



Champs **E**lectro**M**agnétiques ou **CEM** de 0 à 300 GHz: Exemples d'interventions du SPSTI

Présenté par:

Mr MARZIALE Laurent – Ingénieur Prévention HSE –
AISMT13

(25/03/2025)

Exemple de classification réduite des fréquences électromagnétiques

0Hz	1-300 Hz	300 Hz-10 MHz	10 MHz- 300GHz	30-300 GHz	100GHz-10THz
Statique	Très basses fréquences	Fréquences intermédiaires	Radiofréquences	Ondes millimétriques	Ondes Téraherz

OBJECTIFS

- LES NOTIONS DE BASE EN CEM
- REPÉRER LES DIFFÉRENTS TEXTES RÉGLEMENTAIRES CEM
- QUELLES DONNÉES FAUT-IL RASSEMBLER?
- EXEMPLES DE CAS PRATIQUES

SOMMAIRE

I. DE QUOI PARLE-T-ON?

II. RAPPELS RÉGLEMENTAIRES

III. LES EFFETS SUR LA SANTÉ: COURT TERME

IV. CAS PRATIQUES

SOMMAIRE

I. DE QUOI PARLE-T-ON?

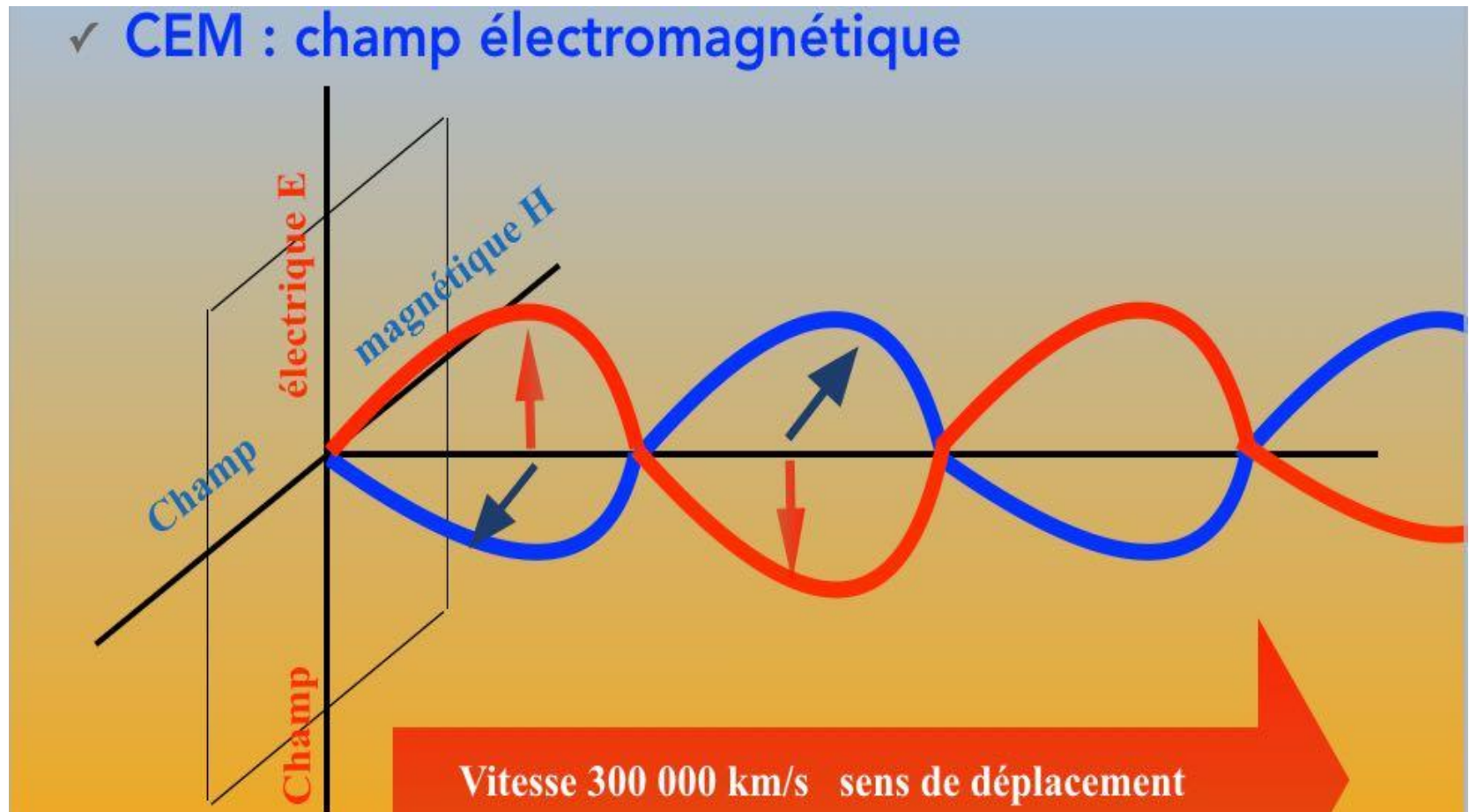
II. RAPPELS RÉGLEMENTAIRES

III. LES EFFETS SUR LA SANTÉ: COURT TERME

IV. CAS PRATIQUES

Définitions

Champ électromagnétique = Champ électrique +
Champ magnétique



DÉFINITION D'UNE ONDE CEM

« Se déplace dans un milieu de propagation comme le vide ou l'air, à la vitesse de 300 000 Km/s. (=vibration du CEM)

Elles transportent de NRJ mais aussi de l'information (ex: communication; smartphones, postes radio,...).

