

Dosimétrie à l'échelle de la cellule de système d'exposition aux ondes électromagnétiques *Dosimetry at the microscopic level for EMF delivery system*

Nefzi A¹, Carr L², Arnaud-Cormos D³, Leveque P⁴

¹Univ. Limoges, CNRS, XLIM, UMR 7252, F-87000 Limoges, nefzi.amani@unilim.fr

²Univ. Limoges, CNRS, XLIM, UMR 7252, F-87000 Limoges, lynn.carr@unilim.fr

³Univ. Limoges, CNRS, XLIM, UMR 7252, F-87000 Limoges, delia.arnaud-cormos@unilim.fr

⁴Univ. Limoges, CNRS, XLIM, UMR 7252, F-87000 Limoges, philippe.leveque@unilim.fr

Mots clés (en français et en anglais) : Dosimétrie, fluorescence, RF. Dosimetry, fluorescence, RF

Résumé/Abstract

Les interactions des ondes électromagnétiques avec le vivant ont fait l'objet de très nombreuses études au cours des dernières décennies. Pour émettre des conclusions rigoureuses, ces études demandent une estimation précise des paramètres des champs électromagnétiques, des températures et des distributions du débit d'absorption spécifique (DAS) entre autres. On propose d'explorer une méthode de dosimétrie à l'échelle, basée sur l'intensité de fluorescence d'un marqueur, la Rhodamine B, dont la fluorescence est dépendante de la température. La taille des cibles, de l'ordre de la dizaine de μm , est extrêmement petite vis-à-vis des longueurs d'onde mise en jeu aux hyperfréquences. De plus, certaines expositions reposent sur l'utilisation de microdispositif. La détermination des possibilités et limites d'une méthode reposant sur la variation de la fluorescence d'un marqueur de type Rhodamine B est explorée.

The interaction of electromagnetic fields (EMF) with living entities has been the subject of a considerable amount of research in the past three decades. To reach rigorous conclusions, these studies require the accurate assessment of EMF parameters such as electric field, temperature and specific absorption rate (SAR). This paper aims to investigate dosimetry at a microscopic level, with a method based on the fluorescence intensity of the dye, Rhodamine B, which is temperature dependent. The size of the targets, of the order of ten microns, is extremely small compared to the wavelengths of the microwave. In addition, some exposures are based on microdevices. Determination of the potential and limitation of the fluorescence method with the Rhodamine B is explored.

1 Introduction/Introduction

Les interactions des ondes électromagnétiques (EM) avec le vivant ont fait l'objet de très nombreuses études au cours des dernières décennies. Ces études ont concerné un large panel de sujet, comme les effets sanitaires potentiels des signaux de télécommunications, les applications biomédicales telles que l'hyperthermie, l'électrochimiothérapie ou bien plus récemment l'utilisation des champs électriques pulsés de très forte amplitude et très courte durée. Pour émettre des conclusions rigoureuses, ces études demandent une estimation précise des paramètres des champs électromagnétiques, des températures et des distributions du débit d'absorption spécifique (DAS) entre autres. Cependant, de par les limites de l'instrumentation actuelle, l'estimation des paramètres d'exposition peut s'avérer délicate, en particulier à l'échelle microscopique.

On propose d'explorer une méthode de dosimétrie à l'échelle microscopique permettant de contribuer à la caractérisation de différents systèmes d'exposition. Cette microdosimétrie est basée sur l'intensité de fluorescence d'un marqueur, la Rhodamine B, dont la fluorescence est dépendante de la température. Cette approche a fait l'objet de premiers travaux dans un contexte d'exposition à 900 MHz [1]. Sur la base de premiers travaux réalisés [2], on cherchera dans ce travail à caractériser les limites de cette méthode et de l'appliquer sur un micro-dispositif. On s'appuiera sur une cellule TEM (transverse électromagnétique) pour quantifier et valider le potentiel et les limites de la méthode proposée.

2 Système d'exposition aux ondes EM et dosimétrie / EMF exposure system and dosimetry.

Un système d'exposition est proposé pour quantifier la dépendance en température du marqueur fluorescent lors d'une exposition microonde (voir Figure 1). Il est composé essentiellement d'une cellule TEM adaptée à des observations sous microscope. Une ouverture de 20 mm est effectuée dans la plaque inférieure de la cellule TEM

permettant l'observation à partir de l'objectif de microscope. Cette ouverture et la position de l'objectif joue un rôle important dans la distribution de champ électromagnétique dans l'échantillon exposé. Ce dernier est basé sur une boîte de Petri spécifique dont le fond a une épaisseur de 170 μm parfaitement adapté à une observation sous microscope.

