

Environnement 3D de Simulation Electromagnétique pour l'Optimisation des Radiocommunications des Objets Connectés

1. Objets connectés et onde RF en deux mots

Les IoT (Internet of Thing) changent notre quotidien. Dans le projet HOROCH [1], nous nous intéressons tout particulièrement aux objets connectés proches du corps humain.

Les Wearables et Implantables sont partout (Quantified-Self, E-Health).

Sur le segment des Wearables nous identifions trois principaux enjeux autour des radiofréquences (RF) :

- La maîtrise de la qualité des communications fortement perturbée par la présence du corps humain ;
- L'optimisation de la longévité des batteries décuplant l'expérience utilisateur ;
- La simplification du processus permettant d'obtenir les certifications radiofréquences indispensables pour la commercialisation.

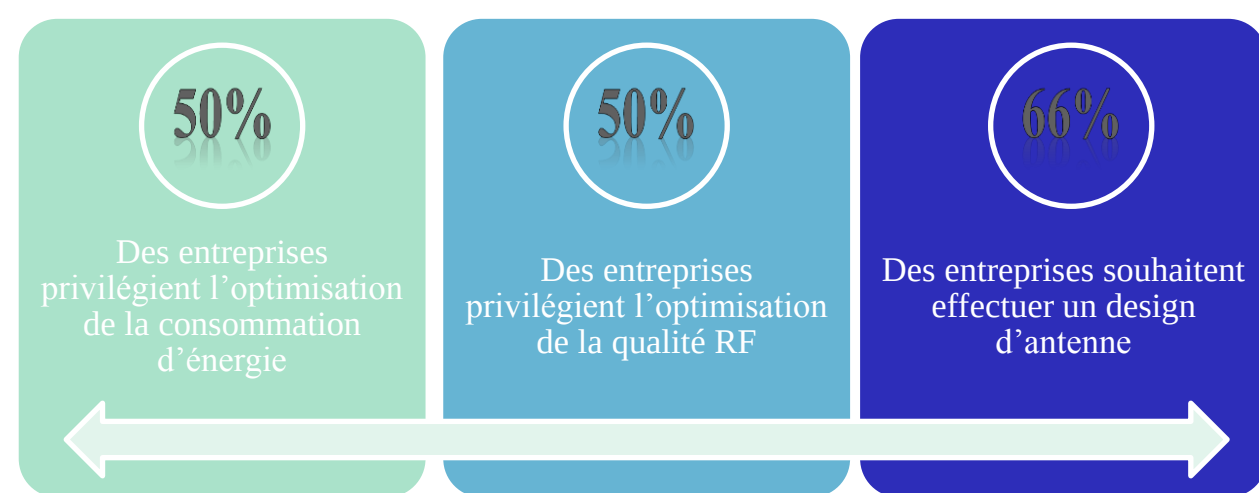


Fig. 1. Extrait de l'étude de marché Thales sur un segment de la santé connectée [1]

3. Pas de simulation numérique efficace sans une géométrie représentative

- Nous avons travaillé avec l'IRCAD [2] et VisiblePatient [3] pour réaliser la segmentation du mannequin Kyoto de Thalès.
- L'objectif est d'avoir une représentation triangulaire 3D du corps la plus adaptée au calcul numérique électromagnétique.
- Construction de 4 maillages numériques (avant bras, buste, corps entier homogène et avec organes)

Fig. 3. Numérisation du mannequin Kyoto dans un X-ray CT à l'IRCAD (gauche) et reconstruction 3D de la densité du modèle sous forme de Voxel (droite).

