



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 entre 0 Hz et 300 GHz. Elle doit leur permettre de mettre en application les dispositions prévues par la directive spécifique aux champs électromagnétiques 2013/35/UE du 26 juin 2013. Cette directive a été transposée en droit français par le décret n° 2016-1074 du 3 août 2016 applicable depuis le 1^{er} janvier 2017, et déclinée dans le Code du travail

aux articles R.4453-1 et suivants. Ces articles définissent 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.

La réglementation fixe des valeurs limites d'exposition (VLE) et des valeurs déclenchant l'action (VA). Notons que les VLE sont

liées aux effets biophysiques, sensoriels et sanitaires avérés. Elles correspondent à des grandeurs internes au corps humain et ne sont généralement pas aisément vérifiables. C'est pourquoi le texte définit des VA, grandeurs physiques plus facilement mesurables au poste de travail ; les intensités de champs mesurées ou calculées sont à comparer à ces VA. Lorsqu'il est démontré que les VA pertinentes ne sont pas dépassées, l'exposition est réputée respecter les VLE relatives aux effets sur la santé, ainsi

que les VLE relatives aux effets sensoriels. En revanche, lorsque l'exposition est supérieure aux VA, l'employeur doit mettre en œuvre des mesures de prévention et de protection destinées à réduire cette exposition ou être capable de démontrer le respect des VLE.

SPÉCIFICATIONS DE LA RÉGLEMENTATION

Pour une meilleure compréhension, cette fiche est à lire conjointement avec la fiche INRS relative aux effets des champs électromagnétiques.

Les effets indésirables sur le corps humain sont fonction de la fréquence du champ électromagnétique auquel le corps est exposé. La réglementation distingue principalement les effets non thermiques (0 Hz à 10 MHz) des effets thermiques (100 kHz à 300 GHz). Elle définit aussi des VA pour se prémunir de certains effets indirects tels que les interférences avec les dispositifs médicaux, le risque de projection d'objets ferromagnétiques, les courants de contact...

Elle ne traite pas des effets à long terme potentiels et des risques découlant d'un contact avec des conducteurs électriques sous tension.

Effets non thermiques

Champs magnétiques statiques et de fréquences inférieures à 1 Hz

La réglementation définit des VLE pour les champs de fréquences inférieures 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;
- celles relatives aux **effets sur la santé** dans des conditions de travail contrôlées sont applicables sous conditions:
 - 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, notamment sur l'apparition d'éventuels effets sensoriels,
 - formation des travailleurs.

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. Au-delà des VLE, ces champs ont des effets sur le système nerveux central lors de l'exposition de la tête, **phosphènes rétinien, modifications mineures passagères de certaines fonctions cérébrales.**

Les VLE relatives aux **effets sur la santé** sont liées à une stimulation électrique de tous les tissus du système nerveux central et périphérique.

Le *tableau 2* relatif aux effets non thermiques précise les VA (*voir graphiques a et b*) au-dessus de 1 Hz en fonction de la fréquence, du type de champ et de la partie du corps exposée. Pour l'exposition au champ magnétique, les VA basses sont destinées à éviter les effets sensoriels cités ci-dessus, tandis que le respect des VA protège des effets sur la santé.

Pour ce qui concerne le champ électrique, le respect des VA protège des effets sensoriels et des effets sur la santé.

Effets thermiques

Lors d'une exposition à des champs de fréquences comprises entre 100 kHz et 300 GHz, les VLE relatives aux effets thermiques visent à éviter un échauffement des tissus de tout ou d'une partie du corps. De plus, puisque la profondeur de pénétration

des ondes électromagnétiques diminue quand la fréquence augmente, l'échauffement des tissus est limité à la surface du corps lors d'expositions à des champs de fréquences élevées (≥ 6 GHz).

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 tissu corporel. La VLE est fonction de la partie du corps exposée aux champs électromagnétiques. Elle s'exprime en DAS (débit d'absorption spécifique).

Dans cette bande de fréquences, l'échauffement peut atteindre des tissus en profondeur.

À partir de 6 GHz, les VLE relatives aux **effets sur la santé** sont les valeurs limites de densité de puissance surfacique d'une onde électromagnétique incidente sur la surface du corps. Le risque d'échauffement est ici limité à la peau et aux yeux.

Entre 0,3 GHz et 6 GHz, les VLE relatives aux **effets sensoriels** sont les valeurs limites

Effets	Type d'exposition	VLE en Tesla (T)
Sensoriels	Exposition de la tête en conditions de travail normales*	2 T
	Exposition localisée des membres	8 T
Santé	Exposition de toute partie du corps en conditions de travail contrôlées**	8 T

* Sans prendre de précaution particulière.

