

La réglementation de l'exposition au champ magnétique intense



Journée technique de la SFRP

Section RNI

Paris - 6 avril 2023

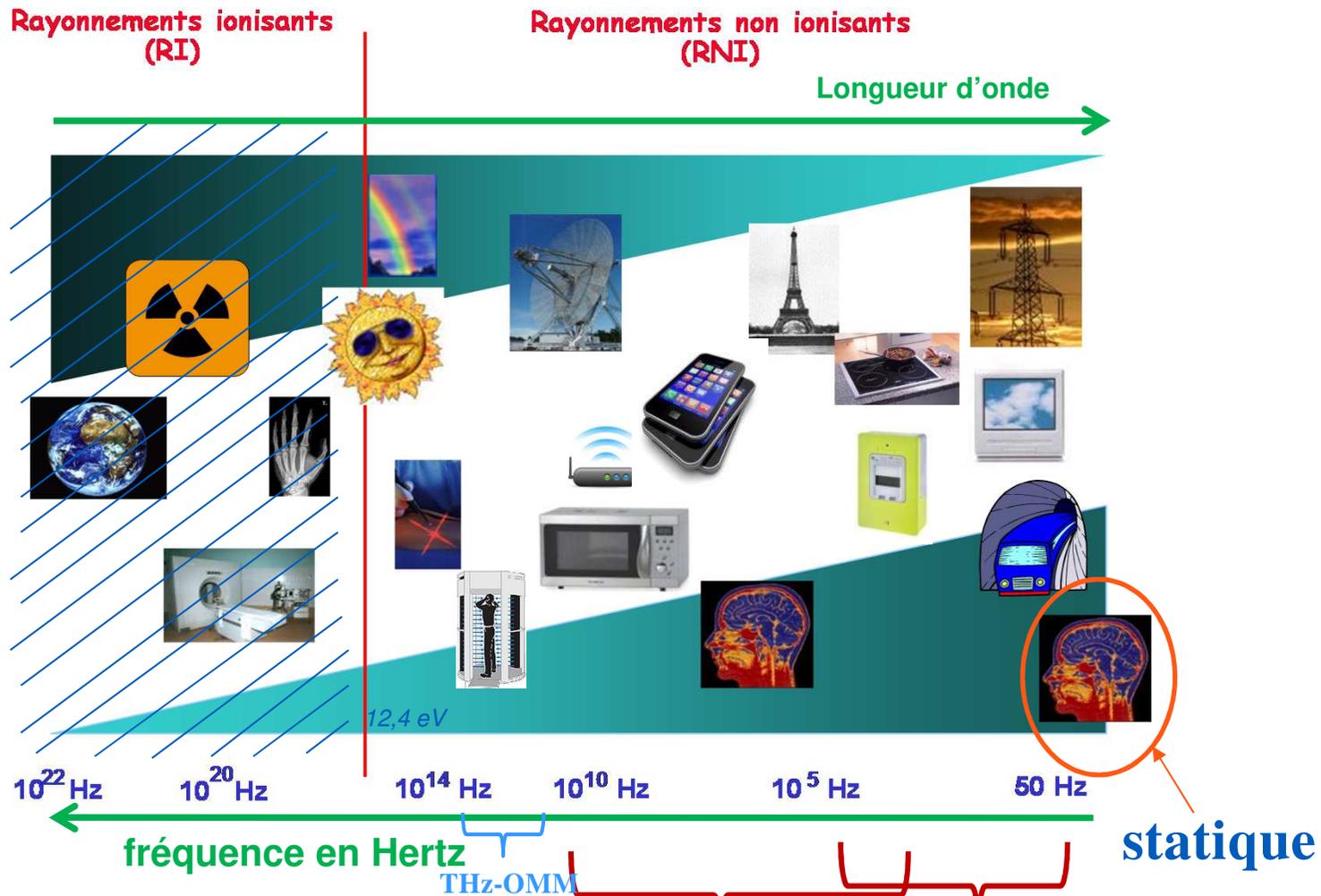
Dr Martine Souques



Plan

- ▶ Notions générales
- ▶ Réglementation pour le public
- ▶ Réglementation en milieu professionnel
- ▶ L'évaluation en pratique

