



Les champs électromagnétiques

La présence de champs électromagnétiques en milieu professionnel peut susciter des craintes pour la santé des salariés. Ces craintes sont renforcées par le fait que les champs électromagnétiques ne sont pas perceptibles. Il en résulte un besoin de clarification du sujet. Il convient donc de comprendre et d'évaluer le risque provenant de l'exposition aux champs électromagnétiques au poste de travail et dans son environnement en vue de le prévenir. Ce dossier présente les principales notions à connaître, les effets sur la santé, des mesures d'évaluation et de prévention de ce risque et la réglementation européenne.

Mise à jour : 16/04/2009

Ce qu'il faut retenir

Définitions

Effets des ondes électromagnétiques sur l'homme

- Effets directs
- Effets indirects
- Effets particuliers

Réglementation

- Limitation de l'exposition en considération des effets directs
- Limitation de l'exposition en considération des effets indirects

Sources, exposition

Prévention des risques

- Evaluation des risques
- Mesurage
- Mesures de prévention techniques et organisationnelles
- Information et formation
- Surveillance médicale

Pour en savoir plus en quelques clics...

Autres références bibliographiques

Il existe des champs électromagnétiques d'origine naturelle, indépendants de l'activité humaine. Les principaux sont :

- le champ magnétique terrestre (statique), dont l'une des manifestations les plus connues est la déviation de l'aiguille de la boussole
- le rayonnement radioélectrique émis par les étoiles
- le rayonnement émis par la foudre

Il existe également des champs endogènes, résultat de l'activité électrique des êtres vivants (signaux électro-physiologiques enregistrés par l'électrocardiogramme ou par l'électroencéphalogramme).

Ce dossier s'intéresse uniquement aux champs électromagnétiques émis par des sources artificielles présentes en milieu de travail.

■ Ce qu'il faut retenir

Les champs électromagnétiques sont présents partout dans notre environnement puisqu'ils se créent autour de chaque équipement électrifié. En milieu de travail, certaines installations peuvent générer un champ d'une forte intensité.

Une classification des sources de champs électromagnétiques est proposée. Elle se base sur la réglementation européenne et permet de savoir à quel point on est concerné et quel type de démarche de prévention mettre en place.

□ Effets directs à court terme

Les principaux effets directs, à court terme, sur la santé sont :

- en basse fréquence (< 10 Mhz), la stimulation électrique du système nerveux,
- en haute fréquence (> 100 kHz), l'échauffement des tissus,
- entre 100 kHz et 10 MHz, les deux types d'effets doivent être pris en compte.

La réglementation européenne a établi un système de limitation des niveaux d'exposition présenté dans ce dossier. **Le principe de l'évaluation des risques est de comparer l'exposition des salariés aux « valeurs déclenchant l'action » définies par cette réglementation.** Si l'une d'elles est dépassée, il faut mettre en place des mesures de prévention.

Les 4 approches de prévention sont :

- la réduction à la source,
- la protection collective (blindage),

- **la réduction de l'exposition par éloignement** (l'intensité diminue rapidement avec la distance),
- **la protection individuelle.**

A cela il convient d'ajouter l'information, la formation et la surveillance médicale du personnel. Aucun effet cumulatif n'est connu à ce jour pour les expositions qui respectent les seuils des effets de stimulation électrique et d'échauffement des tissus.

□ **Effets indirects à court terme**

Des effets indirects peuvent aussi survenir, tels que :

- incendies, explosions (dus à une étincelle ou un arc électrique)
- dysfonctionnement de dispositifs électroniques (y compris les pacemakers)
- création d'un courant dit « de contact » entre une personne et un objet exposés

Ces effets indirects doivent faire l'objet d'une approche spécifique.

□ **Effets à long terme**

A ce jour, il n'existe aucune preuve scientifique concernant des effets à long terme dus à une exposition faible mais régulière.

[Retour au Sommaire](#)

■ Définitions

Les champs électriques, magnétiques et électromagnétiques font partie des rayonnements dits « non ionisants » : ils ne sont pas suffisamment énergétiques pour éjecter un électron d'un atome ou d'une molécule (par opposition aux rayonnements ionisants tels que, par exemple, les rayons X).

□ **Champ électrique statique**

Un champ électrique statique apparaît dès lors qu'il y a une accumulation de charges électriques. Exemple : champ électrique aux bornes d'une batterie débranchée. Son intensité E se mesure en volts par mètre (V/m).

□ **Champ magnétique statique, perméabilité magnétique et induction magnétique statique**

Un champ magnétique statique est présent autour des aimants permanents et autour des conducteurs (« fils électriques », etc.) parcourus par un courant continu. Son intensité H se mesure en ampères par mètre (A/m).

Tout milieu (solide, liquide ou gazeux) peut être caractérisé par sa perméabilité magnétique (μ), c'est-à-dire son aptitude à réagir à la présence d'un champ magnétique. Dans un milieu, l'induction magnétique B qui apparaît en présence d'un champ magnétique H est telle que : $B = \mu \times H$ (B se mesure en teslas, T) .

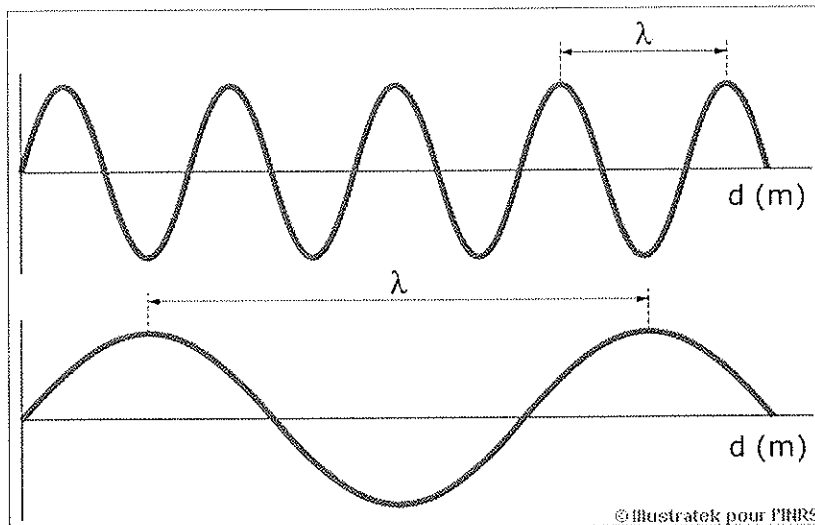
□ **Champ électromagnétique**

Dès lors que des charges électriques sont en mouvement, apparaît un champ électromagnétique variable dans le temps. Ce phénomène est formé de 2 ondes liées (l'une électrique et l'autre magnétique) qui se propagent à la vitesse de la lumière.

Bien que non perceptibles par l'homme, des champs électromagnétiques sont partout présents dans notre environnement. Toute installation électrique crée dans son voisinage un champ électromagnétique.

Comparaison des propriétés des champs électriques et magnétiques	
Champs électriques E	Champs magnétiques H
La mise sous tension d'un conducteur crée un champ électrique.	Le passage d'un courant électrique crée un champ magnétique.
Ce champ se mesure en volts par mètre (V/m).	Ce champ se mesure en ampères par mètre (A/m). En pratique, on utilise aussi l'induction magnétique, qui s'exprime en microteslas (μT).
Le champ électrique peut exister même lorsqu'un appareil électrique est éteint.	Dès que l'on allume un appareil électrique et que le courant passe, un champ magnétique apparaît.
L'intensité du champ diminue lorsque la distance à la source augmente	
La plupart des matériaux de construction protègent un peu contre les champs électriques.	La plupart des matériaux courants sont incapables de réduire l'intensité d'un champ magnétique.