** Des mesures préventives telles que le contrôle des mouvements et l'information des travailleurs ont été adoptées. Remarque: Entre 0 et 1 Hz, 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.

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

Fréquences	Champ électrique E en V/m		Induction magnétique B en μ T		
	VA(E) (eff.)	VA(B) basse (eff.)	VA(B) haute (eff.)	VA(B) (exposition localisée des membres) (eff.)	
$1 \leq f < 8$ Hz		$2 \cdot 10^5 / f^2$			
$8 \leq f < 25$ Hz	20 000	$2,5 \cdot 10^4 / f$			
$25 \leq f < 50$ Hz		1 000	$3 \cdot 10^5 / f$	$9 \cdot 10^5 / f$	
$50 \leq f < 300$ Hz	$10^6 / f$				
$300 \leq f < 1 640$ Hz		$3 \cdot 10^5 / f$			
$1,64 \leq f < 3$ kHz	610				
3 kHz $\leq f < 10$ MHz		100	100	300	

f est la valeur de la fréquence en Hertz.

VA(B) : Valeur déclenchant l'action pour l'induction magnétique B.

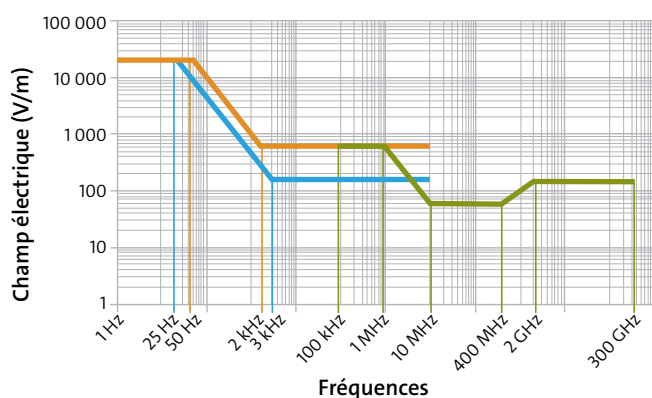
VA(E) : Valeur déclenchant l'action pour le champ électrique E.

eff. : Valeur efficace.

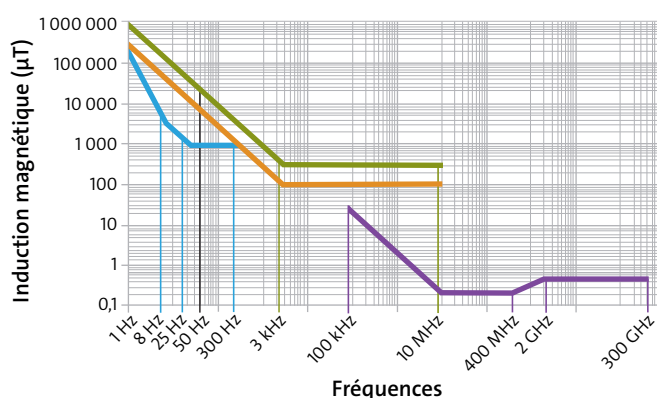
Tableau 2. Valeurs déclenchant l'action (VA) pour une exposition des travailleurs à des champs électriques et magnétiques de fréquences comprises entre 1 Hz et 10 MHz

Représentation graphique des valeurs déclenchant l'action (VA)

a. Champ électrique



b. Induction magnétique



— Valeurs déclenchant l'action concernant les effets sensoriels et sur la santé ($1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ MHz}$).
 — Valeurs déclenchant l'action basses fréquences concernant le risque d'apparition d'étincelles ($1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ MHz}$). En dessous de ces VA, le risque d'apparition d'étincelles est limité.
 — Valeurs déclenchant l'action [concernant les effets thermiques ($0,1 \text{ MHz} \leq f < 300 \text{ GHz}$)].

— Valeurs déclenchant l'action concernant l'exposition des membres.
 — Valeurs déclenchant l'action concernant les effets sur la santé (VA hautes).
 — Valeurs déclenchant l'action concernant les effets sensoriels (VA basses).
 — Valeurs déclenchant l'action concernant les effets thermiques.

d'énergie absorbée par unité de masse de tissu à l'intérieur de la tête. Ces effets se perçoivent comme une sensation auditive (clic) spécifique aux champs pulsés.

