cognitives à l'aide de tests cognitifs qu'il y ait eu ou non d'autres examens.

Etudes expérimentales humaines

De nombreuses études expérimentales ont été réalisées chez l'homme sur l'effet de l'exposition à des hyperfréquences sur les fonctions cognitives.

Dans les études expérimentales humaines, les conditions de l'étude sont déterminées par les chercheurs. Ainsi l'exposition, partielle ou corps entier, la fréquence, la longueur d'onde, le Débit d'Absorption Spécifique (DAS), la durée, l'orientation, les modulations des champs sont contrôlés par les chercheurs.

Dans les études présentées ci dessous, les sujets ont été exposés à des champs compris dans la gamme des fréquences utilisées en téléphonie mobile. Un groupe témoin, non exposé ou recevant une exposition fictive ou simulée (même condition d'examen mais pas d'exposition aux hyperfréquences) sert de groupe de comparaison.

Tous les sujets (exposés et non exposés) ont été soumis à des tests explorant les fonctions cognitives suivantes : la mémoire et l'attention. Il est à noter que le temps de réaction donc la rapidité de la réponse aux différents tests a souvent été mesurée.

Les conditions de réalisation (durée de l'exposition, fréquences utilisées, tests employés, etc.) de ces études diffèrent entre elles et sont présentées dans le tableau 1.

1999

✓ Preece (1)

Temps de réaction

Seule une diminution du temps de réaction dans un des tests proposés (test du choix) a été observée chez les sujets exposés aux hyperfréquences de 915 MHz. Cette diminution était plus importante lors de l'exposition aux signaux de type analogique (temps de réaction moyen : 373,4 ms) par rapport aux signaux numériques (384,4 ms).

Mémoire

Aucune différence significative n'a été observée au niveau de la reconnaissance des mots, des chiffres, des images, ou de la mémoire spatiale.

Preece a émis l'hypothèse que cet effet serait dû à un léger échauffement localisé qui pourrait provoquer une dilatation des vaisseaux sanguins et améliorer l'oxygénation dans cette partie du cerveau.

2000

✓ Koivisto (2)

Temps de réaction/ Attention

Une diminution du temps de réaction, soit un temps de réponse plus rapide, a été observée pour trois tests : le temps de réaction simple, le test de vigilance et le test de calcul mental.

En revanche, aucune différence n'a été constatée pour le temps de réaction au test du choix comme l'avait observé Preece pour les signaux analogiques.

Selon les auteurs, ces résultats laissent supposer que les champs émis par téléphones GSM faciliteraient certaines fonctions cognitives, en particulier les tâches exigeant de l'attention. Cet effet de facilitation pourrait être dû, toujours selon les auteurs, à une légère élévation de la température des tissus cérébraux.

Mémoire

Koivisto *et coll.* ont aussi exploré la mémoire de travail à l'aide de différents tests (3).

Une diminution du temps de réaction au test de mémorisation des lettres a été observée lors de l'exposition mais uniquement pour des tests où les sujets devaient garder trois items en mémoire. Aucune différence sur l'exactitude des réponses aux différents tests de mémorisation n'a été constatée.

Les auteurs concluent que la faible diminution du temps de réaction, combinée à l'absence d'amélioration du niveau d'exactitude, laisse supposer que les résultats n'auraient aucune implication pratique sur l'exécution des tâches de la vie quotidienne.

2001

✓ Jech (4)

Temps de réaction/Attention

Des modifications des potentiels évoqués et une diminution significative du temps de réaction à des stimulations visuelles ont été mise en évidence lors de l'exposition aux hyperfréquences chez 17 sujets atteints de narcolepsie [exagération pathologique du besoin de dormir]. L'activité cérébrale enregistrée sur un EEG n'a subi en revanche, aucune modification lors de cette exposition.

Les auteurs suggèrent que les rayonnements de 900 MHz pourraient augmenter les performances des sujets atteints de narcolepsie et diminuer l'endormissement excessif des sujets lors d'une tâche répétitive nécessitant attention et vigilance.

✓ **Lee (5)**

Attention

Etude portant sur 72 adolescents : un groupe de 37 utilisateurs de portable (exposés) et un groupe de 35 non utilisateurs (non exposés) appariés sur l'âge et le sexe des utilisateurs. Une série de trois tests psycho-comportementaux permettant d'évaluer l'attention des sujets a été réalisée. Les résultats à un de ces tests (Trail Making Test) étaient significativement meilleurs dans le groupe des utilisateurs de portables.