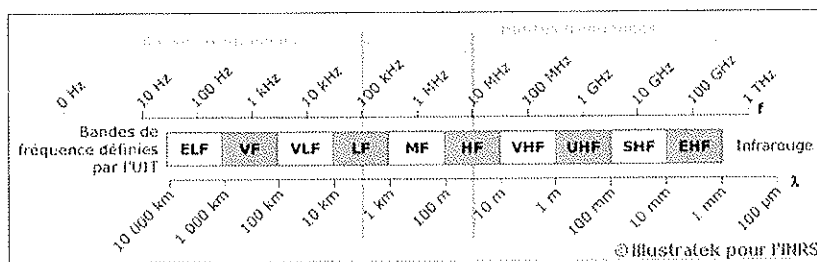
Source : Organisation mondiale de la santé (OMS)



Longueur d'onde (λ) à différentes fréquences
 Abscisse : distance à la source
 Ordonnée : amplitude de l'onde

Comme toutes les ondes sinusoïdales, les champs électromagnétiques peuvent être caractérisés par leur fréquence f , c'est-à-dire le nombre d'oscillations par seconde exprimé en Hertz (Hz), et leur longueur d'onde λ , c'est-à-dire la distance entre un point d'une ondulation et le point homologue sur l'ondulation suivante, mesurée en mètre. Ces deux grandeurs sont indissociablement liées par la vitesse de propagation de l'onde (c). Plus la fréquence est élevée, plus la longueur d'onde est courte ($\lambda = c / f$).

NB : les champs statiques ont une fréquence nulle.



Spectre des champs électromagnétiques : fréquences et longueurs d'onde

Si on considère les effets avérés sur l'organisme, le domaine des basses fréquences se situe entre 0 et 10 MHz (stimulation du système nerveux) et le domaine des hautes fréquences commence à 100 kHz (effets thermiques). De 100 kHz à 10 MHz les deux types d'effets doivent être pris en compte.

Champ électrique et champ magnétique sont d'autant plus liés que leur fréquence augmente. La densité de puissance S de l'onde électromagnétique est le produit des intensités du champ électrique et du champ magnétique ($S = E \times H$). Elle s'exprime en watts par mètre carré (W/m^2).

□ Champ proche, champ lointain

La région qui se situe à proximité immédiate d'une source de champ électromagnétique est appelée région de champ proche. L'étendue du champ proche est relative à la longueur d'onde et à la dimension de la source. Les phénomènes électromagnétiques ne peuvent pas y être décrits selon une représentation d'onde sinusoïdale, à l'image des remous anarchiques créés autour d'un rocher tombé dans un lac. L'onde apparaît seulement à distance de cette perturbation : c'est la région de champ lointain (à comparer aux vaguelettes régulières qui apparaissent à distance de l'impact sur la surface du lac).

□ Courants induits, courants de contact

Tout corps placé dans un champ électromagnétique variable dans le temps est parcouru par un courant électrique dit « induit ». Ce courant est d'autant plus intense que le corps conduit bien l'électricité et que la fréquence et l'intensité du champ sont élevées.

Lorsque deux corps sont placés dans un champ électromagnétique, celui-ci modifie la répartition de leurs charges électriques. S'ils sont mis en contact ou si un arc électrique apparaît entre eux, un courant électrique dit « de contact » s'établit entre eux.

[Retour au Sommaire](#)

■ Effets des ondes électromagnétiques sur l'homme

Les diverses études publiées à ce jour montrent que les champs électromagnétiques ont un effet

physiologique sur les milieux biologiques.

Lorsqu'un milieu biologique est soumis à des champs électromagnétiques, une interaction se produit avec les charges électriques du tissu ou de la cellule. Le résultat de l'interaction peut produire, mais pas toujours, un effet biologique.

Les principaux effets observés connus, lors des interactions avec les champs électromagnétiques, sont :

- **les effets directs** correspondant à l'interaction entre un champ et un organisme,
- **les effets indirects** qui font intervenir un champ, un élément intermédiaire et un organisme.

Les effets sont décrits en fonction des paramètres physiques de la source, mais rappelons que certaines applications industrielles peuvent combiner plusieurs types d'expositions.

□ Effets directs

▪ Champs statiques

↳ Réaction cutanée (champ électrique statique)

Les champs électriques statiques induisent au niveau de la peau des personnes exposées une modification de la répartition des charges électriques. Cette modification est perceptible surtout au niveau des poils et des cheveux (seuil de perception : 10 kV/m – seuil de sensations désagréables : 25 kV/m).

↳ Modification de l'électrocardiogramme (ECG) (champ magnétique statique)

Des modifications de l'ECG ont pu être mises en évidence à partir de 0,1 T en expérimentation chez l'animal. Jusqu'à 2 T, ces modifications sont réversibles et n'entraînent pas de conséquence sanitaire.

↳ Malaises (champ magnétique statique)

En cas d'exposition à un champ magnétique statique de très grande intensité (> 4 T), des malaises peuvent survenir : nausées, vertiges, goût métalliques, perception de taches lumineuses.

▪ Champs électromagnétiques basse fréquence (< 100 kHz)

↳ Effets dus aux courants induits

Effets dus aux courants induits en fonction de leur densité	
Valeur efficace de la densité de courant induit (mA/m ²)	Effets
> 1 000	Fibrillation
100-1 000	Stimulation des tissus excitables
10-100	Effets visuels et nerveux, soudure des os
< 10	Pas d'effet connu sur la santé

↳ Cancérogénicité

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 chez l'enfant, le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer, émanation de l'OMS) a classé les champs électromagnétiques basse fréquence comme possiblement cancérogènes pour l'homme (catégorie 2B). Cependant, il n'a pas été possible à ce jour d'établir un lien de causalité entre les expositions incriminées et l'apparition de leucémies.

Les études sont insuffisantes pour conclure définitivement sur le caractère cancérogène ou non des champs électromagnétiques basse fréquence.

↳ Taches lumineuses

Il a été constaté chez des sujets soumis à un champ magnétique variable (autour d'une fréquence de 20 Hz et au-dessus d'un seuil d'intensité de 10 mT), un effet physiologique caractérisé par la perception visuelle de taches lumineuses ; ce sont les magnétosphènes.

▪ Champs électromagnétiques haute fréquence (> 100 kHz)

↳ Hyperthermie

Lors de l'exposition à un champ haute fréquence, l'énergie absorbée par les tissus biologiques peut entraîner une augmentation de la température (hyperthermie) du corps entier ou d'une région. Cependant, le corps humain est capable, jusqu'à un certain point, de lutter contre cet échauffement par la thermorégulation.

L'exposition accidentelle à de fortes puissances peut entraîner des brûlures superficielles ou profondes.

L'indicateur utilisé pour quantifier le dépôt de chaleur dans les tissus est le débit d'absorption spécifique (DAS).

↳ Effet auditif

Le seul effet athermique reconnu est la perception auditive des micro-ondes pulsées, spécifique aux très hautes fréquences. Dans la zone d'exposition à des rayonnements électromagnétiques de 0,4 à 6,5 GHz, l'oreille humaine peut percevoir une sensation auditive diversement traduite par un « clic ».

↳ « Hypersensibilité » électromagnétique et symptômes non spécifiques

Quel que soit le type de champ électromagnétique, certaines personnes se plaignent de symptômes dénommés « hypersensibilité » tels qu'asthénie physique ou musculaire, voire douleurs musculaires ; fatigue, pertes de mémoire, ou apathie contrastant avec une irritabilité anormale ; troubles du sommeil, insomnie ; maux de tête ; sensations ébrieuses, vertiges ou malaise... L'inquiétude vis-à-vis de ce risque peut elle-même induire des effets sans rapport avec le risque réel.

Pour ces symptômes, non spécifiques et réversibles, il est difficile d'affirmer le rôle

de l'exposition aux champs électromagnétiques, qu'elle soit environnementale ou professionnelle.

□ Effets indirects

Les champs électromagnétiques peuvent être à l'origine d'effets indirects susceptibles de provoquer des dommages sur l'homme, d'être à l'origine d'un incident ou d'un accident, ou d'aggraver une situation de travail dangereuse.

Les effets indirects pour toutes les gammes de fréquence sont les suivants :

- Déclenchement d'une explosion ou d'un incendie du fait d'un arc électrique.
- Dysfonctionnement de systèmes comprenant de l'électronique.

Les effets indirects spécifiques aux basses fréquences sont dus aux courants de contact lorsqu'une personne et des objets métalliques se trouvant dans le champ rentrent en contact. Les effets apparaissent à partir de certains seuils dépendant de leur fréquence.

