



Vivre sous tension!

4

Claude Parent et Danièle Dupont

M^{me} Ouatte présente des symptômes de fatigue, des étourdissements, des engourdissements et des difficultés de concentration et d'attention. Elle habite en région rurale à proximité d'une ligne de transport d'électricité. Inquiète pour sa santé et celle de ses deux enfants en bas âge, elle a récemment fait appel à un « expert » en champs électromagnétiques qui a évalué son domicile et l'a déclaré farci de pollution électromagnétique d'extrême basse fréquence. Il lui a aussi mentionné que ce genre d'exposition était associé à l'apparition de leucémies chez les enfants. De plus, M^{me} Ouatte a consulté Internet et a constaté que le Centre international de Recherche sur le Cancer¹, un organisme sérieux, a classé le champ magnétique dans la catégorie « peut-être cancérigène » chez l'être humain. Elle est complètement décontenancée et vient vous voir pour obtenir des réponses à ses préoccupations.

Qu'est-ce qu'un champ électrique et un champ magnétique ?

Les champs électriques sont produits par des charges électriques, donc une tension, sur un fil conducteur. Ils sont d'autant plus importants que la tension est élevée. L'unité de mesure d'un champ électrique est le volt par mètre (V/m).

Les champs magnétiques sont, quant à eux, causés par le déplacement des charges, donc par un courant et non une tension. L'unité de mesure des champs magnétiques est le tesla (T)*.

Sources naturelles de champs électriques et magnétiques

Nous sommes tous continuellement exposés à des champs électriques et magnétiques. La présence de charges électriques dans la haute atmosphère y crée un champ électrique statique d'environ 100 V/m, mais qui peut atteindre 10 000 V/m pendant un orage.

Le Dr Claude Parent, omnipraticien, est responsable médical des unités Santé au travail et Santé – Construction à la Direction – Santé et sécurité d'Hydro-Québec. Il est aussi conseiller médical à la Financière Sun Life. La Dr^e Danièle Dupont, omnipraticienne, exerce à la Direction – Santé et sécurité d'Hydro-Québec à titre de responsable médicale de territoire.

Par ailleurs, des champs électriques transmembranaires intenses (d'environ 10 000 000 V/m) sont produits par chacune des cellules des organismes vivants. Les courants électriques provenant du mouvement des masses en fusion dans le noyau terrestre créent un champ magnétique important autour de la Terre. Ce champ statique atteint environ 54 μ T, à Montréal. À titre de référence, les appareils d'imagerie par résonance magnétique émettent aussi des champs statiques, mais beaucoup plus puissants (1 000 000 μ T ou 1 T) (voir l'article du Dr François Plante intitulé : « IRM, échographie et Doppler », dans le présent numéro).

Autres sources de champs électriques et magnétiques

L'utilisation d'électricité engendre des champs électriques et magnétiques qui alternent au rythme du réseau électrique, soit de 60 cycles par seconde (60 Hertz), ce qui constitue un rayonnement électromagnétique d'extrême basse fréquence. Les installations d'Hydro-Québec et les appareils électriques courants créent des champs électriques et magnétiques qui varient en intensité selon leur distance par rapport à la source (tableau),

*Pour caractériser un champ magnétique, on mesure habituellement la densité de flux et la force du champ. La mesure de la force du champ n'est pertinente que lorsque des objets aux propriétés magnétiques interfèrent avec ce dernier. Les tissus biologiques étant dépourvus de ferromagnétisme, seule la densité de flux mesurée en tesla est utilisée dans la littérature sur le sujet.

Tableau**Champ magnétique moyen produit par certains appareils (en μT)**

	Distance de la source		
	15 cm	30 cm	1,2 m
Téléviseur couleur	–	0,7	–
Fer à repasser	0,8	0,1	–
Écran de micro-ordinateur	1,4	0,5	–
Lave-vaisselle	2	1	–
Éléments chauffants d'une cuisinière	3	0,8	–
Lampe fluorescente	4	0,6	–
Malaxeur	10	1	–
Plinthe chauffante portable	10	2	–
Perceuse	15	3	–
Four à micro-ondes	20	1	0,2
Scie circulaire	20	4	–
Taille-crayon électrique	20	7	0,2
Séchoir à cheveux	30	0,1	–
Aspirateur	30	6	0,1
Ouvre-boîte électrique	60	15	0,2
Photocopieur	90	20	1
	1 cm	moy. corps entier	
Couverture chauffante classique	10	1,5	
Rasoir électrique	800	–	

Source : Hydro-Québec. *Les champs électriques et magnétiques et la santé*. Montréal : Hydro-Québec ; 2009. Site Internet : www.hydroquebec.com/developpement_durable/documentation/pdf/cem/pop_23_01.pdf. Reproduction autorisée.