2002

✓ **Edelstyn (6)**

Temps de réaction / Attention

Des différences significatives ont été observées 15 minutes après l'exposition dans deux tests d'attention et dans un test de rapidité d'exécution (soustractions en série). Dans chacun de ces tests, la performance s'améliorait dans le groupe exposé à 900 MHz.

Selon les auteurs, les résultats pourraient être expliqués par la dilatation locale des vaisseaux sanguins dans la région où le cerveau était proche de l'antenne du téléphone.

✓ **Lass (7)**

Attention/Mémoire

Les tests utilisés dans cette étude avaient différents degrés de difficulté et mesuraient l'attention et la mémoire à court terme.

Dans les 2 tâches les plus complexes, les étudiants exposés avaient une plus grande tendance à commettre des erreurs de performance. En revanche, dans la tâche la moins difficile, le groupe exposé avait un nombre d'erreurs significativement inférieur.

Ces résultats sont difficiles à interpréter. Les auteurs concluent que les rayonnements de 450 MHz ont des effets différents sur les tâches cognitives selon leurs niveaux de complexité. Ils suggèrent que « *ces effets pourraient entraîner une diminution des erreurs dans les tâches neuropsychologiques moins compliquées et une augmentation des erreurs pour les tâches compliquées* ».

2003

✓ **Haarala (8)**

Temps de réaction / Attention

Les auteurs ont publié dans le passé une étude suggérant que l'exposition des téléphones mobiles

pouvait améliorer les fonctions cognitives {Koivisto, 2000 #12}. Cette étude a été répliquée avec une méthodologie améliorée dans 2 laboratoires. Aucune différence n'a été observée dans l'exactitude des réponses entre les exposés et les non exposés.

Les auteurs font remarquer que la plupart des études rapportant un effet des hyperfréquences sur les fonctions cognitives n'ont fait l'objet d'aucun ajustement statistique pour les comparaisons multiples. Si cet ajustement avait été réalisé, le faible nombre de résultats significatifs aurait été encore réduit.

✓ **Haarala (9)**

Mémoire

L'exposition aux hyperfréquences de 902 MHz n'a eu aucun effet significatif sur le temps de réaction ou l'exactitude des réponses dans des tâches explorant la mémoire.

✓ **Lee (10)**

Temps de réaction / Attention

Le temps de réaction dans un test d'attention diminuait lors de l'exposition aux hyperfréquences de 1900 MHz émises par les téléphones mobiles GSM mais seulement après que le test ait été répété avec le téléphone éteint. Aucune autre différence significative n'a été observée dans cette étude, notamment concernant le nombre de réponses exactes entre le groupe témoin et le groupe exposé ou lors d'un autre test d'attention.

✓ **Smythe (11)**

Mémoire

Selon Smythe et coll., la mémoire spatiale à court terme serait facilitée lors de l'utilisation du téléphone mobile chez l'homme, mais pas chez la femme. Les hommes exposés au téléphone en fonctionnement ont fait moins d'erreurs spatiales que ceux dont le téléphone étaient éteints. Néanmoins, ils ont fait plus d'erreurs spatiales lors de la tâche de rappel, même si les résultats n'étaient pas statistiquement significatifs.

Cependant, lorsque le groupe témoin (sans téléphone) a été ajouté aux analyses, aucune différence significative n'a été retrouvée dans le nombre d'erreurs. A noter que le nombre de sujet de l'étude était réduit (15 hommes ont utilisé un téléphone activé) et les résultats n'étaient pas constants.

✓ **Zwamborn (12)**

Temps de réaction

Pour les tests cognitifs, une augmentation du temps de réaction a été observée pour l'exposition

à 900 MHz dans le groupe A (sujets souffrant de symptômes subjectifs qu'ils attribuaient à l'exposition aux stations de base) et pour l'exposition UMTS (2100 MHz) dans le groupe B (échantillon issu de la population générale). A l'inverse, une diminution significative du temps de réponse à été observée dans d'autres tâches, spécialement pour le groupe B pour des fréquences comprises entre 1800 et 2100 MHz. Les résultats ne sont donc pas constants : l'augmentation du temps de réaction pour deux des fréquences est en contradiction avec la diminution du temps de réponse dans d'autres tests.

2004

✓ Curcio G(13)

Temps de réaction/performance

Aucun effet significatif n'a été mis en évidence pour les différents tests de performance cognitive, (rapidité, exactitude des mesures au test de recherche visuelle, test de soustraction).

