

## Les lignes à haute tension et les transformateurs

Le réseau d'énergie (lignes, câbles, postes de transformation) transporte, répartit et distribue l'énergie fournie par les centrales à tous les utilisateurs.

Le passage de l'électricité dans les lignes de transmission haute tension et des postes de transformation génère, dans leur voisinage immédiat, des champs électriques et magnétiques.

Cette fiche traite de l'exposition professionnelle aux champs électriques ou magnétiques à la fréquence de 50 Hz (hertz). Cette fréquence fait partie de la gamme des ELF (*extremely low frequencies*, 1 Hz à 10 kHz).

## LES LIGNES À HAUTE TENSION

Les lignes à haute tension génèrent essentiellement un champ électrique qui s'exprime en V/m (volt/mètre), d'autant plus élevé que la tension est forte.

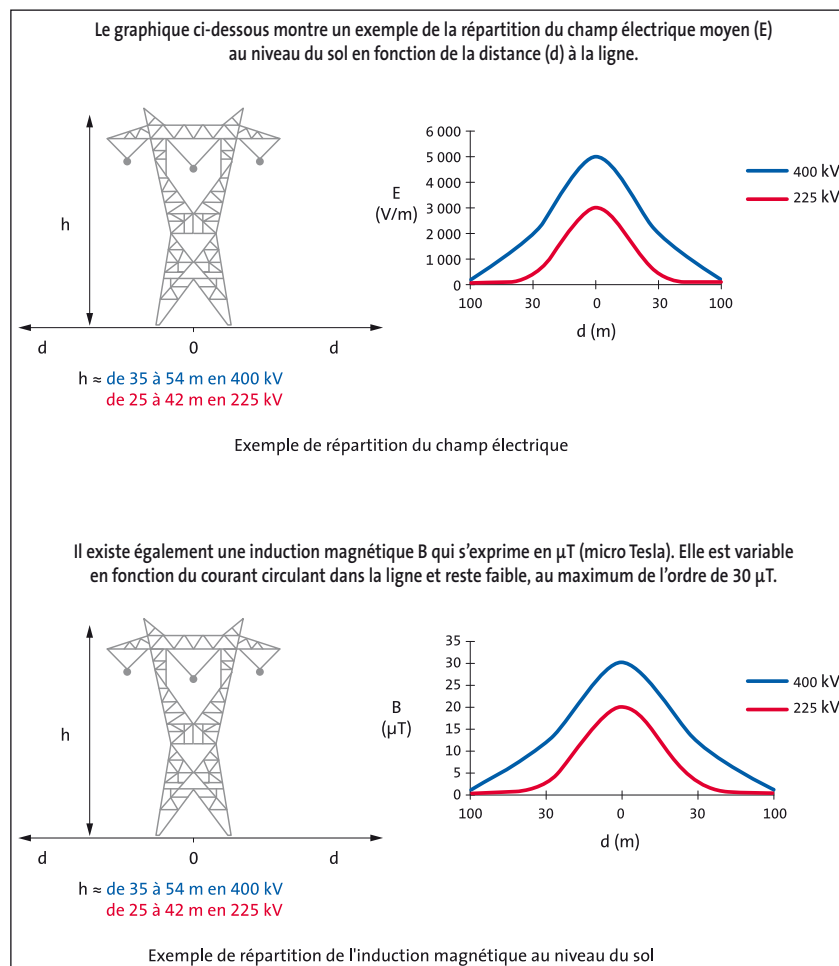
Au niveau du sol, le champ électrique est 5 000 V/m pour une ligne HTB (voir le tableau ci-contre) de 400 kV.

Il décroît rapidement avec la distance par rapport à la ligne. À l'intérieur des constructions, il est fortement atténué.



© Christian Bisselier/CRAM Auvergne

Appellation normalisée	Ancienne appellation (toujours d'usage courant)	Niveau de tension usuel en France
HTB	Très haute tension (THT)	400 000 V – 225 000 V
	Haute tension (HT)	90 000 V – 63 000 V
HTA	Moyenne tension (MT)	20 000 V
BT	Basse tension (BT)	380/230 V



## LES TRANSFORMATEURS

Le transformateur permet d'élever ou de diminuer la tension.

En sortie des alternateurs d'une centrale électrique, la tension est comprise entre 10 kV et 30 kV. Pour transporter l'énergie, un transformateur élève ensuite la tension à des valeurs de 63 kV, 90 kV, 225 kV ou 400 kV.

Pour permettre la distribution de l'énergie, des transformateurs haute tension (par exemple 63 kV/20 kV) vont progressivement diminuer la tension (20 kV/400 V ou 230 V) au niveau requis pour le consommateur.

