

Les champs électromagnétiques basses fréquences et le corps humain

Riccardo Scorretti

▶ **To cite this version:**

Riccardo Scorretti. Les champs électromagnétiques basses fréquences et le corps humain : Vêtement instrumenté pour la caractérisation de l'exposition humaine à des champs magnétiques basse fréquence. Les cahiers de la Recherche : Santé, Environnement, Travail, 2022, La santé au travail, 19, pp.21-23. anses-03911070

HAL Id: anses-03911070

https://anses.hal.science/anses-03911070

Submitted on 22 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les champs électromagnétiques basses fréquences et le corps humain

Vêtement instrumenté pour la caractérisation de l'exposition humaine à des champs magnétiques basse fréquence

Riccardo SCORRETTI, École centrale de Lyon, Laboratoire Ampère, Écully

Équipe partenaire : **Fabio Freschi**, Politecnico di Torino, Italie

Étude de faisabilité (depuis 2018) – Financement : 40.564 € – Contact : riccardo.scorretti@ec-lyon.fr

Mots-clés : exposition professionnelle, champ électrique, champ magnétique, basse fréquence, modélisation, mesure, dosimétrie, électromagnétisme, simulation, corps humain, modèle anatomique, fantôme imagerie

Du fait de l'utilisation toujours croissante de l'énergie électrique et de technologies sans fil, nous vivons dans un environnement où nous sommes constamment exposés à un mélange complexe de champs électriques et magnétiques. Au domicile comme au travail, ces champs électromagnétiques peuvent couvrir différentes fréquences selon les sources[68]. Les effets sur la santé d'une exposition à très long terme à ces champs ne sont pas encore bien établis.

Contrairement aux rayonnements ionisants[69], ces champs électromagnétiques (CEM) sont beaucoup « trop faibles (selon l'OMS) pour avoir des effets marqués ». Dans le cas du corps humain, leur propagation dépend de leur fréquence[70] :

- Avec les hautes fréquences (téléphonie mobile, etc.), les CEM sont partiellement absorbés et s'atténuent au fur et à mesure qu'ils pénètrent dans le corps (les interactions sont plus importantes en surface) ;
- Aux basses fréquences, les CEM passent à travers l'organisme et provoquent la circulation de courants à l'intérieur du corps ;
- Aux extrêmement basses fréquences (appelées ELF = jusqu'à 300 Hz), les CEM sont soupçonnés de provoquer des leucémies infantiles et sont classés, depuis 2011, par le CIRC comme étant « peut-être cancérogènes » pour l'homme (groupe 2B). Il convient de rappeler que ce classement concerne l'état des connaissances scientifiques, et non pas le niveau de danger lié à l'exposition.

Si les effets des CEM basses fréquences à court terme sont relativement connus (de type « sensoriels »), il n'existe pas actuellement de consensus sur les effets à long terme, malgré les efforts de la recherche.

Le principe de précaution

Les interactions entre les CEM et le corps humain sont complexes et dépendent de plusieurs paramètres :

- L'intensité, la fréquence et l'orientation du CEM auquel le tissu biologique est exposé ;
- Les caractéristiques du tissu biologique (ex. conductivité, géométrie, perméabilité magnétique) ;
- Le couplage entre le CEM et le corps (tissus biologiques, organes…), plus ou moins important en fonction des positions respectives.

Étant données les difficultés à mesurer ces effets induits par les CEM basses fréquences à l'intérieur du corps humain et les inquiétudes associées, les pouvoirs publics ont défini des valeurs limites d'exposition (VLE) très conservatives, qui garantissent l'absence d'effet – tout de même en ce qui concerne l'exposition à court terme.

[68] Ex. appareils électroménagers, ordinateurs, téléphones mobiles…

[69] Ex. rayons ultraviolets, rayons gamma émis par les matières radioactives, rayons X…

[70] La fréquence, exprimée en Hertz (Hz), indique le nombre d'oscillations par seconde.

