



Document préparé par le **B**elgian **B**io**E**lectro**M**agnetics **G**roup (BBEMG)

Au 19e siècle, au début de l'ère électrique, les partisans du transport de l'électricité en courant alternatif (50/60 Hz) l'ont emporté sur les partisans du transport en courant continu (0 Hz). Malgré tout, la très haute tension continue est utilisée pour des transports sur de très longues distances, notamment sous la mer et pour interconnecter des réseaux de fréquences différentes (par exemple au Japon, pour l'interconnexion entre les réseaux 50 Hz au nord et 60 Hz au sud).

Et la situation continue à évoluer. En effet, la nécessité de l'interconnexion entre les pays pour assurer les échanges d'électricité (par exemple interconnexion Nemo Link®¹ en mer du Nord et interconnexion ALEGrO²) ainsi que la délocalisation des sites de production d'électricité (par exemple le parc éolien en mer du Nord) impliquent le développement de liaisons électriques sur de longues distances, qui sont plus efficaces en courant continu. Par ailleurs, en Belgique par exemple, les trains, hors TGV, fonctionnent également en courant continu.

Note : Des informations plus complètes sur les défis du transport en alternatif et en continu sont disponibles à la page [Trajet de l'électricité](#).

Voyons ici comment les champs électriques et magnétiques statiques peuvent interagir avec notre corps.

Les champs statiques...

Un champ statique est un champ qui ne change pas de sens, contrairement aux champs du réseau électrique (50/60 Hz) ou aux champs radiofréquences (GHz). Ce champ est soit électrique (CE), soit magnétique (CM).

L'intensité du CE statique dépend de la tension, alors que l'intensité du CM statique dépend de la force d'un aimant ou de l'intensité du courant qui circule.

1 Champ électrique statique (ou électrostatique)

Il existe un champ électrique statique naturel à la surface de la terre. Il est créé par la différence de potentiel entre la haute atmosphère (l'ionosphère, chargée positivement) et la terre (chargée négativement). Par temps calme, ce champ électrique est de l'ordre de **100 à 150 V/m**, mais en cas d'orage, il peut atteindre **15 à 20 kV/m** (soit 15 000 à 20 000 V/m).

Le CE statique est également à l'origine de ce que nous appelons les décharges électrostatiques que nous ressentons parfois en descendant de notre voiture par temps froid et sec. Ces décharges sont dues à la génération d'un champ électrique entre la voiture et notre corps, la main par exemple. Si le champ est suffisamment grand, c.à.d. s'il dépasse le champ de claquage de l'air (environ 300 kV/m en fonction de l'humidité de l'air, de la pollution...), l'air devient conducteur et les charges accumulées par la voiture vont s'écouler instantanément vers le sol. Le CE statique au niveau de la main atteint des valeurs supérieures au champ de claquage de l'air.

Les CE statiques qui peuvent être mesurés sous des lignes de transport de l'électricité ou des lignes de train sont respectivement de l'ordre de 20 à 30 kV/m et de 600 V/m. Il faut savoir que ce sont des valeurs maximales, mesurées en l'absence de tout obstacle car le CE est facilement atténué.

¹ <http://www.nemo-link.com/fr/>

² <http://www.elia.be/fr/projets/projets-reseau/alegro/alegro-content>

Lorsque nous voyageons en train, nous pouvons nous trouver dans des CE statiques de l'ordre de 300 V/m (Source : ICNIRP).

2 Champ magnétique statique

Les CM statiques sont typiquement ceux qu'on mesure entre les deux pôles d'un aimant. Parmi les aimants que nous utilisons au quotidien, les intensités sont de l'ordre de 10 mT (10 000 μ T).

Notre terre est un formidable aimant qui, grâce aux lignes de force du CM statique entre ses deux pôles, nous protège des radiations venues de l'espace. Le champ géomagnétique est de l'ordre de **45 μ T** en Belgique. Parmi les appareils médicaux, l'IRM utilise un super aimant dont l'intensité peut varier entre **1,5 et 10 T** (1 500 000 et 10 000 000 μ T).

A proximité des installations électriques en courant continu, on peut mesurer des CM statiques de l'ordre de quelques dizaines de μ T sous les lignes de transport d'électricité et de l'ordre de 200 μ T sous une ligne de train. Quand on s'éloigne de 5 mètres, on obtient des valeurs inférieures à 10 μ T pour les lignes de transport de l'électricité et de l'ordre de 100 μ T pour les lignes de train.

Dans un train, le CM statique est de l'ordre de 40 μ T. Des valeurs maximales de 120 μ T ont été mesurées dans les locomotives alimentées en courant continu (tension de 3 kV DC comme en Belgique, mesures réalisées dans des trains russes et italiens).

