

# Modélisation de Canal pour Réseaux de Capteurs Corporels à 60 GHz

## Channel modeling for 60 GHz Body Area Networks (BAN)

Julien Sarrazin\*, Theodoros Mavridis\*\*, Luca Petrillo\*\*, Philippe De Doncker\*\* et Aziz Benlarbi-Delai\*

\*Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, UR2, L2E, F-75005 Paris, France

{julien.sarrazin, ahmadreza.jafari, aziz.benlarbi\_delai}@upmc.fr

\*\*OPERA Dpt.-Wireless communications Group, Ecole Polytechnique de Bruxelles, Bruxelles, 1050 Belgique

{tmavridi, lpetrillo, pdedonck}@ulb.ac.be

**Mots clés:** Réseaux de Capteurs Corporel, Modélisation de canal, 60 GHz  
Body Area Networks, Channel modeling, 60 GHz

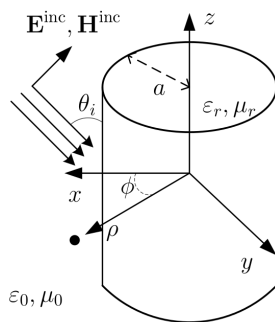
### 1. Introduction

Dans le contexte des réseaux de capteurs corporel (BAN), la propagation des ondes électromagnétiques autour du corps humain à 60 GHz est étudiée. Deux types de communication sont considérés. Le premier consiste en une liaison entre un capteur embarqué sur le corps humain communicant avec un dispositif déporté (communications Off-Body) et le second est une liaison entre deux capteurs, tout deux situés sur le corps humain (communications On-Body). Des modèles de canaux analytiques compatibles avec des techniques de tracé de rayon sont ainsi obtenus permettant d'évaluer les performances des BAN à 60 GHz dans des environnements intérieurs notamment.

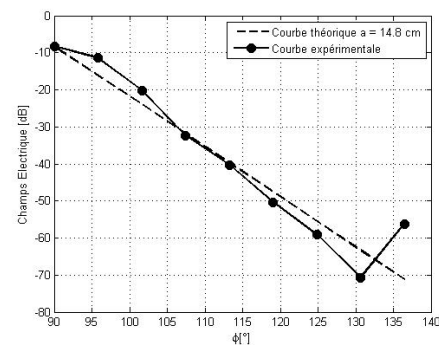
Le paragraphe 1 introduit le modèle de canal développé pour les communications Off-Body alors que le paragraphe 2, présente le modèle On-Body.

### 2. Communications Off-Body

Afin de déterminer analytiquement la propagation des ondes électromagnétiques dans le cadre des réseaux de capteurs corporels, la géométrie complexe du corps humain est approximée à un cylindre diélectrique parfait dont les propriétés électriques sont équivalentes à celles de la peau humaine à 60 GHz ( $\epsilon_r = 7.9753$ ,  $\sigma = 36.397$  S/m). La géométrie considérée est représentée en Figure 1.



**Figure 1 - Géométrie cylindrique émulant le corps humain pour une communication Off-Body**



**Figure 2 - Atténuation en fonction de la rotation du cylindre pour une onde incidente en mode TM**

Afin de déterminer l'atténuation entre une antenne placée sur le corps humain et une antenne déportée, une zone illuminée (pour  $\Phi < \pi/2$ ) et une zone d'ombre (pour  $\Phi > \pi/2$ ) sont tout d'abord considérées. Dans la zone illuminée, le champ reçu au niveau de l'antenne située sur le cylindre est simplement la somme géométrique de l'onde incidente et de l'onde réfléchi par le cylindre comme indiquée par l'équation suivante :

$$\mathbf{E}_{\text{tot}} = \mathbf{E}_{\text{inc}} + \overline{\overline{R}} \mathbf{E}_{\text{refl}}$$

En zone d'ombre, l'antenne reçoit le résultat de la diffraction de l'onde incidente sur le cylindre qui peut être déterminé par la Théorie Uniforme de la Diffraction (UTD) [1] et modélisé par une « onde rampante » [2]. Ainsi, le gain du canal entre l'antenne d'émission et de réception peut s'écrire en dB de la façon suivante [3] (seul l'exemple d'un mode incident TM est ici donné) :

$$P_{dB}(\phi) = P_{dB}^{\pi/2} + n^{TM} \left( \frac{\pi}{2} - \phi \right)$$

où  $n^{TM}$  est le facteur de gain en dB/cm obtenu comme décrit en [3] qui dépend du scénario considéré (dimension du cylindre, espacement entre l'antenne et le cylindre, etc.).

