

Document préparé par le **Belgian BioElectroMagnetics Group (BBEMG)**

Depuis 1979 et la première étude épidémiologique faisant un lien entre les champs magnétiques (CM) et la leucémie infantile, beaucoup d'études ont été menées mais n'ont pas encore permis de conclure. En 2002, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC ou IARC en anglais) a classé les CM 50 Hz en catégorie 2B, c'est à dire "peut-être cancérigènes pour l'homme". Ce classement est basé sur les résultats des études épidémiologiques et sur l'absence de démonstration d'un mécanisme d'action par les études en laboratoire (sur des animaux exposés toute leur vie ou sur des cellules). A ce jour, cette association pose toujours question.

Pendant plusieurs années, les chercheurs ont travaillé sur une hypothèse intéressante basée sur les courants de contact. C'était l'objectif d'un projet mené au sein du BBEMG entre 2005 et 2011. Si une telle hypothèse était vérifiée, des mesures simples de protection, basées uniquement sur des recommandations par rapport aux installations électriques pourraient suffire.

### Qu'est-ce qu'un courant de contact ?

Un courant de contact est un courant parcourant le corps humain entre deux points de contact avec des objets conducteurs portés à des potentiels différents (une machine et le sol, un robinet et le sol, un radiateur et le sol, etc...) alors que cette différence de potentiel n'est pas évidente a priori puisqu'aucun des objets n'est relié à une source de tension (voir des exemples dans la figure 1): un courant de contact ne signifie pas qu'il y a un contact avec des parties "actives" (contact avec des parties sous tension, électrocution).

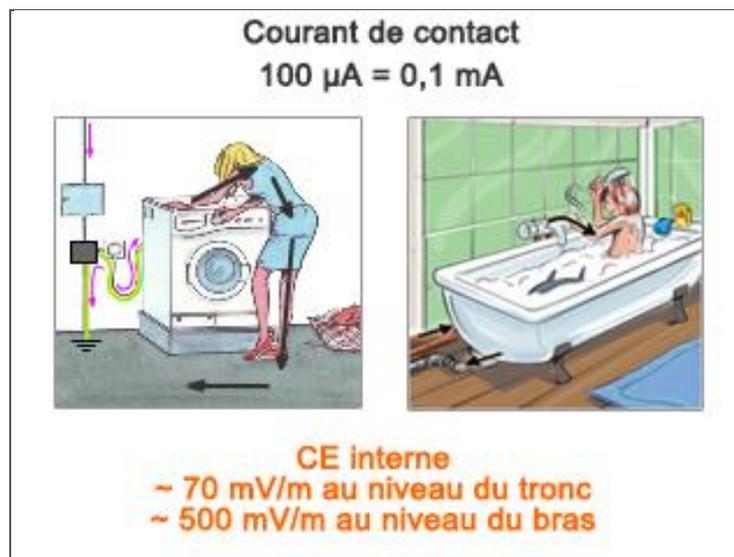


Figure 1 – Courants de contact

Les courants de contact ne sont pas non plus des courants induits, liés aux champs électromagnétiques ambiants, ni des décharges électrostatiques (ESD).

Ils sont liés à une différence de potentiel appelée "potentiel de contact".

→ Voyons les deux exemples illustrés à la figure 1 :

- En cas de dégradation partielle de l'isolant des câbles d'une vieille machine à laver, il peut y avoir un courant de fuite. C'est un courant faible qui est compatible avec un fonctionnement apparemment normal de la machine. Selon la qualité de la liaison à la terre du bâti de la machine, ce dernier peut être porté à un potentiel différent de la terre : entre la main de la personne qui touche le bâti et le sol, il existe une différence de potentiel. Un courant traversera le corps.

L'intensité de ce courant sera faible si le bâti est correctement mis à la terre et si l'impédance de la personne est élevée (par exemple mains sèches et semelles assez isolantes).

- La situation de la baignoire est un peu plus compliquée à comprendre !

Les tuyaux et la baignoire doivent être au même potentiel pour empêcher les chocs électriques. Cela se fait en connectant les tuyaux et/ou la baignoire à la terre et en connectant les différentes parties conductrices avec un câble protecteur (liaison équipotentielle).

