

La réglementation en milieu professionnel

Cette fiche s'adresse en priorité aux employeurs, préventeurs et utilisateurs d'équipements industriels susceptibles d'émettre des champs électromagnétiques. Elle leur permettra de mettre en application les dispositions prévues par la directive sociale « agents physiques » spécifique aux champs électromagnétiques 2013/35/UE du 26 juin 2013 qui sera transposée en droit français au plus tard le 1^{er} juillet 2016. Celle-ci définit les prescriptions minimales à mettre en œuvre pour assurer la protection des travailleurs, c'est-à-dire de toute personne en activité professionnelle susceptible d'être exposée à une

source de champs électromagnétiques en relation ou non avec sa propre activité. Cette directive ne traite pas des effets à long terme potentiels ni des risques découlant d'un contact avec des conducteurs électriques sous tension.

Elle fixe des valeurs limites d'exposition (VLE) et des valeurs déclenchant l'action (VA). Notons que les VLE sont liées aux effets biologiques et sanitaires observés et ne sont pas aisément vérifiables, ni calculables. C'est pourquoi la directive définit des grandeurs physiques plus facilement mesurables au

poste de travail. Les intensités de champs mesurées sont à comparer aux VA. Lorsqu'il est démontré que les VA pertinentes ne sont pas dépassées, l'employeur est tenu de respecter les VLE relatives aux effets sur la santé, ainsi que les VLE relatives aux effets sensoriels.

Cette fiche actualise celle éditée en 2005 qui traitait de la version précédente de la directive européenne 2004/40/CE du 29 avril 2004 « champs électromagnétiques ». Cette dernière n'a jamais été transposée en droit français et a été abrogée le 29 juin 2013.

SPÉCIFICATIONS DE LA DIRECTIVE

Les effets indésirables sur le corps humain sont variables en fonction de la fréquence du champ électromagnétique. On distingue principalement les effets non thermiques (0 à 10 MHz) des effets thermiques (de 100 kHz à 300 GHz).

Effets non thermiques

Champs magnétiques statiques et de fréquence inférieure à 1 Hz

La directive définit les VLE pour les champs de fréquence inférieure à 1 Hz (tableau 1) :

- celles relatives aux **effets sensoriels** correspondent aux conditions de travail normales (par opposition aux conditions de travail contrôlées). Elles sont fonction de la partie du corps exposée ;
- celle relative aux **effets sur la santé** dans des conditions de travail contrôlées (contrôle de la vitesse des mouvements et information sur les effets sensoriels potentiels) est applicable sous conditions :

Effets	Conditions de travail	VLE
Sensoriels	Normales	2 T
	Exposition localisée des membres	8 T
Santé	Conditions de travail contrôlées	8 T

Tableau 1. Valeurs limites d'exposition (VLE) pour une induction magnétique externe de fréquences comprises entre 0 et 1 Hz

- exposition temporaire justifiée par la pratique, ou le procédé,
- mesures préventives prises telles que le contrôle des mouvements des opérateurs et l'information des travailleurs,
- formation des salariés.

Notes :

- En basses fréquences, le champ magnétique n'est pas modifié par la présence des tissus biologiques. La valeur de l'intensité du champ magnétique à l'intérieur du corps est du même ordre que celle mesurée à l'extérieur.
- Cas des porteurs d'implants actifs : L'exposition à un champ magnétique statique présente un risque d'interférence avec des

dispositifs actifs implantés (par exemple, les stimulateurs cardiaques). La directive fixe une VA de 0,5 mT afin de limiter ce risque.

- Projection d'objets ferromagnétiques : Une VA de 3 mT a été fixée pour limiter l'attraction et la projection d'objets ferromagnétiques dans le champ périphérique de sources intenses (supérieures à 100 mT).

Champs de fréquences comprises entre 1 Hz et 10 MHz

Les VLE relatives aux **effets sensoriels** correspondent à des champs électriques internes au corps humain. Ces VLE sont destinées à protéger contre les effets sur le système nerveux central dans la tête, **phosphènes rétiens, modifications mineures passagères de certaines fonctions cérébrales** qui peuvent apparaître entre 1 et 400 Hz.