Seuils physiologiques correspondants aux effets des courants de contact				
Effet	Courant seuil (mA) à la fréquence			
	50/60 Hz	1 kHz	100 kHz	1 MHz
Sensation tactile	0,2-0,4	0,4-0,8	25-40	25-40
Sensation douloureuse au contact avec le doigt	0,9-1,8	1,6-3,3	33-55	28-50
Choc douloureux/seuil de relaxation musculaire	8-16	12-24	112-224	Non déterminé
Choc sévère/difficulté à respirer	12-23	21-41	160-320	Non déterminé

Les effets indirects spécifiques aux champs magnétiques statiques sont dus au risque de projection d'objets ferromagnétiques : le phénomène de translation de matériaux dont le comportement magnétique est similaire à celui de fer (cobalt, nickel, alliages contenant ces métaux, etc.) fait que tout objet contenant de telles substances est mis en mouvement par les champs magnétiques statiques et peut être déplacé sur des distances importantes en fonction de l'intensité du champ.

□ Effets particuliers

■ Effets sur les implants médicaux

Il existe deux types d'implants : passifs ou actifs.

↳ Implants passifs :

- inertes en plastique : pas d'interférence ;
- métalliques : broches, clous, plaques..., peuvent être aimantés ou déplacés.



Les implants passifs réalisés dans des matériaux ferromagnétiques sont sensibles aux champs magnétiques. Les conséquences de l'exposition peuvent être l'aimantation de l'implant, ou la sensation d'échauffement désagréable (par induction). Sous l'effet de champs magnétiques intenses, on pourrait craindre son déplacement par attraction.

↳ Implants actifs : stimulateur cardiaque, défibrillateur, stimulateurs neurologiques, valves neurologiques, prothèses auditives, pompes à insuline, pour lesquels, outre les effets décrits ci-dessus, des dysfonctionnements électriques et/ou électroniques sont possibles (déprogrammation, reprogrammation, arrêt, stimulation ou inhibition inapproprié).

Ces situations posent le problème de l'interaction entre les champs mis en œuvres au poste de travail et les implants. **Si un salarié portant un implant travaille à proximité d'une source importante, il convient d'y apporter une attention toute particulière.**

Pour en savoir plus sur les stimulateurs cardiaques, consultez la fiche INRS ED 4206.

■ Effets sur la grossesse

A ce jour, aucun effet sanitaire lors de la grossesse n'a pu être mis en évidence chez la femme exposée aux champs électromagnétiques. Cependant, les quelques études menées sur l'exposition du fœtus ne sont pas concluantes et doivent être poursuivies.

Pour en savoir plus sur les effets des champs électromagnétiques sur l'homme, consultez les fiches INRS ED 4203 et ED 4215.

[Retour au Sommaire](#)

■ Réglementation

Pour le moment, il n'existe pas de réglementation française spécifique concernant l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques. Cependant, **l'Institution prévention recommande de respecter dès à présent les préconisations de la directive européenne 2004/40/CE publiée en 2004.** La Commission européenne a annoncé par la directive 2008/46/CE que des modifications substantielles devront être apportées à la directive 2004/40/CE a reporté sa date limite de

transposition au 30 avril 2012.

D'autre part, la recommandation européenne pour le public (1999/519/CE) a donné lieu en France à la publication du décret n° 2002-775 applicable aux expositions qui résultent des applications de télécommunication et de radiocommunication.

La directive énonce les prescriptions minimales de sécurité, basées sur les effets à court terme, en ce qui concerne l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques. Elle reprend les recommandations de limitation de l'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP, voir les documents INRS ND 2143 et ND 2184) en les associant aux principes de prévention des risques en milieu de travail énoncés dans la directive-cadre 89/391/CEE.

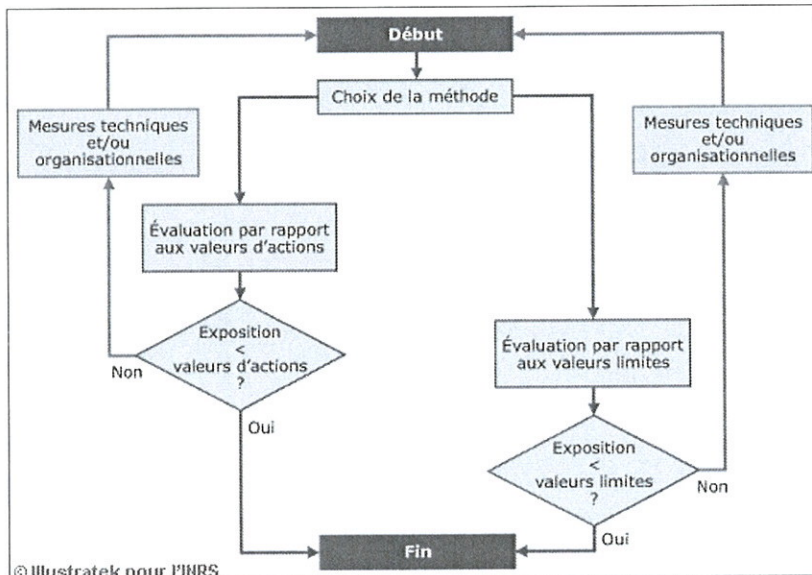
Outre le système de limitation, elle introduit la responsabilité de l'employeur et la surveillance médicale des travailleurs exposés.

La directive introduit deux ensembles de valeurs :

- **des valeurs limites d'exposition (VLE)** internes à l'organisme, à ne pas dépasser,
- **des valeurs déclenchant l'action (VDA)** exprimées en grandeurs caractéristiques de l'onde incidente, dont le dépassement doit entraîner la mise en œuvre de mesures de prévention.

Le respect des VDA est suffisant pour que les VLE soient aussi respectées.

Cependant, si au moins une VDA n'est pas respectée, on ne peut pas être sûr que la VLE correspondante est respectée. Or, les grandeurs internes ne sont pas directement mesurables. Dans ce cas, pour démontrer que la VLE est respectée, on peut faire appel à des modélisations physiques ou numériques.



© Illustratek pour l'INRS
Logigramme simplifié du projet de norme EN-50499

La façon la plus directe et la plus rapide de réaliser l'évaluation est de comparer l'exposition au poste de travail aux valeurs déclenchant l'action. Si cette exposition est inférieure aux VDA, elle est acceptable. Sinon, il faut se ramener à cette situation par des mesures techniques et/ou organisationnelles.

Toutefois, lorsque le champ électromagnétique est important, il est aussi possible d'évaluer par le calcul si les valeurs limites sont respectées (voir logigramme ci-dessus).

Les risques liés aux champs de haute et de basse fréquence doivent toujours être évalués indépendamment l'un de l'autre, les effets dont il faut se protéger étant différents.

□ **Limitation de l'exposition en considération des effets directs**

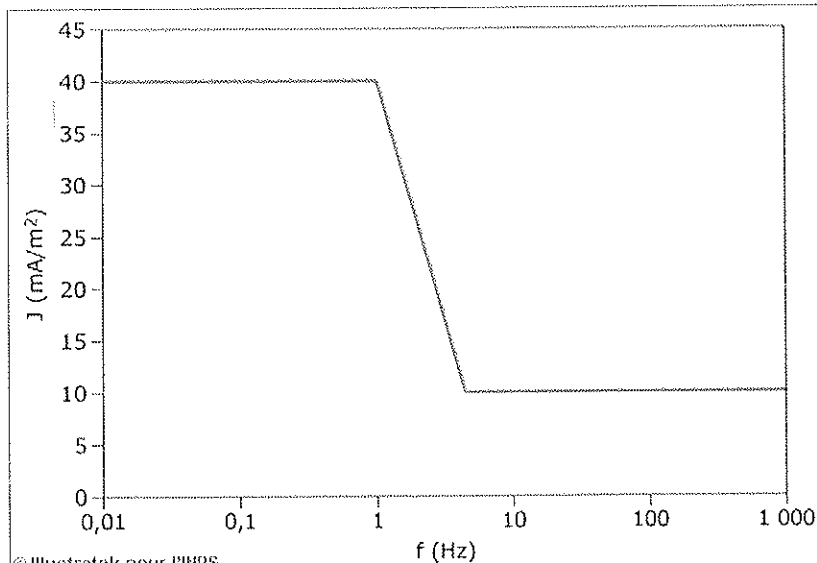
▪ **Valeurs limites d'exposition (VLE)**

Les valeurs limites sont basées sur les effets avérés.