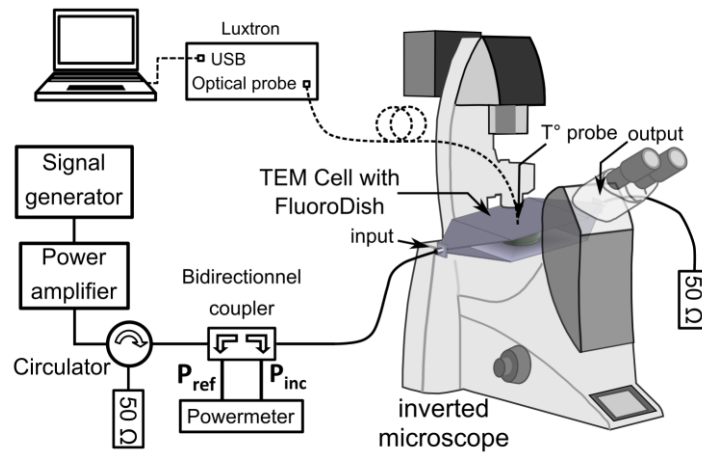


Figure 1 : Dispositif de mesure par microscopie de la fluorescence de la Rhodamine B.

L'influence de l'ouverture et de la position précise de l'objectif du microscope est analysée par simulation électromagnétique et par la mesure de la grandeur classiquement utilisée pour caractériser les niveaux d'exposition, à savoir le DAS qui s'exprime en W/kg . Dans ce cas, le DAS est estimé à partir de la mesure de l'élévation de la température obtenue à partir de la sonde fluoroptique.

La caractérisation de la fluorescence de la Rhodamine B fait l'objet d'une étude en fonction de plusieurs paramètres, à savoir : la concentration, la puissance de la source microonde, le volume de solution exposé, la technique d'acquisition de la fluorescence, en particulier en utilisant une mesure confocale.

Dans un premier temps, les mesures sont effectuées dans le volume en l'absence de cellules biologiques. Ces mesures servent à étalonner les variations de fluorescence en fonction de la température. Dans un second temps, le marqueur est inséré dans des cellules biologiques qui sont ensuite placées dans un milieu de culture. Ce dernier est traité pour éliminer au maximum la présence de la Rhodamine hors des cellules. Il est alors possible de suivre la variation de la fluorescence présente des cellules et de la relier à l'élévation de température. Une mise en évidence de l'influence de la concentration de la Rhodamine présente dans le cytoplasme de la cellule est effectuée. Il s'agit ici d'un élément clé pour faire le lien entre variation de fluorescence et de température. L'apport de l'utilisation d'une mesure en confocal est exploré.

3 Conclusion/Conclusion

La maîtrise des expositions aux ondes électromagnétiques de milieux biologiques est un point essentiel dans le domaine du bioélectromagnétisme. La taille des cibles, de l'ordre de la dizaine de μm , est extrêmement petite vis-à-vis des longueurs d'onde mise en jeu aux hyperfréquences. De plus, certaines expositions reposent sur l'utilisation de microdispositif. La détermination des possibilités et limites d'une méthode reposant sur la variation de la fluorescence d'un marqueur de type Rhodamine B est explorée. Une première phase de calibration est effectuée en comparant les variations avec une mesure de température à l'échelle macroscopique. Elle montre que dans certaines conditions, il est possible de suivre la variation de température à partir de la mesure de fluorescence. Des travaux sont en cours pour définir les limites de la méthode sur les mesures au sein même de la cellule.

Références bibliographiques/ References

- [1] J. F. Bermingham, Y. Y. Chen, R. L. McIntosh, and A. W. Wood, "A Measurement and Modeling Study of Temperature in Living and Fixed Tissue During and After Radiofrequency Exposure," *Bioelectromagnetics*, vol. 35, pp. 181-191, 2014.
- [2] S. Kohler, R. P. O'Connor, V. Thi Dan Thao, P. Leveque, and D. Arnaud-Cormos, "Experimental Microdosimetry Techniques for Biological Cells Exposed to Nanosecond Pulsed Electric Fields Using Microfluorimetry," *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, vol. 61, pp. 2015-2022, 2013.