Les VLE relatives aux **effets sur la santé** sont liées à une stimulation électrique de tous les tissus du système nerveux central et périphérique à l'intérieur du corps, y compris la tête. Le tableau 2 relatif aux effets non thermiques liste les VA recommandées par la directive au-dessus de 1 Hz en fonction de la fréquence, du type de champ et des effets directs et indirects (risque d'étincelage). Des VA hautes et basses sont fixées par la directive. La VA basse permet, en ce qui concerne le champ électrique externe, de limiter le risque d'étincelage (jusqu'à 10 MHz). La VA haute permet d'éviter ce risque si des dispositions suffisantes sont prises au niveau de l'installation (équipotentialité, mise à la terre, formation, EPI...). La VA haute est aussi destinée à protéger contre le risque de stimulation du système nerveux.

Effets non thermiques					
Fréquences	VA(B) basse [μ T] (RMS)	VA(B) haute [μ T] (RMS)	VA(B) (exposition localisée des membres [μ T] (RMS)	VA(E) basse [Vm] (Rms)	VA(E) haute [Vm] (Rms)
1 < f < 8 Hz	$2 \cdot 10^5 / f^2$	$3 \cdot 10^5 / f$	$9 \cdot 10^5 / f$	20 000	20 000
8 < f < 25 Hz	$2,5 \cdot 10^4 / f$	$3 \cdot 10^5 / f$	$9 \cdot 10^5 / f$	20 000	20 000
25 < f < 50 Hz	1 000	$3 \cdot 10^5 / f$	$9 \cdot 10^5 / f$	$5 \cdot 10^5 / f$	20 000
50 < f < 300 Hz	1 000	$3 \cdot 10^5 / f$	$9 \cdot 10^5 / f$	$5 \cdot 10^5 / f$	$10^6 / f$
300 < f < 1 640 Hz	$3 \cdot 10^5 / f$	$3 \cdot 10^5 / f$	$9 \cdot 10^5 / f$	$5 \cdot 10^5 / f$	$10^6 / f$
1,64 < f < 3 kHz	$3 \cdot 10^5 / f$	$3 \cdot 10^5 / f$	$9 \cdot 10^5 / f$	$5 \cdot 10^5 / f$	610
3 kHz < f < 10 MHz	100	100	300	170	610

f est la valeur de la fréquence en Hertz.

Tableau 2. Valeurs déclenchant l'action (VA) pour une exposition des travailleurs à des champs électriques et magnétiques dont la fréquence est comprise entre 1 Hz et 10 MHz

Effets thermiques				
Fréquences	VA(B) [μ T] (RMS)	VA(E) [Vm] (Rms)	VA(S) densité de puissance [W/m^2]	VA(I) courant induit dans une extrémité [mA] (RMS)
0,1 < f < 1 MHz	$2 \cdot 10^6 / f$	610	–	–
1 < f < 10 MHz	$2 \cdot 10^6 / f$	$6,1 \cdot 10^8 / f$	–	–
10 < f < 100 MHz	0,2	61	–	100
100 < f < 110 MHz	0,2	61	–	100
110 < f < 400 MHz	0,2	61	–	–
0,4 < f < 2 GHz	$10^{-5} \cdot f^{0,5}$	$0,003 \cdot f^{0,5}$	–	–
2 < f < 6 GHz	0,45	140	–	–
6 < f < 300 GHz	0,45	140	50	–

f est la valeur de la fréquence en Hertz. – VA(B) : Valeur déclenchant l'action pour l'induction magnétique B. – VA(E) : Valeur déclenchant l'action pour le champ électrique E. – RMS : Valeur efficace.

Tableau 3. Valeurs déclenchant l'action (VA) pour une exposition des travailleurs à des champs électriques et magnétiques dont la fréquence est comprise entre 0,1 GHz et 300 GHz

Effets thermiques

Les VLE relatives aux effets thermiques visent à éviter un échauffement des tissus de tout ou partie du corps. La profondeur de pénétration des ondes électromagnétiques diminue quand la fréquence augmente.

Entre 0,3 GHz et 6 GHz, les VLE relatives aux **effets sensoriels** sont les valeurs limites d'énergie absorbée par unité de masse de tissus à l'intérieur de la tête. Ces effets se perçoivent sous la forme d'une sensation auditive (clic) spécifique aux champs pulsés.

Entre 100 kHz et 6 GHz, les VLE relatives aux **effets sur la santé** sont les valeurs limites d'énergie et de puissance absorbée par unité de masse de tissus corporel. La VLE est fonction de la partie du corps exposée aux champs électromagnétiques.