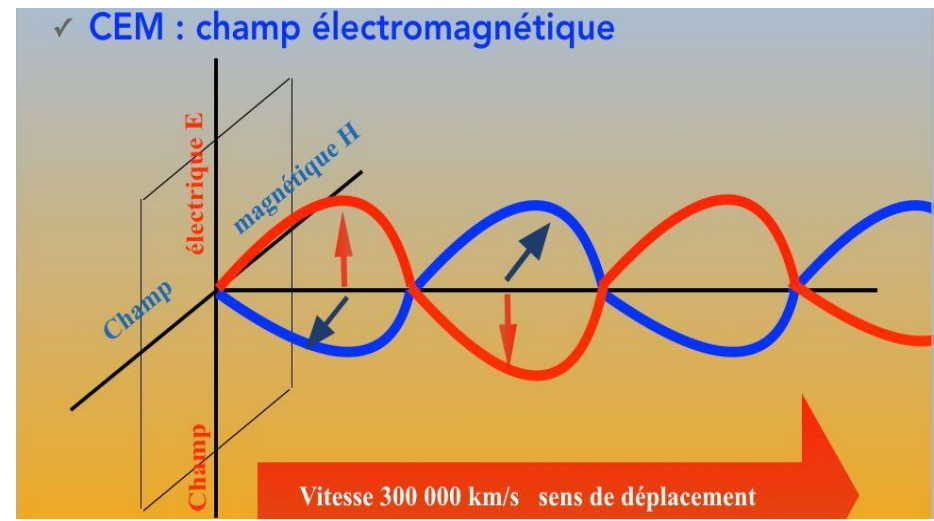
Caractérisée par : F et λ

Avec F = Fréquence (Hz)

λ = longueur d'onde (m)

$$F = \frac{1}{T}$$

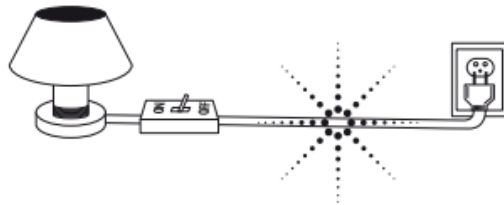
$$\lambda = \frac{C}{F}$$



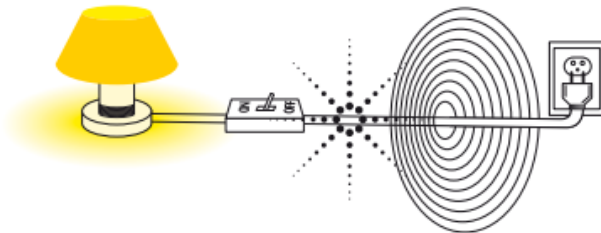
DÉFINITION CEM

- « UN CEM apparaît dès lors que les charges électriques sont en mouvement; ce champ résulte de la combinaison de deux ondes: Onde électrique (E) + Onde Magnétique (B) »

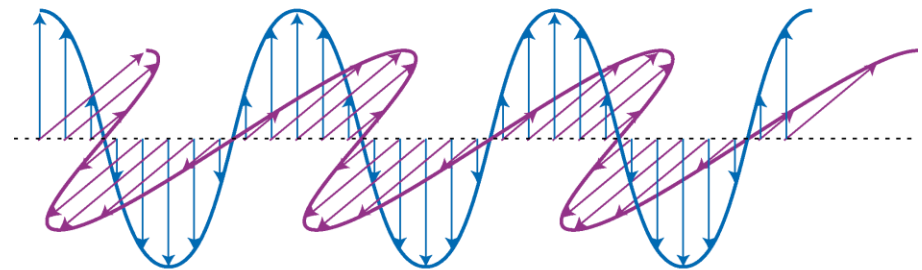
Lampe éteinte branchée
sur la prise de courant =
présence d'un champ
électrique seul



Lampe allumée =
présence d'un champ
électrique et d'un champ
magnétique



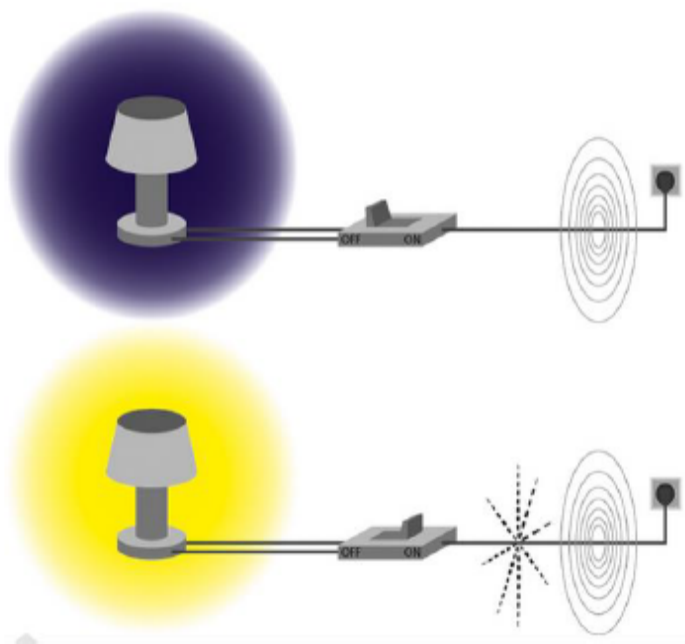
$\vec{E}$: champ électrique



$\vec{B}$: champ magnétique

D'OÙ VIENNENT LES CEM

Les champs électromagnétiques sont composés :



