

SIMULATION GLOBALE D'OBJETS CONNECTES SUR CORPS HUMAIN PAR LA METHODE TLM

Encadrants : Marylène Cueille (marylene.cueille@unice.fr)
Jean-Lou Dubard (Jean-Lou.Dubard@unice.fr)

Les réseaux WBAN (Wireless Body Area Networks) sont des réseaux de capteurs sans fil interconnectés disposés sur et/ou dans le corps humain. En raison de l'essor de ces nouvelles technologies notamment dans le domaine médical, l'e-santé va avoir un développement exponentiel dans la décennie à venir.

La conception de ces systèmes de plus en plus complexes fait de la simulation numérique un outil nécessaire. Les études sur les systèmes utilisant les ondes électromagnétiques amènent à se poser un certain nombre de questions autour de l'interaction ondes/vivant, nous obligeant à considérer des modèles fortement hétérogènes tel que le corps humain. Il devient donc nécessaire d'évaluer les effets de l'environnement sur les antennes en amont de leur conception afin d'optimiser la transmission entre les divers objets connectés. Dans le cas des applications des réseaux corporels (WBAN), l'effet de la proximité du corps humain sur les antennes se traduit par une altération de leurs performances. Toutes les antennes n'ont pas le même comportement vis-à-vis des nombreux scénarios d'interaction antenne/corps humain. Il faut alors en tenir compte dès la conception de l'antenne.

Le Laboratoire d'Electronique, Antennes et Télécommunications (LEAT) possède une grande expertise sur la conception et la modélisation d'antenne. Son expertise sur la méthode TLM (Transmission Line Matrix method) a permis d'aboutir à la mise au point d'un logiciel performant implanté sur calculateurs parallèles et permettant la simulation multi-physique et multi-échelle d'antennes complexes. Ce logiciel ouvre des perspectives quant à la simulation globale d'un réseau de capteurs sans fil déployés sur et dans le corps humain. Dans ce cas, l'aspect sanitaire ne peut être ignoré. Nombres d'études sont menées pour juger de leur degré de nocivité. Elles ont pour but de fixer des niveaux limites d'exposition et de prévenir les risques en ce qui concerne l'exposition des personnes. Dans ce domaine, la simulation numérique se révèle être un outil particulièrement puissant permettant la quantification des champs et puissances induites dans les tissus ce qui permet de définir les normes et recommandations basées sur les effets liés à la température.

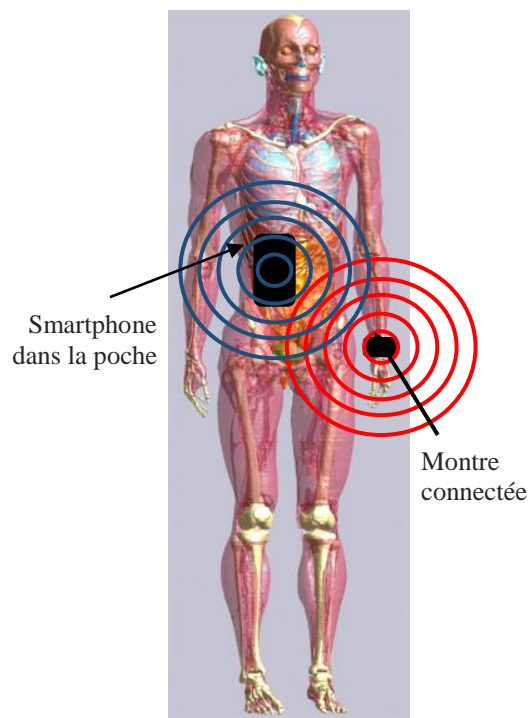


Figure 1 : Simulation du corps humain (Duke V2.0) en présence d'objets connectés [ITIS]

Dans la plupart des études sur la conception des WBAN, les antennes sont optimisées via la simulation numérique. Les travaux menés à ce jour sur les WBAN présentent des modèles validés sur des phantoms simplifiés et homogènes [Alves, 2011], [Petrillo, 2014]... Des modèles un peu plus sophistiqués consistent à utiliser des phantoms hétérogènes composés de plusieurs couches de tissus [Klemm, 2005], [Kim, 2011], [Kumar, 2014]... Or, Chandra et al [Chandra, 2013] ont montré que pour une estimation fiable de l'atténuation du signal dans le corps humain, il était nécessaire de considérer les bras en plus du torse, mais là encore le modèle est homogène et consiste en une approximation elliptique pour le torse et circulaire pour les bras. Ainsi, nombres d'applications sont développées sans toutefois prendre totalement en compte l'ensemble des contraintes liées au vivant. De plus, les études citées ici n'ont porté que sur le DAS sans toutefois évaluer l'élévation de température qui constitue le paramètre caractéristique du point de vue sanitaire. Il devient donc nécessaire de pouvoir simuler un corps humain réaliste afin de prendre en compte l'environnement complet pour étudier toutes les interactions.