Malgré tout, certaines parties pourraient être portées à un potentiel différent pour diverses raisons. Par exemple, une différence de potentiel pourrait survenir entre le tuyau d'arrivée d'eau (le robinet) et le tuyau de vidange. Un enfant jouant avec le robinet pourrait être traversé par un courant de contact. L'enfant étant nu et mouillé, l'impédance sera faible : un courant pourra le traverser plus facilement que dans l'exemple précédent.

**Remarque** : Les tuyaux en PVC, moins conducteurs, n'entraîne pas de tension de contact dans la baignoire.

Cependant, l'intensité des courants de contact est généralement faible. Très souvent, les courants de contact ne sont même pas perçus (seuil de perception : environ 0,5 mA).

Pour des raisons de sécurité liées aux risques d'électrocution, les installations électriques résidentielles sont protégées contre les courants de défaut quand ils dépassent 300 mA (30 mA dans les salles d'eau), ce qui signifie qu'un courant inférieur à 30 mA n'entraînera pas la coupure du circuit par le différentiel. Un dépassement du seuil de perception ne provoquera donc pas directement le déclenchement de la protection locale. Il est illusoire de penser protéger son installation à des niveaux inférieurs à 30 mA car les déclenchements intempestifs seraient trop nombreux.

## Pourquoi étudier les courants de contact ?

Les études épidémiologiques et les méta-analyse ont mis en avant un risque faible mais accru de leucémie aigue chez les enfants exposés à des champs magnétiques en moyenne supérieurs à 0,3-0,4  $\mu$ T. Années après années, les chercheurs ont répliqué les études, analysé les biais et les facteurs de confusion sans pouvoir conclure.

Les champs magnétiques externes peuvent entraîner des effets dans le corps humain par l'intermédiaire des courants induits qui donnent lieu à des champs électriques internes faibles (environ 0,2 mV/m pour une induction magnétique de 20  $\mu$ T, voir figure 2).

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (2007), un champ électrique interne de  $1 \text{ mV/m}^1$  serait nécessaire pour peut-être induire des effets biologiques (pas nécessairement pathogéniques). Donc le champ magnétique seul ne permettrait pas d'expliquer la relation avec la leucémie infantile.

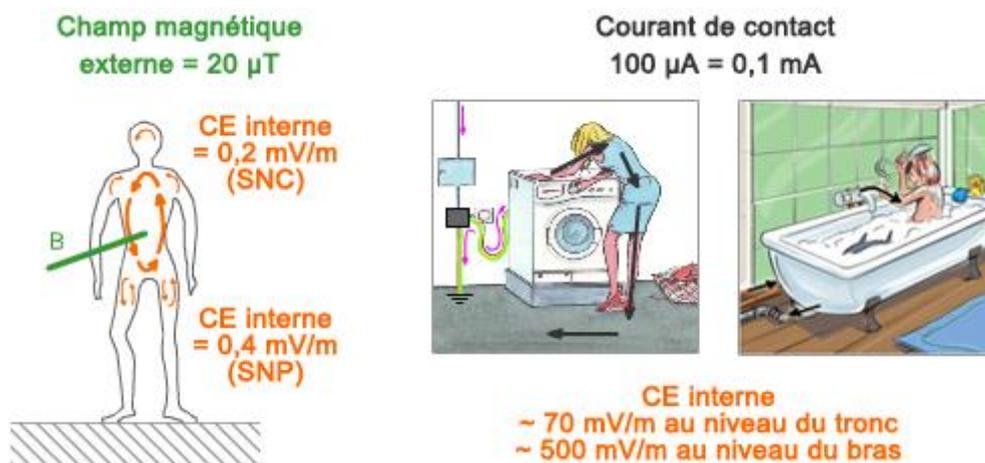


Figure 2

- ✓ **Existerait-il un autre facteur en relation avec les champs magnétiques qui permettrait d'expliquer le risque accru mis en avant par les études épidémiologiques ?**

Le chaînon manquant pourrait être les courants de contact. Cette hypothèse est étudiée aux USA depuis 15 ans.

