



Les sources de rayonnements non ionisants (jusqu'à 60 GHz)

INTRODUCTION

Les sources de champs électromagnétiques ou rayonnements non ionisants (RNI) sont très fréquentes dans l'industrie (cf. ED 4201). Chaque situation de travail étant un cas particulier, cette fiche n'exonère pas d'une évaluation des risques approfondie. Elle a pour vocation un repérage le plus exhaustif possible des principales applications professionnelles mettant en œuvre des fréquences comprises entre 0 et 60 GHz, qui pourraient entraîner des effets sur l'homme (cf. ED 4203, ED 4206 et ED 4215).

En fonction de la gamme de fréquences mise en œuvre par les machines, on peut classer ces applications en six familles.

Cette classification est basée sur la fréquence fondamentale caractéristique des applications considérées.

Le projet de directive européenne* prescrit des **valeurs limites d'exposition** dépendant de ces fréquences en dessous desquelles il n'y aurait pas d'effets nocifs connus sur la santé. Le respect des **valeurs déclenchant l'action** garantit le respect des valeurs limites d'exposition. (voir fiche ED 4204)

* La directive 2008/46/CE a repoussé la date de mise en application de la directive « Champs électromagnétiques » 2004/40/CE du 30 avril 2008 au 30 avril 2012, délai pendant lequel devrait être élaboré et adopté par le Conseil et le Parlement européen un amendement modifiant cette directive.

Famille	Applications	Gamme de fréquences
1 Statique	Électrolyse, aimant	0 Hz
2 ELF (extremely low frequency)	Distribution électrique, soudage	50-60 Hz
3 Moyennes fréquences	Induction	50 Hz à plusieurs MHz
4 Hautes fréquences	Effet diélectrique	Quelques MHz
5 Hyperfréquences	Micro-ondes	2,45 GHz
6 Télécommunications	Téléphonie, radiodiffusion, TV	Très variable

Tableau 1. Familles d'applications des champs électromagnétiques.

FAMILLE STATIQUE

Cette famille recouvre les équipements fonctionnant avec un courant électrique continu (0 Hz).

À cette fréquence, la valeur d'induction magnétique déclenchant l'action est de 200 mT (milliteslas).

Exemples d'applications :

- L'industrie de l'aluminium utilise des cuves d'électrolyse alimentées par des forts courants électriques dont l'intensité peut atteindre 400 000 A (cf. photo 1). Des cuves d'électrolyse sont aussi employées pour l'étamage de tôles, par exemple pour la fabrication de boîtes de conserve.

L'induction magnétique peut être élevée à proximité des amenées de courant, elle est proportionnelle à l'intensité du courant qui les traverse et inversement proportionnelle à la distance qui les sépare du point considéré.

- Dans les laboratoires de recherches et les hôpitaux, les appareils à RMN (résonance magnétique nucléaire) ou IRM (imagerie par résonance magnétique) mettent en œuvre un électro-aimant à supraconducteurs qui génère une induction magnétique statique maximale de 15 T au cœur du système (cf. ED 4209).



Photo 1. Cuve d'électrolyse pour l'étamage de tôles. Vue des amenées de courant.

- L'industrie de fabrication des aimants est également concernée par cette famille. Les moteurs linéaires installés dans les centres d'usinage à grande vitesse (CUGV) sont composés d'aimants puissants qui produisent à leur proximité immédiate une induction magnétique statique.

Remarque : Généralement, au poste de travail de ces équipements, la valeur limite d'exposition est respectée.

FAMILLE ELF (extremely low frequency)

D'après l'Organisation mondiale de la santé (aide-mémoire n° 205 de novembre 1998), les champs ELF sont ceux dont la fréquence est égale ou inférieure à 300 Hz.

À ces fréquences, les valeurs déclenchant l'action varient entre 20 000 V/m et 1667 V/m pour le champ électrique et de 200 000 μ T à 83 μ T pour l'induction magnétique.

Distribution de l'électricité

Le transport et la distribution de l'électricité se font au moyen de **lignes à haute tension**, de **transformateurs** et de **lignes à basse tension** (cf. ED 4210).

Sous une **ligne à haute tension** de 400 kV (cf. photo 2), on peut mesurer des valeurs de champ électrique jusqu'à 11 000 V/m (en moyenne 5 000 V/m). Le champ électrique augmente avec la tension mais décroît rapidement avec la distance par rapport à la ligne (source). L'induction magnétique est très variable sous une ligne à haute tension, mais reste faible de l'ordre de 30 μ T.

Au niveau du secondaire d'un **transformateur** (sortie), il existe une induction magnétique qui décroît rapidement avec la distance et qui est proportionnelle à sa charge (consommation de courant).