Méthode simplifiée pour appliquer la directive

Cette méthode simplifiée a pour objectif de protéger les salariés contre les effets sensoriels et sur la santé et contre les risques d'étincelage. Elle propose dans un premier temps d'évaluer le risque en comparaison des VA les plus restrictives par fréquence (tableau 4).

Champ électrique

Lorsqu'il n'est pas possible de savoir si une installation présente ou non un risque d'étincelage en présence d'un champ électromagnétique, nous recommandons, pour des raisons de précaution, de retenir les valeurs « basses » jusqu'à 3,6 MHz, et au-delà les VA concernant les effets thermiques préconisées par la directive 2013/35/UE.

Note : Si le risque d'étincelage est maîtrisé, les VA hautes peuvent être utilisées.

Induction magnétique

Les VA basses seront retenues jusqu'à 400 Hz pour se prémunir des effets sensoriels. Dans la bande de fréquences comprises entre 400 Hz et 100 kHz, les VA hautes et basses sont confondues. Au-delà de 100 kHz, nous avons retenu les VA concernant les effets thermiques plus contraignantes.

Fréquences	VA(B) basse (μT) (RMS)	VA(E) ₁ * [Vm] (Rms)	VA(E) ₂ ** [Vm] (Rms)
1 ≤ f < 8 Hz	2.10 ⁵ /f ²	20 000	20 000
8 ≤ f < 25 Hz	2,5.10 ⁴ /f	20 000	20 000
25 ≤ f < 50 Hz	1 000	20 000	5.10 ⁵ /f
50 ≤ f < 300 Hz	1 000	1 000 000/f	5.10 ⁵ /f
300 ≤ f < 1 640 Hz	3.10 ⁵ /f	1 000 000/f	5.10 ⁵ /f
1,64 ≤ f < 3 kHz	3.10 ⁵ /f	610	5.10 ⁵ /f
3 ≤ f < 100 kHz	100	610	170
0,1 ≤ f < 1 MHz	2.10 ⁶ /f	610	170
1 ≤ f < 3,6 MHz	2.10 ⁶ /f	6,1.10 ⁸ /f	170
3,6 ≤ f < 10 MHz	2.10 ⁶ /f	6,1.10 ⁸ /f	6,1.10 ⁸ /f
10 ≤ f < 400 MHz	0,2	61	61
0,4 ≤ f < 2 GHz	10 ⁻⁵ .f ^{0,5}	0,003/f ^{0,5}	0,003/f ^{0,5}
2 ≤ f < 300 GHz	0,45	140	140

* Valeur d'action retenue s'il n'existe pas de risque d'étincelles (installation correctes ou le phénomène n'a jamais été constaté).

** Valeur d'action retenue s'il existe un risque d'étincelles, si le phénomène est déjà apparu ou si on ne sait pas si un tel risque existe.
f est la valeur de la fréquence en Hertz.

Tableau 4. Valeurs déclenchant l'action (VA) retenues pour une exposition des travailleurs à des champs électriques et magnétiques dont la fréquence est comprise entre 1 Hz et 300 GHz

Au-delà de 6 GHz, les VLE relatives aux effets sur la santé sont les valeurs limites de densité de puissance d'une onde électromagnétique incidente sur la surface du corps.

Le tableau 3 relatif aux effets thermiques donne les VA recommandées entre 100 kHz et 300 GHz. Pour ces gammes de fréquences, [VA(E)]² et [VA(B)]² moyennes doivent être calculées ou mesurées sur un intervalle de temps de 6 minutes.