L'intensité d'un champ étant plus grande à proximité et diminuant rapidement avec la distance. Les champs magnétiques qui émanent des appareils domestiques sont généralement plus intenses que ceux des installations électriques. Pour plus d'informations sur l'intensité des champs électriques et magnétiques, Hydro-Québec a créé une page Web complète sur le sujet².

Est-ce dangereux ?**Pourquoi se préoccuper des effets des champs sur l'organisme humain ?**

Voilà la question que se sont d'abord posée les médecins responsables de la santé des travailleurs de l'électricité.

En 1963, les premiers rapports provenant de l'URSS faisaient état de symptômes (maux de tête, mollesse, fatigue, réduction de la vigueur sexuelle et neurasthénie) chez des travailleurs de l'électricité exposés à des champs électriques variant de 7,8 kV/m à 14,4 kV/m. L'intensité de ces champs était comparable à celle (10 kV/m) à laquelle sont encore exposés les employés d'Hydro-Québec travaillant dans les postes de transformation et à proximité des lignes à haute tension (735 kV).

Des études subséquentes de plus grande envergure n'ont pas permis de confirmer ces effets. Au Québec, Roberge³ n'a pas montré d'anomalies hématologiques, biochimiques, endocriniennes, physiques ou cliniques chez des électriciens préposés à l'entretien des postes de 735 kV d'Hydro-Québec. La même année, une étude d'Hydro-Ontario⁴ comparait l'état de santé d'employés exposés à des champs électriques créés par des lignes de transport à très haute et à haute tension à celui de personnes non exposées. Des examens en spécialité (médecine interne, neurologie, psychologie) et une batterie d'épreuves biochimiques et paracliniques n'ont pas permis d'établir de différence entre ces deux groupes.

Depuis, aucun effet clinique lié aux expositions professionnelles n'a été relevé chez les travailleurs de métier (monteurs, électriciens d'appareillage, etc.) rencontrés dans le cadre de programmes de surveillance médicale.

À noter que seule l'exposition aux champs électriques faisait alors partie des préoccupations médicales, les champs magnétiques ne soulevant à juste titre aucun intérêt particulier. Les effets d'une exposition aux champs électriques étaient de fait bien connus, tandis que ceux d'une exposition aux champs magnétiques

Les installations d'Hydro-Québec et les appareils électriques courants créent des champs électriques et magnétiques qui varient en intensité selon leur distance par rapport à la source, l'intensité d'un champ étant plus grande à proximité et diminuant rapidement avec la distance.

Repère

ne l'étaient qu'à des niveaux beaucoup plus élevés.

Qu'en est-il des effets des champs électriques ?

Les champs électriques agissent de deux façons : en produisant une accumulation de charges à la surface du corps et en créant des courants induits à l'intérieur de ce dernier.

Lorsqu'un corps est placé dans un champ électrique, il se produit une accumulation de charges qui crée une tension à sa surface. Il s'agit d'un phénomène électrostatique. Par exemple, un champ électrique de 10 kV/m (intensité maximale au sol sous une ligne à haute tension) induira une tension d'environ 5000 V à la surface du corps. Ce n'est qu'au contact d'autres objets dans ce même champ électrique que surviendra une décharge électrostatique résultant du passage d'un fort courant pendant une très courte période (*figure*). Le seuil de perception de ces microdécharges se situe entre 1 kV/m et 5 kV/m. Ces dernières sont désagréables à 5 kV/m et douloureuses à 10 kV/m. Les installations électriques sont habituellement conçues pour ne pas dépasser le seuil de 10 kV/m, évitant ainsi les désagréments. Étonnamment, le seuil de danger d'une telle décharge est beaucoup plus élevé que celui de la douleur. Ces niveaux peuvent cependant causer une interférence avec les stimulateurs cardiaques implantables (*voir plus loin dans cet article*).

Par ailleurs, les champs électriques peuvent aussi induire de petits courants à l'intérieur du corps. Même à des niveaux de champ élevés (10 kV/m), les courants induits dans les organes internes seront bien en deçà de ceux que produisent normalement les cellules de ces derniers.

Comment les champs magnétiques interagissent-ils avec le corps humain ?