Remarque : Les valeurs limites d'exposition à 50 Hz sont généralement respectées dans l'environnement habituel de travail.



Photo 2. Lignes à haute tension.

Soudage électrique

La plupart des équipements de soudage (soudage à l'arc et soudage par résistance en particulier) fonctionnent à la fréquence de 50 Hz. Notons qu'il existe également des techniques de soudage par résistance fonctionnant à la fréquence de quelques kHz (famille des moyennes fréquences) dans le secteur de l'automobile en particulier.

- Autour d'un pistolet de soudage à l'arc et de ses câbles de liaison, le champ magnétique est peu élevé en raison de la faible intensité de courant nécessaire (de l'ordre de 300 A).

- Le soudage par résistance, ou soudage par point (pinces et presses) nécessite des courants très élevés (plusieurs kA). Par conséquent, l'induction magnétique relevée à proximité peut être très forte, particulièrement sur le côté de la boucle de courant (en général sur le côté de la machine).



Photo 3. Presse de soudage par point.



Photo 4. Pince de soudage par point à transformateur intégré.

■ Dans le cas des presses de soudage par point (cf. photo 3), le champ magnétique peut dépasser les $500 \mu\text{T}$ au poste de travail, si l'opérateur se tient très près de l'électrode.

■ Pour les pinces de soudage par point à transformateur intégré (cf. photo 4), l'exposition de l'opérateur est moindre s'il se tient derrière le transformateur (position normale).

■ Pour les pinces à transformateur déporté (pas d'illustration), le champ le long du câble de liaison peut être important, et donc exposer fortement l'opérateur.

Remarque : Les valeurs limites d'exposition à 50 Hz sont parfois dépassées en fonction de l'emplacement du poste de travail.

FAMILLE MOYENNES FRÉQUENCES

Cette famille regroupe toutes les machines mettant en œuvre le procédé d'électrothermie par **induction** : tout corps conducteur, placé dans un champ magnétique variable, est le siège d'une tension électrique induite, à l'origine d'un courant électrique producteur de chaleur par effet joule. Ce procédé est de plus en plus employé dans l'industrie. Ces machines utilisent des fréquences allant de quelques centaines de Hz à plusieurs MHz. Les puissances rencontrées peuvent aller jusqu'au MW.

Les secteurs d'activités concernés sont :

■ l'industrie sidérurgique et le travail des métaux :

- fusion dans des fours à creuset (cf. photo 5),
- traitement (recuit, trempe) et formage,
- préchauffage avant emboutissage ou peinture,
- soudage et brasage de précision en orfèvrerie (cf. photo 6) ;

■ l'industrie électronique :

- dégazage de certaines pièces telles les électrodes des tubes électroniques,
- génération de plasma pour le travail de certaines pièces ou le perçage de céramiques,



Photo 5. Creuset de fonderie.



Photo 6. Inducteurs pour le chauffage de pièces avant brasage.

- fusion pour l'affinage des microcristaux tels le germanium ou le silicium ;

■ l'industrie chimique :

- fabrication de fibres (de verre, de roche et autres fibres minérales et optiques),
- fusion en creuset pour les matériaux sensibles (verres, oxydes et isolants réfractaires),
- séchage de produits pulvérulents par vis chauffante (farines, carbonate de calcium) ;

■ l'industrie agroalimentaire :

- cuisson, dorage de produits alimentaires,
- séchage ou stérilisation de produits en poudre,
- thermoscellage.

Cette gamme de fréquences est utilisée également pour des détecteurs de métaux (aéroports) et certains portiques antivols.

Remarque : Le champ magnétique est très variable d'une application à l'autre. Il peut être très élevé à proximité immédiate de l'inducteur. Au poste de travail (souvent placé loin de la source), les valeurs limites d'exposition sont en général respectées car le champ décroît très rapidement avec la distance. Toutefois, il faut faire attention aux câbles d'amenée de courant qui peuvent rayonner.



Photo 7. Presse de formage du bois.

FAMILLE HAUTES FRÉQUENCES

Cette famille regroupe les machines (**presses HF...**) travaillant avec des fréquences de quelques MHz et utilisant l'électrothermie par effet diélectrique. Ce procédé est basé sur le principe que tout matériau diélectrique (isolant), placé dans un champ électrique, se charge électriquement. Si le champ est alternatif, les inversions répétées de charge s'accompagnent de pertes qui se transforment en chaleur. La fréquence doit être élevée, généralement entre 3 MHz et 3 GHz. Dans l'industrie, la fréquence ISM (industrie scientifique médicale) autorisée la plus couramment rencontrée est de 27,12 MHz, mais on trouve aussi du 13,56 ou du 40,68 MHz. À ces fréquences, la valeur déclenchant l'action est de 61 V/m.

