



Automobiles, automobiles hybrides

Date:

26 octobre 2016

L'habitacle des voitures peut présenter des champs magnétiques basse fréquence relativement élevés. Les sources principales sont les ceintures d'acier magnétisées des pneus, lorsque le véhicule est en mouvement. L'allumage, l'alternateur, la climatisation génèrent également des champs magnétiques.



Les **automobiles hybrides** combinent moteur thermique et moteur électrique. Le système de propulsion convertit l'énergie cinétique libérée lors du freinage ou en phase de décélération en énergie électrique. Le moteur électrique utilise cette énergie, apportant son soutien au moteur thermique pour faire avancer le véhicule. Les courants qui circulent dans les circuits électriques de l'automobile génèrent des champs magnétiques.

Effets sur la santé

Les conséquences pour la santé de l'exposition à long terme aux champs magnétiques basse fréquence ne peuvent pas encore être déterminées avec certitude. A court terme, les rayonnements basse fréquence émis par les véhicules automobiles ne devraient cependant pas avoir d'effets négatifs sur la santé. Les personnes qui, à titre de précaution, souhaitent réduire leur exposition aux champs magnétiques peuvent faire démagnétiser leurs pneus auprès des garagistes spécialisés en Suisse.

Les champs magnétiques produits par la propulsion hybride ont été mesurés dans l'espace passagers de deux véhicules. Ils se situaient largement en deçà de la limite à partir de laquelle des troubles de la santé peuvent survenir.



1 Données techniques

Automobile

Certaines pièces automobiles ont besoin d'énergie électrique. Lorsque le véhicule est à l'arrêt, celle-ci est délivrée par la batterie et, lorsqu'il est en mouvement, par l'alternateur, qui transforme l'énergie mécanique en électricité. Le courant qui circule dans les câbles et les divers composants produit un champ magnétique basse fréquence. Le châssis étant utilisé comme conducteur neutre, il est également traversé par l'électricité et produit, à son tour, un champ électrique basse fréquence.

Les renforts métalliques des pneus de voitures sont magnétisés probablement lors de la fabrication. A l'arrêt, les pneus produisent un champ magnétique statique et, durant la course, un champ magnétique basse fréquence. La fréquence du champ magnétique dépend de la vitesse du véhicule.

Le tableau 1 donne un aperçu des sources de champs électromagnétiques (CEM) dans la voiture. En plus de la fréquence fondamentale indiquée, des champs magnétiques avec des harmoniques plus élevés (multiples de la fondamentale) apparaissent également. La limite recommandée par la CIPRNI (Commission internationale de la protection contre le rayonnement non ionisant) est également donnée à titre de référence. Elle dépend de la fréquence du champ magnétique.

Tableau 1 : Différentes sources de CEM dans l'automobile et leurs fréquences de fondamentales [1]

Source	Fréquence (Hz)	Limite CIPRNI (μ T)
Chauffage des sièges	0	40'000
Pneus (80 km/h)	10-12	500
Ventilateur	~15	334
Allumage	~35	143
Climatisation	~500	6,25
Pompe à essence	~600	6,25
Alternateur	~1200	6,25

Automobiles hybrides

Les automobiles hybrides possèdent un moteur thermique, qui assure la propulsion principale, et un moteur électrique, qui apporte son soutien au premier.

A la différence des automobiles conventionnelles, les voitures hybrides convertissent en énergie électrique l'énergie qui n'est pas utilisée en conduisant. Cette énergie est produite lors du freinage et de la décélération, lorsque la voiture, avec une vitesse enclenchée, fait tourner le moteur thermique.

Dans ces cas, la voiture fournit de l'énergie au moteur électrique, qui fonctionne dès lors comme générateur. Ainsi, en fonction de l'itinéraire, le moteur électrique alterne constamment, agissant soit comme moteur utilisant de l'énergie, soit comme générateur produisant de l'énergie. La batterie stocke l'énergie électrique. En raison de ses grandes dimensions, elle est souvent installée dans le coffre,



près de la banquette arrière.

Le moteur électrique et la batterie sont reliés par un câble électrique. Les courants électriques qui circulent dans le moteur, le câble et la batterie lorsque le véhicule est en marche produisent des champs magnétiques. Comme le câble et la batterie se trouvent à proximité de l'espace passagers, il se peut qu'une partie de ces champs magnétiques y pénètrent.