Un transformateur est conçu de façon à concentrer le champ magnétique en son centre, il est donc très faible aux alentours du transformateur (en moyenne de 20 à 30  $\mu\text{T}$ ).

Les valeurs d'induction magnétique les plus élevées sont mesurées à proximité des câbles de sortie basse tension et du tableau de distribution. Elles sont très variables et dépendent du courant fourni (nombre de machines en service) au moment de la mesure. L'accès aux postes de transformation est interdit ou réglementé, car le risque d'électrocution est prépondérant.

Le champ électrique mesuré est très faible, de l'ordre de quelques dizaines de V/m.

## VALEURS DÉCLENCHANT L'ACTION

La directive européenne 2004/40/CE du 29 avril 2004 sur les risques liés aux champs électromagnétiques définit les valeurs déclenchant l'action à partir desquelles l'employeur doit mettre en œuvre des mesures de prévention pour réduire l'exposition. Le fait de ne pas dépasser ces valeurs garantit le respect des valeurs limites d'exposition.

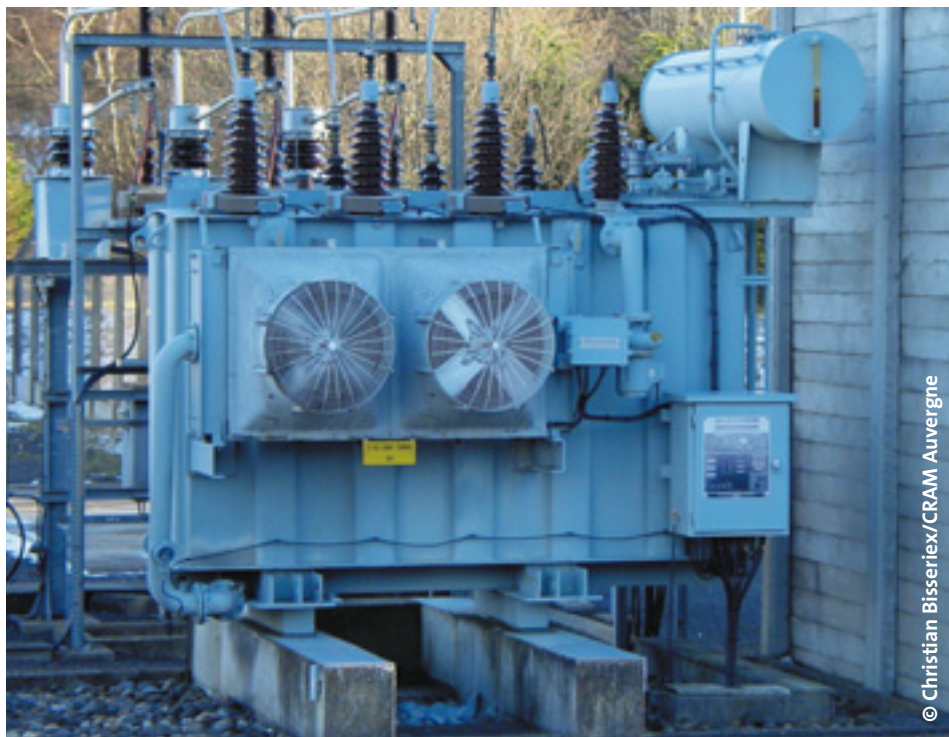
Pour les champs existants près des lignes à haute tension et des transformateurs, les valeurs déclenchant l'action (VDA) sont indiqués ci-après.

Type de champ	VDA
Champ électrique E	10 000 V/m
Induction magnétique B	500 $\mu\text{T}$
Champ magnétique H	400 A/m

Ce sont généralement les niveaux de champ électrique (E) et d'induction magnétique (B) qui sont mesurés sur site. B et H sont liés par la relation suivante :

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \mu_r H$$

$\mu_r$  dépend du matériau



© Christian Bissériex/CRAM Auvergne

## RISQUES

### Courants induits

Les champs ELF produisent des courants induits qui peuvent entraîner les effets suivants.

Densité de courant induit	Effets constatés
En dessous de 10 mA/m <sup>2</sup>	Effets biologiques mineurs
De 10 à 100 mA/m <sup>2</sup>	Effets visuels et nerveux
De 100 à 1 000 mA/m <sup>2</sup>	Stimulation des tissus excitables. Un danger pour la santé est possible.
Au-dessus de 1 000 mA/m <sup>2</sup>	Fibrillation cardiaque

La valeur limite fixée par la directive est de 10 mA/m<sup>2</sup> à 50 Hz.

### Courants de contact

Les chocs électriques et les brûlures sont des effets indirects des champs électromagnétiques impliquant un contact entre une personne et des objets métalliques se trouvant dans le champ.