Le tableau 3 relatif aux effets thermiques donne les VA définies entre 0,1 MHz et 300 GHz. Pour cette gamme de fréquences, les VA sont établies pour un intervalle de temps de 6 min. Cela signifie que la valeur efficace de l'intensité du champ électromagnétique sur n'importe quelle période de

6 min au cours de la journée de travail doit être inférieure à la VA correspondante pour garantir le respect de la VLE. Par ailleurs, des VA sont aussi définies pour protéger les travailleurs contre les risques associés aux courants induits dans le corps suite à l'exposition à des champs électromagnétiques entre 10 et 110 MHz.

On notera qu'entre 0,1 et 10 MHz, les effets thermiques et non thermiques peuvent survenir simultanément.

Effets indirects

Indépendamment des effets potentiels directs sur le corps humain, les champs électromagnétiques peuvent aussi générer des effets variables sur les objets présents en milieu de travail. Ces effets font l'objet de VA telles que présentées dans les tableaux 4 et 5.

VA effets thermiques

Fréquences	VA(B) (μT) (eff.)		VA(E) [Vm] (eff.)	VA(S) densité de puissance [W/m^2]	VA(I) courant induit dans une extrémité [mA]
	Toute partie du corps	Membres			
$0,1 \leq f < 1 \text{ MHz}$	$2 \cdot 10^6 / f$	300	610	—	—
$1 \leq f < 10 \text{ MHz}$			$6,1 \cdot 10^8 / f$	—	—
$10 \leq f < 100 \text{ MHz}$	—	—	—	—	100
$100 \leq f < 110 \text{ MHz}$	0,2	—	61	—	—
$110 \leq f < 400 \text{ MHz}$	—	—	—	—	—
$0,4 \leq f < 2 \text{ GHz}$	$10^{-5} \cdot f^{0,5}$	—	$0,003 \cdot f^{0,5}$	—	—
$2 \leq f < 6 \text{ GHz}$	0,45	—	140	—	—
$6 \leq f \leq 300 \text{ GHz}$	—	—	—	(1)	—

f est la valeur de la fréquence en Hertz.

(1) Dans cette bande de fréquences où le risque d'échauffement est limité à la surface du corps (peau et œil), c'est la VLE qui est à prendre en compte, soit une VLE de $50 \text{ W}/\text{m}^2$.

eff. : Valeur efficace.
 VA(B) : Valeur déclenchant l'action pour l'induction magnétique B.
 VA(E) : Valeur déclenchant l'action pour le champ électrique E.
 VA(S) : Valeur déclenchant l'action pour la densité de puissance surfacique S.
 VA(I) : Valeur déclenchant l'action pour les courants induits I dans une extrémité du corps humain.

Tableau 3. Valeurs déclenchant l'action (VA) pour une exposition des travailleurs à des champs électriques et magnétiques de fréquences comprises entre 0,1 MHz et 300 GHz

OBLIGATIONS DES EMPLOYEURS

En champ statique

■ Port de dispositifs médicaux actifs

L'exposition à un champ magnétique statique présente un risque d'interférence avec des dispositifs actifs, implantés ou non (par exemple, les stimulateurs cardiaques). La réglementation fixe une VA de 0,5 mT afin de limiter le risque d'interférence avec les dispositifs médicaux actifs.

■ Projection d'objets ferromagnétiques

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

En champ électrique ou magnétique de fréquences allant de 1 Hz jusqu'à 10 MHz

■ Risque de production d'étincelles

En présence d'un champ électrique supérieur aux VA du *tableau 4*, des étincelles peuvent apparaître entre des parties d'installation ou entre une installation et un travailleur.

Fréquences	VA (eff.) en V/m
1 Hz ≤ f < 25 Hz	20 000
25 Hz ≤ f < 50 Hz	
50 Hz ≤ f < 1,64 kHz	5.10 ⁵ /f
1,64 kHz ≤ f < 3 kHz	
3 kHz ≤ f < 10 MHz	170

Tableau 4. VA pour la limitation du risque de décharges d'étincelles

■ Courants de contact

Soumise à un champ électromagnétique intense, une installation ou partie d'installation isolée de la terre peut se charger électriquement et se décharger à travers une personne entrant en contact avec elle. Cette décharge se traduit par un courant dont l'intensité doit être limitée dans le but d'éviter les phénomènes désagréables ou dangereux (voir *tableau 5*).

Fréquences	VA(Ic) Courant de contact d'état stable en mA (eff.)
Jusqu'à 2,5 kHz	1
2,5 kHz ≤ f < 100 kHz	0,4.f
100 kHz ≤ f ≤ 110 MHz	40

f est la valeur de la fréquence en kilohertz (kHz).

