

## Dosimètres radiofréquences et diffraction par le corps de l'utilisateur. Radiofrequency dosimeters and diffraction by the user body

Dominique Picard\*, Kada Berrahma\*

\*Département EMG-DRE, Supélec, 3 rue Joliot-Curie, 91192 Gif sur Yvette Cedex [dominique.picard@supelec.fr](mailto:dominique.picard@supelec.fr)

Mot-clefs : dosimètre radiofréquence, diffraction d'une onde électromagnétique, exposition au champ électromagnétique  
radiofrequency dosimeter, electromagnetic wave diffraction, electromagnetic field exposure

### Résumé

Les sources d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques radiofréquences sont de plus en plus nombreuses : les antennes de station de base de la téléphonie mobile, les points d'accès Wifi... L'exposition des personnes est limitée par les restrictions de base de façon à éviter les effets thermiques dans ce domaine de fréquence. L'utilisation d'un dosimètre radiofréquence permet de contrôler l'exposition. Ce dispositif mesure le champ électromagnétique et l'enregistre, et il est possible par la suite de récupérer les données de mesure en connectant le dosimètre à un ordinateur personnel. Le dosimètre est porté au corps, et il mesure le champ au voisinage du corps au lieu de mesurer le champ incident sur lequel porte la limitation normative. Une étude numérique a été réalisée pour évaluer l'effet du corps sur le champ à l'emplacement du dosimètre et permettre d'estimer le niveau de l'erreur de mesure.

### Introduction

Les sources d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques radiofréquences sont de plus en plus nombreuses : les antennes de station de base de la téléphonie mobile, les points d'accès Wifi... L'exposition des personnes est limitée par les restrictions de base de façon à éviter les effets thermiques dans ce domaine de fréquence. De façon à simplifier le contrôle de l'exposition, les niveaux de références ont été introduits. Ce contrôle peut être réalisé à l'aide d'un dosimètre personnel. Ce dispositif mesure le champ électromagnétique et l'enregistre, et il est possible par la suite de récupérer les données de mesure en connectant le dosimètre à un ordinateur personnel. Le dosimètre est porté au corps, et il mesure le champ au voisinage du corps au lieu de mesurer le champ incident sur lequel porte la limitation.

### 1. Etude

#### 1.1. Description

Cette étude compare le champ au voisinage du corps et le champ incident en l'absence de celui-ci, de façon à évaluer la pertinence des mesures réalisées à l'aide d'un dosimètre. Elle est réalisée à l'aide de simulations numériques validées par des expérimentations. Le logiciel de simulations électromagnétiques utilisé est Feko. Deux fantômes homogènes cylindriques de corps humain ont été utilisés : un fantôme à section circulaire et un fantôme à section elliptique. La hauteur des cylindres est de 175cm, le diamètre du fantôme à section circulaire est de 23cm, et les grand et petit axes du fantôme à section elliptique sont respectivement de 40 et 20cm. L'onde incidente sur le fantôme est une onde plane. La comparaison des champs incident d'une part et au voisinage du corps d'autre part est réalisée en normalisant le champ au voisinage du corps par le champ incident.

#### 1.2. Validation

Quatre validations expérimentales ont été réalisées avec le fantôme à section circulaire : deux fréquences, 400MHz (figures 1) et 942MHz, et deux polarisations rectilignes, transverse électrique (TE) et transverse magnétique (TM), à l'axe du cylindre, c'est-à-dire la polarisation horizontale et la polarisation verticale. En réalité, on a travaillé, pour l'expérimentation, avec un facteur d'échelle de 3 sur les dimensions de façon à réduire celle-ci et on a corrigé les fréquences dans le rapport inverse ainsi que les caractéristique du liquide interne au fantôme. Toutes les valeurs présentées ici sont corrigées. On compare les deux répartitions de champ électrique obtenues dans le plan médiateur du fantôme orthogonal à l'axe de celui-ci. L'onde plane utilisée pour l'expérimentation est imparfaite puisqu'elle est créée par une antenne placée à distance finie (7,20m). Les mesures sont réalisées dans la base dosimétrique corps entier de Supélec [1] qui permet de mesurer de façon peu perturbante et avec une excellente sensibilité le champ électrique total. Les différences entre les deux répartitions de champ électrique sont de l'ordre de 10% (figure 2), essentiellement dues aux différences entre les deux ondes incidentes.

