

## **Effets comportementaux d'une exposition de rats Wistar mâles adultes à des ondes électromagnétiques impulsionnelles de forte puissance (3 GHz)**

### **Behavioural effects of radar type (3 GHz) microwave exposure: study on male adult Wistar rats**

Céline Crétallaz\*, Ioannis Lamproglou\*\*, Christine Amourette\*, Michel Diserbo\*, William Fauquette\*, Patrick Martigne\*, Alice Collin\*, Philippe Lévêque\*\*\* et Anne Perrin\*

\* Département des Effets Biologiques des Rayonnements – Institut de Recherche Biomédicale des Armées – Antenne CRSSA de La Tronche, BP 87, 38702 La Tronche, France

\*\* Service de radiothérapie oncologique, Hôpital de La Pitié-Salpêtrière, AP-HP, 47-83, bd. de l'Hôpital, 75651 Paris cedex, France

\*\*\* XLIM, UMR CNRS n°6172, département OSA, Faculté des Sciences, 123 av. Albert Thomas, 87060 Limoges, France

**Mots-clefs:** Radiofréquences, radar, effets biologiques, comportement, in vivo.

**Keywords:** Radiofrequency, radar, biological effects, behaviour, in vivo.

#### **Résumé**

Le but de ce travail est de simuler l'exposition d'un humain aux ondes électromagnétiques impulsionnelles de forte puissance émises par des radars de la Marine Nationale. Selon les situations et le type d'activité à bord, les expositions peuvent être ponctuelles, prolongées ou répétées. Pour cette étude en laboratoire, un modèle expérimental de rat adulte a été soumis à différentes conditions d'exposition.

Nous présentons ici les résultats des tests comportementaux des animaux suivis à long terme (16 mois) suite à une exposition semi-chronique (45min/jour, 5 jours/semaine pendant 8 semaines) à la fréquence de 3 GHz, en condition impulsionnelle et à un niveau infrathermique.

Dans les conditions expérimentales mises en oeuvre, les résultats ne montrent pas d'effet significatif ni sur les capacités cognitives testées (apprentissage, mémorisation) ni sur le gain de poids entre les animaux exposés et shams pendant les 16 mois suivant l'exposition au champ électromagnétique.

#### **Introduction**

Sur les bâtiments de la Marine Nationale, le personnel se trouve exposé aux ondes électromagnétiques impulsionnelles émises par des radars de nouvelle génération (Porte-avion Charles De Gaulle, Frégates tout électrique). Les expositions peuvent être ponctuelles, prolongées ou répétées selon les situations et le type d'activité à bord.

La réglementation à bord concernant les expositions aux champs électromagnétiques est fixée par l'instruction militaire (Instruction DREP n° 302143/DEF/SGA/DFP/PER5 du 18 août 2003 pour ondes électromagnétiques de 0 à 300 GHz). Elle est fondée sur les recommandations de l'ICNIRP [1]. Néanmoins, les effets des ondes impulsionnelles de forte puissance crête sont peu documentés. Il est donc apparu nécessaire d'examiner les éventuels effets biologiques d'exposition de type radar impulsionnel afin de contribuer à l'évaluation des risques sanitaires possibles et d'anticiper la survenue de contentieux.

Un modèle expérimental de rat adulte a été soumis à différentes conditions d'exposition simulées en laboratoire. Les capacités cognitives des animaux ont été testées grâce à des tests comportementaux. Cette expérimentation avait pour objectif d'étudier les effets à long terme d'expositions semi-chroniques sur les capacités d'apprentissage et de mémorisation (labyrinthe aquatique) des animaux suivis.

Trois conditions d'exposition ont été testées. Pour la condition 2 où la durée d'impulsion est la plus courte et le DAS crête le plus élevé, les expériences ont été répliquées.

Nous présentons ici les résultats des tests comportementaux des animaux suivis à long terme (16 mois) suite à une exposition semi-chronique (45min/jour, 5 jours/semaine pendant 8 semaines) dans la bande S (3 GHz) en condition d'exposition infrathermique (DAS moyen corps entier = 4,8-4,9 W/kg).

En parallèle, le suivi clinique des animaux a été effectué régulièrement par une pesée et un examen clinique tout au long de l'expérimentation. Seize mois après exposition, les animaux ont été sacrifiés par décapitation et une autopsie systématique a été pratiquée.

## Matériels et méthodes

### Système d'exposition

Le système d'émission à 3 GHz consiste en un générateur de signaux hyperfréquence (Anritsu, France) et un amplificateur d'impulsion en bande S (TOP IFI, EuroMC), connectés à une antenne coaxiale (Sairem, France) localisée dans une chambre anéchoïque (Emerson & Cuming, France).

### Conditions d'exposition et dosimétrie

Lors des expositions, les animaux (rats Wistar mâles âgés de 12 semaines) sont placés dans des cages en plexiglas positionnées circulairement autour de l'antenne de telle sorte que les animaux non contraints soient exposés latéralement et de façon la plus homogène possible. Une grille métallique est placée au-dessus des cages pour limiter la diffusion du champ et optimiser l'homogénéité de l'exposition dans les cages.

Au cours de chaque expérimentation, deux chambres anéchoïques ont été utilisées : l'une pour le groupe exposé, l'autre pour l'exposition factice (groupe fantôme ou « sham ») visant à reproduire toutes les manipulations des animaux excepté l'exposition. L'intérieur de chaque chambre était éclairé par une lumière artificielle afin de conserver et respecter le cycle nyctéméral des rongeurs. La température est contrôlée et maintenue à  $(20 \pm 1^\circ\text{C})$ . Le comportement spontané des animaux était observé et enregistré par une caméra vidéo (non illustré).