2 Mesures de l'exposition

Automobile

Une étude [1] a déterminé les champs magnétiques basse fréquence (de 5 à 2000 Hz) sur les quatre sièges de sept voitures à l'arrêt, moteur au ralenti et climatisation en marche. La valeur relevée sur tout le corps est calculée en pondérant la somme des mesures effectuées dans la zone des chevilles, des genoux, du bassin, de la poitrine et de la tête. Ces mesures ayant été relevées à l'arrêt, les pneus n'ont pas généré de champs magnétiques.

Tableau 2 : Champs magnétiques (de 5 à 2000 Hz) mesurés sur le corps [1].

Champ magnétique (μT)	Voiture 1	Voiture 2	Voiture 3	Voiture 4	Voiture 5	Voiture 6	Voiture 7
Siège avant gauche	0,11	0,12	0,15	0,22	0,14	2,6	3,2
Siège avant droit	0,15	0,13	0,33	0,37	0,11	1,1	0,78
Siège arrière gauche	0,04	0,06	0,03	0,03	0,06	2,4	4,0
Siège arrière droit	0,1	0,11	0,04	0,04	0,03	1,3	1,5

Pour les véhicules dont la batterie est à l'avant (voitures 1 à 5), les champs magnétiques mesurés sont très faibles. Dans les voitures où la batterie est située à l'arrière, dans le coffre ou sous la banquette (voitures 6 et 7), ils sont par contre plus élevés. Dans ce cas, le courant produit par l'alternateur doit être conduit vers l'arrière du véhicule, ce qui produit un champ magnétique relativement élevé, notamment dans la partie gauche du véhicule. Une valeur maximale de 14 μT a ainsi été mesurée sur le siège arrière gauche, au niveau des pieds.

Il est difficile de comparer ces valeurs avec les limites recommandées par la Commission internationale de la protection contre le rayonnement non ionisant (CIPRNI) [2], étant donné que le champ magnétique mesuré se compose de différents champs ayant des fréquences et des valeurs limites différentes (cf. tableau 1).



Pneus de voitures

L'Office fédéral de la santé publique (OFSP) a commandé une étude pour déterminer les champs magnétiques générés par les pneus de voitures. Etant donné que les champs magnétiques basse fréquence sont générés par la rotation des pneus magnétisés, les mesures ont été effectuées dans différentes voitures roulant à 80 km/h. Les champs magnétiques allant de 5 à 2000 Hz ont été mesurés dans douze voitures différentes (tableau 3) [3].

Tableau 3 : Valeurs de pointe dans le spectre du champ magnétique mesurées à différents endroits dans douze automobiles roulant à 80 km/h [3].

Champ magnétique (μT)	Zone du siège conducteur	Zone de al tête du conducteur	Zone des pieds passager avant	Banquette arrière
Valeur moyenne	0,29	0,21	3,22	3,28
Ecart-type	0,18	0,10	2,53	2,55
Valeur maximale	0,73	0,45	8,89	9,51
Valeur minimale	0,12	0,10	0,76	0,65

Des valeurs élevées ont été mesurées dans la zone des pieds, côté passager à l'avant et sur la banquette arrière. Les deux tiers des véhicules présentaient des valeurs supérieures à 2 μT et un quart, des valeurs supérieures à 6 μT .

La fréquence fondamentale des champs magnétiques se situe entre 10 et 12 Hz à une vitesse de 80 km/h. Sur la figure 1, on peut toutefois observer que des fréquences harmoniques plus élevées ont également été mesurées.