En basses fréquences (de 0 Hz à 10 MHz), afin d'éviter toute stimulation électrique du système nerveux central, la directive fixe une limite à la densité de courant induit dans l'organisme. Ces effets sont considérés comme instantanés : ils ne dépendent pas de la durée d'exposition. La limitation de la densité de courant induit donnée dans le tableau ci-dessous porte sur des valeurs instantanées.

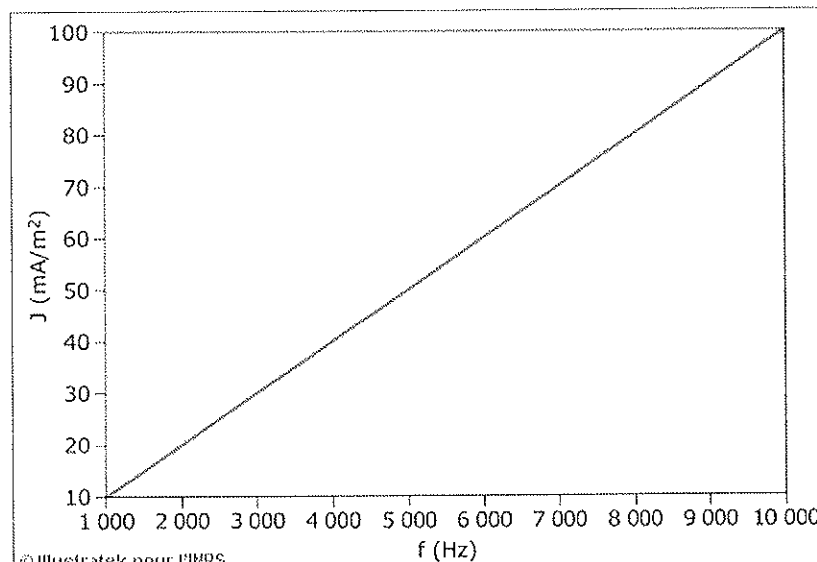
Prévention des effets sur le système nerveux central selon la fréquence	
Domaine de fréquence	VLE : Valeur efficace de la densité de courant induit (dans la tête et le tronc) (mA/m ²)
< 1 Hz	40
1-4 Hz	40/f
4-1 000 Hz	10
1-100 kHz	f/100
100 kHz-10 MHz	f/100
10 MHz-10 GHz	-

f : fréquence en Hz



© Illustratek pour l'INRS

Valeur efficace de la densité de courant induit dans la tête et le tronc en basse fréquence



© Illustratek pour l'INRS

Valeur efficace de la densité de courant induit dans la tête et le tronc en haute fréquence

En hautes fréquences (100 kHz à 10 GHz), afin d'éviter tout échauffement excessif des tissus, la directive fixe une limite au débit d'énergie thermique déposée sur une masse de matière biologique (poids corporel) du fait de l'atténuation de l'énergie électromagnétique lorsqu'elle traverse les tissus. Cette grandeur appelée débit d'absorption spécifique (DAS), est exprimée en watts par kilo (W/kg). L'objectif de cette limitation est de faire en sorte que la thermorégulation de l'organisme soit capable d'évacuer l'énergie thermique déposée par l'onde incidente.

Il est admis, classiquement, que l'échauffement des tissus ne doit pas dépasser 1 °C.

En point de repère, on peut noter que le DAS moyen sur le corps entier à partir duquel un échauffement excessif pourrait apparaître est de 4 W/kg.

Les limitations en DAS introduites par la directive 2004/40/CE sont les suivantes :

Limitation des effets thermiques selon la zone exposée	
Débit d'absorption spécifique (DAS)	Limitation
DAS moyen corps entier	0,4 W/kg (soit 4 mW/10 g)
DAS local (tête et tronc)	10 W/kg (soit 100 mW/10 g)
DAS local (membres)	20 W/kg (soit 200 mW/10 g)

Entre 100 kHz et 10 MHz, tous les DAS sont moyennés sur 6 min

De 10 GHz à 300 GHz, les DAS sont moyennés sur une durée égale à $68/f_{1,05}$ min (f étant la fréquence exprimée en GHz)

De plus, **entre 0,3 et 10 GHz**, pour prévenir les effets auditifs des micro-ondes, les expositions aux champs pulsés localisées à la tête doivent être telles que l'absorption par unité de masse de matière biologique exprimée en joules par kilo (absorption spécifique), soit au maximum de 10 mJ/kg, moyennés sur 10 g de tissu (soit 0,1 mJ/10 g).

Enfin, **entre 10 GHz et 300 GHz**, afin de limiter tout échauffement excessif des tissus superficiels, la directive limite la densité de puissance de l'onde incidente à 50 W/m². Dans le cas d'une exposition très courte, dite impulsienne, on calcule une fréquence tenant

compte de la durée de l'impulsion (tp, exprimée en µs) pour rentrer dans le tableau des VLE. La valeur de cette fréquence, exprimée en MHz, se calcule selon la formule suivante :

$$f = 1/(2.t_p)$$

Les grandeurs précédentes (densité de courant induit et débit d'absorption spécifique), qui représentent les valeurs limites à respecter, sont inaccessibles à la mesure (sauf la densité de puissance de l'onde incidente).

■ Valeurs déclenchant l'action (VDA)

Des grandeurs mesurables au poste de travail permettent dans de nombreux cas pratiques d'apprécier l'exposition par des mesures. Elles concernent les caractéristiques de l'onde incidente :

le champ électrique E le champ magnétique H externe ou l'induction magnétique B

Au sens de cette terminologie pour d'autres agents physiques, des valeurs déclenchant l'action sont définies pour chacune de ces grandeurs. En basse fréquence, où la stimulation du système nerveux central doit être évitée, les VDA sont des valeurs instantanées alors qu'en haute fréquence, où les effets thermiques doivent être évités, les VDA sont des valeurs moyennées sur 6 min (temps de mise en route de la thermorégulation).

Si toutes les valeurs d'action sont respectées à une fréquence donnée, cela implique que les valeurs limites le sont.

Si l'une au moins des valeurs d'action n'est pas respectée :

- Il n'est plus possible d'affirmer que les valeurs limites le sont.
- Il convient alors de mettre en œuvre des mesures de prévention pour se ramener au cas précédent. Dans certains cas, ces mesures ne peuvent pas être mises en œuvre car elles sont contraires aux contraintes du travail. Il conviendra alors de vérifier que les VLE sont respectées par des calculs impliquant :
 - une normalisation de la situation d'exposition
 - une modélisation numérique ou physique du corps humain

■ Outil de calcul des VDA de 0 à 300 GHz

NB : Ces données sont limitées à 2 chiffres après la virgule.

Pour en savoir plus sur la réglementation, consultez la fiche ED 4204

Dans le cas d'une exposition très courte, dite impulsionnelle, on calcule une fréquence tenant compte de la durée de l'impulsion (tp, exprimée en µs) pour rentrer dans le tableau des VDA. La valeur de cette fréquence, exprimée en MHz, se calcule selon la formule suivante :

$$f = 1/(2.t_p)$$

Pour les expositions à plusieurs fréquences (champ complexe ou plusieurs sources), il conviendra de se ramener au cas précédent en identifiant les grandeurs caractéristiques de l'exposition pour chacune des fréquences présentes au poste de travail, puis en appliquant des formules de sommation (voir note documentaire ND 2143).

■ Cas particulier des télécommunications et des radiocommunications

Le décret n° 2002-775 définit des valeurs limites d'exposition du public (VLE et VDA) aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques. Les limitations applicables au public sont plus sévères que celles applicables aux travailleurs.

Même si aucune source liée directement à l'environnement professionnel n'influence le poste de travail, ce décret doit être respecté.

□ Limitation de l'exposition en considération des effets indirects

■ Courants de contact avec des objets placés dans le champ

Les courants de contact sont responsables de nombreux effets. Les plus graves d'entre eux sont ceux qui provoquent des chocs électriques.