❑ de **champs électriques** exprimés en **V/m**
(fil sous tension)

❑ de **champs magnétiques** exprimés en
A/m ou **μT**
(passage du courant dans un conducteur)

CEM STATIQUE (0 Hz) / VARIABLE AU COURS DU TEMPS

Statique

= Constant au cours du temps qui se déplace que dans un seul sens

Ex: le courant continu



Variable

=le courant alternatif
(UE: $f=50$ Hz)



SOMMAIRE

I. DE QUOI PARLE-T-ON?

II. RAPPELS RÉGLEMENTAIRES

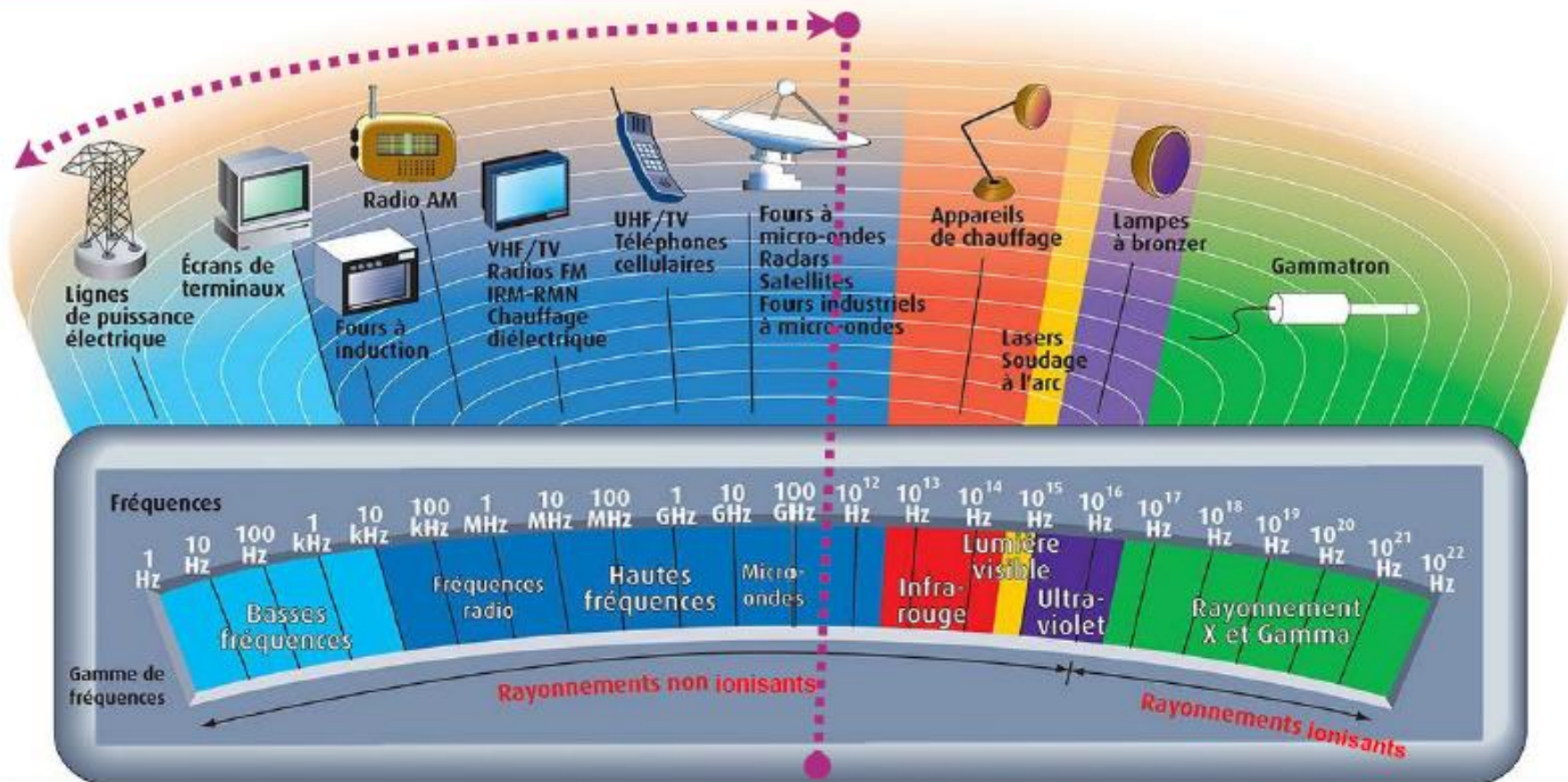
III. EXEMPLES D'EXPOSITIONS

IV. CAS PRATIQUES

RÉGLEMENTATION

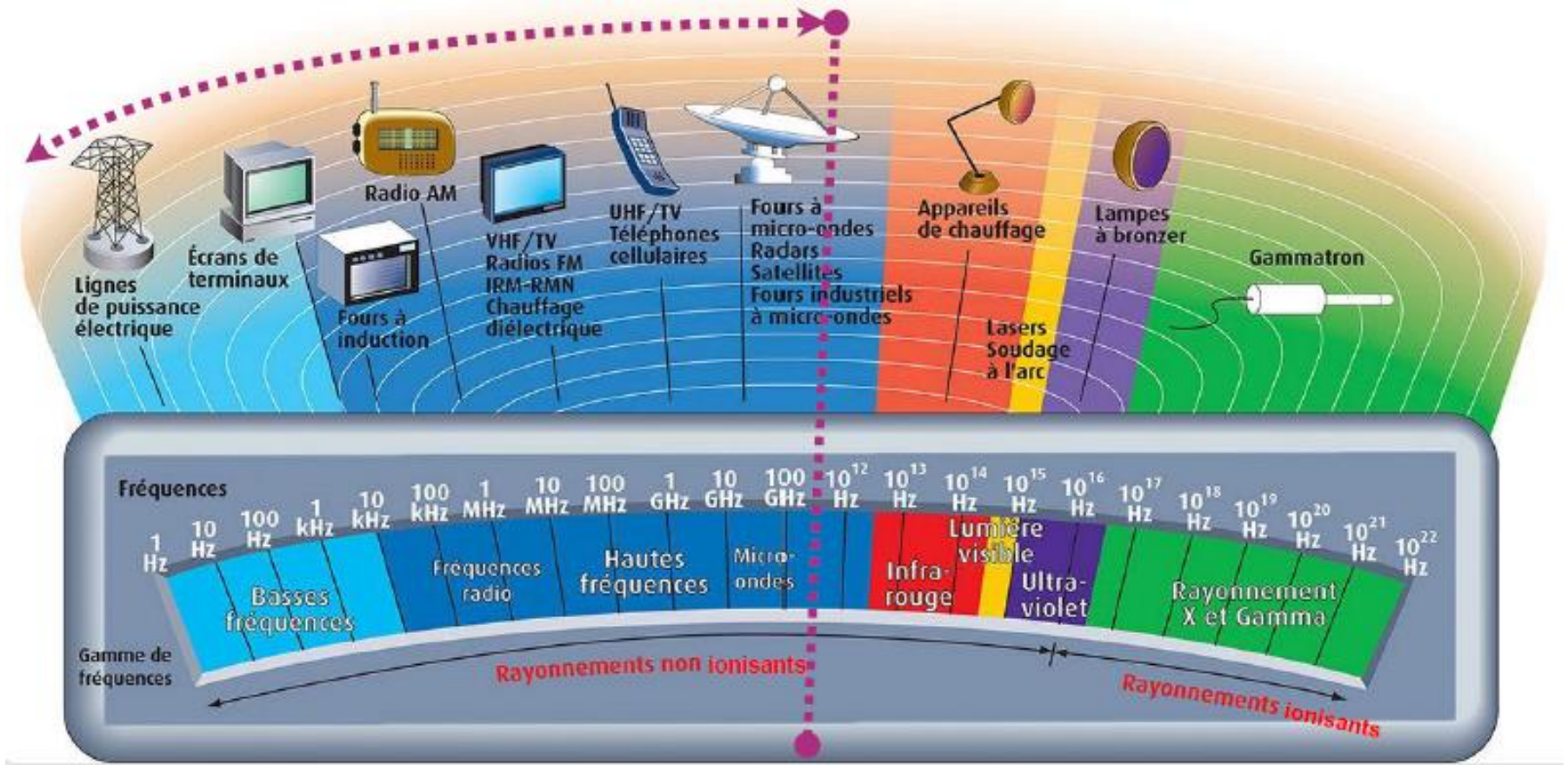
Directive européenne 2013/35/UE
Fréquences entre 0 et 300 GHz (CEM ou RNI)

<http://www.inrs.fr/risques/champs-electromagnetiques/reglementation.html>



© Œuvre INRS

Recommandation Européenne pour le public 1999/519/CE >>> Décret 2002-775
Directive Européenne pour les travailleurs 2013/35/UE >>> Décret 2016-1074



Le Spectre électromagnétique est divisé en 3 parties:

- 0 Hz à 300 ghz
- 300 GHz à 10^{16} Hz: lumière (IR, visible et UV)
- 10^{16} Hz à 10^{22} Hz: Rayons X et gamma

RÉGLEMENTATION

En se basant sur:

- Directive 2013/35/UE du 26/06/2013

concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques)

- **Décret n°2016-1074 du 3/08/2016**

relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques (Cf. valeurs VLE / VA)

(applicable au 1er Janvier 2017)

- **Arrêté du 5 décembre 2016**

*relatif aux grandeurs physiques que représentent **les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLE) et les valeurs déclenchant l'action (VA)** décrivant l'exposition à des champs électromagnétiques en milieu de travail*