Un champ magnétique statique n'affecte en rien les organismes vivants, qui sont dépourvus de ferromagnétisme. Le corps est en quelque sorte transparent au champ magnétique. Cependant, lorsqu'il se déplace dans un champ statique ou qu'il est exposé à un champ magnétique alternatif (qui change de direction constamment, soit 120 fois à la seconde pour le réseau électrique de 60 Hertz de l'Amérique du Nord), il y a production de petits courants à l'intérieur du corps. Il s'agit du seul mécanisme d'action connu d'un champ magnétique sur le corps humain.

Figure

Induction de courant dans un champ électrique

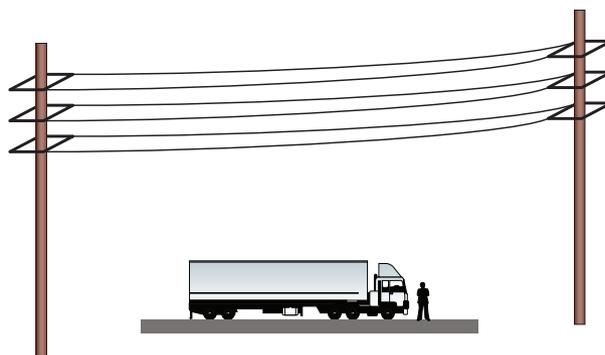


Illustration du phénomène d'induction de courant dans deux corps placés dans un champ électrique. Le camion, qui est isolé du sol par ses pneus et qui a la plus grande masse, accumule plus de charges électriques que la personne. Lorsque cette dernière touche le camion, elle provoque un transfert des charges vers elle. La décharge initiale est intense, mais de très courte durée (quelques millisecondes). Elle est suivie d'un flux de courant de moindre intensité, mais de plus longue durée. C'est pour éviter l'électrisation qu'un tel courant pourrait provoquer que les installations électriques sont conçues pour que le champ électrique n'excède pas 10 kV/m.

Les niveaux moyens d'exposition en milieu résidentiel sont d'environ 0,1 μT à 0,2 μT . Les expositions les plus fortes se retrouvent dans les milieux de travail (de 1000 μT à 2000 μT), bien que la moyenne pour les travailleurs de l'électricité soit de 2 μT à 3 μT .

Chez l'humain, le premier effet physiologique noté est la production de magnétosphènes, une sensation de points lumineux due à de petits courants, induits par le champ magnétique, qui stimulent la rétine. Le seuil de détection des magnétosphènes est d'environ 15 000 μT (à une fréquence de 60 Hz). Les effets graves (arythmies cardiaques ou contractions musculaires) ne surviennent qu'au-delà de 50 000 μT bien qu'en pratique personne n'est exposé à de tels niveaux.

Très peu de recherches ont porté sur les effets chez l'humain des champs magnétiques alternatifs de plus de 1000 μT . Quelques études ont été réalisées chez des volontaires exposés à des champs magnétiques de 1000 μT à 3000 μT , mais aucune n'a pu faire ressortir la capacité des sujets à percevoir le champ magnétique. De plus, ces études n'ont pas permis d'associer les symptômes de certaines personnes, qui se disaient hypersensibles

Encadré

Que retenir des effets des champs électriques et magnétiques ?

Cliniquement, on ne reconnaît pas d'effets aigus ni chroniques aux champs électriques et magnétiques aux niveaux d'exposition supérieurs auxquels sont soumis les travailleurs de l'électricité. Les études expérimentales chez les animaux et sur des tissus permettent d'exclure la présence d'effets liés à l'exposition chronique aux champs électriques et magnétiques, notamment de cancers. Ces études sont transposables à l'humain, car l'agresseur physique agit de la même façon, peu importe la lignée cellulaire, le tissu ou l'animal exposé, ne provoquant pas de réponse métabolique propre à un type de cellules ou de tissus.

Les études épidémiologiques n'ont pas fait ressortir de relation entre l'exposition aux champs électriques et magnétiques et un nombre important de maladies. Bien que certaines semblent montrer un lien entre l'exposition à des champs magnétiques inférieurs à 1 μT et la leucémie chez l'enfant, la majorité ne mettent en évidence aucune relation entre les cancers et des expositions prolongées aux champs magnétiques à des intensités beaucoup plus fortes chez les travailleurs.

En fait, l'ensemble de la documentation médicale et scientifique ne permet pas d'établir de lien entre l'exposition aux champs électriques et magnétiques variant de 50 à 60 Hz et le cancer.

aux champs magnétiques, à leur exposition réelle. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a d'ailleurs conclu que l'hypersensibilité n'était pas attribuable à l'exposition aux champs électriques et magnétiques, mais qu'elle pouvait, « au moins en partie, être attribuée au bruit et à d'autres facteurs environnementaux, ou encore à l'anxiété suscitée par les nouvelles technologies⁵ ».