Les valeurs d'action pour la limitation des courants de contact établis avec des objets placés dans le champ sont les suivantes :

Valeurs d'action pour la limitation des courants de contact établis		
	Domaine de fréquences	Courant de contact maximal (mA)
Exposition professionnelle	< 2,5 kHz	1,0
	2,5-100 kHz	0,4xf
	100 kHz à 110 MHz	40

f : fréquence en kHz

L'employeur doit prêter une attention particulière :

- au risque d'interférence avec des dispositifs médicaux électroniques, en particulier les implants tels que les stimulateurs cardiaques
- au risque d'incendie ou d'explosion résultant de l'inflammation de matériaux ou d'atmosphères inflammables en présence d'étincelles ou d'arcs électriques causés par des courants de contact ou des courants induits
- au risque d'explosion par amorçage d'un éventuel dispositif électro-explosif (détonateur électrique, etc.)
- au risque de projection d'objets ferromagnétiques sous l'action de champs magnétiques statiques à partir d'une induction magnétique de 3 mT.

Pour en savoir plus sur la réglementation, consultez la fiche ED 4204.

■ Sources, exposition

□ Catégories

En l'absence d'autre référence publiée, il est proposé de se reporter à la classification des sources élaborée par le ministère néerlandais des Affaires sociales et de l'Emploi. Selon cette classification, **les environnements de travail** – s'ils ne sont pas listés au tableau 1 (auquel cas ils sont réputés donner lieu à une exposition acceptable a priori) – **peuvent être classés en 3 catégories (I, II et III)** selon les tableaux 2.

Cette division en 3 catégories vise à simplifier la procédure d'évaluation pour les employeurs. **La catégorie dans laquelle est placé un environnement de travail devient le point de départ de la procédure d'évaluation.** Le fait d'identifier à l'avance la catégorie à laquelle appartiennent les environnements de travail permet de simplifier la procédure d'inventaire et d'évaluation des risques :

- Aucune mesure ne doit être prise pour la **catégorie I**.
- La **catégorie II** est subdivisée en IIa et IIb. Seules quelques instructions sont nécessaires pour les environnements de catégorie IIa (respecter les distances de sécurité, par exemple). Pour la catégorie IIb, des mesures techniques – telles que le blindage de la source de rayonnement ou du local et l'affichage des consignes de sécurité – sont nécessaires.
- La **catégorie III** inclut tous les environnements de travail nécessitant des mesures importantes (réorganisation du lieu de travail, par exemple).

Cette classification n'est pas exhaustive et elle est donnée à titre indicatif. Elle tient compte des sources les plus courantes et de leur utilisation habituelle.

Tableau 1 : Environnements de travail réputés donner lieu à une exposition acceptable a priori

- Bureaux (y compris matériel informatique, câbles réseau, matériel de radiocommunication ; à l'exception des appareils d'effacement de bande magnétique)
- Outils électroportatifs à moteur (conformes à la norme européenne NEN 60745)
- Outils électroportatifs pour emploi à la main (conformes à la norme européenne NEN 61029) (y compris appareils électroportatifs de jardin)
- Appareils électrodomestiques et analogues (conformes à la norme européenne NEN 60335) (y compris matériel mobile équipé d'éléments électriques chauffants ; chargeurs de batterie ; radiateurs électriques ; aspirateurs fonctionnant en présence d'eau ou à sec ; cuisinières ; fours, tables et foyers de cuisson à usage industriel et commercial ; dispositifs de chauffage pour matelas à eau ; fours à micro-ondes à usage industriel et commercial)
- Installations électriques
 - ↳ réseau basse tension < 1 000 V
 - ↳ dispositifs basse tension dont la puissance électrique est inférieure à 200 kVA
 - ↳ distance minimale de 60 cm par rapport aux dispositifs basse tension dont la puissance électrique est inférieure à 1 000 kVA
 - ↳ transformateurs d'alimentation reliés aux réseaux basse tension (< 1 000 V entre les phases) et dont la puissance électrique est inférieure à 200 kVA
 - ↳ distance minimale de 60 cm par rapport aux transformateurs d'alimentation reliés aux réseaux basse tension (< 1 000 V entre les phases) dont la puissance électrique est inférieure à 1 000 kVA
- Moteurs électriques et pompes électriques pour lesquels
 - ↳ la puissance électrique est inférieure à 200 kVA
 - ↳ la distance minimale est de 60 cm, et la puissance électrique est inférieure à 1 000 kVA
- Instruments d'essai (magnétoscopie non comprise)
- Téléphones mobiles
- Radios à piles dont la puissance de sortie est inférieure à 100 mW
- Equipement audio et vidéo
- Dispositifs d'éclairage (éclairage par détection micro-ondes ou radiofréquence non compris)

Tableaux 2 : Environnements de travail de catégorie I, II et III

Environnements de travail de catégorie I	
Groupe	Equipements et utilisation
1	Installation et maintenance <ul style="list-style-type: none"> ↳ outils électroportatifs pour emploi à la main (matériel de soudage, par exemple)
2	Détection d'articles et de personnes <ul style="list-style-type: none"> ↳ surveillance électronique d'articles (EAS) de 0,8-2,5 GHz (micro-ondes non linéaires) ↳ identification par radiofréquence de 1 Hz à 500 kHz ↳ identification par radiofréquence de 2 à 30 MHz (puissance d'émission < 2 W et rapport cyclique < 0,05) ↳ identification par radiofréquence de 850 à 950 MHz (puissance d'émission < 2 W et rapport cyclique < 0,05) ↳ identification par radiofréquence de 2,45 à 5,8 GHz (puissance d'émission < 2 W et rapport cyclique < 0,05) ↳ détecteurs de métal à main

	<ul style="list-style-type: none"> · systèmes de désactivation EAS (surveillance électronique d'articles)
4	Production et distribution électrique <ul style="list-style-type: none"> · barres omnibus / rails conducteurs de sous-stations · câbles à haute tension aériens · sous-stations électriques · appareillage de commutation
6	Chauffage à induction <ul style="list-style-type: none"> · systèmes automatisés
7	Soudage <ul style="list-style-type: none"> · systèmes automatisés
8	Applications médicales <ul style="list-style-type: none"> · hyperthermie superficielle · maîtrise de la douleur, stimulation de la croissance osseuse, etc. · couveuses, lampes pour la photothérapie, systèmes de communication sans fil, etc.
11	Systèmes de transport et de traction <ul style="list-style-type: none"> · transport ferroviaire avec courant continu · véhicules, navires, aéronefs · (grands) moteurs électriques
12	Emetteurs <ul style="list-style-type: none"> · petits émetteurs (aux stations de base GSM, < 1 W) · téléphones et portables · systèmes radar (contrôles de vitesse, radars météorologiques)
13	Autres environnements de travail <ul style="list-style-type: none"> · plaques à induction dans l'hôtellerie-restauration (préparation des aliments)

Environnements de travail de catégorie II		
Groupe	Equipements et utilisation	Sous-groupe
1	installation et maintenance <ul style="list-style-type: none"> · équipements en cours d'installation ou de maintenance · équipements à proximité des équipements en cours d'installation ou de maintenance 	b a/b
2	détection d'articles et de personnes <ul style="list-style-type: none"> · surveillance électronique d'articles (EAS) de 0,01-20 kHz (magnétique) · surveillance électronique d'articles (EAS) de 20-135 kHz (induction par résonance) · surveillance électronique d'articles (EAS) de 1-20 MHz (radiofréquence) · détecteurs de métal · systèmes d'identification par radiofréquence (puissance d'émission > 2 W ou rapport cyclique > 0,05) 	a a a a a
3	chauffage par pertes diélectriques <ul style="list-style-type: none"> · systèmes de soudage de plastique · matériel d'encollage du bois 	b b
4	production et distribution électrique <ul style="list-style-type: none"> · centrales électriques · bobines refroidies à l'air dans les batteries de condensateurs 	b b
5	processus électrochimiques <ul style="list-style-type: none"> · systèmes d'alimentation en courant (barres omnibus) · hall d'électrolyse 	b b
6	chauffage à induction <ul style="list-style-type: none"> · avec bobines · foyers plus grands 	b b
7	soudage <ul style="list-style-type: none"> · câble pour soudage à l'arc · porte-électrode pour soudage à l'arc 	b a
8	applications médicales <ul style="list-style-type: none"> · examen IRM · diathermie à ondes courtes et à micro-ondes · hyperthermie profonde · électrochirurgie 	b b a a
9	séchage par micro-ondes <ul style="list-style-type: none"> · utilisation d'un « magnétron ouvert » 	b
10	applications à la recherche <ul style="list-style-type: none"> · divers 	a/b