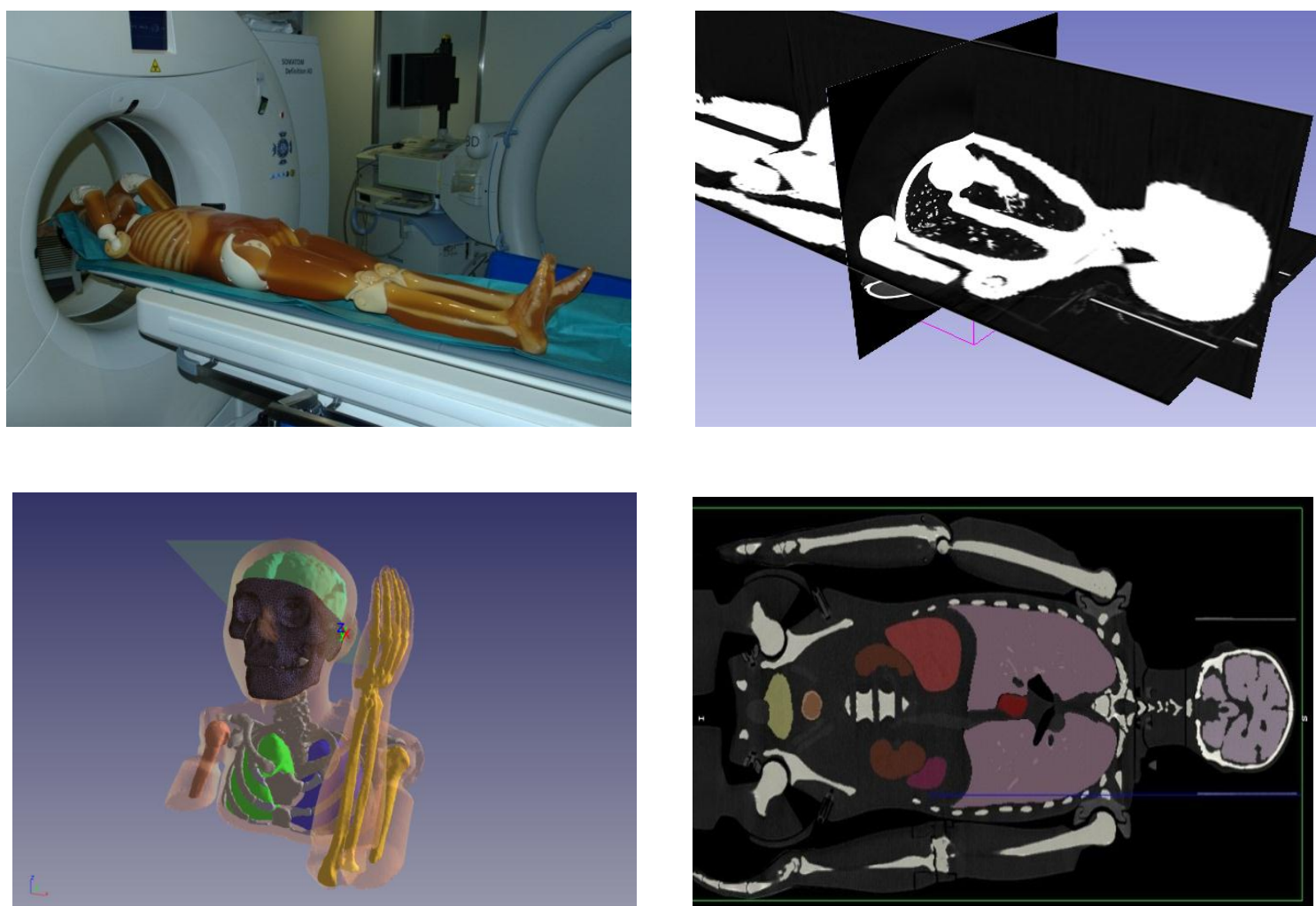


Fig. 3. Segmentation des organes en superposition du scan 3D (droite) et leur reconstruction surfacique 3D pour la simulation numérique

4. Modélisation des tissus

Le corps humain est un système complexe composé d'un ensemble d'organes, tissus et fluides jouant tous un rôle particulier dans le fonctionnement du métabolisme.

D'un point de vue électromagnétique, ces tissus n'interagissent pas de la même manière avec les ondes. Notre analyse bibliographique [4] nous a conduit à la classification suivante :

- Les tissus adipeux – graisse (faible teneur en eau);
- Les tissus conjonctifs solidifiés – Os ;
- Les tissus musculaires ;
- Organes filtrants et bileux qui peuvent avoir de fortes densités de certains minéraux et métaux ;
- Le tube digestif contenant le bol alimentaire dans ces différentes phases ;
- Les poumons dont les propriétés électriques varient fortement en fonction du cycle respiratoire (gorgées d'air ou d'eau)

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] M.VIGUIER : projet HOROCH, DGE, 2015
 [2] IRCAD Institut de Recherche contre les Cancers de l'Appareil Digestif - <http://www.ircad.fr/>
 [3] Visible Patient développe des solutions techniques pour la chirurgie guidée par l'image - <https://www.visiblepatient.com/>
 [4] S Gabriel, R W Lau, and C Gabriel. The dielectric properties of biological tissues : II. measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz. Physics in Medicine and Biology, 41 (11) : 2251, 1996.
 [5] IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz–300 GHz.

2. L'environnement 3D de simulation numérique

La simulation numérique s'est imposée comme complément au moyen expérimental plus conventionnel car elle permet :

- d'anticiper et de prévoir les comportements dès les phases de design ;
- de s'affranchir des restrictions/complexités associées à des essais en présence du porteur ;
- de réduire les coûts et le time to market.