- Article R.4453-1 à R.4353-34 du Code du Travail

Objet et champ d'application

1. La présente directive, qui est la vingtième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE, fixe des prescriptions minimales en matière de protection des travailleurs contre les risques pour leur santé et leur sécurité résultant ou susceptibles de résulter d'une exposition à des champs électromagnétiques au travail.
2. La présente directive couvre l'ensemble des effets biophysiques connus, directs et indirects, produits par des champs électromagnétiques.
3. Les valeurs limites d'exposition (VLE) fixées dans la présente directive ne couvrent que les liens scientifiquement bien établis entre les effets biophysiques directs à court terme et l'exposition aux champs électromagnétiques.
4. La présente directive ne couvre pas les effets à long terme potentiels.
La Commission suit les dernières évolutions scientifiques. Si des éléments scientifiques probants bien établis sur des effets à long terme potentiels deviennent disponibles, la Commission étudie la réponse politique appropriée à y apporter, notamment, le cas échéant, en présentant une proposition législative pour traiter de ces effets. Par le biais de son rapport visé à l'article 15, la Commission en tient le Parlement européen et le Conseil informés.
5. La présente directive ne couvre pas les risques découlant d'un contact avec des conducteurs sous tension.
6. Sans préjudice des dispositions plus contraignantes ou plus spécifiques de la présente directive, la directive 89/391/CEE continue à s'appliquer intégralement à l'ensemble du domaine visé au paragraphe 1.



RÉGLEMENTATION

En se basant sur:

- Directive 2013/35/UE du 26/06/2013

concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques)

- **Décret n°2016-1074 du 3/08/2016**

relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques (Cf. valeurs VLE / VA)

(applicable au 1er Janvier 2017)

- **Arrêté du 5 décembre 2016**

*relatif aux grandeurs physiques que représentent **les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLE) et les valeurs déclenchant l'action (VA)** décrivant l'exposition à des champs électromagnétiques en milieu de travail*

- Article R.4453-1 à R.4353-34 du Code du Travail

QUI EST CONCERNÉ?

Stimulateurs et
Défibrillateurs
cardiaques,
Implants cochléaires /tronc cérébral,
Prothèses de l'oreille
interne,
Neuro-stimulateurs
Codeurs rétinien
Pompes de perfusion
implantés
...

Articulations artificielles, broches
Plaques, vis
Agrafes chirurgicales
Stents
Prothèses de valves cardiaques
Anneaux d'annuloplastie
Pincettes pour anévrismes

TOUS LES SALARIÉS!!!

Travailleurs portant des Dispositifs
Médicaux Implantés Actifs (DMIA)

Travailleurs portant des dispositifs
médicaux implantés passifs
contenant du métal

Travailleurs à
Risques Particuliers

Femmes enceintes

Travailleurs portant des Dispositifs
Médicaux à même le corps

Pompes externes de
perfusion
d'hormones



$$VLE / VA =$$

Valeur Limite d'Exposition/ Valeur d'Action

Valeur_Limite_d'Exposition_(VLE) : valeur exprimée, selon la fréquence, d'induction magnétique externe B_0 , intensité de champ électrique interne, le débit d'absorption spécifique (DAS), d'absorption spécifique (AS) ou de densité de puissance (S)

Limite relative aux effets sur la santé (effets directs aigus et à court terme)

La VLE lorsqu'elle est respectée garantie que l'exposition aux CEM est < seuil pour lequel il n'y a pas d'effet nocif connu pour la santé.

Valeur déclenchant l'action (VA) : valeur exprimée, selon la fréquence, intensité du champ électrique E ou d'induction magnétique B, et le niveau de courant induit I_L ou courant de contact I_c

La VA correspond à une grandeur mesurable pour évaluer le niveau d'exposition.

La VA est accessible par les calculs avec les grandeurs physiques des machines. Elle est comparée à la VLE. Le respect de la VA, garantit le respect de la VLE.

LA VA se calcule avec les formules du tableau de référence en fonction de la fréquence

« 1° Valeurs déclenchant l'action liées aux effets biophysiques directs des champs électromagnétiques :

FREQUENCE (f) (1)	VALEURS DECLANCHANT L'ACTION						
	Effets biophysiques directs		Pour l'exposition aux champs électriques	Pour l'exposition aux champs magnétiques		Pour les courants induits	
				VA (B _{eff}) (4)		VA (I _{eff}) (5)	
			VA (E _{eff}) (2) (3)	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	2x10 ⁵ /f ² μT	3x10 ⁵ /f μT	9x10 ⁵ /f ² μT	-
8 Hz ≤ f < 25 Hz				2,5x10 ⁴ /f μT			-
25 Hz ≤ f < 50 Hz				1x10 ³ μT			-
50 Hz ≤ f < 300 Hz		1x10 ⁶ /f V.m ⁻¹			-		
300 Hz ≤ f < 1,64 kHz		6,1x10 ³ V.m ⁻¹		3x10 ⁵ /f μT		-	
1,64 kHz ≤ f < 2,5 kHz						-	
2,5 kHz ≤ f < 3 kHz						-	
3 kHz ≤ f < 100 kHz		6,1x10 ³ V.m ⁻¹ (non thermique et thermique)		1x10 ² μT		-	
100 kHz ≤ f < 1 MHz (7)						-	
1 MHz ≤ f < 10 MHz (7)			1x10 ² μT (non thermique)		3x10 ² μT	-	
10 MHz ≤ f < 110 MHz	Effets thermiques					100 mA	
110 MHz ≤ f < 400 MHz						-	
400 MHz ≤ f < 2 GHz						-	
2 GHz ≤ f < 300 GHz						-	

Pour une fréquence de 50 Hz

VAE 10⁶ / 50 Hz = 20 000 V/m

VAB tête = 1 000 μT

VAB corps = 3 x 10⁵ / 50 Hz = 6 000 μT

VAB membres = 9 x 10⁵ / 50 Hz = 18 000 μT

(1) La fréquence f est exprimée en Hertz.