Spectre électromagnétique et sources d'expositions



kilo = 10^3 Hz ; mega : 10^6 Hz ; giga : 10^9 Hz

RF

BF
SFRP
Société Française de Radioprotection

SFR
SOCIÉTÉ FRANÇAISE
DE RADIOLOGIE
& D'IMAGERIE MÉDICALE

Unité Française de Santé au Travail

Qui fixe les limites ?

► ICNIRP

- Organisme reconnu internationalement
- Guidelines pour les travailleurs et pour le grand public : 1998, 2009, 2010, 2020
- Guidelines varient en fonction de la fréquence (0 à 300 GHz)

► Commission européenne

- 1999/519/CE: Recommandation du Conseil du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0Hz à 300GHz) → **texte incitatif**
- 2013/35/UE: Directive du Parlement Européen et du Conseil du 26 juin 2013 concernant les prescriptions minimales de santé et de sécurité relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) → **transcription obligatoire**

► En France :

- **Décret 2002-775** sur la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques
- **Décret 2016-1074** sur la limitation de l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques

Rappel - Fondements des seuils réglementaires

ICNIRP

Lignes directrices ou valeurs guide

Restrictions de base = valeurs limites d'exposition (VLE)



Valeurs fondées sur des effets connus

Grandeurs selon fréquences (dans le corps)

induction magnétique, densité de courant, DAS et densité de puissance



Niveaux de référence = valeurs d'action (VA)

Mesurables, tels que les restrictions de base ne sont jamais dépassées

Pour le public

Pour les travailleurs

Une particularité en champ magnétique statique : VLE = VA

Recommandation pour le public : 0-300 GHz (1999/519/CE)

- ▶ Un texte incitatif , mais une référence incontournable qui ne peut être ignorée (quasiment statut de directive)
- ▶ Objectif :
 - “...fournir un niveau élevé de protection par rapport aux effets avérés sur la santé qui peuvent résulter de l'exposition à des champs électromagnétiques...”
 - “...la présente recommandation couvre implicitement les effets éventuels à long terme...”
- ▶ Management du risque sanitaire par une double limite
 - Reprend les valeurs guides de l'ICNIP
 - Restriction de base : non mesurable (**sauf en statique**) → **T**, mA/m², DAS, AS
 - Niveau de référence : mesurable → CE (V/m) ou CM (**T** ou A/m) qui permet de garantir le respect de la restriction de base
- ▶ Processus évolutif : révisions régulières (SCENIHR puis SCHEER)

Limites pour le public

**Limites en CM
statique
40 mT**

Tableau 2

Niveaux de référence pour les champs électriques, magnétiques et électromagnétiques
[à 0 Hz-300 GHz, valeurs efficaces (rms — root mean square/valeur quadratique moyenne) en champ non perturbé]

Gamme de fréquences	E (V/m)	H (A/m)	B (μT)	Densité de puissance équivalente en onde plane S_{eq} (W/m ²)
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	—
1-8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10 000	$4\,000/f$	$5\,000/f$	—
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	—
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2 000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Notes

1. f comme indiqué dans la colonne de la gamme de fréquences.
2. Pour des fréquences comprises entre 100 kHz et 10 GHz, la valeur moyenne de S_{eq} , E^2 , H^2 et B^2 doit être mesurée sur un intervalle de temps de six minutes.