Les récents développements du « code TLM » ([Makhlouf, 2015], [Makhlouf1, 2016], [Makhlouf2, 2016]) permettent de simuler, dans le même domaine de calcul, des antennes et des modèles complexes de corps humains type DUKE (Fig.1). Il est ainsi possible d'optimiser les caractéristiques radioélectriques d'antennes en tenant compte de la présence du corps humain. D'autre part, la multiplication des objets connectés et leurs interactions peuvent être à l'origine d'interférences susceptibles de présenter de forts niveaux de champs à des endroits localisés dans les tissus. Un des enjeux vise à quantifier ces phénomènes du point de vue dosimétrique et thermique.

L'objectif de cette thèse est donc de mettre à profit les dernières évolutions du code pour l'étude de la transmission globale entre plusieurs objets connectés (Fig.1) en présence du corps humain. Le laboratoire est déjà très impliqué dans ces problèmes et est amené à développer des éléments rayonnants spécifiques pour implantation dans des milieux biologiques (in vivo) ou de surface. Les simulations effectuées au cours de ces travaux de thèse, devront permettre :

- de mettre en évidence l'effet de la présence de milieux biologiques.
- d'optimiser les dispositifs en tenant compte de l'environnement
- de compléter l'étude par un aspect sanitaire en donnant les éléments de DAS et en quantifiant l'élévation de température dans les tissus.

Il pourra être intéressant d'étudier la transmission dans le cas de personnes côte à côte pour tester l'influence des objets connectés entre eux lors de rassemblement. Par ailleurs, le développement de « PML thermique » pourra être envisagé si nécessaire.

Bibliographie :

[ITIS] : <http://www.itis.ethz.ch/virtual-population/virtual-population-cvip-vip/cvip3-and-vip1/>.

[Klemm, 2005] Maciej Klemm, István Z. Kovcs, Gert F. Pedersen, and Gerhard Tröster : « Novel small-size directional antenna for UWB WBAN/WPAN applications », IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 53, NO. 12, DECEMBER 2005.

[Kim, 2011] : Uisheon Kim and Jaehoon Choi : « Wireless Technologies Design of a Microstrip Patch Antenna with Enhanced F/B for WBAN Applications », IEICE TRANS. COMMUN., INVITED PAPER, VOL.E94-B, NO.5 MAY 2011

[Kumar, 2014] Vivek Kumar et Bharat Gupta : « Swastika Slot UWB Antenna for Body-worn Application in WBAN », Medical Information and Communication Technology (ISMICT), 2014

[Alves, 2011] Thierry Alves, Benoît Poussot, and Jean-Marc Laheurte, Analytical. « Propagation Modeling of BAN Channels Based on the Creeping-Wave Theory », IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 59, NO. 4, APRIL 2011.

[Petrillo, 2014] Luca Petrillo, Theodoros Mavridis, Julien Sarrazin, David Lautru, Aziz Benlarbi-Delaï, and Philippe De Doncker : « Analytical Creeping Wave Model and Measurements for 60 GHz Body Area Networks » IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 62, NO. 8, AUGUST 2014.

[Chandra, 2013] R. Chandra and A. J. Johansson, « An Analytical Link-Loss Model for On-Body Propagation Around the Body Based on Elliptical Approximation of the Torso With Arms' Influence Included », IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, VOL. 12, 2013.

[Makhlouf, 2015] Oualid Makhlouf, Marylene Cueille, and Jean-Lou Dubard. "A New TLM Algorithm to Solve the Pennes's Equation for Dosimetry Applications." In Microwave Conference (EuMC), 2015 European, 995–98, 2015. doi:10.1109/EuMC.2015.7345933.

[Makhlouf1, 2016] Oualid Makhlouf, Marylene Cueille, and Jean-Lou Dubard. "An unconditionally stable thermal TLM algorithm for dosimetric applications" In Proceedings of the 10th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP)

[Makhlouf2, 2016] Oualid Makhlouf, Marylene Cueille, and Jean-Lou Dubard. "TLM Computation of Temperature Distribution in Human Head Exposed to Electromagnetic Waves" In 2016 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI)