

Champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence

Les effets sur la santé





Sommaire

page 3 **Production, transport et distribution d'électricité**

page 3 **Exposition des populations**

page 6 **Autres sources d'exposition**

page 6 À l'intérieur des habitations

page 8 Dans les transports en commun

page 8 En milieu professionnel

page 8 **Effets sur la santé**

page 9 Effets sur le corps humain

page 10 Effets sanitaires aigus

page 11 Effets sanitaires chroniques

page 15 **Réglementation**

page 15 Construction des valeurs limites d'exposition aux champs électromagnétiques

page 16 Maîtrise de l'urbanisme

page 17 Comment faire réaliser des mesures ?

page 18 **Unités de mesure**

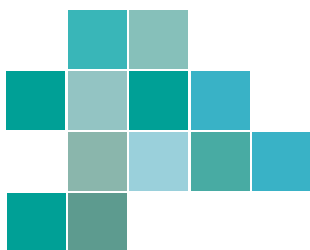
page 20 **Sources disponibles**

page 20 Effets sur la santé

page 21 Gestion des risques

page 21 Brochures et sites d'information des producteurs et distributeurs d'énergie





Production, transport et distribution d'électricité

La production d'électricité est réalisée dans des centrales (nucléaires, hydroélectriques, thermiques...) et doit être acheminée jusqu'aux industries, agglomérations, établissements, et logements. Un réseau de lignes, de transformateurs, de postes électriques permet cet acheminement. Les lignes à très haute tension sont les premiers maillons de ce réseau, elles permettent de transporter l'électricité des principaux centres de production jusqu'aux zones de consommation.

Exposition des populations

En France, le courant distribué est un courant alternatif de fréquence 50 Hz (extrêmement basse fréquence). Au voisinage immédiat d'une ligne à haute tension, aérienne ou souterraine, un champ électrique et un champ magnétique sont présents. À distance de la ligne, ces champs décroissent rapidement.

Dans le cas des lignes souterraines, le champ magnétique décroît plus rapidement avec la distance que dans le cas des lignes aériennes. La valeur du champ magnétique n'est plus que de 0,7 μT à 10 mètres d'un câble souterrain à 400 000 volts. Le champ électrique est très atténué par l'enfouissement sous terre. Certaines technologies lors de la mise en place des lignes permettent de réduire les champs (configuration des câbles, gaines...).



En fonction de la demande en électricité, l'intensité du courant sur la ligne subit des variations quotidiennes et saisonnières. Proportionnellement à l'intensité, le champ magnétique aux alentours de la ligne sera plus ou moins élevé.

D'autres éléments du réseau de transport et de distribution de l'électricité comme les transformateurs sont également à l'origine de champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence.

L'éloignement est le moyen le plus efficace pour limiter l'exposition des populations aux champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence

Figure 1 • Le réseau de transport et distribution d'électricité (d'après EDF)