La directive 2013/35/UE : 0-300 GHz (1)

- ▶ Prescriptions minimales
- ▶ **Consigne pour l'employeur : faire une analyse de risque**, c'est-à-dire une évaluation de l'exposition des travailleurs aux CEM quelque soit la fréquence, dans tous ses sites
 - Evaluer les niveaux d'exposition
 - Etablir un plan d'action
 - Consigner les données
 - Signalisation si besoin
 - Information et formation des travailleurs susceptibles d'être exposés
 - Mise à jour régulière
- ▶ Dispositions pour réduire les risques

La directive 2013/35/UE : 0-300 GHz (2)

- ▶ Reprends les valeurs guides de l'ICNIRP : valeurs limites d'exposition (interne au corps humain) / valeurs déclenchant l'action (externe au corps humain)
- ▶ Plusieurs niveaux de limites pour une même fréquence
- ▶ Surveillance médicale des travailleurs
 - Si effet indésirable ou inattendu sur la santé signalé (quelque soit le niveau de champ)
 - Si exposition dépasse les limites réglementaires

Quelle que soit la gamme de fréquence, aucun symptôme, aucune pathologie n'est attendue quand les valeurs limites d'exposition de l'ICNIRP sont respectées, donc dans les limites du décret

- ▶ Définition de travailleurs à risques particuliers
 - Femmes enceintes
 - Porteurs de dispositifs médicaux implantés ou non, actifs ou passifs
- ▶ Exceptions (IRM médicale, militaires)
- ▶ Délai de transposition jusqu'au 1^{er} juillet 2016

La directive 2013/35/UE : définitions

- ▶ Les VLE fixées dans la présente directive ne couvrent que les liens scientifiquement bien établis entre les effets biophysiques à court terme et l'exposition aux champs électromagnétiques
 - La directive « ne couvre pas les effets à long terme potentiels... il n'existe pas de données probantes qui permettent d'établir un lien de causalité »
 - Effets biophysiques directs : effets sur l'organisme humain directement causés par sa présence dans un champ électromagnétique
 - Effets biophysiques indirects : des effets causés par la présence d'un objet dans un champ électromagnétique et pouvant entraîner un risque pour la sécurité ou la santé
 - Interférence avec des équipements et dispositifs médicaux électroniques
 - Risque de projection d'objet ferromagnétique dans un champ magnétique statique

Exposition > VLE → doit agir immédiatement

- ▶ Les VA sont des niveaux opérationnels fixés afin de simplifier le processus permettant de démontrer que les VLE applicables sont respectées et de prendre les mesures de protection ou de prévention appropriées si les VA sont dépassées

VA respectée → VLE respectée

VLE (non mesurables)

En statique
VLE = VA

FREQUENCES (f) (1)	VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE					
	Effets biophysiques directs	« Effets sensoriels »		« Effets sur la santé »		
		Exposition localisée de la tête	Exposition localisée des membres	Exposition ensemble du corps	Exposition localisée de la tête et du tronc	Exposition localisée des membres
0 Hz ≤ f < 1 Hz (2)	Effets non thermiques	2 T	8 T	8 T	-	-
1 Hz ≤ f < 10 Hz (3)		0,7/f V.m ⁻¹	-	1,1 V.m ⁻¹	-	-
10 Hz ≤ f < 25 Hz (3)		0,07 V.m ⁻¹	-		-	-
25 Hz ≤ f ≤ 400 Hz (3)		0,0028 f V.m ⁻¹	-		-	-
400 Hz < f < 3 kHz (3)		-	-		-	-
3 kHz ≤ f < 100 kHz (3)		-	-	3,8x10 ⁻⁴ f V.m ⁻¹	-	-
100 kHz ≤ f < 10 MHz (3) (4) (5)	Effets thermiques	-	-	3,8x10 ⁻⁴ f V.m ⁻¹ (non thermique) 0,4 W.kg ⁻¹ (thermique)	10 W.kg ⁻¹	20 W.kg ⁻¹
10 MHz ≤ f < 0,3 GHz (4)		-	-	0,4 W.kg ⁻¹		
0,3 GHz ≤ f < 6 GHz (4) (6)		10 mJ.kg ⁻¹	-			
6 GHz ≤ f ≤ 300 GHz (7)		-	-	50 W.m ⁻²	-	-