Seule une diminution significative du temps de réaction a été observée pour les sujets exposés. Cette diminution était plus marquée chez ceux exposés avant les tests (médiane = 248 ms) que pour ceux exposés durant les tests (médiane = 334.53 ms). Par ailleurs, une augmentation de la température tympanique était observée après 25-30 mn d'exposition aux hyperfréquences.

2005

✓ Besset A (14)

Mémoire/Attention

Aucun effet de l'exposition aux hyperfréquences de 900 MHz n'a été observé au cours de cette étude sur les fonctions cognitives comme la mémoire ou encore l'attention.

Conclusion

Bien que les études présentées ici n'aient pas retrouvés d'effet significatif des hyperfréquences sur la mémoire, plusieurs d'entre elles mettent en évidence une amélioration d'autres fonctions cognitives comme l'attention.

L'exposition aux hyperfréquences émises par les téléphones mobiles faciliterait l'attention et serait responsable d'une diminution du temps de réaction aux tests (par conséquent d'une plus grande rapidité de réponse).

L'hypothèse d'un effet thermique a été soulevé. Néanmoins, ces résultats sont à prendre avec précaution car comme l'ont écrit D'Andrea *et coll.* (15) :

- Les effets sur les fonctions n'apparaissent que pour un petit nombre de tâches.
- Les auteurs n'ont pas appliqué les corrections statistiques adéquates pour les comparaisons multiples.
- Il y avait souvent un manque de validation des tests cognitifs utilisés.

Enfin, on retrouve un manque de reproduction des résultats.

Références :

1. Preece AW, Iwi G, Davies-Smith A, Wesnes K, Butler S, Lim E, et al. Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *Int J Radiat Biol* 1999;75(4):447-56.
2. Koivisto M, Revonsuo A, Krause C, Haarala C, Sillanmaki L, Laine M, et al. Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans. *Neuroreport* 2000;11(2):413-5.
3. Koivisto M, Krause CM, Revonsuo A, Laine M, Hamalainen H. The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. *Neuroreport* 2000;11(8):1641-3.
4. Jech R, Sonka K, Ruzicka E, Nebuzelsky A, Bohm J, Juklickova M, et al. Electromagnetic field of mobile phones affects visual event related potential in patients with narcolepsy. *Bioelectromagnetics* 2001;22(7):519-528.
5. Lee TMC, Ho SMY, Tsang LYH, Yang SYC, Li LSW, Chan CCH. Effect on human attention of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones. *Neuroreport* 2001;12(4):729-731.
6. Edelstyn N, Oldershaw A. The acute effects of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport* 2002;13(1):119-121.
7. Lass J, Tuulik V, Ferenets R, Riisalo R, Hinrikus H. Effects of 7 Hz-modulated 450 MHz electromagnetic radiation on human performance in visual memory tasks. *Int J Radiat Biol* 2002;78(10):937-44.
8. Haarala C, Bjornberg L, Ek M, Laine M, Revonsuo A, Koivisto M, et al. Effect of a 902 MHz electromagnetic field emitted by mobile phones on human cognitive function: A replication study. *Bioelectromagnetics* 2003;24(4):283-8.
9. Haarala C, Aalto S, Hautzel H, Julkunen L, Rinne JO, Laine M, et al. Effects of a 902 MHz mobile phone on cerebral blood flow in humans: a PET study. *Neuroreport* 2003;14(16):2019-2023.
10. Lee TMC, Lam PK, Yee LTS, Chan CCH. The effect of the duration of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport* 2003;14(10):1361-1364.
11. Smythe JW, Costall B. Mobile phone use facilitates memory in male, but not female, subjects. *Neuroreport* 2003;14(2):243-246.
12. Zwamborn A, Vossen S, van Leersum B, Mäkel W. Effects of Global Communication system radio-frequency fields on Well Being and Cognitive Functions of human subjects with and without subjective complaints. The Hague: TNO Physics and Electronics Laboratory; 2003 Septembre 2003. Report No.: FEL03-C148.
13. Curcio G, Ferrara M, De Gennaro L, Cristiani R, D'Inzeo G, Bertini M. Time-course of electromagnetic field effects on human performance and tympanic temperature. *Neuroreport* 2004;15(1):161-4.
14. Besset A, Espa F, Dauvilliers Y, Billiard M, de Seze R. No effect on cognitive function from daily mobile phone use. *Bioelectromagnetics* 2005;26(2):102-8.
15. D'Andrea JA, Chou CK, Johnston SA, Adair ER. Microwave effects on the nervous system. *Bioelectromagnetics* 2003;24(Suppl. 6):S107-S147.