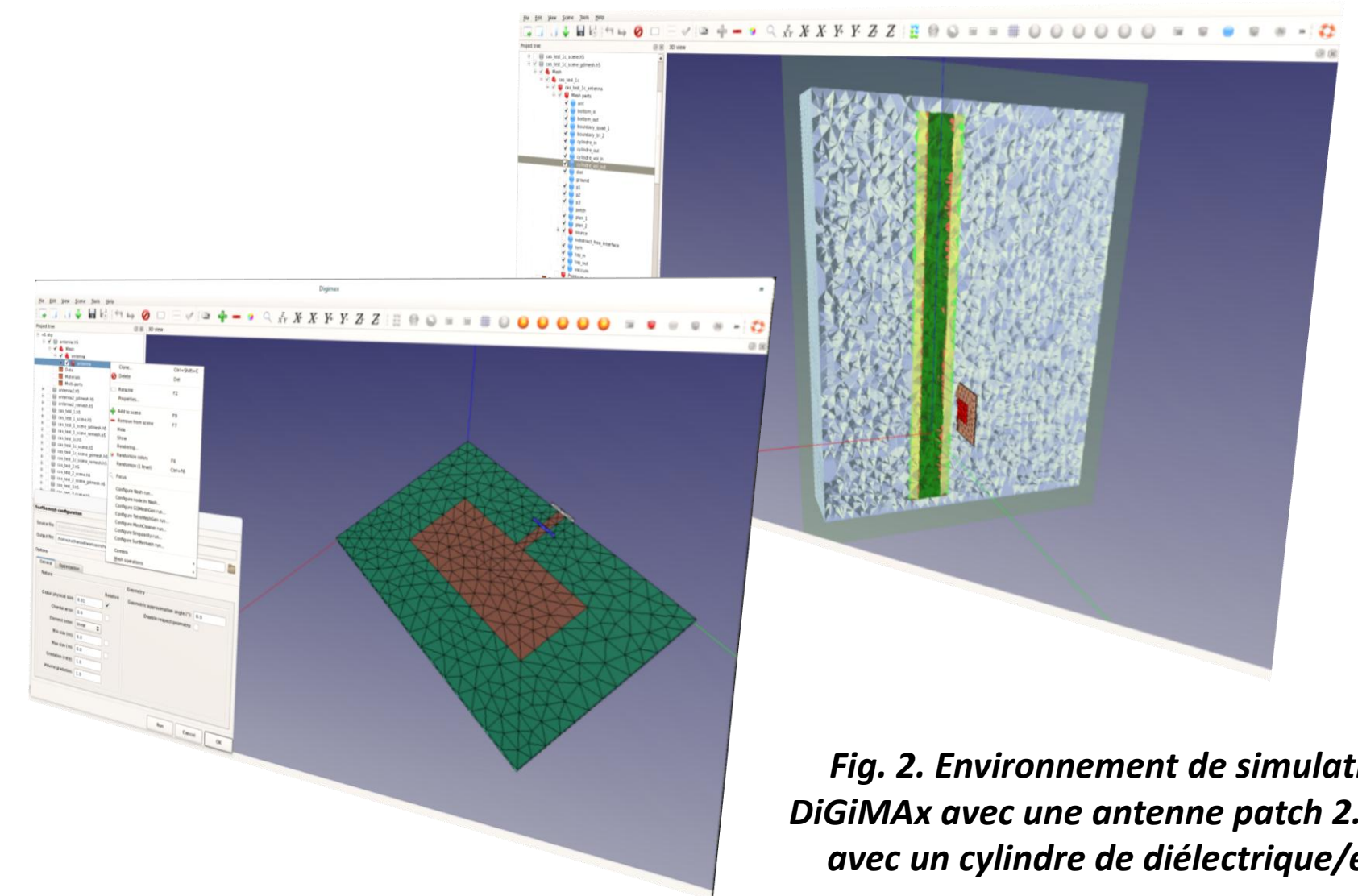


Fig. 2. Environnement de simulation DiGiMAx avec une antenne patch 2.5GHz avec un cylindre de diélectrique/eau

5. Moteur de calcul haute performance

La résolution de la propagation des ondes électromagnétiques dans le corps humain nécessite une forte résolution permettant de prendre en compte la complexité géométrique.