(1) La fréquence f est exprimée en hertz (Hz)
 (2) Dans la gamme de fréquences comprises entre 0 et 1 hertz, les valeurs limites d'exposition sont des valeurs d'induction magnétique externe exprimées en tesla
 (3) Dans la gamme de fréquences comprises entre 1 hertz et 10 mégahertz, les valeurs limites d'exposition sont des valeurs crête spatiale du champ électrique interne exprimées en volt par mètre
 (4) Dans la gamme de fréquences comprises entre 100 kilohertz et 6 gigahertz, les valeurs limites d'exposition relatives aux effets sur la santé représentent l'énergie moyenne sur l'ensemble ou une partie du corps (tête, tronc, membres) exprimée en termes de débit d'absorption spécifique en watt par kilogramme
 (5) Dans la gamme de fréquences comprises entre 100 kilohertz et 10 mégahertz, les effets thermiques et non thermiques agissant concomitamment, les valeurs limites d'exposition pour les deux types d'effets doivent être considérées
 (6) Dans la gamme de fréquences comprises entre 0,3 et 6 gigahertz, la valeur limite d'exposition relative aux effets sensoriels représente l'énergie absorbée par unité de masse de tissus biologiques exprimée en termes d'absorption spécifique en joules par kilogramme
 (7) Dans la gamme de fréquences comprises entre 6 et 300 gigahertz, la valeur limite d'exposition relative aux effets sur la santé représente une densité de puissance exprimée en watt par mètre carré

VA (mesurables)

FREQUENCE (f) (1)	VALEURS DECLENCHANT L'ACTION					
	Effets biophysiques directs	Pour l'exposition aux champs électriques	Pour l'exposition aux champs magnétiques		Pour les courants induits	
		VA (E _{eff.}) (2) (3)	VA (B _{eff.}) (4)		VA (I _{Leff.}) (5)	
		VA basse (6)	VA haute (6)	Exposition des membres à un champ magnétique localisé	Dans une extrémité quelconque	
1 Hz ≤ f < 8 Hz	Effets non thermiques	2x10 ⁴ V.m ⁻¹	3x10 ⁵ μT	-	-	
8 Hz ≤ f < 25 Hz						
25 Hz ≤ f < 50 Hz		1x10 ⁶ /f V.m ⁻¹	1x10 ³ μT	9x10 ⁵ /f μT	-	-
50 Hz ≤ f < 300 Hz						
300 Hz ≤ f < 1,64 kHz		6,1x10 ² V.m ⁻¹	3x10 ² /f μT	-	-	-
1,64 kHz ≤ f < 2,5 kHz						
2,5 kHz ≤ f < 3 kHz						
3 kHz ≤ f < 100 kHz						
100 kHz ≤ f < 1 MHz (7)		Effets thermiques	6,1x10 ² V.m ⁻¹ (non thermique et thermique)	1x10 ² μT (non thermique)	3x10 ² μT	-
1 MHz ≤ f < 10 MHz (7)			6,1x10 ² V.m ⁻¹ (non thermique)	2x10 ⁶ /f μT (thermique)	-	-
10 MHz ≤ f < 110 MHz	6,1.10 ³ /f V.m ⁻¹ (thermique)		-	-	100 mA	
110 MHz ≤ f < 400 MHz	-	61 V.m ⁻¹	0,2 μT	-	-	
400 MHz ≤ f < 2 GHz		3x10 ⁻³ f ^{1/2} V.m ⁻¹	1x10 ⁻⁵ f ^{1/2} μT	-	-	
2 GHz ≤ f < 300 GHz		1,4x10 ² V.m ⁻¹	4,5x10 ⁻¹ μT	-	-	