### 1.3. Résultats

Les simulations sont réalisées à 8 fréquences différentes correspondant aux différentes bandes de fréquence dans lesquelles existent des applications : 100, 400, 942, 1842, 2140, 2450, 3500 et 5500MHz. On s'intéresse au champ à 3cm du corps, ce qui correspond sensiblement à la distance entre le capteur des dosimètres disponibles sur le marché et le corps de l'utilisateur. Deux polarisations orthogonales sont utilisées : les polarisations rectilignes verticale et horizontale. Trois angles d'élévation différents sont utilisés pour l'incidence : 0, 30 et 60°. Pour le fantôme à section elliptique, quatre angles d'azimut différents sont testés : 0, 30, 60 et 90°, par rapport au petit axe de l'ellipse. En observant les champs électrique et magnétique normalisés à 3 cm autour du fantôme (figure 3), distance typique entre le capteur d'un dosimètre et le corps de l'utilisateur, on constate trois zones différentes : du côté de l'onde incidente une zone de réflexion pour laquelle l'un des deux champs est faible et l'autre est fort, à l'opposé une zone d'ombre où les deux champs sont faibles et entre les deux une zone de diffraction pour laquelle les champs sont à un niveau intermédiaire.

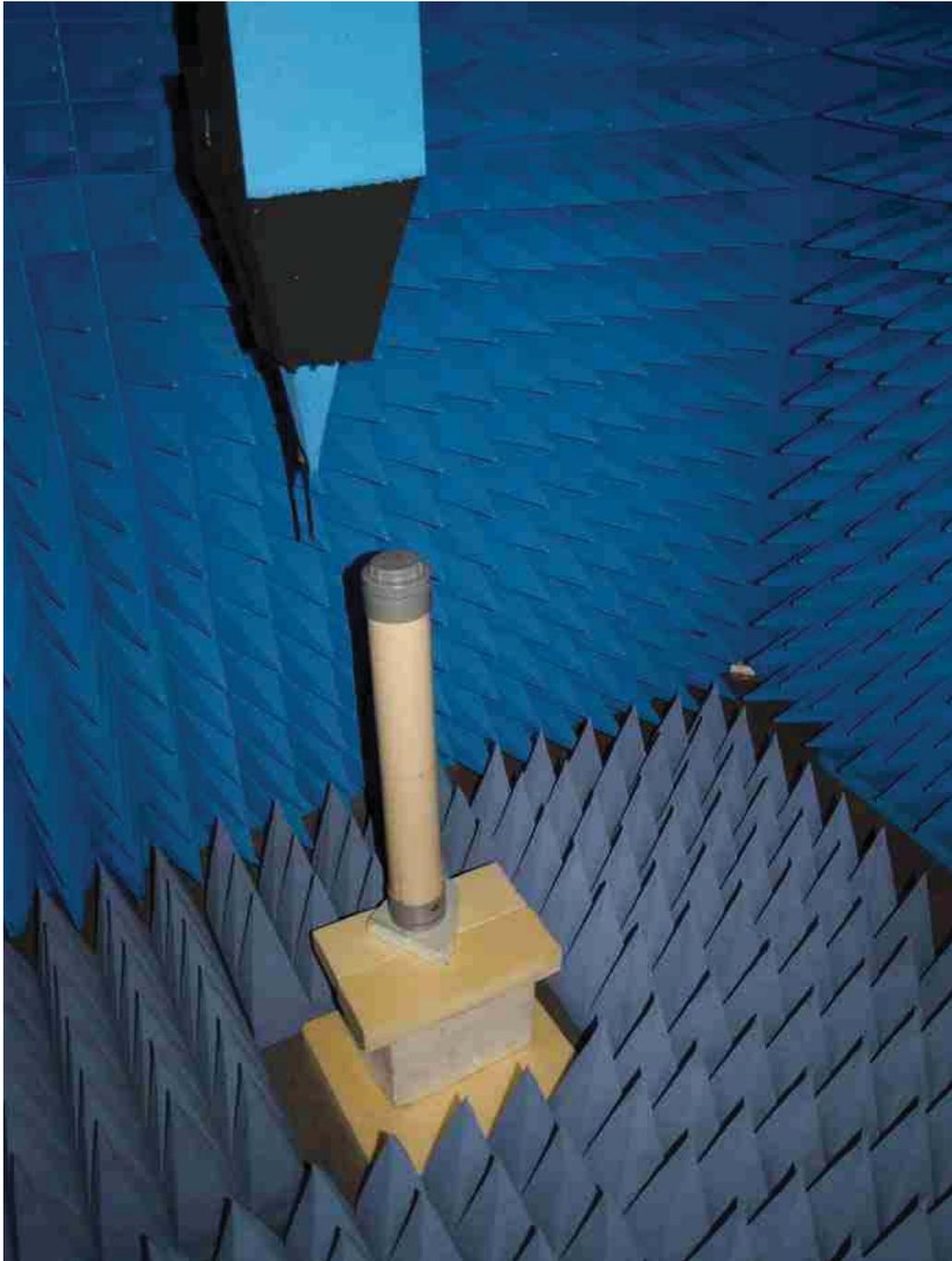


Figure 1 : Expérimentation utilisée pour la validation.

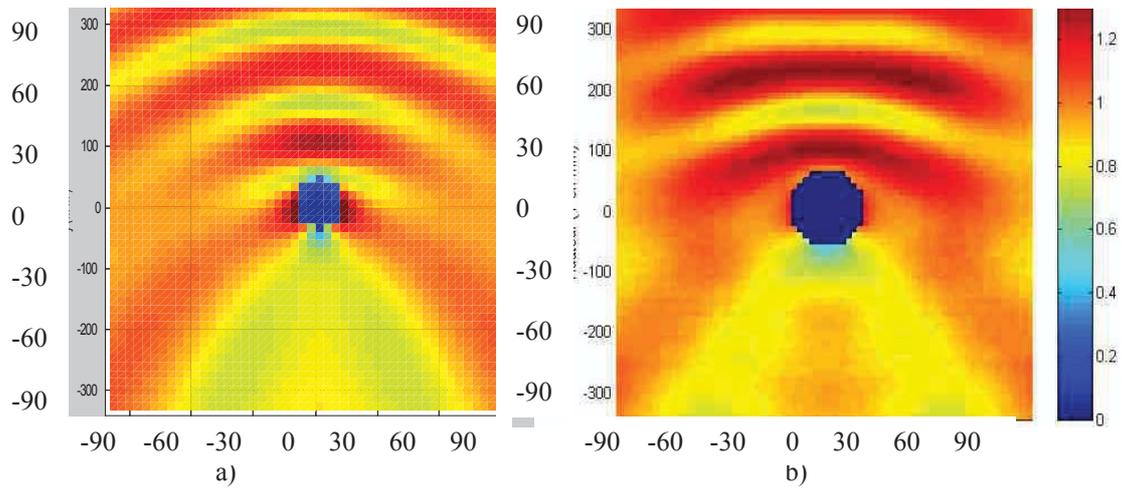


Figure 2 : Champ électrique normalisé dans le plan médiateur du fantôme à 400MHz en polarisation TE. : a) simulations numériques b) expérimentation.

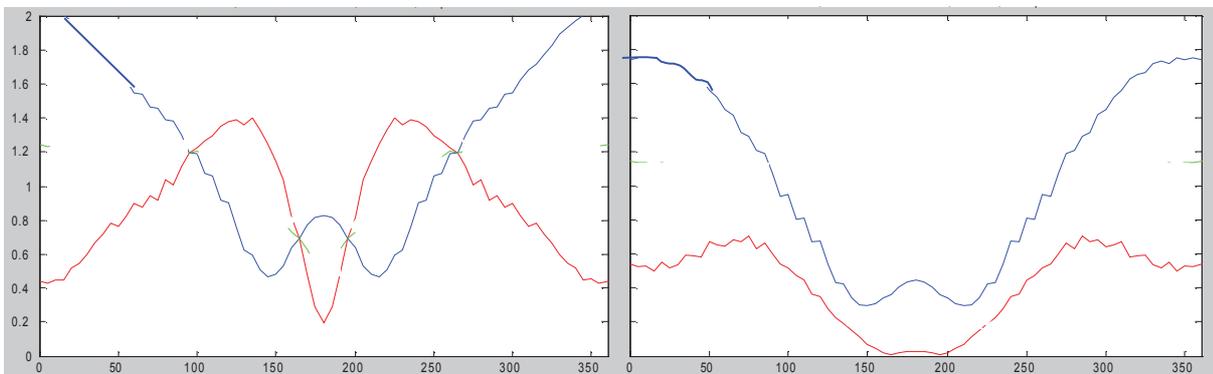


Figure 3 : Champs électrique (courbe rouge) et magnétique (courbe bleue) à 3cm autour du fantôme à 400MHz pour les deux polarisations.