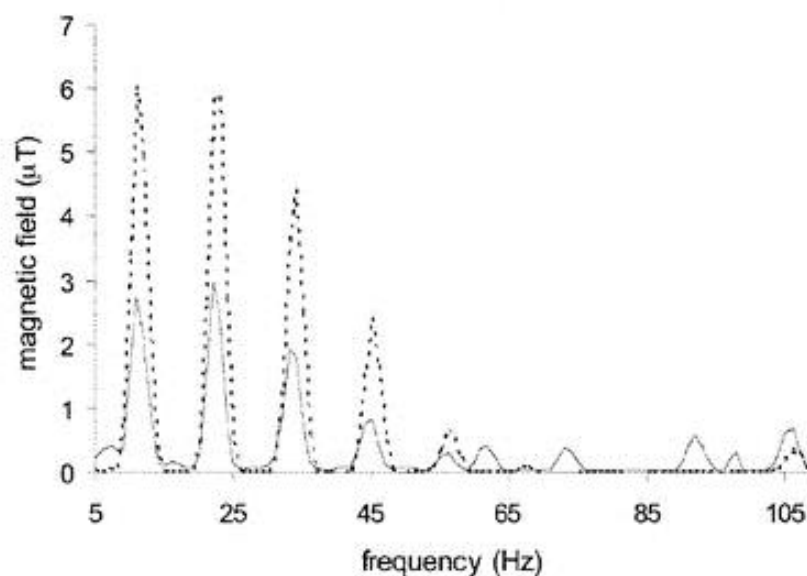


Figure 1 : Spectre électromagnétique typique dans une voiture roulant à 80 km/h (le champ magnétique dépend de la fréquence). Ligne pointillée : zone des pieds côté passager, ligne continue : banquette arrière. Source [3]



La somme pondérée des pourcentages du spectre électromagnétique entre 5 et 100 Hz montre que, sur la banquette arrière des douze voitures, le champ magnétique atteint 4 % en moyenne et 6,9 % au maximum de la valeur limite fixée par le CIPRNI (tableau 4).

Tableau 4 : Somme pondérée du spectre électromagnétique dans l'habitacle de douze voitures en mouvement selon la CIPRNI. La limite recommandée par la commission correspond à 100%. Source: [3]

Taux par rapport à la valeur limite CIPRNI	Zone des pieds du passager	Banquette arrière
Moyenne	4,6 %	4,0%
Maximum	14,3 %	6,9 %
Minimum	1,0 %	0,4 %

Dans la même étude, on a mesuré sur un banc d'équilibrage les champs magnétiques de 32 pneus munis de jantes différentes. La fréquence des champs magnétiques dépend du nombre de rotations de l'appareil d'équilibrage. Les champs magnétiques compris entre 5 et 2000 Hz ont été mesurés à une distance de 2 cm de la roue (tableau 5). Les champs magnétiques des pneus mesurés présentent une large dispersion, comprise entre 0,8 et 97 μ T.

Tableau 5 : Valeurs de pointe du spectre électromagnétique de pneus de voitures mesurées sur un banc d'équilibrage à une distance de 2 cm de la surface du pneu [3].

Champ magnétique (μ T)	Total (n=32)	Pneus neufs (n=13)	Pneus usagés (n=19)	Jantes en alu (n=25)	Jantes en chrome (n=7)
Moyenne	25,2	22,4	29,2	21,5	38,1
Ecart-type	22,3	7,8	34,0	18,8	29,9
Valeur maximale	97,0	33,9	97,0	97,0	71,9
Valeur minimale	0,8	10,1	0,8	0,8	6,4

Démagnétisation des pneus de voitures

Dans l'étude commandée par l'OFSP, une méthode de démagnétisation de pneus de voitures a également été développée [4]. Un champ magnétique de 50 Hz est généré à l'aide d'une bobine placée à proximité immédiate de la roue, qui tourne sur un banc d'équilibrage. En éloignant petit à petit la bobine du pneu, le champ magnétique de 50 Hz se réduit et la roue est démagnétisée. Cette méthode a permis de réduire efficacement et durablement les champs magnétiques des pneus [3] (tableau 6). Même après cinq mois d'utilisation, les champs magnétiques étaient encore fortement réduits.



Tableau 6 : Valeurs de pointe du spectre électromagnétique de quatre pneus de voiture mesurés sur un banc d'équilibrage à 2 cm de distance de la surface du pneu. Mesures de contrôle après un et cinq mois d'utilisation des pneus [3].

	Champ magnétique (μT)
Avant démagnétisation	11,7 \pm 3,1
Après démagnétisation	1,5 \pm 1,6
Contrôle après 1 mois	1,1 \pm 0,9
Contrôle après 5 mois	1,4 \pm 1,5

Automobiles hybrides

La haute école de Bienne a mesuré, sur mandat de l'OFSP, les champs magnétiques dans l'espace passagers de deux automobiles hybrides. Les mesures ont été effectuées en situation réelle dans les rues de Bienne ainsi qu'en laboratoire, dans des conditions de conduite prédéfinies. Les appareils de mesure étaient placés sur le siège du passager avant, dans la zone des pieds côté conducteur et dans un siège pour enfant attaché sur la banquette arrière. Les pneus des véhicules ont été démagnétisés pour ne pas fausser les résultats.