11	systèmes de transport et de traction <ul style="list-style-type: none"> ┆ transport ferroviaire avec courant alternatif (50 Hz ; lignes à grande vitesse) 	a
12	émetteurs <ul style="list-style-type: none"> ┆ stations de base pour la téléphonie mobile (systèmes GSM, UMTS) ┆ émetteurs TETRA installés sur des pylônes ┆ émetteurs TETRA installés sur des véhicules (puissance 10 W) ┆ systèmes sans fil ┆ petits émetteurs (puissance > 1 W) ┆ petits émetteurs de radiodiffusion (installés sur les toits) ┆ émetteurs radio amateurs ┆ systèmes radar (de navigation) 	a a a a a b b b
13	autres environnements de travail <ul style="list-style-type: none"> ┆ appareils d'effacement de bande magnétique ┆ éclairage par détection micro-ondes ou radiofréquence ┆ magnétoscopie 	a a/b b

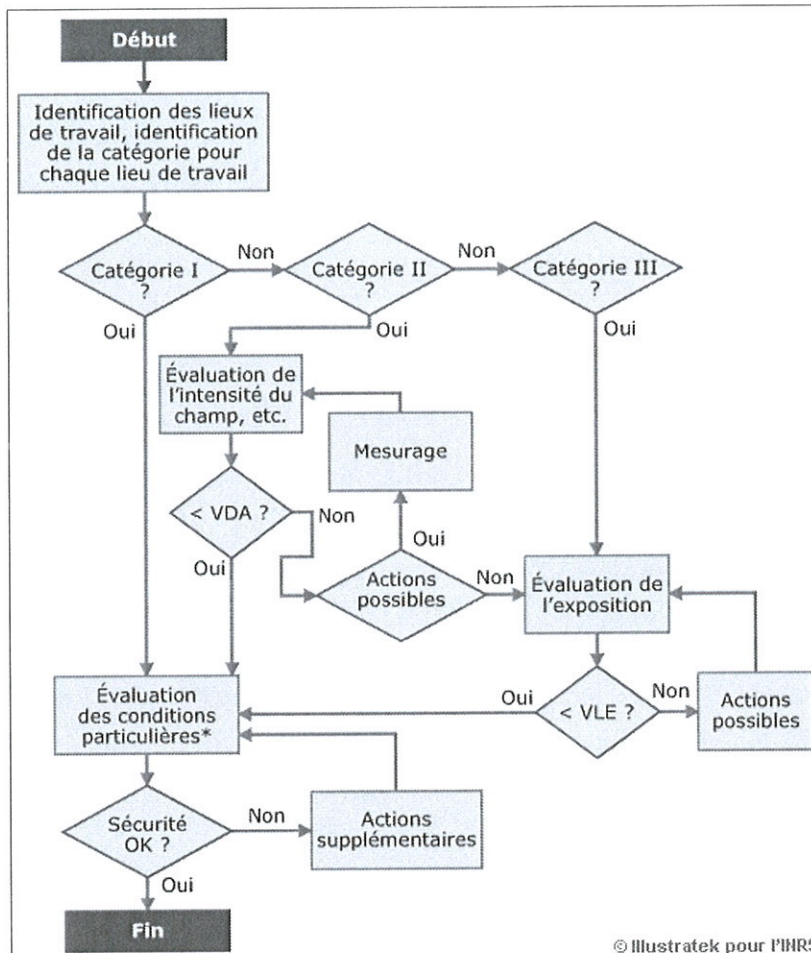
Environnements de travail de catégorie III	
Groupe	Equipements et utilisation
1	installation et maintenance <ul style="list-style-type: none"> ┆ localisation d'avarie sur un processus industriel
5	processus électrochimiques <ul style="list-style-type: none"> ┆ redresseurs
6	chauffage à induction <ul style="list-style-type: none"> ┆ fours de fusion de petite taille (alliages)
7	soudage <ul style="list-style-type: none"> ┆ soudage par points et par induction, semi-automatisé
8	applications médicales <ul style="list-style-type: none"> ┆ IRM
12	émetteurs <ul style="list-style-type: none"> ┆ grands émetteurs de radiodiffusion

[Retour au Sommaire](#)

■ Prévention des risques

□ Evaluation des risques

Tout environnement de travail est susceptible d'être concernée par cette problématique. L'identification des risques liés aux champs électromagnétiques peut être réalisée à l'aide du logigramme suivant :



Logigramme néerlandais simplifié

* Conditions particulières : porteur d'implant actif, atmosphère explosive, objets ferromagnétiques, matériel médical...

Téléchargez le questionnaire pour l'identification des risques (fichier pdf). Ce document prend en compte les situations habituelles de travail. Des mesures spécifiques doivent être prises pour les situations particulières, notamment la maintenance, afin d'éviter les surexpositions accidentelles ou d'autres risques (risques mécaniques, électriques).

Mesurage

Un mesurage s'avère nécessaire pour les sources classées dans les catégories II et III, pour les équipements non cités et en cas de doute.

Grandeurs physiques mesurées, méthode

Avant toute intervention de mesurage, il convient de se renseigner sur l'équipement (machine, installation électrique, etc.) autour duquel on souhaite quantifier les champs, afin de connaître le principe et la (ou les) fréquence(s) mise(s) en œuvre. Selon que l'on se trouve en région de champ proche ou en région de champ lointain, les paramètres à mesurer peuvent être le champ électrique E et/ou le champ magnétique H.

Grandeurs physiques à mesurer en fonction de la distance à la source		
	Région de champ proche	Région de champ lointain
Distance à la source	0 à λ	λ à $\lambda + (2D^2/\lambda)$
Grandeurs à mesurer	E et H	E (ou H)

D : plus grande dimension de l'émetteur
Source : projet de norme PR NF EN 50413

Exemple 1 : Ligne électrique à 50 Hz

Longueur d'onde : 6 000 km
La plus grande dimension de l'émetteur est très inférieure à 6 000 km.
Dans ce cas, un opérateur se trouve toujours en région de champ proche.
Donc on mesure E et H.
NB : cette notion ne tient pas compte de l'atténuation du champ avec l'éloignement par rapport la source.

Exemple 2 : Antenne de téléphonie mobile à 1,8 GHz

Longueur d'onde : 16 cm
Dimension de l'émetteur : environ 1 m
 $\lambda + (2D^2/\lambda) = 1,266$ m
La région de champ lointain commence à environ 1,3 m de l'antenne.

Les mesures se font au poste de travail et dans l'environnement où du personnel peut évoluer, sans oublier les lieux de passage.

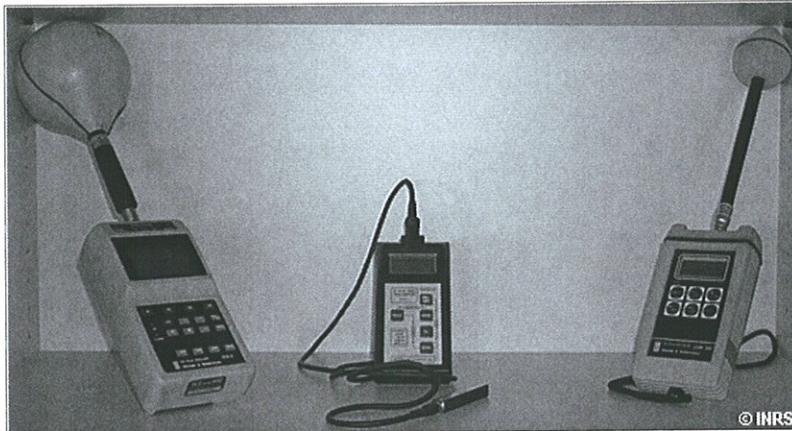
A chaque domaine de fréquences correspond un mode opératoire avec des spécifications à respecter. L'INRS et les centres de mesure physique (CMP) des CRAM développent des méthodes de mesures communes pour les types d'application les plus courants.

Les résultats des mesures sont comparés aux valeurs déclenchant l'action : c'est la phase d'interprétation.

▪ **Outil de calcul des VDA de 0 à 300 GHz**

NB : Ces données sont limitées à 2 chiffres après la virgule.

▪ **Appareils de mesure utilisés**



Champmètre basses fréquences, teslamètre et champmètre hautes fréquences

Le choix de l'appareil de mesure doit tenir compte des paramètres à mesurer et de la fréquence du champ.

Généralement, **3 appareils de mesure portatifs sont utilisés** pour couvrir le spectre dans son intégralité (de 0 Hz à 60 GHz) :

- le **teslamètre** à sonde à effet Hall permet de quantifier l'induction magnétique statique,
- le **champmètre basses fréquences** permet des mesures d'induction magnétique et de champ électrique jusqu'à 30 kHz (dans la pratique, il est utilisé pour les champs jusqu'à 10 kHz, et particulièrement pour les mesures à la fréquence de 50 Hz),
- le **champmètre hautes fréquences**, à sondes interchangeables permet – en fonction de la sonde utilisée – de mesurer des champs électriques ou magnétiques de 100 kHz à 60 GHz.

▪ **Organismes de mesurage**

Le mesurage des champs électromagnétiques nécessite un savoir-faire et une qualification. Les appareils sont faciles d'utilisation mais les risques d'erreur d'interprétation sont importants si on n'a pas la formation et l'expérience nécessaires.

En milieu professionnel, pour les entreprises du régime général, les centres de mesures physiques (CMP) des CRAM, appuyés par l'INRS en tant que de besoin, sont en mesure de réaliser ces évaluations. Pour tout mesurage, contactez votre CRAM. D'autres organismes, privés, peuvent également intervenir.

A ce jour, il n'existe pas d'agrément pour le mesurage des champs électromagnétiques en milieu de travail.

Cependant, il existe une accréditation spécifique pour les organismes de mesurage intervenant dans le cadre du respect du décret n° 2002-775 relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.

□ **Mesures de prévention techniques et organisationnelles**

▪ **En dessous des valeurs déclenchant l'action (VDA)**

Quand l'exposition au poste de travail est inférieure aux valeurs déclenchant l'action, il est indispensable d'assurer une maintenance rigoureuse des installations (capots, écrans de blindage, vis de fermeture, raccordement à la terre...). Il faut vérifier l'intensité du champ à chaque modification du poste de travail (équipement, procédure, processus...) et après chaque opération de maintenance susceptible d'influencer l'exposition.

▪ **Au-dessus des valeurs déclenchant l'action (VDA)**

En cas de dépassement des VDA, il est préconisé de réduire l'intensité des champs en modifiant les installations.

On distingue 4 approches de prévention :

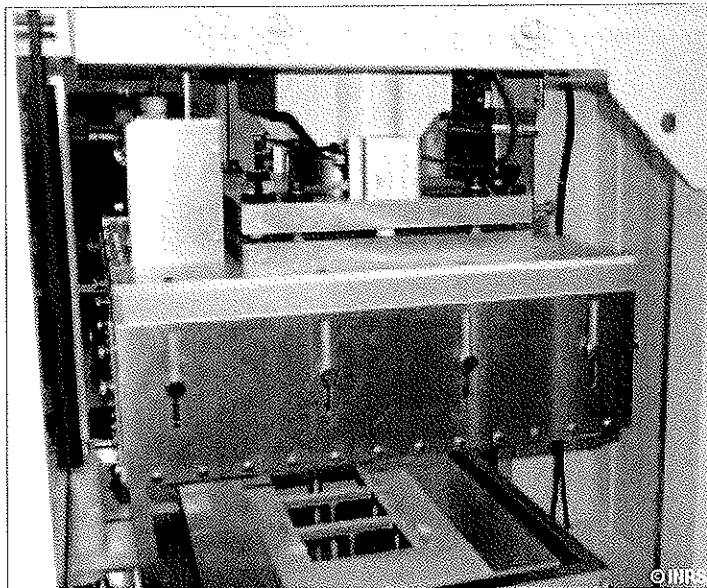
- la réduction à la source,
- la protection collective
- la réduction de l'exposition par éloignement,
- la protection individuelle.

▪ **Réduction à la source**

Pour réduire l'intensité des champs électromagnétiques à la source, on peut envisager :

- la modification des équipements en accord avec leurs concepteurs (blindage intégré)
- le réglage de l'émission (diminution de la puissance en adéquation avec l'application et le travail).

Les équipements doivent être maintenus en bon état (nettoyage des joints, changement des portes et capots, vérification de leur efficacité...).



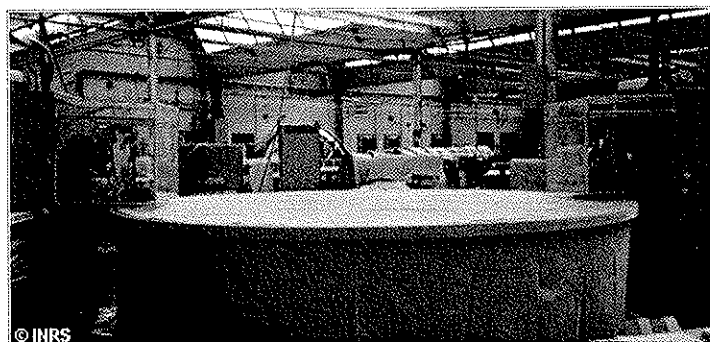
Exemple de blindage d'une zone de soudage

- Protection collective

On peut également procéder au blindage d'une zone de travail (par exemple un local).

- Éloignement

Les champs électromagnétiques décroissent rapidement avec la distance : l'éloignement de l'opérateur par rapport à la source, lorsqu'il est possible, est une protection simple et efficace.



Machine semi-automatique à carrousel d'alimentation

- Durée d'exposition

Aucun effet cumulatif n'est connu à ce jour pour les expositions qui respectent les seuils des effets de stimulation électrique et d'échauffement des tissus. Par conséquent, **la réduction de la durée d'exposition n'est pas une solution de prévention** tant que les VLE sont respectées.

- Environnement de travail

Afin d'éviter la circulation de courants induits dans les objets conducteurs (métalliques), il est préférable d'équiper les ateliers en tables, tabourets, armoires, surfaces de travail fabriqués en matériaux non-conducteurs. Pour cette même raison, il faut éviter de porter des boucles métalliques (bague, bracelet, boucles d'oreille, boucle de ceinture, monture de lunettes).

- Protection individuelle

Quand tous les moyens de protection collective ont été recherchés et seulement **en dernier recours, il est possible d'utiliser des vêtements de protection** après une étude qui aura permis de valider leurs capacités d'atténuation des champs qui exposent le poste de travail. Ces vêtements ne protègent pas contre les champs magnétiques basses fréquences.

Dans ces conditions, les équipements de protection individuelle peuvent être utilisés, surtout pour les interventions à proximité de sources haute fréquence quand l'émission ne peut pas être interrompue. En tout état de cause, **il est préférable de couper l'émission**. Cette dernière solution doit être envisagée en priorité.

- Zonage des espaces de travail

Des zones sont définies autour des sources de champs électromagnétiques pour tenir compte du niveau d'exposition auquel le personnel pourrait être soumis. Aucun zonage (**zone 0**) n'est nécessaire pour les environnements de travail respectant les niveaux public de la recommandation 1999/519/CE ou ne comprenant que des équipements listés au tableau 1. Le zonage suivant vaut dans le cas général, et ne tient pas compte des travailleurs à risque particulier (porteurs d'implants, etc.). Ces situations devront être traitées au cas par cas.

Les environnements de travail de catégorie I, II ou III pour lesquels il est possible de respecter les niveaux (VDA ou VLE) de la directive 2004/40/CE doivent être classés et délimités en **zone 1**. Les mesures techniques résultant de l'évaluations des risques doivent y être prises et surveillées. De plus, les mesures concernant les travailleurs à risques particuliers doivent être mises en œuvre.

Les environnements de travail pour lesquels il ne serait pas possible de réduire en permanence l'exposition au-dessous des VLE lorsque l'émission électromagnétique a lieu doivent être classés en **zone 2**. L'accès à une telle zone doit être interdit, sauf autorisation particulière associée à des conditions d'intervention définies par le chef d'établissement. Ces conditions peuvent concerner la qualification du personnel autorisé à accéder à cette zone, la réduction du niveau d'émission de la source au moment de l'intervention, ou la coupure de l'émission lors de l'intervention.