Tableau 5. Valeurs déclenchant l'action (VA) relatives aux courants de contact (Ic)

Évaluation des risques et détermination de l'exposition

Rappelons que l'employeur (art. L. 4121 du Code du travail) doit prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs. En matière de prévention des risques d'exposition aux champs électromagnétiques, la réduction des risques se fonde sur les principes généraux de prévention mentionnés à l'article L. 4121-2.

L'employeur doit évaluer les risques liés à l'exposition des travailleurs, en s'appuyant, notamment, sur le salarié compétent qu'il aura préalablement désigné.

Dans le cadre de cette évaluation, la démarche est constituée des étapes suivantes :

1. Faire l'inventaire des sources de champs électromagnétiques.

2. Évaluer l'exposition aux postes de travail en s'appuyant sur des données facilement accessibles (informations du fabricant, guides, études...).

3. 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 pour les effets directs et indirects ;
- à la fréquence, au niveau, à la durée et au type d'exposition (localisée ou corps entier) ;
- aux travailleurs à risques particuliers (travailleurs portant des dispositifs médicaux actifs ou passifs, implantés ou non, femmes enceintes) ainsi qu'aux jeunes travailleurs de moins de 18 ans ;
- à l'existence de procédés ou d'équipements conçus pour réduire le niveau d'exposition aux champs électromagnétiques ;
- aux informations communiquées par le fabricant de l'équipement ainsi qu'à toute information pertinente concernant la santé et la sécurité ;
- à l'exposition à des champs de fréquences distinctes, qu'ils soient issus d'une ou de plusieurs sources.

4. Si les valeurs mesurées au poste de travail sont supérieures aux VA, des mesures techniques et/ou organisationnelles seront mises en place pour réduire l'exposition des opérateurs. De nouveaux mesurages devront confirmer le respect des VA. Il est malgré tout possible que des travailleurs soient exposés au-delà des VA si l'employeur

peut démontrer que les VLE ne sont pas dépassées et qu'il n'y a pas de risque pour leur sécurité.

5. En cas de dépassement de la VLE santé, l'employeur devra prendre des mesures immédiates pour soustraire les travailleurs au risque (barrière matérielle...). En revanche, la réglementation autorise le dépassement des VLE sensorielles sous réserve de respecter un certain nombre de conditions :

- dépassement temporaire ;
- démonstration du respect des VLE santé ;
- information du médecin du travail et des instances représentatives du personnel ;
- mise en œuvre de mesures et de moyens de prévention complémentaires propres à garantir la santé et la sécurité des travailleurs ;
- désignation d'un conseiller à la prévention des risques liés aux champs électromagnétiques ;
- organisation pour chaque travailleur concerné, d'une formation renforcée sur les risques et les mesures de prévention spécifiques à prendre pendant cette exposition ;
- mise en place d'un dispositif permettant aux travailleurs de signaler l'apparition de tout effet sensoriel ;
- transmission au médecin du travail de diverses informations, réactualisées si nécessaire (nature du travail, caractéristiques des champs électromagnétiques auxquels le travailleur est exposé, niveaux d'exposition, fréquences, et, le cas échéant, résultats des mesures, du calcul, ou de la simulation numérique des niveaux de champs électromagnétiques).

6. Afin de ne pas limiter l'usage de certaines technologies, la réglementation prévoit pour les IRM une dérogation en cas de dépassement des VLE santé. Cette dérogation est strictement encadrée par des dispositions spécifiques dont notamment l'obligation d'obtenir l'autorisation de la Direccte (direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi).

Dispositions visant à éviter ou réduire les risques

La réduction des risques résultant de l'exposition à des champs électromagnétiques se fonde sur les principes généraux de prévention prévus à l'article L. 4121-2 du Code du travail. L'employeur prend les mesures nécessaires pour garantir que les risques résultant d'une exposition aux champs électromagnétiques sur le lieu de travail sont 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 réduire l'exposition et en tout état de cause à empêcher que l'exposition ne dépasse les VLE.