Les automobiles hybrides génèrent un mélange de champs magnétiques, à des fréquences situées entre 5 et 500 Hertz (Figure 2). La puissance des champs magnétiques varie tout au long du trajet et dépend fortement de la façon dont le véhicule avance ou freine (Figure 3). La puissance des champs magnétiques était similaire pour les deux véhicules. En phase de conduite, les champs magnétiques sur le siège pour enfant se situaient entre 0,1 et 3 μ T, ce qui correspond à un taux situé entre 1 et 4 % des valeurs limite dépendant de la fréquence. Les champs magnétiques sur le siège du passager avant et dans la zone des pieds du conducteur étaient du même ordre que ceux mesurés sur le siège pour enfant.

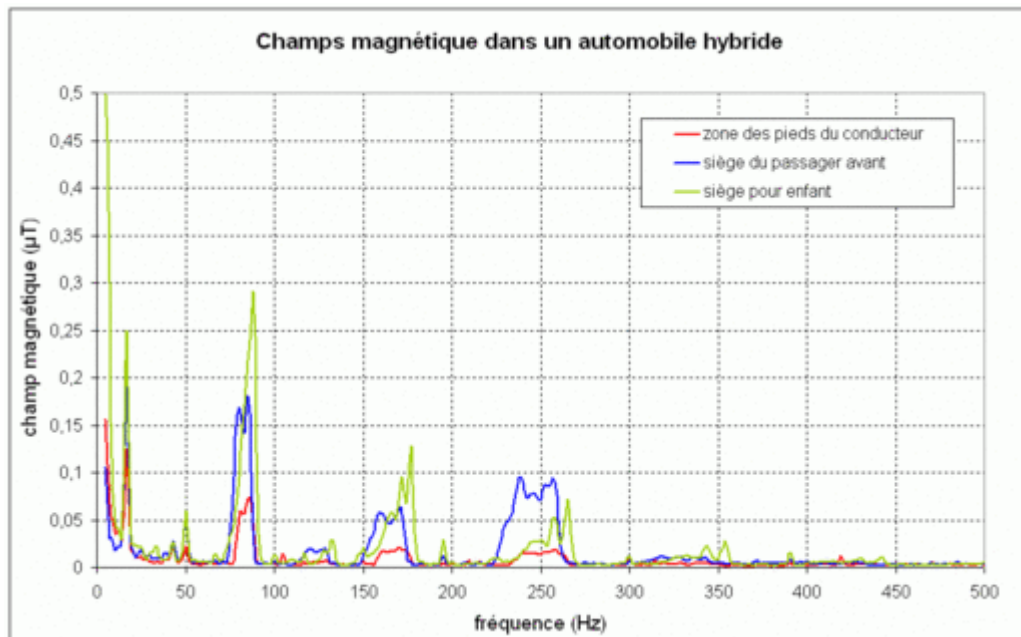


Figure 2 : Variation fréquentielle des champs magnétiques basse fréquence dans l'habitacle d'une automobile hybride par rapport à la valeur seuil. Les mesures ont été effectuées dans les zones suivantes lors d'un parcours en ville : zone des pieds du conducteur, siège du passager avant, dossier d'un siège pour enfant fixé sur la banquette arrière