On réalise ensuite pour chacun des deux fantômes et chaque fréquence une moyenne sur les champs électrique et magnétique normalisés obtenu pour toutes les valeurs des autres paramètres. On constate que pour toutes les fréquences les champs électrique et magnétique normalisés moyens sont de l'ordre de 0,8 (figure 4), correspondant à une sous estimation des champs de l'ordre de 20%.

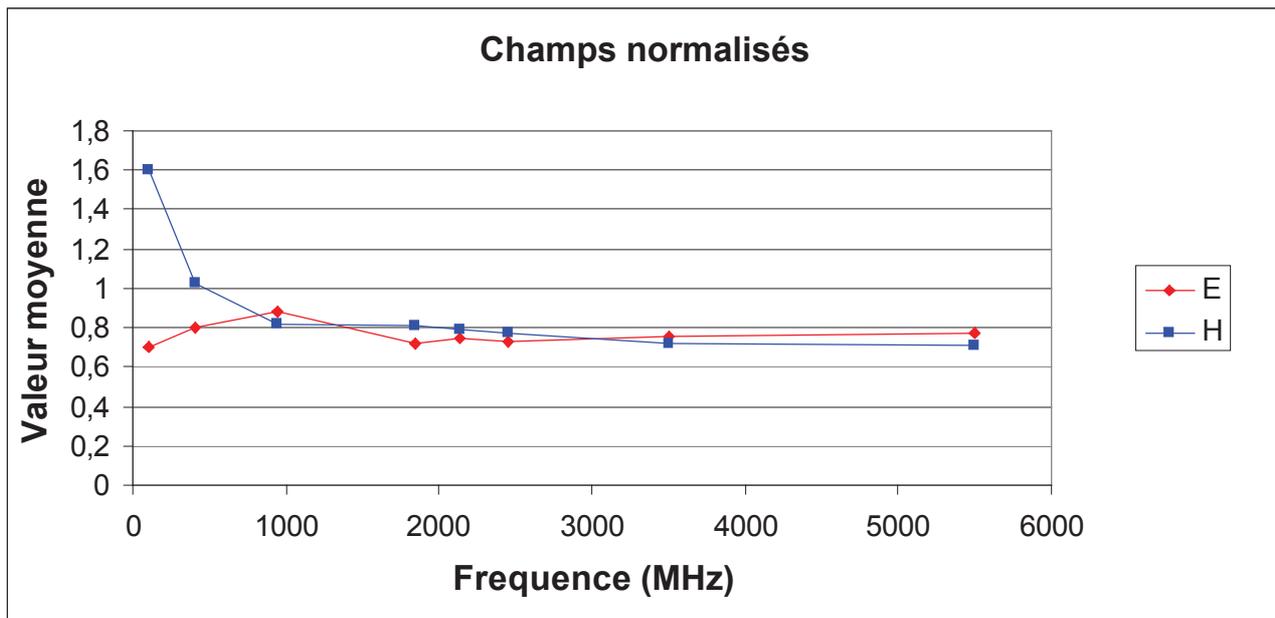


Figure 4 : Champs électrique (E) et magnétique (H) normalisés moyennés sur toutes les configurations pour le fantôme cylindrique-elliptique.

## 2. Conclusion

Les dosimètres radiofréquences mesurent les niveaux de références, et plus précisément le champ électrique. Ces niveaux de référence doivent être mesurés en l'absence de la personne, puisqu'ils correspondent au champ incident. Les dosimètres sont portés près du corps et mesurent donc le champ incident superposé au champ diffracté par le corps de l'utilisateur. Il en résulte une sous-estimation du niveau de l'exposition d'environ 20% en champ et 36% en puissance. Des tests réalisés sur 4 modèles différents de dosimètres [2], dans 3 bandes de fréquence différentes, mettent en évidence l'erreur commise par la présence du corps : dans les 2/3 des cas l'exposition est sous-estimée, la sous-estimation étant en moyenne de 54%.

## Références bibliographiques

- [1] D. Picard, Advanced dosimetric assessment system, 38<sup>th</sup> European Microwave Conference, Amsterdam, The Netherlands, October 2008.
- [2] D. Picard, L. Fouquet, S. Chauvin, Characterization of four different radio frequency dosimeters, 6<sup>th</sup> International Workshop on biological effects of electromagnetic fields, Bodrum, Turkey, 10-14 October 2010.