Comment les champs électriques et magnétiques statiques peuvent-ils interagir avec notre corps ?

1 Champ électrique statique (ou électrostatique)

La particularité du CE statique est d'exercer des forces sur les particules chargées (charges électriques positives ou négatives).

Le CE statique ne pénètre pas dans notre corps. Au contraire, il induit à la surface du corps un déplacement des charges électriques qui sera perçu par exemple au niveau des poils ou des cheveux. Il est également responsable des décharges électrostatiques.

A haute intensité, nous pouvons ressentir le CE statique au niveau des poils ou des cheveux.

(Source: Maison de la Science, Université de Liège)



2 Champ magnétique statique

Le CM statique exerce des forces sur les métaux (cf. aimant) et sur les charges électriques en

mouvement.

En agissant sur les métaux, un champ magnétique élevé peut interférer avec un dispositif médical implanté, comme par exemple un pacemaker, contenant un matériau métallique. Par ailleurs, l'hémoglobine, une protéine présente dans nos globules rouges utile dans le transport de l'oxygène dans l'organisme, contient du fer, de même que la ferritine, une autre protéine qui stocke le fer dans notre organisme (le dosage de la ferritine permet le dépistage des carences ou surdosages en fer). Ces protéines pourraient être sensibles au champ magnétique statique, mais leur très petite taille rend improbable la possibilité d'un effet. De même, de la magnétite (oxyde de fer Fe_3O_4) a été mise en évidence chez certains animaux. Elle serait impliquée dans le comportement migrateur de plusieurs d'entre eux. Sa présence chez l'homme n'est pas confirmée à ce jour (voir l'encart ci-dessous).

Sensibilité magnétique - Notre corps est soumis depuis toujours au champ géomagnétique terrestre. Y sommes-nous sensibles ?

La capacité de détecter le champ géomagnétique est l'un des éléments qui expliquent la migration de certains animaux (oiseaux, poissons...). Cette magnéto-réception serait due d'une part à la présence de cristaux de magnétite et d'autre part à des protéines appelées cryptochromes, présentes notamment dans la rétine.

Des cristaux de magnétites ont été détectés chez de nombreux animaux, migrants ou non, mais leur présence n'est pas confirmée chez l'homme. Ils réagissent comme les aiguilles d'une boussole et peuvent donc s'orienter par rapport au champ géomagnétique.

De nombreuses expériences ont montré que la magnétite n'était pas la seule à être impliquée dans le comportement migratoire. En effet, la rétine contient une protéine (cryptochrome) sensible à la lumière et qui est chez certains animaux un magnéto-récepteur. Cette protéine est également présente chez l'homme. Elle est impliquée dans la régulation des rythmes et n'aurait pas ou plus de fonction liée au magnétisme terrestre.

Certains animaux présentent une sensibilité au champ géomagnétique sans être migrants. Le sens magnétique pourrait donc également participer de façon plus générale à la reconnaissance spatiale (J Vanderstraeten, 2013).

Arrêtons-nous maintenant sur la seconde particularité des CM statiques, c.à.d. leur action sur les charges en mouvements. Deux situations ont été bien étudiées :

- **Lorsque nous sommes immobiles dans un CM statique élevé**, des charges électriques sont malgré tout en mouvement dans notre corps : les charges présentent dans le flux sanguin notamment. Les interactions sont extrêmement faibles, mais des modélisations ont montré une modification de la vitesse de déplacement du sang dans les gros vaisseaux soumis à un champ statique perpendiculaire.
- **Lorsque nous nous déplaçons dans un champ magnétique élevé**, c'est l'inverse qui se produit, le CM statique pourra agir sur les liquides statiques de notre organisme, par exemple sur les liquides de l'oreille interne impliqués dans l'équilibre. Cette interaction peut engendrer des sensations de vertiges ou de nausées (WHO, 2006).

Ces effets ne surviennent qu'en présence de CM statiques particulièrement élevés, supérieurs à quelques teslas, et ils sont temporaires, c.à.d. qu'ils disparaissent lorsqu'on s'éloigne de la source.

Que disent les études sur les effets des champs statiques sur la santé ?

Relativement peu d'études ont été menées sur l'exposition aux champs statiques. Elles concluent globalement à l'absence d'effet sur la santé.

1 Champ électrique statique (ou électrostatique)

Les seuls effets retenus sont les perceptions des mouvements des poils et les décharges électrostatiques en présence de champs élevés. Il s'agit d'effets liés à une exposition aigue. A ce jour, aucune étude n'a été menée sur les effets à long terme des CE statiques.