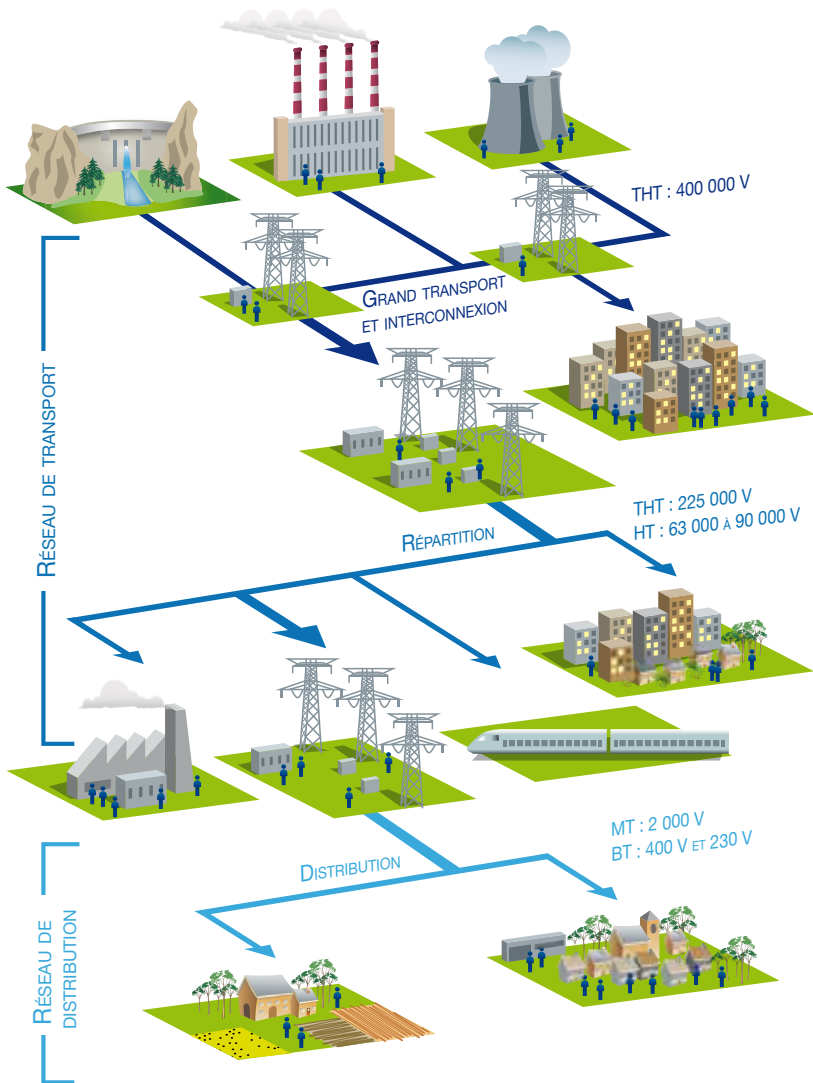
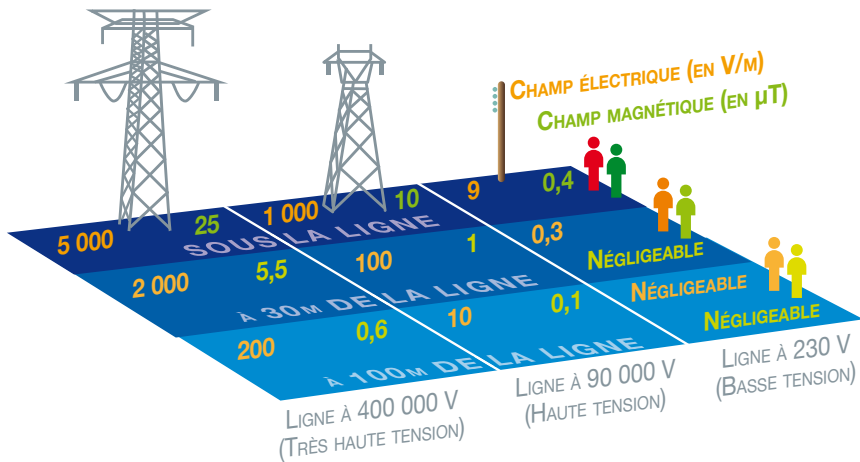




Figure 2 • Valeurs moyennes des champs électrique et magnétique autour des lignes aériennes de transport d'électricité à 50 Hz










Source : MEDDE Instruction du 15 avril 2013 relative à l'urbanisme à proximité des lignes de transport d'électricité.

Autres sources d'exposition

À l'intérieur des habitations

À l'intérieur des habitations, les sources de champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence sont de deux types : les réseaux électriques et les appareils électroménagers. L'exposition aux champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence dus aux appareils électroménagers est fonction de la distance à ces équipements.