Les secteurs d'activités concernés sont :

■ l'industrie du bois :

- séchage ou formage de pièces (cf. photo 7),
- collage pour la fabrication des contreplaqués, agglomérés et autres panneaux laminés ;

■ les industries textile, papetière, plastique, fabrication de composites :

- séchage, découpage et formage,
- soudage des matières plastiques (bâches, liners de piscine, blisters...) (cf. photo 8).

Remarque : Le champ électrique autour des presses hautes fréquences peut être très élevé à proximité de l'applicateur (électrode) et peut dépasser la valeur déclenchant l'action au poste de travail (cf. ED 4205).



Photo 8. Presse de soudage HF du plastique.

FAMILLE HYPERFRÉQUENCES

Le chauffage par **micro-ondes** est obtenu par l'émission d'un champ électromagnétique à la fréquence de 2,45 GHz produit par un tube (magnétron) qui fait « vibrer » les molécules du matériau à chauffer.



Photo 9. Four à micro-ondes industriel pour la vulcanisation du caoutchouc.

La valeur déclenchant l'action est de 50 W/m² à la fréquence de 2,45 GHz.

Les fours industriels à micro-ondes en enceinte fermée ou à tunnel sont utilisés dans la plupart des industries, notamment :

- pour la décongélation d'aliments, le déparasitage des céréales et autres produits agricoles ;
- pour la vulcanisation du caoutchouc (joints de portières de voiture, balais d'essuie-glace...) (cf. photo 9) ;
- pour la préparation de teinture dans le textile ;
- pour la vitrification de déchets radioactifs.

Remarque : *Le champ électromagnétique est intense à l'intérieur des enceintes blindées où est placé le matériau à chauffer. Ce type d'émission est facile à confiner. Cependant, il peut exister des fuites au niveau des entrées et sorties du tunnel ou des joints de portes suite à un mauvais entretien de la machine. En général, au poste de travail, la valeur déclenchant l'action est respectée.*

FAMILLE TÉLÉCOMMUNICATIONS

Cette famille regroupe tous les moyens de télécommunication, à savoir les émissions de radiodiffusion, de télédiffusion, la CB, la téléphonie mobile (cf. ED 4200), la télémesure, le radio-balisateur, les systèmes RFID, les transmissions satellitaires et les radars civils ou militaires.

Les fréquences sont très variables et sont présentées dans le tableau 2.

Pour les antennes d'émission de téléphonie mobile, la réglementation impose de matérialiser la zone où le niveau de champ électromagnétique dépasse la valeur déclenchant l'action (cf. ED 4200).

Remarque : *En général, la valeur déclenchant l'action est respectée dans les zones à accès non réglementé.*

Type d'émission	Fréquences
Radiodiffusion	Bande FM de 88 à 104 MHz
Télévision	VHF de 30 MHz à 300 MHz • UHF de 300 MHz à 3 GHz
CB Talkie-walkie	27 et 400 MHz
Téléphonie mobile	900, 1 800, 2 400 MHz
Satellitaire et radars	quelques GHz
WiFi, Bluetooth...	quelques GHz
RFID	125 kHz à quelques GHz

Tableau 2. Exemples de fréquences de différentes applications de télécommunication.

POUR EN SAVOIR PLUS

Les documents INRS sont disponibles sous forme papier dans les CRAM et CGSS et en format PDF sur le site www.inrs.fr.

- *Champs électriques, champs magnétiques, ondes électromagnétiques. Guide à l'usage du médecin du travail et du préventeur*, INRS, ED 785, 2003.
- *Champs et ondes électromagnétiques (0 Hz-300 GHz)*, INRS, coll. « Le point des connaissances sur », ED 5004, 2002.
- *Guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs magnétiques statiques*, INRS, ND 2184, 2003.
- *Guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques*, INRS, ND 2143, 2001.
- *Soudage par résistance. Cartographie du champ magnétique et prévention*, INRS, ND 2176, 2002.
- *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.
- *Les mécanismes d'interaction avec le corps humain*, ED 4215, 2008.

■ 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).

Auteurs : Groupe RNI CRAM/INRS

- Ch. Bissierix, 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
- S. Tirlemont, CRAM Nord-Picardie
- A. Becker, Ph. Demaret, et P. Donati, INRS Lorraine
- J.-P. Servent et Y. Ganem, INRS Paris

Contacts : Ph. Demarest, INRS,
03 83 50 85 32
J.-P. Servent, INRS,
01 40 44 31 09
Service Prévention
CRAM