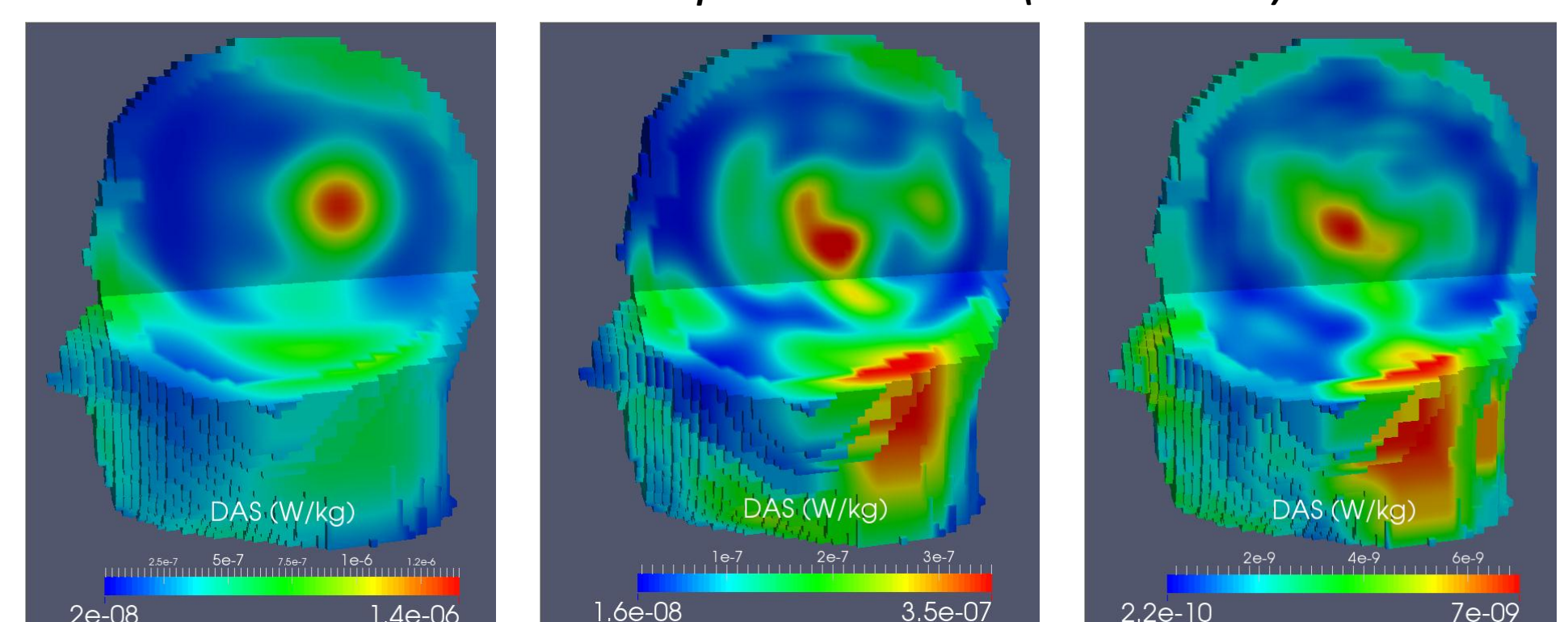
Notre solution se base sur deux socles apportant précision et performance.

- La précision est garantie par un moteur de calcul numérique issu des dernières innovations en matière de mathématiques appliquées à l'électromagnétisme (Galerkin Discontinu dans le Domaine Temporel - DGTD)
- Avec des performances garanties en nous appuyant sur une mise en œuvre rigoureuse des techniques de calcul haute performance HPC sur GPU (OpenCL) et sur une architecture hautement parallèle (Cluster).

6. DAS critère normatif

Le DAS (Débit d'Absorption Spécifique) est le critère prescriptif que l'on retrouve dans toute norme. Le DAS mesure la quantité d'énergie EM absorbée par les tissus humains. Il n'est pas toujours évident à mesurer.

Fig. 4. Représentation du DAS moyen 10g suivant le standard IEEE [5] à 500MHz, 1GHz et 2GHz (de gauche à droite). Zone chaude dans la tête et renforcement du DAS sous cutané dans la zone proche de l'antenne (ELPOSED 1GHz)



7. Conclusion

- Secteur des IoT très concurrentiel et pour les Wearables :
 - La qualité RF et l'optimisation de la consommation sont de véritables enjeux déterminants.
 - La prise en compte du corps humain est un facteur primordial.
- La simulation numérique permet une meilleure maîtrise des risques et de faire les bons choix dès les phases de design et ainsi être différenciateur (innovation, optimisation) ;
- L'environnement de simulation issu du projet Horoch offre une solution unique par sa précision et ses performances grâce à son solveur DGTD.