Figure 3 • Valeurs des champs électrique et magnétique à proximité d'appareils électriques à 50 Hz

	5 CM		30 CM		1 M		
 Radio réveil	166	1,6	16	0,08	8	0,02	CHAMP ÉLECTRIQUE (EN V/M)
 Bouilloire	18	1,08	11	0,06	6	0,02	
 Grille-pain	57	3	10	0,21	6	0,06	CHAMP MAGNÉTIQUE (EN μT)
 Alimentation d'ordinateur	178	0,55	25	0,02	4	0,01	
 Plaques de cuisine à induction	94	0,57	32	0,2	4	0,13	
 Sèche cheveux	187	0,72	28	0,05	7	0,04	
 Télévision	364	0,01	75	0,01	10	0,01	

Source : Afsset, *Effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences*, Rapport d'expertise collective, mars 2010, Annexe 6 • Données de mesure Supélec, p. 137 à 163 www.anses.fr/sites/default/files/documents/AP2008et0006Ra.pdf



Dans les transports en commun

À titre d'exemple, des mesures effectuées en 1990 dans le TGV atlantique ont montré des niveaux de l'ordre de 7 μT (TGV un seul niveau) et 2,5 μT (TGV duplex).

En milieu professionnel

Des niveaux d'exposition plus élevés sont rencontrés en milieu professionnel lors d'applications industrielles comme la magnétoscopie (recherche, à l'aide d'un champ magnétique, des défauts sur des pièces fabriquées). Les risques professionnels font l'objet de réglementations et de campagnes de prévention spécifiques : voir la brochure de l'Institut national de recherche et de sécurité (Inrs), *Exposition des travailleurs aux risques dus aux champs électromagnétiques, Guide d'évaluation des risques*, janvier 2013 : www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%206136.

Effets sur la santé

Les champs électriques et magnétiques ont des effets sur le corps humain. Des travaux scientifiques sont menés pour déterminer si ces effets ont des conséquences sur la santé.

Le champ externe, électrique ou magnétique, crée des courants qui circulent dans la périphérie du corps pour le champ électrique et dans la totalité du corps pour le champ magnétique. La distribution des courants induits dans les tissus biologiques est déterminée par les propriétés des tissus, en particulier par la conductivité (capacité à conduire le courant).

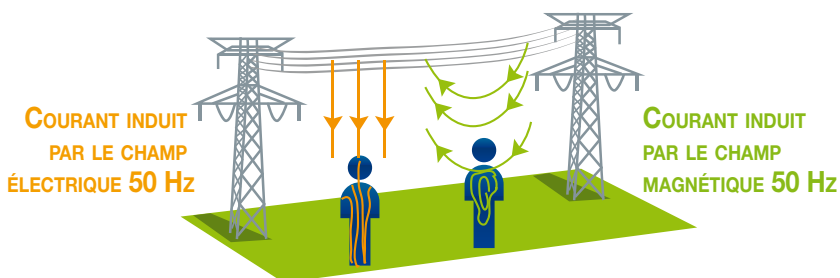
Des modèles mathématiques permettent de décrire le rapport entre les champs externes et la densité de courant induit dans l'organisme.

Effets sur le corps humain

Le champ électrique externe induit, à la surface du corps exposé, des charges superficielles qui provoquent la circulation de courants du corps jusqu'à la terre. Des études ont montré que le seuil de perception tactile de ce courant est variable selon les personnes : 5 % des personnes sont capables de percevoir un courant de 5 000 V/m à 50 Hz. Ces charges électriques produisent également des courants induits dans l'organisme. À 50 Hz, ce courant induit est environ 100 millions de fois plus faible que le champ externe.

Le champ magnétique dans les tissus est le même que le champ extérieur. Le corps de l'homme ne perturbe pas sensiblement ce champ. La principale interaction des champs magnétiques est l'induction de courants électriques dans les tissus biologiques.

Figure 4 • Effets sur le corps humain des champs





Effets sanitaires aigus

Les expositions aiguës de forte intensité sont la cause d'effets néfastes clairement établis : effets sur la vision et sur le système nerveux, stimulation des tissus excitables, fibrillation. La réglementation est fondée sur ces effets aigus.

Magnéto phosphènes

Une personne exposée à un champ magnétique perçoit des scintillements lumineux à la périphérie de son champ visuel. Les magnéto phosphènes résultent de l'interaction du champ électrique induit avec les cellules de la rétine électriquement excitables. Le seuil du champ magnétique externe nécessaire pour induire des phosphènes est de 10 000 μT à 20 Hz. À 50 Hz, le corps humain doit être exposé à un champ magnétique légèrement supérieur pour que l'effet soit observé.