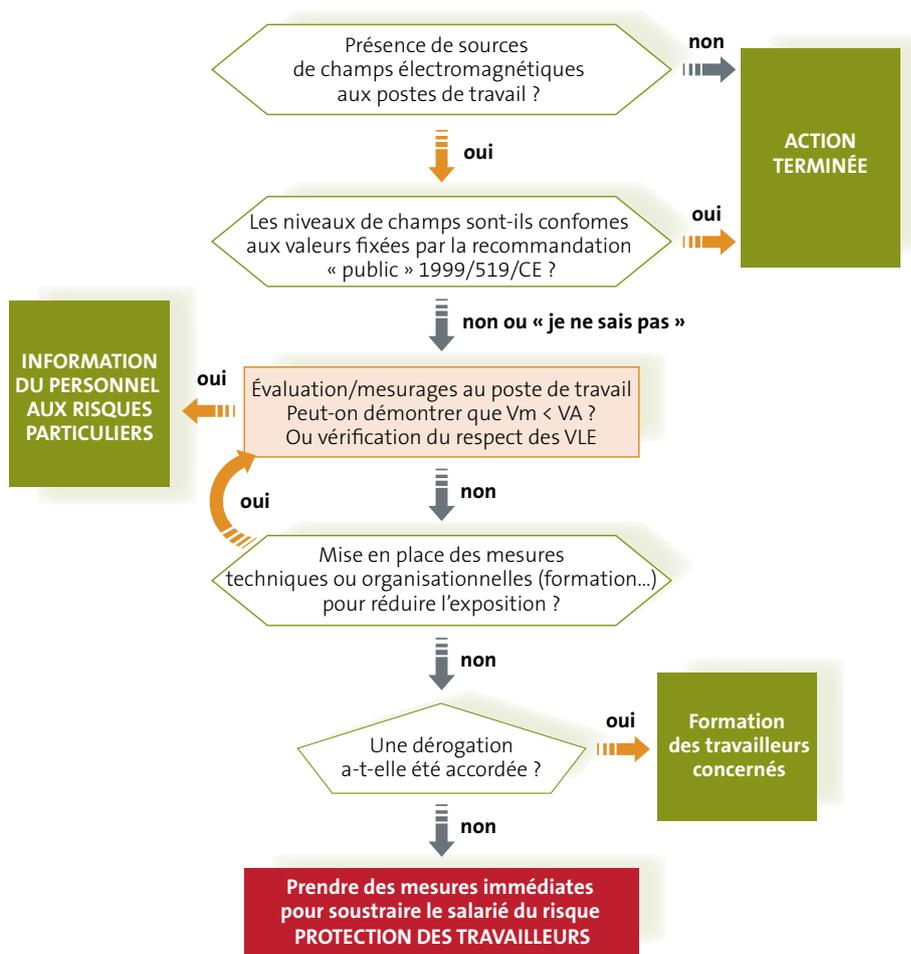
En comparant les tableaux 2 et 3, on notera qu'entre 100 kHz et 10 MHz, les effets thermiques et non thermiques peuvent survenir simultanément.

OBLIGATIONS DES EMPLOYEURS

Évaluation des risques et détermination de l'exposition

Rappelons que le chef d'entreprise est responsable de la santé et de la sécurité de ses salariés (art. L. 4121 du code du travail). La directive 2013/35/UE est l'un des principaux documents qui guide le chef d'entreprise pour l'évaluation des risques liés à l'exposition aux champs électromagnétiques. Afin de protéger les travailleurs, elle fixe une procédure pour sa mise en application (cf. logigramme).

1. Il appartient en premier lieu à l'employeur de faire l'inventaire des sources de champs électromagnétiques et d'évaluer le risque pour chaque source de champ présente aux postes de travail.



Vm : Valeur mesurée
VA : Valeur déclenchant l'action
VLE : Valeur limite d'exposition

Logigramme simplifié sur les obligations des employeurs pour la mise en application de la directive 2013/35/UE (méthode simplifiée)

2. S'il s'avère impossible d'établir de manière fiable, en fonction d'informations facilement accessibles, que les VLE sont respectées, l'évaluation de l'exposition est effectuée sur la base de mesures ou de calculs.

En tout état de cause, l'employeur doit prêter une attention particulière :

- aux VLE relatives aux effets sur la santé et aux effets sensoriels, ainsi qu'aux VA visées par la directive ;
- à la fréquence, au niveau, à la durée et au type d'exposition ;
- à tous les effets biophysiques directs ;
- aux travailleurs à risques particuliers (travailleurs portant des stimulateurs cardiaques ou encore des pompes à insuline, femmes enceintes) ;
- à tout effet indirect ;
- à l'existence d'équipements de remplacement conçus pour réduire le niveau d'exposition aux champs électromagnétiques ;
- aux informations communiquées par le fabricant de l'équipement ainsi qu'à toutes informations pertinentes concernant la santé et la sécurité ;
- aux sources d'expositions multiples ainsi qu'aux expositions simultanées à des champs de fréquences multiples.

3. Si les valeurs mesurées ou évaluées à proximité de l'opérateur sont supérieures aux VA données dans les *tableaux 2 et 3*, des mesures techniques ou organisationnelles seront mises en place pour réduire l'exposition des

opérateurs. De nouveaux mesurages devront confirmer le respect des VA.