Qu'en est-il du cancer et des champs magnétiques ?

Certains chercheurs ont associé l'exposition aux champs magnétiques au cancer chez l'enfant. En effet, en 1979, à la surprise de tous, deux chercheurs américains rapportaient une corrélation statistique entre le nombre de lignes électriques autour des maisons et le cancer chez l'enfant, à Denver⁶. Même si cette recherche souffrait de failles méthodologiques, notamment l'absence de mesure des niveaux de champs magnétiques, elle engendra plus de 200 études épidémiologiques,

dont environ 25 portant sur la leucémie de l'enfant, plus de 50 études sur les animaux comportant des expositions de longue durée et des centaines d'études à l'échelle cellulaire.

Non seulement a-t-on étudié le cancer, mais rapidement les recherches ont été étendues à une kyrielle d'autres affections : les maladies neurodégénératives (maladies de Parkinson et d'Alzheimer), cardiovasculaires et immunitaires, la sclérose en plaques et la sclérose latérale amyotrophique, les troubles de la reproduction et du développement, la dépression et le suicide. Aucune des revues systématiques sur le sujet, notamment celle de l'OMS, n'a conclu à un lien de causalité.

Parmi les essais sur le cancer de l'enfant, certains ont signalé une association faible et inconstante entre les champs et la leucémie, chez l'enfant seulement^{7,8}. Malgré le fait que de meilleures études sur le sujet n'aient pas montré de risque accru de leucémie, une analyse combinée⁹ de neuf études a semblé indiquer la présence d'un risque accru de cancer lors d'une exposition à un champ magnétique plus grand que 0,4 μT . Toutefois, les auteurs sont demeurés prudents dans l'interprétation des résultats en raison de possibles biais ou facteurs de confusion.

Fait intéressant, les études menées chez des travailleurs de l'industrie électrique¹⁰⁻¹², pourtant exposés à des champs magnétiques beaucoup plus forts, n'ont pas révélé d'effets cancérigènes. De même, les résultats des études sur les animaux se sont avérés négatifs pour des expositions allant jusqu'à 5000 μT et ont montré une absence de cancérigénicité pour plusieurs lignées cellulaires. De plus, aucun effet de toxicité chronique n'a été décelé (encadré).

Que dire à un patient qui porte un stimulateur cardiaque implantable ?

Le fonctionnement de certains stimulateurs cardiaques implantables peut être perturbé par les champs électriques et magnétiques des équipements qui utilisent de l'électricité de forte intensité, comme on en trouve dans certains milieux de travail. Notons que la plupart des portails de détection d'objets métalliques

Cliniquement, on ne reconnaît pas d'effets aigus ni chroniques aux champs électriques et magnétiques aux niveaux d'exposition supérieurs auxquels sont soumis les travailleurs de l'électricité.

Repère

utilisés dans les aéroports ont été modifiés pour ne pas interférer avec les stimulateurs cardiaques implantables.

Lorsqu'il est placé dans des champs électriques et magnétiques, un stimulateur cardiaque implantable peut réagir différemment selon ses caractéristiques techniques. Il peut notamment passer en mode asynchrone, c'est-à-dire produire un entraînement régulier concurrençant le rythme du patient, provoquer un rythme trop rapide ou cesser de fonctionner tout simplement. Les effets cliniques sur votre patient, qui peuvent être temporaires ou permanents, dépendront de son rythme cardiaque spontané sous-jacent et de sa dépendance au stimulateur cardiaque implantable.

Pour ces raisons, certains organismes, tels que l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), recommandent aux travailleurs porteurs d'un stimulateur cardiaque implantable de ne pas s'exposer à un champ électrique excédant 1 kV/m pour l'ensemble des modèles, alors que Medtronic, un fabricant de stimulateurs, recommande plutôt de limiter l'exposition à 6 kV/m pour ses modèles. Quant au champ magnétique, la limite recommandée par l'ACGIH et par Medtronic est de 100 µT.

Le milieu professionnel peut présenter de nombreuses sources de champs électriques et magnétiques élevés¹³. Mentionnons la proximité de lignes ou de transformateurs à haute tension, les fours à induction des procédés de traitement des métaux, les installations d'électrolyse, les appareils de soudage électrique et les fours à arc électrique utilisés dans les fonderies de métal.

En milieu hospitalier, les sources de champs électriques et magnétiques sont le bistouri électrique, les appareils de diathermie antitumorale, certains équipements de physiothérapie et de radiothérapie ainsi que les appareils d'IRM.