Densité de courant induit dans le corps humain en mA/m ²	Valeurs des champs magnétiques externes induisant un courant dans le corps humain à 50 Hz en μT	Effets
En dessous de 10	Supérieurs à 500 et jusqu'à 5 000	Effets biologiques mineurs
De 10 à 100	Supérieurs à 5 000 et jusqu'à 50 000	Effets sur le système nerveux et la vision (magnéto phosphènes)
De 100 à 1000	Supérieurs à 50 000 et jusqu'à 500 000	Stimulation des tissus excitables
Au-dessus de 1 000	Supérieurs à 500 000	Fibrillation ventriculaire

Source : Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants, *Guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques de fréquence variable dans le temps, jusqu'à 300 GHz*, traduction INRS, 2001, 47 p.

www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ND%202143

Électrification – Électrocution

Des activités professionnelles mais aussi certaines activités de loisirs (pêche, sport en plein air), lorsqu'elles sont pratiquées sous des lignes de transport d'électricité, peuvent présenter des risques et des mesures de prévention doivent être respectées. Le contact direct avec la ligne de transport d'électricité ou l'électrification via la production d'un arc électrique à proximité de cette ligne peuvent être mortels.

Pour connaître les conseils de sécurité à respecter lorsque vous évoluez à proximité des lignes électriques RTE, consultez le site www.sousleslignes-prudence.com.

Effets sanitaires chroniques

Aux niveaux d'exposition rencontrés en population générale à la fréquence du réseau électrique, aucun effet sanitaire n'est actuellement considéré comme causalement établi.

L'expertise de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en juin 2007 sur les champs électromagnétiques basses fréquences, conclut qu'étant donné la faiblesse des éléments établissant un lien entre l'exposition aux champs électromagnétiques d'extrêmement basses fréquences et la leucémie infantile, les avantages que l'on pourrait tirer d'une diminution de l'exposition pour la santé sont difficiles à établir. L'OMS recommande, lors de la construction de nouvelles installations ou de la conception de nouveaux équipements et appareils, d'explorer les méthodes permettant de réduire les expositions à bas coût et précise que les politiques basées sur l'adoption de limites d'exposition arbitrairement faibles ne sont pas justifiées.

La littérature épidémiologique portant sur la leucémie chez l'enfant montre une association statistique avec l'exposition aux champs électromagnétiques d'extrêmement basses fréquences pour une exposition moyennée sur 24 heures à des champs magnétiques supérieurs à



0,4 μ T. Sur la base des résultats de ces études épidémiologiques, le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) a classé en 2002 les champs d'extrêmement basses fréquences comme « cancérogènes possibles pour l'homme » (groupe 2B). En effet, il n'y a pas d'explication biologique à ce phénomène qui n'est pas corroboré par les expérimentations animales.

En mars 2010, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a publié un rapport d'expertise collective « Effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences » et un avis comportant des recommandations. Le groupe d'experts partage les conclusions de l'OMS qui considère que les preuves scientifiques d'un possible effet sanitaire à long terme sont insuffisantes pour justifier une modification des valeurs limites d'exposition.

Leucémie

Maladie qui se caractérise par la production d'un grand nombre de globules blancs immatures qui, s'ils quittent la moelle osseuse et circulent dans le sang, peuvent envahir tous les organes. On parle parfois de cancer du sang. Il existe plusieurs types de leucémies.

Source : Institut national du cancer (INCA)

www.e-cancer.fr/cancerinfo/ressources-utiles/dictionnaire/l_leucemie/

Leucémies infantiles

En 1979, une étude épidémiologique menée par Wertheimer et Leeper a montré une augmentation du risque de leucémie de l'enfant dans les habitations présentant des câblages électriques particuliers et fortement exposées aux champs électromagnétiques basses fréquences. Depuis, la littérature scientifique épidémiologique converge vers une augmentation du risque de leucémie chez les enfants exposés à de champs magnétiques résidentiels de plus de 0,4 μ T.