La dosimétrie numérique

Dans le cadre professionnel, la réglementation[71] impose à l'employeur de procéder à une estimation du niveau d'exposition des travailleurs, dès lors que les niveaux de champ magnétique dépassent un certain seuil (ou VLA)[72]. Lorsqu'il est impossible de procéder autrement, il est nécessaire de calculer le champ électromagnétique à l'intérieur même du corps humain par des techniques de dosimétrie numérique, afin de vérifier que les VLE ne sont pas dépassées.

L'utilisation de techniques de dosimétrie numérique consiste à réaliser des simulations avec des modèles anatomiques très détaillés du corps humain (appelés « fantômes ») afin de calculer le CEM, qui n'est pas mesurable à l'intérieur de dernier. Il s'agit d'une approche longue et complexe, car il faut non seulement caractériser le champ électromagnétique auquel le travailleur est exposé et tenir compte également de son poste de travail et de la position de son corps en conditions réelles.

Tous les fantômes existants sont donnés dans une position figée, debout avec les bras le long du corps. Il est donc nécessaire de disposer de nouveaux outils ou modèles permettant de simuler les interactions entre l'exposition en basse fréquence (50-100 kHz) et le corps humain, en fonction des postes occupés.

Le projet de recherche : IWW

Des techniques existent pour déformer ces fantômes de manière à obtenir telle ou telle posture. Mais, elles introduisent parfois des déformations non réalistes du corps, surtout en ce qui concerne les articulations (deformation des os, et d'autres artefacts numériques).

Le projet IWW a pour objectif de simplifier le calcul du champ électrique induit dans le corps humain par un camp magnétique basse fréquence, dans le cas où le corps du travailleur se trouve dans une posture compliquée.

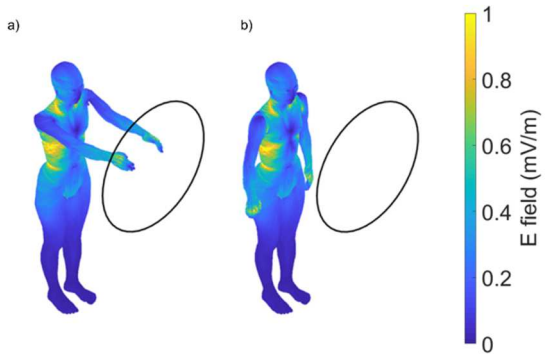


Illustration 17 : Calcul de CEM réalisé avec l'approche traditionnelle (a) et sans posturer le fantôme (b) – Crédits : Riccardo Scorretti

Méthodologie

L'idée consiste à observer qu'en électromagnétisme, une déformation de l'espace est *mathématiquement* équivalente à une modification des propriétés des matériaux (Ex. la présence d'un blindage magnétique est mathématiquement équivalente à une dilatation de l'espace ; c'est-à-dire que le CEM en présence d'un blindage est le même auquel on serait exposé sans blindage, mais à une distance beaucoup plus importante). Il est donc possible de remplacer un calcul compliqué sur un fantôme « posturé »[73] par un calcul réalisé sur un fantôme non déformé, à la condition de modifier de manière appropriée, les valeurs de conductivité des tissus et l'expression du champ magnétique « source ».

Résultats

Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet démontrent clairement la faisabilité de cette approche computationnelle (par logiciel dosimétrique). Ils confirment en particulier,

[71] Directive européenne 2013/35/CE transposée aux articles R.4453-1 à R.4453-34 du Code du Travail (en vigueur depuis le 1er janv. 2017)
[72] Valeur déclenchant l'action.
[73] Déformé de sorte à ce qu'il représente le travailleur dans une posture réaliste.

qu'il est possible de calculer avec une très bonne précision le champ électrique induit dans le corps humain dans une position quelconque en utilisant les fantômes « non posturés », et ce même en utilisant une source de champs approximative.

Publications :

Gubernati, A. C., Freschi, F., Giaccone, L., Scorretti, R., Seppecher, L., & Vial, G. (2020). Modeling of exposure to low-frequency electromagnetic fields of workers in arbitrary posture. IEEE Transactions on Magnetics, 56(2), 1-4. DOI: 10.1109/TMAG.2019.2949391