4. Si les VA ne sont toujours pas respectées, l'employeur devra démontrer que les VLE sont respectées. Si ce n'est pas le cas, l'employeur devra renforcer les mesures techniques ou organisationnelles pour que l'exposition des opérateurs soit inférieure à la VLE.

5. Si, malgré tous les efforts, la VLE est dépassée, l'employeur devra prendre des mesures immédiates pour soustraire les travailleurs au risque. Afin de ne pas limiter l'usage de certaines technologies, la directive prévoit dans certains cas (IRM par exemple) des dérogations de dépassement sous réserve d'assurer la santé et la sécurité des travailleurs.

Pour les points 3, 4 et 5, une formation du personnel aux risques particuliers concernant les champs électromagnétiques devra être faite.

Dispositions visant à éviter ou réduire les risques

La réduction des risques résultant de l'exposition à des champs électromagnétiques repose sur les principes généraux de prévention figurant dans la directive-cadre 89/391/CEE du 12 juin 1989 transcrite partiellement dans le code du travail. L'employeur prend les mesures nécessaires pour garantir que les risques résultants des champs électromagné-

tiques sur le lieu de travail soient éliminés ou réduits au minimum.

Lorsque les VA sont dépassées, l'employeur doit établir et mettre en œuvre un programme comportant des mesures techniques et/ou organisationnelles visant à empêcher que l'exposition ne dépasse les limites d'exposition.

Ces actions peuvent notamment consister à réaliser les aménagements suivants :

- suppression ou réduction du risque à la source :
 - choisir des équipements ou des processus émettant des champs électromagnétiques moins intenses en tenant compte du travail à effectuer,
 - utiliser d'autres méthodes de travail conduisant à une exposition moindre aux champs électromagnétiques ;
- protection collective : mettre en place des mesures techniques ou organisationnelles visant à réduire l'émission de champs électromagnétiques (blindage, éloignement, verrouillage...);
- contrôle d'accès: les lieux où le champ électromagnétique est supérieur aux VA doivent faire l'objet d'une signalisation, d'un étiquetage, de barrières ou de marquages au sol afin de limiter ou de contrôler leurs accès.

Information et formation des travailleurs

Les personnels susceptibles d'être exposés à des champs électromagnétiques doivent être informés notamment du résultat de l'évaluation des risques et sur la manière de dépister les effets d'une exposition et de les signaler.

Surveillance médicale

Quand un effet indésirable ou inattendu sur la santé est signalé par un travailleur, ou si une exposition est supérieure aux VLE, l'employeur veille à ce que le travailleur concerné puisse bénéficier d'examens médicaux ou d'une surveillance médicale appropriés.

Référents : Groupe RNI Carsat-Cramif/INRS
Ch. Bissériex, Carsat Auvergne ■ P. Laurent, Carsat Centre-Ouest ■ A. Deleau, Carsat Languedoc-Roussillon ■ J. Fortuné, Carsat Centre ■ E. Marteau, Cram Île-de-France ■ G. Le Berre, Carsat Bretagne ■ S. Tirlémont, Carsat Nord-Picardie ■ H. Castro, Carsat Midi-Pyrénées ■ A. Becker, Carsat Nord-Est ■ Ph. Demaret, M. Donati, INRS Lorraine ■ P. Moureaux, INRS Paris

Contact : P. Moureaux, INRS
patrick.moureaux@inrs.fr

POUR EN SAVOIR PLUS

- *Lignes directrices relatives aux limites d'exposition aux champs magnétiques statiques*, INRS, PR 43, 2010. Disponible sur www.inrs.fr.
- *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)*, INRS, PR 47, 2011. Disponible sur www.inrs.fr.
- *Guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques*, INRS, ND 2143, 2001. Disponible sur www.inrs.fr.
- Recommandation du Conseil n° 1999/519/CE du 12/07/99 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz).
- Directive 2013/35/UE concernant les prescriptions minimales de sécurité et santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques physiques (champs électromagnétiques).
- Directive 89/391/CEE du Conseil des communautés européennes du 12 juin 1989, dite « directive cadre » définissant les principes fondamentaux de la protection des travailleurs.
- Autres fiches thématiques de la collection « Champs électromagnétiques », INRS, ED 4200 et suivantes. Disponibles sur www.inrs.fr.