À 50 Hz, le seuil de perception tactile du courant est compris entre 0,2 et 0,4 mA.

Le seuil physiologique, correspondant à un choc sévère ou une difficulté à respirer, est compris entre 12 et 23 mA.

La directive 2004/40/CE établit la valeur de 1 mA comme valeur déclenchant l'action vis-à-vis des courants de contact.

### Pathologie tumorale

La directive 2004/40/CE indique (attendu 4) : « La présente directive ne traite pas des effets à long terme, y compris les effets cancérigènes qui pourraient se produire en raison d'une exposition à des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques variant dans le temps, à propos desquels il n'existe pas de données scientifiques probantes qui permettent d'établir un lien de causalité ».

Sur la base de plusieurs études épidémiologiques portant sur des groupes d'enfants exposés à proximité de lignes à haute tension et mettant en évidence un risque accru de leucémie, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les champs électromagnétiques « basse fréquence » comme possiblement cancérigènes pour l'homme (catégorie 2B).

### Compatibilité électromagnétique avec les implants

Il existe un risque de dysfonctionnement des implants actifs tels que les stimulateurs cardiaques (voir la brochure INRS ED 4206 *Les stimulateurs cardiaques*), les défibrillateurs, les prothèses auditives, les pompes à insuline et les valves cérébrales.

Il semblerait que le risque soit minime, mais non négligeable pour les appareils de technologie récente.

D'autres implants dits passifs (broches, plaques par exemple) réalisés dans des matériaux ferromagnétiques sont sensibles au champ magnétique. Les conséquences de l'exposition peuvent être l'aimantation de l'implant, son déplacement par attraction ou son échauffement par induction.

## MOYENS DE PRÉVENTION

Le moyen de prévention le plus efficace contre l'exposition aux rayonnements électromagnétiques est l'éloignement.

Lors de la conception ou le réaménagement des locaux, les postes de travail seront implantés au minimum à 50 cm des chemins de câbles d'alimentation et de la cloison du local de transformateur.

Concernant les lignes à haute tension, le respect des distances indiquées pour le risque d'électrisation, soit 3 ou 5 mètres suivant la tension de la ligne, garantit en règle générale que la valeur déclenchant l'action de 10 000 V/m ne sera pas dépassée.

*Note : les interventions au plus près des conducteurs doivent être effectuées par du personnel habilité et une évaluation des risques tant électriques qu'électromagnétiques doit être réalisée.*

### Effets sur les écrans d'ordinateur à tube cathodique

Les circuits électroniques des écrans à tube cathodique sont très sensibles à la présence de champs électromagnétiques. Les bobines de déflexion du faisceau d'électrons, alimentées à la fréquence du secteur (50 Hz), peuvent subir l'interférence d'un champ magnétique extérieur de fréquence identique, et ce, à partir d'une intensité de l'ordre du microtesla (1  $\mu$ T).

## POUR EN SAVOIR PLUS

■ Directive 2004/40/CE du Parlement européen et du conseil du 29 avril 2004 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques).

■ Guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques, *Hygiène et sécurité du travail*, Cahiers de notes documentaires, ND 2143, 2001.

■ Fiches « Champs électromagnétiques » de l'INRS :  
– *Téléphones mobiles et stations de base*, ED 4200, 2004.

– *Généralités sur les rayonnements non ionisants jusqu'à 300 GHz*, ED 4201, 2005.

– *Les sources des rayonnements non ionisants (jusqu'à 60 GHz)*, ED 4202, 2004.

– *Les effets des rayonnements non ionisants sur l'homme*, ED 4203, 2005.

– *La réglementation en milieu professionnel*, ED 4204, 2005.

– *Les machines utilisant le chauffage par pertes diélectriques*, ED 4205, 2004.

– *Les stimulateurs cardiaques*, ED 4206, 2004.

– *Les écrans de visualisation*, ED 4208, 2006.

– *L'imagerie par résonance magnétique*, ED 4209, 2006.

– *Les lignes à haute tension et les transformateurs*, ED 4210, 2008.

#### Auteurs :

Groupe RNI CRAM/INRS

Ch. Bisserieux, CRAM Auvergne

P. Laurent, CRAM Centre-Ouest

Ph. Cabaret, CRAM Languedoc-Roussillon

Ch. Bonnet, CRAM Centre

E. Marteau et Ch. Masson, CRAM Ile-de-France

G. Le Berre, CRAM Bretagne

A. Becker, Ph. Demaret, J. Herrault, P. Donati

et R. Klein, INRS Lorraine

J.-P. Servent et Y. Ganem, INRS Paris

#### Contacts :

Ph. Demaret, INRS : 03 83 50 85 32

J.-P. Servent, INRS : 01 40 44 31 09

Service prévention CRAM