En France, l'étude GEOCAP de l'Inserm a été menée en utilisant les données du *Registre national des hémopathies malignes de l'enfant* et le *Registre national des tumeurs solides de l'enfant* et en caractérisant les adresses par géocodage. Les résultats ont été publiés en avril 2013 (revue scientifique *British Journal of Cancer BJC*). À partir d'une étude fondée sur les 2779 cas avérés de leucémie chez l'enfant en France entre 2002 et 2007 et 30 000 témoins, les chercheurs ont observé une augmentation du risque de leucémie chez l'enfant de moins de 15 ans pour des habitations situées à moins de 50 m d'une ligne à très haute tension (225-400 kV). Cette augmentation semble toutefois limitée aux enfants de moins de 5 ans et n'est pas perceptible au-delà de 50 m ou pour les lignes haute tension à plus faible voltage (63, 90, 150 kV). Elle n'est pas visible non plus dans les zones urbaines de plus de 100 000 habitants.

Environ 0,2 % de la population de moins de 15 ans vit à moins de 50 mètres d'une ligne très haute tension en France, soit environ 30 000 enfants. Même si l'on fait l'hypothèse qu'il existe un lien de causalité entre exposition aux champs électromagnétiques à proximité des lignes à haute tension et leucémie infantile, le risque est faible. Dans cette hypothèse, compte tenu des excès de risque mis en évidence par différentes études épidémiologiques, cela se traduirait chaque année par un excès de moins de 1 cas de leucémie aiguë chez un enfant de moins de 15 ans.

IEI CEM

Le syndrome d'intolérance environnementale idiopathique attribué aux champs électromagnétiques est utilisé pour définir un ensemble de symptômes variés et non spécifiques d'une pathologie particulière (maux de tête, nausées, fatigue, difficultés de concentration, rougeurs, etc.), que certaines personnes attribuent spontanément à une exposition aux champs électromagnétiques. Le lien entre exposition aux champs électromagnétiques et hypersensibilité électromagnétique n'a pas été démontré.



Implants médicaux

Le respect des valeurs limites ne permet pas d'écarter toute interférence avec les dispositifs médicaux (stimulateurs cardiaques, défibrillateurs implantables, implants cochléaires...). D'après les travaux scientifiques, le risque est faible. Cependant les personnes porteuses d'implants doivent être vigilantes et en parler à leur médecin.

Études épidémiologiques

Les riverains de lignes de transport d'électricité demandent fréquemment la mise en place d'une surveillance épidémiologique. À ce titre et s'agissant de la leucémie de l'enfant, seule pathologie pour laquelle un lien statistique a été montré par quelques études épidémiologiques, l'Institut de veille sanitaire (InVS) qui a étudié cette question conclut « qu'une étude épidémiologique restreinte au trajet d'une seule ligne à très haute tension ne permettrait pas d'aboutir à des conclusions en raison de la taille de la population et de la faible incidence de la leucémie de l'enfant ».



Réglementation

Construction des valeurs limites d'exposition aux champs électromagnétiques

Les valeurs limites d'exposition sont fondées sur les travaux de la Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) de 1998. Le respect des valeurs limites d'exposition permet de protéger le public des effets du champ électrique et du champ magnétique.

Valeur limite d'exposition – Champ magnétique

100 mA/m²	Observation de la valeur du courant induit dans le corps humain qui entraîne une stimulation des tissus excitables (muscles, nerfs)
-----------------------------	---

10 mA/m²	Application d'un facteur de 10 pour la protection des travailleurs
----------------------------	--

2 mA/m²	Application d'un facteur supplémentaire de 5 pour la protection de la population générale
---------------------------	---

champ interne/ champ externe	Modélisation mathématique pour déterminer le champ magnétique externe qui peut induire le courant électrique dans le corps humain à la fréquence de 50 Hz
---	---

valeur limite 100 µT	Valeur limite de 100 µT pour la protection de la population générale à 50 Hz
---------------------------------	---



Valeur limite d'exposition – Champ électrique

La valeur limite du champ électrique a été fixée à 5 000 V/m, valeur qui correspond à la perception du champ électrique par les personnes les plus sensibles.