Même si les interférences n'entraînent pas forcément un dysfonctionnement grave, elles constituent un risque à ne pas négliger. Il vous appartient de signaler à l'employeur que votre patient porteur de stimulateur cardiaque implantable ne doit pas être exposé à des valeurs

supérieures aux niveaux recommandés. En cas d'emploi à risque, l'exposition devrait être évaluée par du personnel qualifié qui établira les endroits à éviter, sans pour autant qu'il soit nécessaire de retirer la personne de son emploi.

Alors, que répondre à M^{me} Ouatte ?

Vous devez l'informer :

- ☉ que les niveaux de champs magnétiques présents dans son domicile ne sont pas associés à des effets sur la santé humaine ;
- ☉ qu'il n'existe aucune preuve clinique ou scientifique d'une relation entre l'exposition aux champs électriques et magnétiques et la leucémie infantile ;
- ☉ que ses symptômes ne sont pas liés aux champs électriques et magnétiques, mais qu'ils doivent faire l'objet d'une évaluation de votre part. ☞

Date de réception : le 13 octobre 2009

Date d'acceptation : le 25 novembre 2009

Les D^{rs} Claude Parent et Danièle Dupont sont médecins-conseils contractuels pour Hydro-Québec.

Bibliographie

1. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing Radiation. Part 1: Static and Extremely Low Frequency (ELF) Electromagnetic Fields, volume 80*. Lyon : IARC Press ; 2002. Site Internet : <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/volume80.pdf> (Date de consultation : le 23 octobre 2009).
2. Hydro-Québec. *Comprendre – Les champs électriques et magnétiques*. Montréal : Hydro-Québec ; 1996-2010. Site Internet : www.hydroquebec.com/comprendre/champs/index.html (Date de consultation : le 13 octobre 2009).
3. Roberge PF. *Étude de l'état de santé des électriciens préposés à l'entretien des postes à 735 kV de l'Hydro-Québec*. Montréal : Hydro-Québec ; 1976 ; 29 p.
4. Stopps GJ, Janischewskij W. *Étude épidémiologique sur les travailleurs préposés à l'entretien de l'équipement et des lignes de transport d'énergie H.T. en Ontario*. Montréal : Association canadienne de l'électricité de Montréal ; 1976.
5. Organisation mondiale de la Santé. *Extremely Low Frequency Fields. Environmental Health Criteria*. Monograph n° 238 ; 2007. Site

Le fonctionnement de certains stimulateurs cardiaques implantables peut être perturbé par les champs électriques et magnétiques des équipements qui utilisent de l'électricité de forte intensité, comme on en retrouve dans certains milieux de travail.

Repère

Internet : www.who.int/peh-emf/publications/elf_etc/en/index.html (Date de consultation : le 26 octobre 2009).

6. Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 1979 ; 109 (3) : 273-84.
7. Linet MS, Hatch EE, Kleinerman RA et coll. Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *N Engl J Med* 1997 ; 337 (1) : 1-7.
8. McBride ML, Gallagher RP, Theriault G et coll. Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada. *Am J Epidemiol* 1999 ; 149 (9) : 831-42.
9. Ahlbom A, Day N, Feychting M et coll. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 2000 ; 83 (5) : 692-8.
10. Theriault G, Goldberg M, Miller AB et coll. Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France: 1970-1989. *Am J Epidemiol* 1994 ; 139 (6) : 550-72.
11. Savitz DA, Loomis DP. Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *Am J Epidemiol* 1995 ; 141 (2) : 123-34.
12. Miller AB, To T, Agnew DA et coll. Leukemia following occupational exposure to 60-Hz electric and magnetic fields among Ontario electric utility workers. *Am J Epidemiol* 1996 ; 144 (2) : 150-60.
13. De Seze R. Compatibility of active implants in the professional environment. *Arch Mal Cœur Vaiss* 2003 ; 96 (special n° 3) : 65-70.

Summary

Living under tension? Electric and magnetic fields are ubiquitous in our daily lives. Extremely low frequency (60 hertz) electric and magnetic fields interact with cells, tissues and biological organisms by creating surface electrostatic currents and inducing internal micro-charges. Clinical reports, experimental and epidemiological studies did not demonstrate acute or chronic effects in electrical utility workers exposed to occupational levels of electric and magnetic fields. Likewise, the bulk of these studies have repeatedly failed to show acute or chronic health effects, including cancers, in the general population. However, electric and magnetic fields can interfere with proper functioning of implantable pacemakers and defibrillators at field intensity levels not found to affect humans. Care must be taken to evaluate the risk created by possible field proximity for a bearer of such an apparatus, both in environmental and occupational settings.