Tableau 1 : Etudes expérimentales humaines sur l'effet des hyperfréquences sur les fonctions cognitives

Auteurs	Population d'étude	Exposition	Durée	Fonctions cognitives	Principaux résultats
Preece (1).	36 sujets	Exposition fictive (témoins) 915 MHz (signal de type analogique) 915 MHz (signal de type numérique)	25-30mn	Mémoire Réaction/attention	Diminution du temps de réaction pour 1 test (test du choix) chez les patients exposés. Cette diminution est plus importante pour le signal analogique. Aucune différence significative pour les résultats (exactitude) aux différents tests.
Koivisto (2).	48 sujets Les sujets étaient pris comme leur propre témoin	Exposition fictive (témoins) 902 MHz (modulation par impulsions à 217 Hz)		Temps de réaction Attention	Diminution du temps de réaction pour 3 tests (temps de réaction simple, test de vigilance, calcul mental) chez les sujets exposés. Pas de différence dans le temps de réaction au choix.
Koivisto (3).	48 sujets Les sujets étaient pris comme leur propre témoin	Exposition fictive (témoins) 902 MHz (modulation par impulsions à 217 Hz)	30mn	Mémoire de travail	Diminution du temps de réaction au test de mémorisation des lettres. Aucune différence significative pour les résultats (exactitude) aux différents tests.
Lee (5).	72 sujets	Non utilisateurs de portables (35 sujets) Utilisateurs de portables (37 sujets)		Attention	Meilleurs résultats dans un des 3 tests pour le groupe des utilisateurs de portables.
Jech (4).	72 sujets narcoleptiques	Exposition fictive (témoins) 900 MHz DAS : 0,060 W/Kg	45mn	Temps de réaction (EEG) (Potentiel évoqués)	Diminution significative du temps de réaction chez les exposés.
Edelstyn (6).	38 sujets	Exposition fictive (témoins) 900 MHz DAS : 1,19 W/Kg	30mn	Temps de réaction Attention	Facilitation de la performance. Augmentation de la capacité d'attention Diminution du temps de réaction
Lass (7).	100 sujets	Exposition fictive (témoins) 450MHz (modulation 7 Hz) DAS : entre 0,095 et 0,351 W/Kg	10-20mn	Attention Mémoire à court terme	<u>Pour des tâches compliquées</u> : augmentation des erreurs chez les exposés. <u>Pour une tâche « facile »</u> : diminution des erreurs dans le groupe exposé
Haarala (8).	64 sujets	Exposition fictive (témoins) 902 MHz (modulation par impulsions à 217 Hz) DAS : entre 0,88 et 1,2 W/Kg		Temps de réaction Attention	Aucune différence significative entre groupes exposé et non exposé
Haarala (9).	14 sujets Les sujets étaient pris comme leur propre témoin	Exposition fictive (témoins) 902 MHz (modulation par impulsions à 217 Hz) DAS : 0,993 W/Kg	45mn	Mémoire de travail (Flux sanguin cérébral)	Aucun effet statistiquement significatif sur le temps de réaction ou sur l'exactitude des réponses (analyses sur 10 sujets)
Lee (10).	78 sujets	Exposition fictive (témoins) 1900 MHz	2*25mn	Temps de réaction Attention	Diminution du temps de réaction dans un test d'attention chez les sujets exposés après que le test ait été répété avec le téléphone éteint. Aucune différence dans le nombre de réponse exacte, ni pour les autres tests d'attention.
Smythe (11).	62 sujets 3 groupes	Pas d'exposition : pas de téléphone Exposition fictive : téléphone éteint 1800 MHz (DAS : 0,79 W/Kg)	15mn	Mémoire à court et long terme	Facilitation de la mémoire chez les hommes, pas chez les femmes.
Zwamborn (12).	72 sujets groupe A : 36 groupe B : 36	Exposition fictive (témoins) 900 / 1800 / 2100 MHz DAS : entre 0,064 et 0,078 W/Kg		Temps de réaction	Augmentation du temps de réaction chez les exposés aux 900 MHz dans le groupe A et chez les exposés aux 2100 MHz dans le groupe B
Curcio (13).	20 sujets	Exposition fictive (témoins) 902,4 MHz		Temps de réaction Performance	Diminution du temps de réaction chez les sujets exposés