Ces actions peuvent notamment consister à réaliser les actions suivantes :

■ **suppression ou réduction du risque à la source :**

- choix d'équipements ou de procédés n'émettant pas de champs électromagnétiques ou émettant des champs électromagnétiques moins intenses en tenant compte du travail à effectuer,
- utilisation d'autres méthodes de travail ou de moyens techniques conduisant à une exposition moindre aux champs électromagnétiques,
- modification de la conception et de l'agencement des lieux et postes de travail,
- mise en place d'une organisation du travail visant à réduire la durée et l'intensité des expositions ;

■ **protection collective :** mise en place de mesures techniques ou organisationnelles visant à réduire l'émission de champs électromagnétiques (blindage, éloignement/zonage, verrouillage...);

■ **protection individuelle :** mise à disposition d'équipements de protection individuelle appropriés ;

■ **contrôle d'accès :** les lieux où le champ électromagnétique est supérieur aux VA doivent faire l'objet d'une signalisation, d'un pictogramme, de marquage au sol ou dans certains cas de barrières matérielles afin de limiter ou de contrôler leurs accès.

Information et formation des travailleurs

Les travailleurs susceptibles d'être exposés à des champs électromagnétiques dont l'intensité est supérieure aux niveaux de références fixés pour le public (par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002) doivent être formés et informés notamment du résultat de l'évaluation des risques. Ils doivent également être informés sur la conduite à tenir en cas d'apparition d'effets sensoriels ou sur la santé, ainsi que sur la manière de dépister les effets d'une exposition et de les signaler.

La réglementation prévoit aussi que les travailleurs porteurs de dispositifs médicaux actifs ou passifs, implantés ou non, ainsi que les femmes enceintes contactent le plus tôt possible le médecin du travail.

En cas de dépassement des VA, l'employeur doit établir une fiche de poste pour chaque poste de travail concerné. Cette fiche doit préciser :

- les risques auxquels les travailleurs sont exposés sur ce poste et les dispositions prises pour les éviter ;
- les règles de sécurité applicables ;
- les consignes relatives aux mesures de protection collective et individuelle.

Femmes enceintes

L'exposition des femmes enceintes doit être maintenue à un niveau aussi bas que

possible en tenant compte des recommandations de bonnes pratiques existantes, et en tout état de cause à un niveau inférieur aux valeurs limites d'exposition du public (décret n° 2002-775 du 3 mai 2002).

Jeunes travailleurs

Les jeunes travailleurs de moins de 18 ans ne doivent pas être affectés à des travaux susceptibles de les exposer au-delà des VLE sensorielles ou des VLE pour la santé.

Suivi de l'état de santé des travailleurs

Les travailleurs exposés à des champs électromagnétiques doivent faire l'objet d'un suivi individuel de leur état de santé, afin, notamment, de les informer sur les risques éventuels auxquels les expose leur poste de travail. Le suivi comprend une visite d'information et de prévention réalisée par un professionnel de santé au travail et renouvelée au maximum tous les 5 ans. Si les VLE sont susceptibles d'être dépassées, cette visite doit avoir lieu avant la prise de poste.

Par ailleurs, si un effet indésirable ou inattendu sur la santé susceptible de résulter d'une exposition à des champs électromagnétiques est signalé par un travailleur, ou si une exposition supérieure aux VLE est détectée, le travailleur concerné doit bénéficier d'un examen médical.



POUR EN SAVOIR PLUS

■ Décret 2016-1074 du 3 août 2016 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques.

■ Arrêté du 5 décembre 2016 relatif aux grandeurs physiques que représentent les valeurs limites d'exposition professionnelle et les valeurs déclenchant l'action décrivant l'exposition à des champs électromagnétiques en milieu de travail.

■ 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).

■ Décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L. 32 du Code des postes et télécommunications

relatif à l'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication et les installations radioélectriques.

■ *Lignes directrices relatives aux limites d'exposition aux champs magnétiques statiques*, INRS, PR 43, uniquement disponible en version électronique sur 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, uniquement disponible en version électronique sur inrs.fr.

■ Autres fiches thématiques de la collection « Champs électromagnétiques », INRS.

Référents : Groupe RNI Carsat-Cramif/INRS

C. Bissériex, Carsat Auvergne ■ P. Laurent, Carsat Centre-Ouest ■
A. Deleau, Carsat Languedoc-Roussillon ■ J. Fortuné, Carsat Centre ■
L. Hainoz, Cram Île-de-France ■ G. Le Berre, Carsat Bretagne ■
S. Tirlemont, Carsat Nord-Picardie ■ N. Morais, Carsat Midi-Pyrénées ■
B. Gallin, Carsat Nord-Est ■ M. Bouldi, A. Bourdieu, M. Donati,
L. Hammen, P. Moureaux, INRS

Contacts : Lucien Hammen et Patrick Moureaux, INRS
Services Prévention des Carsat, Cramif et CGSS