Un moyen de consignation de l'émission en l'état déterminé par les conditions définies pour l'intervention doit alors être mis en œuvre

Actuellement, il n'existe pas de codification formelle des zones (couleurs, panneaux de balisage spécifiques).

Recommandations :

- zone 0 : rien
- zone 1 : signalétique indiquée plus loin dans le dossier (voir chapitre Information et formation)
- zone 2 : idem zone 1 + accès condamnable + panneau d'interdiction d'accès

Matériellement, l'affichage est réalisé aux points d'accès aux locaux, aux machines et/ou aux sources émettrices.

. Prévention des effets indirects

En cas d'atmosphère explosive, il faut rechercher tous les cas qui pourraient aboutir à la formation d'un arc électrique entre des structures métalliques (fixes ou mobiles) placées dans un champ électromagnétique.




En cas de champ magnétique statique supérieur à 3 mT, il faut interdire l'utilisation d'objets ferromagnétiques (outils, bijoux...).

Si un salarié exposé porte un implant, le médecin du travail fait une étude au cas par cas en coordination avec le praticien qui a réalisé l'implantation : situation de travail, caractéristiques techniques de l'implant, conditions de l'implantation...

□ Information et formation

Dans tous les cas, les salariés devront être informés des situations d'exposition aux postes de travail.

De plus, il est nécessaire d'apposer des pictogrammes près des postes de travail à risque, afin d'avertir de la présence de champs.

Pictogrammes à apposer	
 <p>Selon NF EN 12198</p>	<p>Pour interdire aux porteurs d'implants actifs (quels qu'ils soient) l'accès à des lieux de travail où sont utilisés des champs électromagnétiques (par exemple, les machines de soudage par point et les presses haute fréquence).</p>
	<p>Pour avertir de la présence d'un champ magnétique statique ou non (par exemple sur les électrolyseurs).</p>
	<p>Pour avertir de la présence de champs électromagnétiques, généralement radiofréquences (par exemple sur les stations de base de téléphonie mobile).</p>

Vous pouvez télécharger ces pictogrammes au format JPEG ou EPS via le dossier web correspondant.

Rappel : l'obligation de formation à la sécurité

« L'employeur organise une formation pratique et appropriée à la sécurité au bénéfice :

- 1° Des travailleurs qu'il embauche ;
- 2° Des travailleurs qui changent de poste de travail ou de technique ;
- 3° Des salariés temporaires »

Article L. 4141-2 du Code du travail (extrait)

« L'étendue de l'obligation d'information et de formation à la sécurité varie selon la taille de l'établissement, la nature de son activité, le caractère des risques qui y sont constatés et le type d'emploi des travailleurs. »

Article L. 4141-3 du Code du travail

□ Surveillance médicale

La surveillance médicale s'appuie sur la directive européenne 2004/40/CE concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques.

Actuellement, la réglementation ne définit aucune contre-indication médicale au travail exposant à des champs électromagnétiques. Pourtant, dans un certain nombre de cas, le médecin du travail devra prononcer un avis pour des salariés travaillant à un poste exposé aux champs électromagnétiques.

Pour les porteurs d'implants actifs, un avis de compatibilité avec un poste exposant aux champs électromagnétiques sera prononcé.

De plus, une attention particulière devra être portée aux salariés présentant :

- une grossesse,
- des implants passifs métalliques, dès la prise de poste,
- des troubles du rythme cardiaque.

[Retour au Sommaire](#)

Pour en savoir plus en quelques clics...

Documents INRS

❖ Collection Fiches champs électromagnétiques

■ Les mécanismes d'interaction avec le corps humain	ED 4215	2008	167 ko
■ Les lignes à haute tension et les transformateurs	ED 4210	2008	304 ko
■ L'imagerie par résonance magnétique	ED 4209	2006	1939 ko
■ Les écrans de visualisation	ED 4208	2006	167 ko
■ Champs électromagnétiques. La réglementation en milieu professionnel	ED 4204	2005	126 ko
■ Champs électromagnétiques. Généralités sur les rayonnements non ionisants jusqu'à 300 GHz	ED 4201	2005	929 ko
■ Les effets des rayonnements non ionisants sur l'homme	ED 4203	2005	105 ko
■ Téléphones mobiles et stations de base	ED 4200	2004	239 ko
■ Les stimulateurs cardiaques	ED 4206	2004	125 ko
■ Les machines utilisant le chauffage par pertes diélectriques	ED 4205	2004	311 ko
■ Les sources de rayonnements non ionisants (jusqu'à 60 GHz)	ED 4202	2004	311 ko

❖ Consultez l'ensemble des documents sur les rayonnements non ionisants

❖ « Guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques. Champs alternatifs (de fréquence variable dans le temps, jusqu'à 300 GHz) ». Note documentaire parue dans *Hygiène et sécurité du travail*, ND 2143, 2001, 30 p. (format pdf)

❖ « Guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs magnétiques statiques ». Note documentaire parue dans *Hygiène et sécurité du travail*, ND 2184, 2003, 8 p. (format pdf)

❖ « Champs et ondes électromagnétiques (0 Hz - 300 GHz) ». Fiche Le point des connaissances sur... ED 5004. 2002, 4 p. (format pdf)

❖ « Stimulateurs cardiaques - Perturbations électromagnétiques en milieu professionnel ». Note documentaire parue dans *Hygiène et sécurité du travail*, ND 2014, 1996, 10 p. (format pdf)

Autres sites en français

❖ Société Française de Radioprotection (SFRP)
<http://www.sfrp.asso.fr/>

❖ « Les champs électromagnétiques ». Organisation mondiale de la santé (OMS)
<http://www.who.int/peh-emf/fr/index.html>

❖ Fondation santé et radiofréquences
<http://www.sante-radiofrquences.org/>

❖ « Les champs électromagnétiques ». Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris)
http://www.ineris.fr/index.php?module=cms&action=getContent&id_heading_object=1190

❖ « Téléphonie mobile & santé : Actualisation des données scientifiques sur les effets

biologiques ». Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset)

<http://www.afsse.fr/index.php?pageid=712&parentid=424>

❖ « Les champs électromagnétiques de très basse fréquence ». EDF et RTE, 78 p. (fichier pdf)
http://www.rte-france.com/htm/fr/mediatheque/telecharge/Brochure_Champs_Electromagnetiques_TBF.pdf

Autres sites en anglais

❖ International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)
<http://www.icnirp.org/>

❖ European BioElectromagnetic Association (EBEA)
<http://www.ebea.org>

❖ BioElectroMagnetics Society
<http://www.bioelectromagnetics.org>

❖ NRPB-W24. Occupational Exposure to Electric and Magnetic Fields in the Context of the ICNIRP Guidelines (Health Protection Agency – Royaume Uni) 2002, 60 p. (fichier pdf)
http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/w_series_reports/2002/nrpb_w24.pdf

❖ Bolte J.F.B., Pruppers M.J.M. "Electromagnetic fields in the working environment". National Institute for Public Health and the Environment (RIVM – Pays-Bas) 2006, 174 p. (fichier pdf)
<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/610015001.pdf>

❖ "Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health". Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Commission européenne. 2007, 64 p. (fichier pdf)
http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihf/docs/scenihf_o_007.pdf

❖ "EMF-NET: effects of the exposure to electromagnetic fields: from science to public health and safer workplace". Joint Research Centre. 2006, 70 p. (fichier pdf)
<http://web.jrc.ec.europa.eu/emf-net/doc/Reports/Report%20on%20European%20EMF%20plans%20Aug2006.pdf>

Normes

❖ Projet de norme PR NF EN 50499 « Détermination de l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques » Association française de normalisation (Afnor), 2007, 46 p. (norme centrale permettant l'approche de ce risque en milieu de travail. Elle appelle les autres documents normatifs pertinents)

Autres références bibliographiques

❖ HERRAULT J. « Prévention des risques professionnels – Risques liés aux rayonnements non ionisants ». *Techniques de l'ingénieur*, 2007

❖ DE SEZE R., VAUTRIN J.P. « Elaboration d'une stratégie d'évaluation des risques pour la santé liés aux champs électromagnétiques ». INRS. Note scientifique et technique, NS 186. 2000, 91 p.

❖ « Champs électriques – Champs magnétiques – Ondes électromagnétiques : guide à l'usage du médecin du travail et du préventeur ». ED 785. 1995, 144 p.