(1) La fréquence f est exprimée en hertz (Hz)
 (2) Les valeurs déclenchant l'action pour une exposition aux champs électriques sont des valeurs d'intensité de champ électrique exprimées en volt par mètre.
 (3) Sur la gamme de fréquences comprises entre 1 et 400 hertz, pour une exposition à des champs électriques, la valeur déclenchant l'action permet de respecter les valeurs limites d'exposition relatives aux effets sensoriels et aux effets sur la santé mentionnées à l'article R. 4453-2
 (4) Les valeurs déclenchant l'action pour une exposition à des champs magnétiques sont des valeurs d'induction magnétique exprimées en microtesla
 (5) La valeur déclenchant l'action pour les courants induits est exprimée en milliampère
 (6) Sur la gamme de fréquences comprises entre 1 et 400 hertz, pour une exposition aux champs magnétiques, la valeur déclenchant l'action basse permet de respecter les valeurs limites d'exposition relatives aux effets sensoriels et aux effets sur la santé mentionnées à l'article R. 4453-2
 (7) Dans la gamme de fréquences comprises entre 100 kilohertz et 10 mégahertz, les effets thermiques et non thermiques agissant concomitamment pour les expositions à des champs électriques et à des champs magnétiques, les valeurs déclenchant l'action pour les deux types d'effets et les deux types de champs doivent être considérées

Effets directs

Effets indirects

FREQUENCE (f) (1)	VALEURS DECLENCHANT L'ACTION			
	pour le risque d'interférence avec des dispositifs actifs implantés	pour le risque d'attraction et de projection dans le champ périphérique de source de champs intenses (> 100 mT)	pour la limitation du risque de décharges d'étincelles	pour un courant de contact d'état stable
	AL(B ₀) (2)	AL(B ₀) (2)	VA (E _{eff.}) (3)	VA (I _c) (4)
0 Hz ≤ f < 1 Hz	0,5 mT	3 mT	-	-
1 Hz ≤ f < 25 Hz	-	-	2x10 ⁴ V.m ⁻¹	1 mA
25 Hz ≤ f < 2,5 kHz	-	-	5x10 ⁵ /f V.m ⁻¹	0,4 f mA
2,5 kHz ≤ f < 3 kHz	-	-	-	-
3 kHz ≤ f < 100 kHz	-	-	1,7x10 ² V.m ⁻¹	40 mA
100 kHz ≤ f < 10 MHz	-	-	-	-
10 MHz ≤ f ≤ 110 MHz	-	-	-	-

(1) La fréquence f est exprimée en hertz (Hz) à l'exception de la valeur déclenchant l'action pour les courants de contact dans la gamme de fréquences comprises entre 2,5 et 100 kilohertz où elle est exprimée en kilohertz
 (2) Les valeurs déclenchant l'action pour une exposition à des champs magnétiques statiques sont exprimées en millitesla
 (3) Les valeurs déclenchant l'action pour la limitation du risque de décharges d'étincelles sont exprimées en volt par mètre
 (4) Les valeurs déclenchant l'action pour les courants de contact sont exprimées en milliampère



Directive assortie d'un guide pratique

► En fait 3 guides !

- Tome 1 : guide pratique (226 p)
- Tome 2 : études de cas (146 p) – quelques cas avec champ statique (ex. RMN, électrolyse)
- Tome 3 : guide à l'intention des PME (22 p)

► Outil OSERAY de INRS

<https://www.inrs.fr/publications/outils/oseray>

Oseray

Outil simplifié accompagnant l'employeur dans sa démarche d'évaluation des risques dus aux rayonnements électromagnétiques

Oseray s'appuie sur le guide européen intitulé " **Guide non-contraignant de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la directive 2013/35/UE** " qui propose une liste d'équipements ou d'activités fréquemment rencontrés et indique s'il est souhaitable qu'une évaluation plus approfondie soit effectuée pour :

- les travailleurs sans risques particuliers ;
- les travailleurs à risques particuliers : femmes enceintes, porteurs d'implants passifs ;
- les travailleurs porteurs de dispositifs médicaux actifs ou portés près du corps.