- ✓ **Pourquoi se focaliser sur les courants de contact ?**

L'hypothèse de base et la suivante : la relation relevée par les études épidémiologiques sans permettre de conclure pourrait être due à un facteur intermédiaire. Les courants de contact sont des candidats plausibles pour expliquer le lien entre la leucémie infantile et les champs magnétiques résidentiels comme montré par une étude de l'EPRI (Electric Power Research Institute): il existe une relation statistiquement significative entre les tensions de contact et le champ magnétique près des lignes à haute tension: des tensions de contact plus élevée ont été mesurées dans des maisons soumises à des champs magnétiques plus élevés.

Ces courants de contact pourraient induire un champ électrique de quelques  $\text{mV/m}$  dans la moelle osseuse des enfants<sup>2</sup> (pour un courant de contact réaliste de quelques microampères  $\mu\text{A}$ ), sans être ressenti par l'enfant.

De plus, avant le lancement de l'étude sur la relation entre les champs magnétiques externes et les courants de contact, les chercheurs américains ont analysé la fréquence avec laquelle les enfants sont en contact avec le robinet lors du bain (figure 2). L'analyse a montré que les enfants jouaient souvent avec le robinet.

<sup>1</sup> Selon les données actuelles, des valeurs de 10 à 100  $\text{mV/m}$  semblent plus probables (OMS, 2007)

<sup>2</sup> L'hypothèse est que la leucémie lymphoïde aiguë pourrait trouver son origine dans la moelle osseuse, là où l'hématopoïèse (à savoir la formation des différentes cellules du sang) se produit pendant l'enfance.

Cette hypothèse des courants de contact a été testée par une équipe du BBEMG.

## Les courants de contact dans le parc résidentiel belge

Le programme de recherche du BBEMG a été mené en deux phases: tout d'abord, les chercheurs ont fait des mesures dans les habitations (champs magnétiques ambiants et courants de contact). Ensuite, à partir des résultats obtenus, ils ont analysé les corrélations possibles entre les courants de contact et les champs magnétiques ambiants.

### ✓ Existe-t-il en Belgique une corrélation entre la proximité des lignes à haute tension et les courants de contact ?

Les champs magnétiques ambiants et les courants de contact ont été mesurés sur une période de 5 ans dans 150 maisons en Belgique. 10 % des maisons présentent des niveaux de champs magnétiques supérieurs à 0,4  $\mu\text{T}$  (les maisons choisies étaient aussi proches que possible d'une ligne à haute tension). La moyenne des valeurs mesurées est de 0,02  $\mu\text{T}$ .

Les courants de contact ont été mesurés dans la baignoire, dans la douche et près des électroménagers comme la machine à laver. Les niveaux de courants de contact mesurés dans la salle de bain varient de 1 à 1000  $\mu\text{A}$ . La moyenne est de 8  $\mu\text{A}$ . 20% des maisons ont des courants de contact supérieurs à 10  $\mu\text{A}$  et 5% supérieurs à 100  $\mu\text{A}$ .

Près des électroménagers, des courants de contacts supérieurs à 20 et 100  $\mu\text{A}$  ont été respectivement mesurés dans moins de 50% et 15% des maisons.

Il n'y a pas de corrélation entre les champs magnétiques dans les maisons et les courants de contact (figure 3). Dans certaines maisons, même en présence de champs magnétiques ambiants très faibles (0.01  $\mu\text{T}$ ), des courants de contact importants ont été mesurés.

La ligne continue de la figure 3 peut être considérée comme la part des courants de contact qui serait induite par le champ magnétique extérieur uniquement. Ce dernier ne peut donc seul justifier les valeurs de courants de contact mesurées dans les maisons belges.

Ces résultats ne sont pas en accord avec l'étude américaine. Après analyse de divers paramètres, les chercheurs ont émis l'hypothèse que la source la plus probable de courants de contact dans les maisons belges était le courant de fuite capacitif.