(2) Les valeurs déclenchant l'action pour les champs électriques sont exprimées en V.m⁻¹.

(3) Sur la gamme de fréquence de 1 Hz à 100 kHz, les valeurs déclenchant l'action sont relatives aux effets sur la santé mentionnés à l'article R. 4453-2.

(4) Les valeurs déclenchant l'action pour les champs magnétiques sont exprimées en μT.

(5) La valeur déclenchant l'action pour les courants induits est exprimée en mA.

(6) Sur la gamme de fréquence de 1 Hz à 100 kHz, les valeurs déclenchant l'action sont relatives aux effets sur la santé mentionnés 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.

$$VLE / VA =$$

Valeur Limite d'Exposition/ Valeur d'Action



ATTENTION!



AUX SALARIÉS À
RISQUES
PARTICULIERS!!!!

SOMMAIRE

I. DE QUOI PARLE-T-ON?

II. RAPPELS RÉGLEMENTAIRES

III. LES EFFETS SUR LA SANTÉ: COURT TERME

IV. CAS PRATIQUES

EFFETS SUR LA SANTÉ

Les effets à court terme sont reconnus scientifiquement

- ☐ **Directs**

échauffement des tissus, stimulation du système nerveux

- ☐ **Sensoriels**

vertiges, nausées, troubles visuels

- ☐ **Indirects**

Incendie et explosion dus à une étincelle

dysfonctionnements de dispositifs électroniques y compris les implants actifs

projection d'objets métalliques

Les effets à long terme

- ☐ **Pas de consensus scientifique actuellement**

Tumeur au cerveau ou Gliome???

EFFETS SUR LA SANTÉ

Fréquence du rayonnement	Effets sensoriels possibles si exposition > seuils des effets sensoriels	Effets sur la santé possibles si exposition > seuils des effets sur la santé
0 Hz (champ statique)	Vertige, nausée, goût métallique dans la bouche Favorisés par les déplacements	Modification possible de l'ECG
1 Hz à 400 Hz	Phosphènes rétiniens ou modifications passagères mineures de certaines fonctions cérébrales si exposition de la tête à un champ magnétique	Stimulation du SNC et/ou du SNP
400 Hz à 100 kHz	–	Stimulation du SNC et/ou du SNP
100 kHz à 10 MHz	–	Stimulation du SNC et/ou du SNP Échauffement des tissus exposés
10 MHz à 6 GHz	« Clic » auditif entre 300 MHz et 6 GHz si exposition de la tête à un champ impulsionnel	Échauffement des tissus exposés
6 GHz à 300 GHz	–	Échauffement en surface (œil, peau)

ECG : électrocardiogramme – SNC : Système nerveux central – SNP : Système nerveux périphérique

Les effets de ces champs sur l'organisme humain dépendent non seulement de leur intensité, mais encore de leur fréquence et de leur énergie

EFFETS SUR LA SANTÉ

Attention LA RÉGLEMENTATION NE PREND EN
COMPTE QUE LES EFFETS SUR LA
SANTÉ DU COURT TERME !!



Statique Basse fréquence Fréquence intermédiaire Haute fréquence

Vertiges
et nausées
(mouvement)

Stimulation
sensorielle,
des nerfs et
des muscles

Échauffement
du corps ou de
certains tissus

Échauffement
des tissus
de surface

1 Hz

100 kHz

10 MHz

6 GHz

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DE L'EXPOSITION AUX CEM

- Recenser les activités et les équipements qui émettent des CEM sur le lieu de travail
- Identifier les travailleurs à risques particuliers (Médical)
- Prendre en compte les mesures de prévention ou de précaution déjà mis en place
- Rassembler les notices d'utilisation de chaque machine présentant un danger vis-à-vis de l'émission de CEM
- Comparer au Tableau 3.2 du guide / VA décret n°2016-1074 / Mesures de sécurité de la notice
- Le cas échéant, mesurer la valeur déclenchant l'action (VA) sur le poste de travail présentant un CEM
- Préconiser des mesures de prévention

SOMMAIRE

I. DE QUOI PARLE-T-ON?

II. RAPPELS RÉGLEMENTAIRES

III. LES EFFETS SUR LA SANTÉ: COURT TERME

IV. CAS PRATIQUES

Cas Pratique: AMT CEM

- « Promenons-nous dans les bois.... »
- « Un p'tit tour en mer »

EXEMPLES DE MATÉRIEL DE MESURES

- ❑ Champmètres
- ❑ Sondes champs électriques
- ❑ Sondes champs magnétiques

Gamme de mesures

- ❑ Champs électriques : 1 Hz à 6 GHz
- ❑ Champs magnétiques : 1 Hz à 30 MHz



MESURES PHYSIQUES

CARSAT LANGUEDOC-ROUSSILLON

« Promenons-nous dans les bois.... »

- Centre de tri du bois
- Machines utilisées des déferrailleurs pour éliminer les métaux présents
- Intervention du CIMP* de la CARSAT
 - Objectif: Réaliser de la métrologie des Champs Magnétiques « statiques »
 - Présence d'aimants Permanents

**CIMP = Centre Interrégional de Mesures Physiques*

« Promenons-nous dans les bois.... »



On a des Broyeurs et des cribles.