Les résultats obtenus par ce modèle sont comparés avec des résultats de mesures effectués en chambre anéchoïque sur une personne en Figure 2. L'atténuation entre une antenne émettrice déportée et une antenne réceptrice placée sur le corps humain est représentée en fonction de l'angle  $\Phi$  correspondant à la rotation du cylindre ou corps humain sur lui-même. La concordance des résultats montre clairement que ce type de modèle analytique apparaît être un bon candidat pour l'évaluation des communications Off-Body à 60 GHz.

### 3. Communications On-Body

D'une façon similaire, il est possible de déterminer le canal de propagation d'une communication On-Body, c'est-à-dire entre deux antennes placées sur le corps humain. Ce scénario est représenté en Figure 3. Le gain du canal entre l'antenne d'émission et de réception peut s'écrire en dB de la façon suivante [4] :

$$P_{dB}(d) = P_{dB}^0 + 10n^{TM} \log_{10}(d/d_0)$$

où  $n^{TM}$  est le facteur de gain en dB/cm obtenu comme décrit en [4],  $d$  est la distance entre les deux antennes,  $d_0$  est une distance de référence et  $P_{dB}^0$  est le gain de canal à cette distance  $d_0$ .

Les résultats sont représentés en Figure 4. L'atténuation du canal est donnée en fonction de la distance  $d$  entre antennes mais également en fonction de l'angle  $\theta$  formé par les antennes par rapport au centre du cylindre. Les résultats des mesures effectuées sur une personne sont également donnés et une bonne concordance peut être observée. Ainsi, dans le cas de communications On-Body, l'approximation du corps humain par un cylindre diélectrique s'avère également judicieuse.

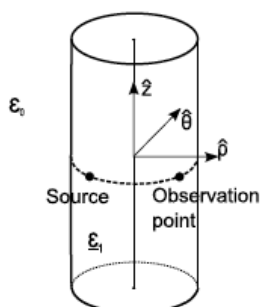


Figure 3 - Géométrie cylindrique émulant le corps humain pour une communication On-Body

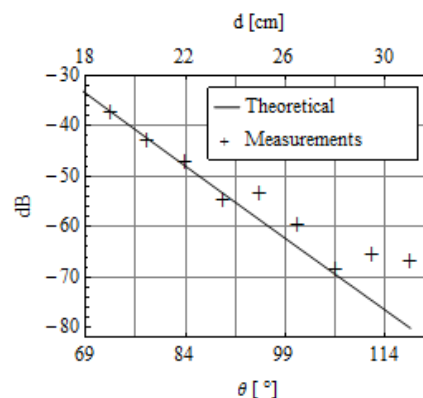


Figure 4 - Atténuation en fonction de la distance entre antennes  $d$  pour une onde incidente en mode TM

### 4. Conclusion

Deux modèles de canaux ont été présentés, capables de prédire l'atténuation entre deux antennes pour des communications Off- et On-Body. Lors de la présentation orale, ces modèles seront utilisés pour évaluer les performances de la bande 60 GHz dans le contexte des réseaux de capteurs corporels.

### 5. Références bibliographiques

- [1] P. H. Pathak, *et Al.*, "A uniform GTD analysis of the diffraction of electromagnetic waves by a smooth convex surface", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol. 28, pp. 631-642, Sep. 1980
- [2] T. Alves, *et Al.*, "Analytical Propagation Modeling of BAN Channels Based on the Creeping-Wave Theory," IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol.59, no.4, pp.1269,1274, April 2011
- [3] T. Mavridis, *et Al.*, "Theoretical and Experimental Investigation of a 60-GHz Off-Body Propagation Model," IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol.62, no.1, pp.393-402, Jan. 2014
- [4] L. Petrillo, *et Al.*, "Analytical creeping waves model at 60 GHz for on-body communications", 7th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), pp.570-573, 8-12 April 2013