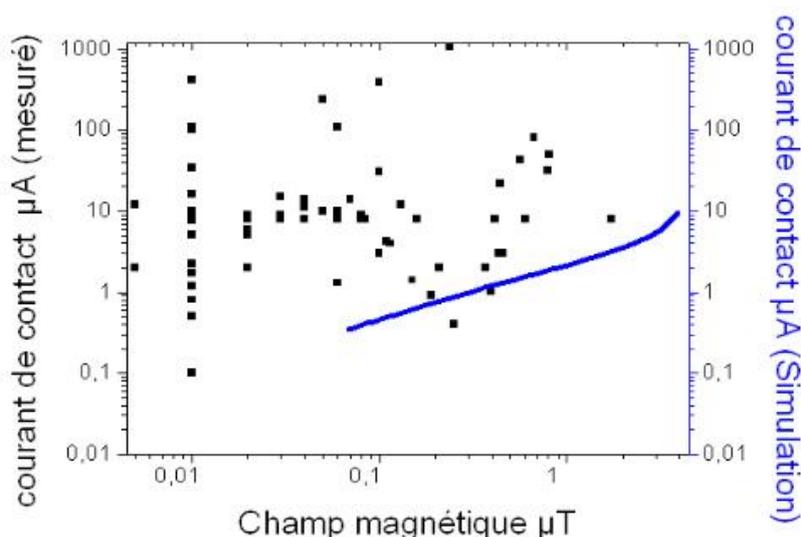


Figure 3 - Courant de contact versus champ magnétique ambiant. Les points reprennent les valeurs mesurées dans les maisons en Belgique. La ligne continue représente une simulation des courants de contact en relation avec les champs magnétiques uniquement (selon l'hypothèse américaine)

- ✓ **Les courants de fuites capacitifs permettraient-ils d'expliquer les courants de contact dans les maisons belges ?**

Nous avons déjà introduit les courants de fuite dans l'exemple de la machine à laver. Dans cet exemple, il s'agit de **courants de fuites résistifs**.

Les **courants de fuite capacitifs** existent en permanence car ils proviennent d'un effet capacitif entre un câble et une zone de référence. Comme la plupart des câbles électriques n'ont pas de gaine métallique, des courants capacitifs pourraient être induits dans le fil de terre ainsi que dans les conduites métalliques comme celles d'eau et de gaz.

Pour étudier les courants capacitifs, il est important de comprendre que la maçonnerie dans laquelle le câble est enfoui peut être considérée comme un conducteur, capable de transporter les courants vers d'autres câbles ou conduites.

Les courants de fuite capacitifs pour les câbles utilisés en Belgique à 230 V (entre la phase et le neutre) sont compris entre 3 et 13  $\mu\text{A}/\text{m}$ . Comme les maisons contiennent des centaines de mètres de câbles, ces courants de fuite peuvent entraîner des différences de tension significatives entre les conduites métalliques à proximité.

Les chercheurs ont fait de nombreuses mesures pour tester cette hypothèse. Ils concluent qu'en Belgique, les courants de contact proviennent d'un **effet capacitif plutôt que par un champ magnétique ambiant**.

- ✓ **Comment comprendre l'origine différente des courants de contact en Belgique et aux USA?**

Deux paramètres techniques peuvent expliquer la différence : d'une part les caractéristiques des courants de fuite capacitifs et d'autre part l'influence du système de mise à la terre.

La tension qui alimente les maisons aux USA est 110 V (60 Hz), alors qu'elle est de 230 V (50 Hz) en Belgique. Comme les courants de fuite capacitifs augmentent lorsque la tension augmente, des courants capacitifs plus élevés sont attendus en Belgique, entraînant des courants de contact potentiellement plus élevés.

Par ailleurs, le système de mise à la terre aux USA est plus sujet à l'apparition de tensions de contact induites par les champs magnétiques du réseau 60 Hz dans les conduites et les fils électriques.

## Conclusion

L'hypothèse des courants de contact comme le chaînon manquant était intéressante aux USA. Toutefois, en Belgique, elle ne permet pas de faire le lien entre les champs magnétiques externes et la leucémie infantile.

Notons qu'en 2011 les chercheurs américains ont publié les résultats d'une étude épidémiologique analysant l'association entre l'exposition aux tensions de contact et la leucémie infantile en Californie. Les auteurs ont conclu que, dans cette population, il n'y avait pas de preuve d'une association entre la leucémie infantile et la tension de contact ou les champs magnétiques et une corrélation faible entre le courant de contact et les champs magnétiques. Les courants de contact pourraient ne pas être le chaînon manquant aux USA non plus!