2 Champ magnétique statique

Les chercheurs ont étudié de nombreux effets potentiels sur la santé, comme par exemple des effets sur la fertilité, la croissance et le développement, sur le cancer, sur le système cardiovasculaire, sur le système nerveux, sur la fonction cognitive... (Health Protection Agency, 2008). Ils ont travaillé sur les cellules et sur les animaux et ont également mené des études expérimentales ou épidémiologiques chez l'homme.

A part les effets temporaires comme les vertiges ou nausées, les diminutions transitoires de performance ... rapportés par les personnes se déplaçant dans des CM statiques élevés, les études ne concluent pas à un effet sur la santé. Ce sont ces effets temporaires qui sont retenus car ils peuvent entraîner une inquiétude chez les personnes qui en sont victimes.

Les résultats ne permettent pas de conclure sur des effets à long terme comme le cancer. Des études sont encore nécessaires afin de déterminer les effets des CM statiques très intenses et l'exposition à long terme.

Recommandations

1 Champ électrique statique (ou électrostatique)

Les directives actuelles ne recommandent pas de limiter les niveaux de CE statiques.

2 Champ magnétique statique

L'ICNIRP (2009) recommande les limites suivantes:

- pour les travailleurs : 2T pour la tête et le tronc 8T pour les autres membres
- pour la population générale : 400 mT pour toutes les parties du corps

Pour les appareils médicaux électroniques implantés, la limite est fixée à 0,5 mT.

La directive européenne 2013/35/UE pour la protection des travailleurs préconise les mêmes valeurs que l'ICNIRP. De plus, dans les environnements professionnels, une exposition jusqu'à 8 T est tolérée pour l'ensemble du corps, si l'environnement est contrôlé et les pratiques de travail adaptées afin de réduire la vitesse d'exécution et les déplacements dans de tels champs.

Références

Contessa GM, Falsaperla R, Brugaletta V, Rossi P. Exposure to magnetic fields of railway engine drivers: a case study in Italy. *Radiat Prot Dosimetry*. 2010 Dec;142(2-4):160-7. doi: 10.1093/rpd/hcq270. Epub 2010 Nov 11.

Health Protection Agency (2008). Static magnetic fields, Report of the independent Advisory Group on Non-ionising Radiation. Documents of the Health Protection Agency – Radiation, Chemical and Environmental Hazards.

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/335120/RCE-6_for_Web_16-05-08.pdf

Directive 2013/35/UE du parlement européen et du conseil du 26 juin 2013

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:179:0001:0021:FR:PDF>

International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. *Health Physics* 96(4):504-514; 2009.

<http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPstatgdl.pdf>

Leitgeb N. Limiting electric fields of HVDC overhead power lines. *Radiat Environ Biophys*. 2014 May;53(2):461-8. doi: 10.1007/s00411-014-0520-2. Epub 2014 Feb 27.

Perrin A, Souques M (2010). Champs électromagnétiques, environnement et santé. Paris, France : Springer Paris.

http://books.google.be/books/about/Champs_%C3%A9lectromagn%C3%A9tiques_environnemen.html?id=VuhxH24C2GEC&redir_esc=y

Ptitsyna NG1, Kopytenko YA, Villoresi G, Pfluger DH, Ismaguilov V, Iucci N, Kopytenko EA, Zaitzev DB, Voronov PM, Tyasto MI. Waveform magnetic field survey in Russian DC and Swiss AC powered trains: a basis for biologically relevant exposure assessment. *Bioelectromagnetics*. 2003 Dec;24(8):546-56.

Vanderstraeten J. (2013). Analyse de l'hypothèse de la perturbation des biorythmes par les champs magnétiques d'extrêmement basse fréquence Mécanismes possibles, impact en santé publique, protocoles de mise à l'épreuve. Thèse présentée en vue de l'obtention du titre de Docteur en Sciences de la Santé Publique

http://theses.ulb.ac.be/ETD-db/collection/submitted/ULBetd-05152013-002823/restricted/Vanderstraeten_THESE.pdf

Greenfacts, Champs statiques <http://www.greenfacts.org/fr/champs-statiques/index.htm#1>

ICNIRP, Static electric fields 0 Hz

<http://www.icnirp.org/en/frequencies/static-electric-fields-0-hz/index.html>

ICNIRP, Static magnetic fields 0 Hz

<http://www.icnirp.org/en/frequencies/static-magnetic-fields-0-hz/index.html>

Organisation Mondiale de la Santé, Champs électromagnétiques et santé publique, Champs électriques et magnétiques statiques

<http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs299/fr/>

Association Française pour l'Information Scientifique, Science... & pseudo-sciences, Comment les animaux perçoivent les champs magnétiques

<http://www.pseudo-sciences.org/spip.php?article1154>