Aimants situés aux extrémités des convoyeurs (rouleaux)



« Promenons-nous dans les bois.... »

D'après le Décret no 2016-1074 du 3 août 2016 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques, on a:

Fréquence	VLE pour une exposition de la tête	VLE pour une exposition des membres	VA effet indirect attraction/projection
Statique (0 Hz)	2000 mT	8000 mT	3 mT

- Pour les travailleurs à risque particuliers, on a:

Fréquence	VA pour les porteurs de DMIA	VA pour les femmes enceintes, jeunes travailleurs
Statique (0 Hz)	0,5 mT	40 mT

« Promenons-nous dans les bois.... »

Résultats:

CHAMPS MAGNETIQUES STATIQUES 0 Hz						
Machine	Distance entre point émissif et mesure (cm)	Valeurs moyennes mesurées (mT)		Risque pour attractivité / projection (< 3mT)	Risque pour un salarié	
		A l'arrêt	En fonctionnement		avec DMIA (<0,5mT)	sans DMIA
Broyeur mobile DOPPSTADT AK 430	0	100	/			
	5	70	/			
Broyeur mobile DW 3060	5	/	5			
	10	/	3			
Crible mobile scalpeur maximus 516	0	10	/			
	10	/	5			
	100	/	0,05			
Crible mobile DOPPSTADT SM 620 plus	0	0,4	/			
	10	0,3	0,3			

> 50% VA

≥VA

< 50% VA

« Promenons-nous dans les bois.... »

Conclusion:

- ✓ Aucun effet sur la santé pour les salariés sans risque particulier face au RNI (ou CEM)

Cependant:

- ✓ Si salarié avec DMIA, mesures montrent une exposition aux CEM (car $>0,5\text{mT}$)
 - ✓ Compléter l'étude technique avec le suivi médical
- ✓ Attention aux objets ferromagnétiques (type ciseaux, bip, téléphone portable, barette, trombone, outils,...): Forte attractivité des aimants (sup. à 3mT)

« Promenons-nous dans les bois.... »

Préconisations:

✓ Installer des panneaux de signalisation de champs magnétiques statiques



✓ Interdire l'accès aux salariés avec un DMIA



✓ Intégrer le risque dans le plan de prévention

« Un p'tit tour en mer »

LES SALARIES SONT ILS EXPOSES AUX CEM
DEPASSANT LA VALEUR ACTION (VA)?

« Un p'tit tour en mer »

- AIS RECEIVER CYPHO-101
- APRISA SR+
- ICOM (talkie-walkie)
- MIMOSA OS
- VACON NXS/P
- ROCKET M

Situation:

Entreprise qui cartographie les fonds marins via des « mini » sous-marins téléguidés par un bateau en surface

« Un p'tit tour en mer »

LES TRAVAILLEURS SONT SANS RISQUES PARTICULIERS

Travailleurs à risques particuliers	Exemples
Travailleurs portant des dispositifs médicaux implantés actifs (DMIA)	Stimulateurs et défibrillateurs cardiaques, implants cochléaires, implants de tronc cérébral, prothèses de l'oreille interne, neurostimulateurs, codeurs rétinien, pompes de perfusion implantées
Travailleurs portant des dispositifs médicaux implantés passifs contenant du métal	Articulations artificielles, broches, plaques, vis, agrafes chirurgicales, pinces pour anévrismes, stents, prothèses de valves cardiaques, anneaux d'annuloplastie, implants contraceptifs métalliques et boîtiers de DMIA
Travailleurs portant des dispositifs médicaux à même le corps	Pompes externes de perfusion d'hormones
Travailleuses enceintes	

NB: Pour déterminer si certains travailleurs sont exposés à des risques particuliers, les employeurs doivent tenir compte de la fréquence, du niveau et de la durée de l'exposition.

CALCUL DE LA VALEUR D'ACTION

- Prendre en compte le domaine d'activité
 COMMUNICATION
- Prendre en compte le domaine de fréquence
- Prendre en compte le VA (V/m) / f (hz)
- Calcul du P.I.R.E (=Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente)
- Logiciel OSERAY / Tableau 3.2
- Mesure CARSAT Languedoc – Roussillon / OA*

**Organisme Accrédité*

« Un p'tit tour en mer »

- AIS RECEIVER CYPHO-101

PAS une source d'émission de CEM

Matériel permettant la réception de messages...



PAS D'EXPOSITION AUX CEM DE CE
MATERIEL!

« Un p'tit tour en mer »

- APRISA SR+: système de communication sans fil

Puissance= 41dBm soit 12,5 W
(dBm=10 * log10 (mW))

$f \geq 400 \text{ MHz}$: $VA(E) = 3 \cdot 10^{-3} * f^{0,5} \text{ V/m}$ (d'après le décret 2016)

Donc: **d= 32,3 cm** pour $f=400\text{Mhz}$

d=29,77 cm pour $f=470 \text{ Mhz}$

$$E \text{ (V/m)} = (\sqrt{30 \cdot PIRE})/d$$

« Un p'tit tour en mer »

- ICOM (talkie-walkie): Tableau 3.2 Divers

En respectant les consignes de sécurité (Cf. Manuel d'utilisation iv), il n'y a pas de risque d'exposition au CEM + Tableau 3.2 du Guide

- Eviter d'émettre pdt plus de 50% du temps total d'utilisation de l'appareil
- Tenir l'antenne éloignée d'au moins 2,5 cm de votre corps au moment d'émettre

« Un p'tit tour en mer »

- MIMOSA OS

PAS d'exposition au CEM en respectant les consignes de sécurité lié aux CEM

- Se positionner à **plus d'1m** de l'antenne lors de l'émission

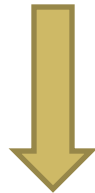
« Un p'tit tour en mer »

- VACON NXS/P

Convertisseur de fréquence



Pas d'émission de CEM!