Les caractéristiques des 3 conditions d'exposition sont décrites dans le tableau 1. Les temps d'exposition sont identiques mais certains paramètres d'exposition diffèrent (tableau 1).

	Condition 1	Condition 2	Condition 3
Fréquence de répétition	600 Hz	600 Hz	1500 Hz
Temps de pulse	20 $\mu\text{s}$	7,5 $\mu\text{s}$	5,5 $\mu\text{s}$
Rapport cyclique	1,2%	0,45%	1,125%
Puissance crête (sortie source)	0,019 W	0,0997 W	0,0209 W
Puissance moyenne (affichée à l'ampli)	11-13 W	11-13 W	11-13 W
DAS moyen (corps entier) (méthode numérique)	4,8 W/kg	4,9 W/kg	4,8 W/kg
DAS crête (corps entier)	399 W/kg	1090 W/kg	427W/kg

**Tableau 1 : conditions expérimentales testées**

La dosimétrie a été obtenue par calcul numérique avec la méthode FDTD et validée expérimentalement par des mesures de température (sur gel de tylose).

Le DAS moyen corps entier est de 4,8-4,9 W/kg correspondant à des DAS crêtes de 399, 1090 et 427 W/kg respectivement, selon les caractéristiques de l'émission.

### Animaux

Un lot de 72 animaux au total a été utilisé. Dans une première série, les animaux ont été répartis en 4 groupes de 12, correspondant aux groupes exposés en condition 1, 2 et 3 et au groupe sham. Les expositions ont lieu les mêmes jours pour tous les animaux ce qui permet d'avoir un groupe sham commun.

Dans une seconde série, l'exposition en condition 2 a été reproduite avec 12 rats exposés et 12 rats shams.

### Test du labyrinthe aquatique

Le test du labyrinthe aquatique se déroule sur cinq jours consécutifs à raison d'une séance par jour, sensiblement au même horaire pour respecter le rythme chronobiologique de l'animal. Le temps maximal imparti à chaque animal pour sortir de l'eau est de 180 secondes. En cas d'échec, le rat est sorti de l'eau par l'expérimentateur. Des séances de rappel du test sont ensuite pratiquées à distance de l'apprentissage pour vérifier les capacités de mémorisation des animaux. Le nombre d'erreurs d'orientation et le temps de parcours sont enregistrés. [2]

### Pesée et suivi clinique

Régulièrement, les animaux sont pesés. Un examen clinique est également effectué pour évaluer leur état de santé au moment de la pesée. L'aspect général, le pelage, les yeux, la propreté et l'agressivité sont ainsi observés.

## Résultats

### Tests du labyrinthe aquatique

Les résultats des tests du labyrinthe aquatique ne montrent pas d'effet de l'exposition semi-chronique aux ondes électromagnétiques sur l'apprentissage et la mémorisation des animaux. Au fur et à mesure de l'apprentissage du test et des séances de rappel, les animaux (shams et exposés) effectuent de moins en moins d'erreurs d'orientation dans le parcours du labyrinthe aquatique. De même, on observe qu'au fur et à mesure de l'apprentissage du test et des séances de rappel, les animaux (shams et exposés) mettent de moins en moins de temps pour réaliser le parcours. L'analyse ANOVA ne montre pas d'effet statistiquement significatif de l'exposition semi-chronique ni sur le temps de parcours (Anova  $F(8,360) = 0,38$   $p=0,93$ ) ni sur le nombre d'erreurs faites dans le labyrinthe (Anova  $F(8,360) = 0,76$   $p=0,64$ ) entre les animaux shams et les animaux exposés en condition 2.

Les mêmes constatations sont effectuées pour les conditions d'exposition de type 1 et 3. L'analyse ANOVA ne montre pas d'effet statistiquement significatif de l'exposition semi-chronique ni sur le temps de parcours (Anova  $F(36,516) = 0,99$   $p=0,48$ ), ni sur le nombre d'erreurs effectuées lors du parcours (Anova mesures répétées  $F(8,360) = 0,84$   $p=0,74$ ) entre les animaux shams et les animaux exposés en condition 1 et 3.

### Pesée des animaux

Aucun effet statistiquement significatif sur le gain de poids relatif n'a été mis en évidence quels que soient les groupes observés.

## Conclusion

Dans les conditions d'exposition et d'expérimentation réalisés, les capacités de mémorisation et d'apprentissage des animaux ne sont pas altérées après une exposition semi-chronique impulsionnelle de forte puissance à 3 GHz (45min/jour, 5 jours/semaine pendant 8 semaines). Aucun effet statistiquement significatif sur le gain de poids n'a été observé. Les perspectives de recherche seront d'étudier les effets à long terme d'expositions semi-chroniques d'autres fonctions cognitives ou paramètres biologiques.

*Recherche financée par la DGA (Direction Générale de l'armement, PEA-contrat 10Ca602)*

*Nous tenons à remercier tous les animaliers et techniciens ayant collaboré à ce projet.*

## Références

- 1 – ICNIRP . Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 74(4):494-522. 1998
- 2 - I. Lamproglou, L. Barbier, M. Diserbo, F. Fauvelle, W. Fauquette and C. Amourette, Repeated stress in combination with pyridostigmine. Part I. Long-term behavioural consequences, Behav Brain Res, **197**, 2009, pp 301-310.