L'arrêté du 17 mai 2001 fixe les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique (art. 12 bis) : « Pour les réseaux électriques en courant alternatif, la position des ouvrages par rapport aux lieux normalement accessibles aux tiers doit être telle que le champ électrique résultant en ces lieux n'excède pas 5 000 V/m et que le champ magnétique associé n'excède pas 100 μ T dans les conditions de fonctionnement en régime de service permanent ».

Maîtrise de l'urbanisme

L'instruction du 15 avril 2013 du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie relative à l'urbanisme à proximité des lignes de transport d'électricité demande aux préfets de recommander aux gestionnaires d'établissements et aux autorités compétentes en matière d'urbanisme de ne pas implanter de nouveaux établissements sensibles dans des zones exposées à un champ magnétique supérieur à 1 μ T :

« Au vu des éléments disponibles sur l'évaluation des risques, sur lesquels pèsent de fortes incertitudes, et sur les enjeux économiques, vous recommanderez aux collectivités territoriales et aux autorités en charge de la délivrance des permis de construire, d'éviter, dans la mesure du possible, de décider ou d'autoriser l'implantation de nouveaux établissements sensibles (hôpitaux, maternités, établissements accueillant des enfants tels que crèches, maternelles, écoles primaires etc.) dans les zones qui, situées à proximité d'ouvrages THT, HT, lignes aériennes, câbles souterrains et postes de transformation ou jeux de barres, sont exposées à un champ magnétique de plus de 1 μ T, cette valeur, appliquée en bordure de zone de prudence, apparaissant globalement compatible avec la valeur d'exposition permanente des occupants de bâtiments sensibles de 0,4 μ T proposée par l'avis de l'Anses. »

Des servitudes d'utilité publique peuvent être établies pour des raisons de sécurité, afin de prévenir les accidents comme la chute de pylônes ou de câbles. Le décret n° 2004-835 du 19 août 2004 relatif aux servitudes d'utilité publique prévues par l'article 12 bis de la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie prévoit que le préfet peut instituer des servitudes de part et d'autre de toute ligne électrique aérienne de tension supérieure ou égale à 130 kV, existante ou à créer. Ce dispositif a peu été mis en œuvre en pratique.

Comment faire réaliser des mesures ?

Les maires des 18 000 communes se situant à proximité de lignes électriques à haute et très haute tension peuvent demander l'intervention du gestionnaire du Réseau de transport d'électricité (RTE) pour relever les valeurs des champs magnétiques, ou celle d'un laboratoire indépendant certifié pour effectuer des mesures. Ce service, si la commune le souhaite, peut, financièrement, être entièrement pris en charge par RTE.

**La demande doit être formulée par le maire
et par courrier électronique à l'adresse suivante :**
mesures-CEM@rte-france.com

En savoir plus sur le site de RTE

www.rte-france.com/fr/actualites-dossiers/a-la-une/lignes-electriques-a-haute-et-tres-haute-tension-et-champs-magnetiques-50-hertz-un-nouveau-service-d-information-et-de-mesures-propose-aux-maires-2

Le décret n° 2011-1697 du 1^{er} décembre 2011 relatif aux ouvrages des réseaux publics d'électricité et des autres réseaux d'électricité et au dispositif de surveillance et de contrôle des ondes électromagnétiques impose au gestionnaire du réseau public de transport d'électricité la réalisation d'un contrôle régulier des champs électromagnétiques induits par les lignes de transport d'électricité. Les résultats de ces mesures sont transmis annuellement à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) qui les rend publics.



Unités de mesure

Hz - Hertz

La fréquence est l'inverse d'un temps (nombre d'oscillations par unité de temps). L'unité de mesure est le Hertz. Les champs électromagnétiques associés à un courant alternatif oscillent dans le temps suivant une fréquence donnée. En France le courant alternatif est distribué à une fréquence de 50 Hz. Dans ce domaine de fréquences (extrêmement basses fréquences), le champ magnétique et le champ électrique ne sont pas liés contrairement à des domaines de fréquences plus élevées. Il faut considérer le champ électrique et magnétique indépendamment l'un de l'autre.