► Accéder à l'outil Oseray

Mis à jour le 17/07/2020

Le décret 2016-1074 du 3 août 2016

- ▶ Détaille les méthodes pour réduire l'exposition
 - Procédure d'évaluation des risques : l'employeur s'appuie sur le ou les **salarié(s) compétent(s)** → à former
 - ou à défaut sur l'intervenant des organismes compétents (article L. 4644.1)
- ▶ Rajoute des exigences
 - Les travailleurs de moins de 18 ans → pas de dérogation possible (VLE sensorielles)
 - Les femmes enceintes => ALARA
 - ... son exposition est maintenue à un **niveau aussi faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre** 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** aux champs électromagnétiques »
 - Sur la signalisation et l'information → dès qu'on dépasse les VA
- ▶ Travailleurs à risque particulier : adapter les mesures de prévention en liaison avec le médecin du travail
- ▶ Applicable au 1^{er} janvier 2017

Dérogation pour les appareils IRM (décret)

- ▶ Article 1 – Section 9 : dispositions particulières applicables aux équipements d'IRM destinés aux soins des patients ou à la recherche encadrant le dépassement des VLE
 - Propose des dérogations sous certaines conditions
 - « S'applique à l'installation, à l'essai, à l'utilisation, au développement et à l'entretien des équipements d'imagerie par résonance magnétique destinés aux soins des patients **dans le secteur de la santé** ou à la recherche **dans ce domaine** lorsque les mesures de prévention mises en place par l'employeur ne permettent pas de maintenir l'exposition des travailleurs en deçà des VLE relatives aux effets sur la santé »

Conditions de dérogation (1)

► L'employeur doit

- démontrer l'**absence d'alternative** possible au dépassement des valeurs limites d'exposition relatives aux effets sur la santé compte tenu de la pratique de travail et consigne la justification dans le document d'évaluation des risques
- demander l'**avis du médecin du travail et celui du CSE**, ou à défaut des délégués du personnel
- définir les mesures et moyens de protection appropriés garantissant que :
 - 1° Les travailleurs sont protégés contre les effets nocifs pour la santé et les risques pour la sécurité
 - 2° L'exposition du travailleur n'est que **temporaire**
 - 3° Le travailleur ne fait l'objet **d'aucune contre-indication médicale**
 - 4° L'accès au poste de travail fait l'objet d'une **habilitation nominative** délivrée par l'employeur, renouvelée si la pratique de travail le nécessite

Conditions de dérogation (2)

- compléter le dispositif prévu permettant aux travailleurs de signaler l'apparition de tout effet. Après chaque signalement, l'employeur met à jour, si nécessaire, l'évaluation des risques et adapte les moyens et mesures de prévention mis en œuvre
 - **demander l'autorisation de dépasser les VLE** au directeur régional des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (DIRECCTE). Pour la définition des pièces nécessaires : voir détails *Art. R. 4453-32* du décret.
- Réponse dans un délai de 2 mois
- Absence de réponse = rejet

Synthèse des limites en CM statique

► Rappel

- Ces valeurs ne concernent pas les patients qui doivent passer une IRM pour raison médicale
- $VA = VLE$

► Pour le public

- 40 mT pour le public dans la RE1999/519/CE
- 400 mT pour le public dans la mise à jour de l'ICNIP de 2009

► Pour les travailleurs

- 2 T pour la tête et le tronc
- 8 T pour les membres
- 0,5 mT pour les porteurs d'implants médicaux
- 3 mT pour le risque d'attraction d'un objet métallique si le CM > 100 mT

L'évaluation en pratique

▶ Périmètre

- Toutes les entreprises
- Tous les travailleurs
- Toute la gamme de fréquence de 0 à 300 GHz

▶ Evaluation de l'exposition réalisée au poste de travail

▶ 1^{ère} étape : inventaire des sources d'exposition

- Fréquence, puissance, tension, courant

▶ 2^{ème} étape : analyse documentaire

- Normes (par exemple EN 50499 de 2019 – tableau de matériels conformes aux limites pour le public)
- Documentation (fabricant, installateur)
- Similitude à d'autres postes de travail

▶ En dernier recours : **si nécessaire** mesures, calculs ou simulations

Merci de votre attention