Ces résultats ne nous empêchent pas de prendre en compte les courants de contact. Comme les courants qui traversent notre corps correspondent à des champs électriques internes relativement élevés, il est utile de vérifier notre installation électrique. Les ingénieurs du BBEMG ont observé que de nombreuses installations électriques privées ne rencontraient pas les normes légales et pouvaient entraîner des courants de contact élevés. Il est recommandé de faire vérifier la **conformité de son installation électrique**, avec une attention particulière portée à la qualité de la terre et la présence de liaisons équipotentielles entre les conduites métalliques (eau et gaz), les radiateurs et la terre, et la distance entre les câbles et les conduites.

Pour une même différence de potentiel, les courants de contact dépendant de l'impédance du corps, ils seront plus élevés chez une personne mouillée et pieds nus que chez une autre sèche et portant des chaussures. Il est donc important de veiller particulièrement à la bonne conformité des salles d'eau (salle de bain en priorité), avec installation du différentiel approprié.

Lorsque l'installation électrique est bien conçue et bien entretenue, les courants de contact sont généralement très faibles. De plus, avec la modernisation des matériaux de construction, en particulier l'utilisation de conduites d'eau en PVC, les tensions de contact devraient baisser. Finalement, comme leur nom l'indique, les courants de contact peuvent survenir en cas de contact avec un matériel conducteur, ce qui signifie que les personnes ne sont pas tout le temps soumises à ces courants.

## Références

BBEMG report 2005-2009: Contact current, sensitivity to electricity & 50Hz electric and magnetic fields. Available online at [http://www.bbemg.ulg.ac.be/files/BBEMG\\_2005\\_2009\\_final\\_Report\\_TDEE\\_ACE.pdf](http://www.bbemg.ulg.ac.be/files/BBEMG_2005_2009_final_Report_TDEE_ACE.pdf).

BBEMG report 2010-2011: Contact currents and biological effects on human beings. Available online at [http://www.bbemg.ulg.ac.be/files/BBEMG\\_2010\\_2011\\_Report\\_TDEE\\_ACE.pdf](http://www.bbemg.ulg.ac.be/files/BBEMG_2010_2011_Report_TDEE_ACE.pdf).

Does M., Scélo G., Metayer C., Selvin S., Kavet R., Buffler P. Exposure to electrical contact currents and the risk of childhood leukemia. *Radiat Res.* 2011 Mar;175(3):390-6.  
(Details in EMF-Portal: [http://www.emf-portal.de/viewer.php?aid=18824&sid=c048bd57489ecc0f1730e394ae30b550&sform=8&pag\\_idx=0&l=e](http://www.emf-portal.de/viewer.php?aid=18824&sid=c048bd57489ecc0f1730e394ae30b550&sform=8&pag_idx=0&l=e))

International Commission On Non- Ionizing Radiation Protection (2010). ICNIRP guidelines for limiting exposure to time- varying electric and magnetic fields (1 Hz – 100 kHz). *Health Physics*, 99(6):818- 836.  
(Full text at: <http://www.icnirp.de/documents/LFgdl.pdf>)

Kavet R. Contact current hypothesis: summary of results to date. *Bioelectromagnetics*. 2005;Suppl 7:S75-85.  
(Abstract in PubMed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16037960?dopt=Abstract>)

Kavet, R., Zaffanella, L.E., Daigle, J.P., Ebi, K.L. The possible role of contact current in cancer risk associated with residential magnetic fields, *Bioelectromagnetics*, Vol 21, pp. 538-553, 2000.  
(Abstract in PubMed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11015118>)

Kavet, R., Zaffanella, L.E., Pearson, R.L., Dallapiazza, J. Association of Residential Magnetic Fields With Contact Voltage. *Bioelectromagnetics*, Vol. 25, pp. 530-536, 2004.  
(Abstract in PubMed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15376240>)

LeBien, T.W. Fates of human B-cell precursors. *Blood*. 2000 Jul 1;96(1):9-23.  
(Abstract in PubMed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10891425>)

Lilien, J. L., Dular, P., Sabariego, R. V., Beauvois, V. , Barbier, P. P. , Lorphèvre, R. Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on human beings – An electrical engineer viewpoint. *Revue E tijdschrift*, n° 3, pp. 34-50, 2008.  
(Full text at: [http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/17297/1/effects\\_ELF\\_SRBE\\_nov2008.pdf](http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/17297/1/effects_ELF_SRBE_nov2008.pdf))

World Health Organisation (WHO). Extremely low frequency fields. *Environmental Health Criteria* N° 238. WHO Library (519 pages), 2007.