V/m - Volt/mètre

Le champ électrique est lié à la notion de charges électriques. L'intensité de champ électrique est une grandeur qui correspond à la force exercée sur une particule chargée indépendamment de son déplacement dans l'espace. L'unité de mesure est le volt par mètre.

T - Tesla

Le champ magnétique est lié à la notion de charges électriques en mouvement. L'intensité du champ magnétique est une grandeur qui correspond à la force exercée sur des charges en mouvement. Dans l'air et les matières biologiques, le champ magnétique n'est pas modifié. Dans ces milieux, deux grandeurs, l'intensité du champ magnétique et le flux d'induction magnétique, peuvent être utilisées indifféremment. Un champ magnétique de 1 A/m correspond à une induction magnétique de $4\pi \cdot 10^{-7}$ T soit environ 10^{-6} T (1 μ T).

Domaines de tensions

Tensions	Inférieures à 1 000 V	1 000 V à 50 000 V	50 000 V à 400 000 V
Appellation normalisée	BT basse tension	HTA haute tension A	HTB haute tension B
Appellation courante	BT basse tension	MT moyenne tension	HT (haute tension) et THT (très haute tension)

Densité de courant induit dans l'organisme

Dans les travaux scientifiques, le courant induit dans l'organisme est souvent exprimé en densité de courant. Cette densité est le produit du champ électrique interne et de la conductivité du corps humain. À 50 Hz l'hypothèse simplificatrice d'une conductivité homogène du corps humain de 0,2 siemens par mètre est utilisée.



Sources disponibles

Effets sur la santé

Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses)

Effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences, Rapport d'expertise collective, mars 2010, 181 p.

www.anses.fr/sites/default/files/documents/AP2008et0006Ra.pdf

Organisation mondiale de la santé (OMS)

Que sont les champs électromagnétiques ?

www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/fr/

Champs électromagnétiques et santé publique. Exposition aux champs de fréquence extrêmement basse, Aide-mémoire n° 322, juin 2007

www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/fr/index.html

Environmental Health Criteria 238, Extremely low frequency fields

www.who.int/peh-emf/publications/Comple DEC_2007.pdf

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)

www.icnirp.de/PubEMF.htm

Institut national de recherche et de sécurité (Inrs)

Les mécanismes d'interaction avec le corps humain, Collection Champs électromagnétiques, ED 4215, mars 2008, 4 p.

www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%204215

Lignes directrices pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électriques et magnétiques variables dans le temps (fréquences de 1 Hz à 100 kHz), Points de repère, 2011, 21 p.

www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=PR%2047

Gestion des risques

Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD)

Rapport sur la maîtrise de l'urbanisme autour des lignes de transport d'électricité, août 2010, 56 p.

www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/007318-01_rapport_cle2f931a.pdf

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Les effets sur la santé et l'environnement des champs électromagnétiques produits par les lignes à haute et très haute tension ; Rapport n° 506 (2009-2010) de M. Daniel RAOUL, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, déposé le 27 mai 2010

www.senat.fr/rap/r09-506/r09-506_mono.html

Brochures et sites d'information des producteurs et distributeurs d'énergie

RTE – EDF

Site internet « La clé des champs »

www.clefdeschamps.info/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=site-internet-la-clef-des-champs-electromagnetiques

Les champs électromagnétiques de très basse fréquence, 2005 (schéma page 18)

www.rte-france.com/uploads/Mediatheque_docs/environnement/champs_electromagnetiques/Brochure_Champs_Electromagnetiques_TBF.pdf

Hydro Québec

Champs électriques et champs magnétiques

www.hydroquebec.com/developpementdurable/champs/index.html

Elia Belgique

Brochure sur les *Champs électriques, magnétiques et liaisons à haute tension*, 28 p.

www.elia.be/~media/files/Elia/publications-2/brochures/ELIA_BrochEMF_FR.pdf

Rédaction [Direction générale de la santé \(DGS\)](#)
Conception [Délégation à l'information et à la communication \(Dicom\)](#)
Ministère des Affaires sociales et de la Santé

N° ISBN : 978-2-11-138303-6

Achevé d'imprimer au mois de mars sur les presses de l'Imprimerie de la Centrale 62302 Lens
Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2014