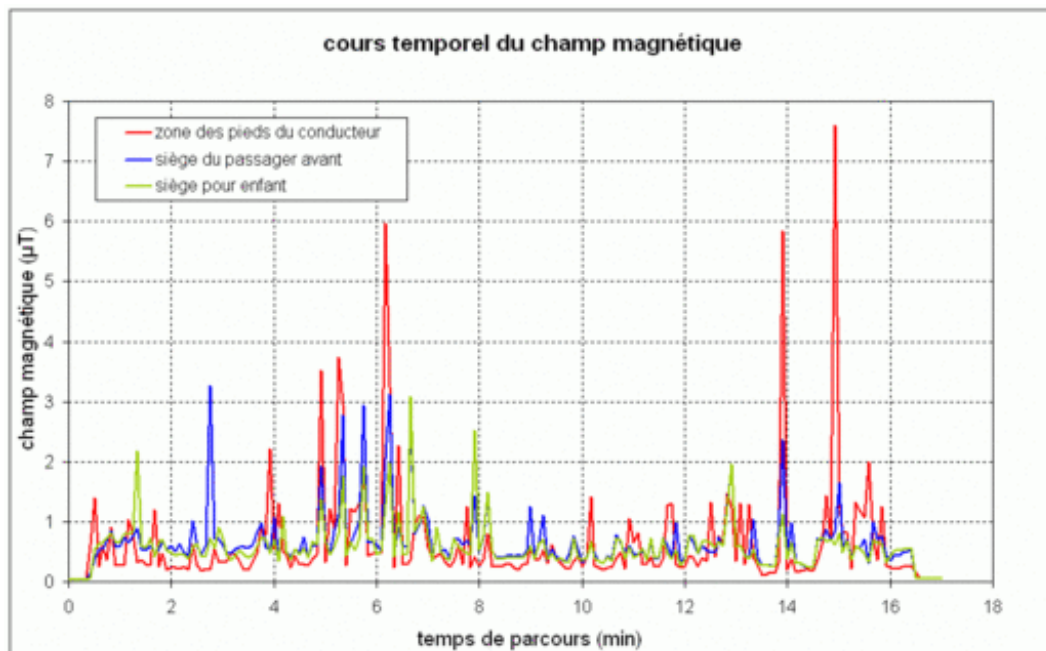


Figure 3 : Champs magnétiques basse fréquence dans l'habitacle d'une automobile hybride lors d'un parcours en ville mesurés dans les zones suivantes : zone des pieds du conducteur, siège du passager avant, dossier d'un siège pour enfant fixé sur la banquette arrière..



3 Effets sur la santé

Aucune étude spécifique concernant les effets sur la santé des champs magnétiques dans les voitures et les véhicules hybrides n'a été réalisée jusqu'ici.

Les champs magnétiques basse fréquence peuvent pénétrer le corps et y générer des courants électriques. Si ces courants sont trop importants, ils peuvent, dans certaines circonstances, stimuler le système nerveux central. Les valeurs recommandées par la CIPRNI autorisent des champs magnétiques qui génèrent des courants électriques inférieurs à un cinquantième du seuil de stimulation du système nerveux central. Les champs magnétiques présents dans l'habitacle des automobiles conventionnelles et des automobiles hybrides sont largement en-deçà des seuils recommandés. A court terme, aucun effet négatif sur la santé n'est donc à prévoir.

En 2002, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les champs magnétiques statiques et basse fréquence dans la catégorie « peut-être cancérogènes pour l'homme » (groupe 2B) [5]. Cette décision se fonde sur des études épidémiologiques montrant qu'une exposition prolongée à de faibles doses (moins d'1 μT , voire encore plus faible : $< 0,4 \mu\text{T}$) peut augmenter le risque d'être atteint de la maladie d'Alzheimer [6, 7] ou de leucémie infantile [8, 9].

Cependant, il n'est pas possible d'estimer à quel point les champs magnétiques basse fréquence dans les automobiles conventionnelles et les automobiles hybrides contribuent à une telle exposition.

4 Législation

Il n'existe pas de réglementation explicite. Les valeurs limites indiquées par la CIPRNI [2] peuvent servir de référence. Tous les champs magnétiques mesurés sont inférieurs à ces limites.



5 Références

1. Vedholm K, Hamnerius Y. Personal Exposure Resulting from Low Level Low Frequency Electromagnetic Fields in Automobiles. 1996. Department of Electromagnetics, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden.
2. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998;494-521. Voir "Informations supplémentaires"
3. Stankowski S et al. Low frequency magnetic fields induced by car tire magnetization. Health Phys 2006;90:148-53.
4. Kessi A et al. Entmagnetisierung von Fahrzeugreifen. 2004. HTI Bericht. Voir " Documents"
5. International agency for research on cancer (IARC). Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. IARC Press Lyon, 2002.
6. Huss et al. Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population. American Journal of Epidemiology. 169(2):167-75. 2009
7. Kheifets et al. Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: review and recommendations. Occupational and Environmental Medicine. 66(2):72-80. 2009
8. Kheifets et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. British Journal of Cancer. 103(7):1128-35. 2010
9. Ahlbom IC et al.; ICNIRP. Review of the epidemiologic literature on EMF and Health. Environ Health Perspect. 2001 Dec;109 Suppl 6:911-33.

Contact spécialisé:

Office fédéral de la santé publique OFSP
emf@bag.admin.ch