Pas d'exposition au CEM!

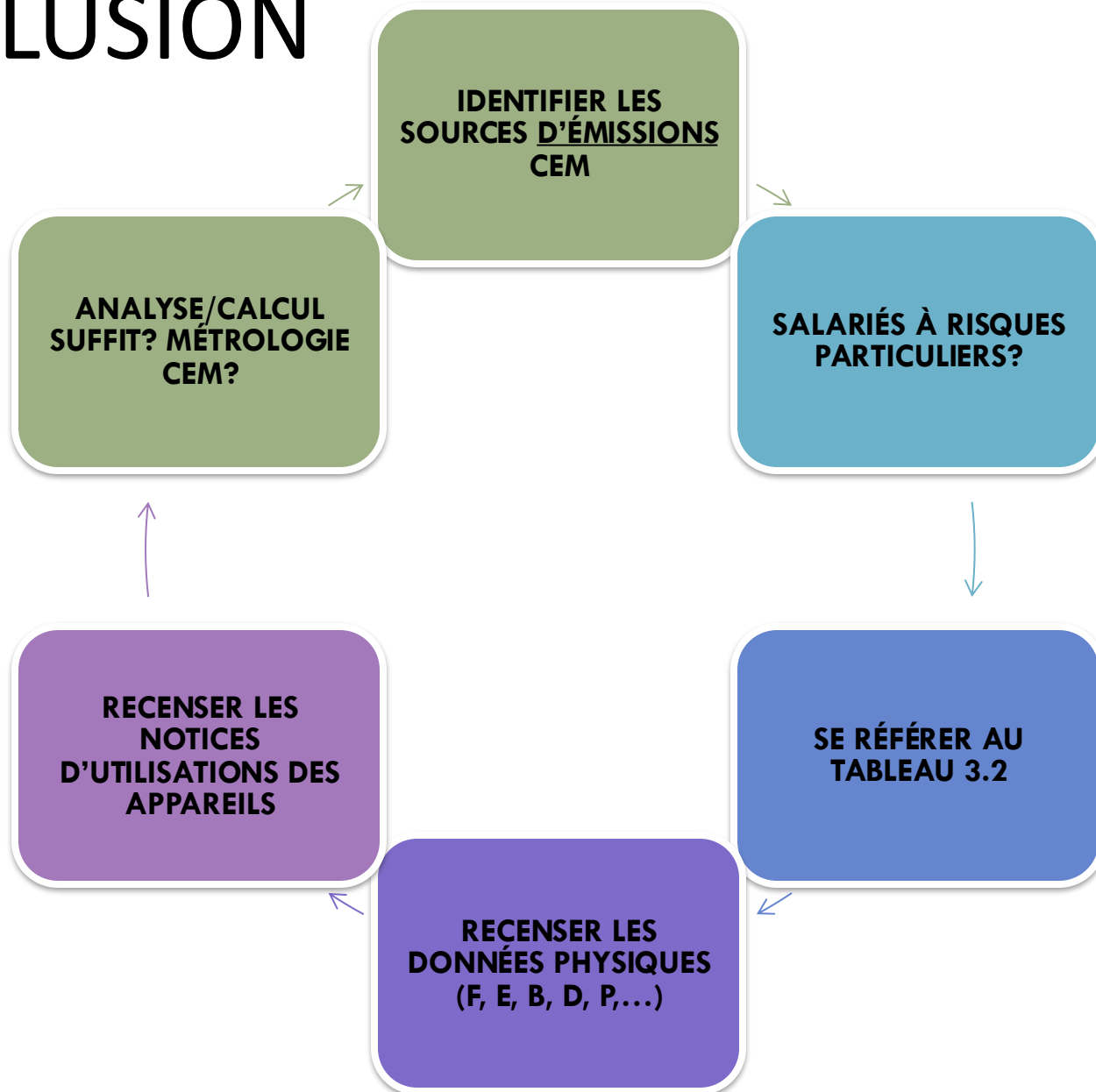
« Un p'tit tour en mer »

- ROCKET M

En respectant les consignes de sécurité (Cf. Manuel d'utilisation page 16), il n'y a pas de risque d'exposition au CEM + Tableau 3.2 du Guide

➤ Se tenir à 37,2 cm de l'antenne lorsque l'émetteur est en marche

CONCLUSION



DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- Guide non contraignant de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la directive européenne
- Guide à l'attention des PME
- ED 4200 à 4219 INRS
- Directive 2013/35/UE
- Décret 2016-1074 du 3 août 2016 applicable au 1^{er} janvier 2017
- FA3 de synthèse AISMT13 CEM
- OSERAY INRS
- Hypersensibilité aux CEM
 - Rapport du parlement sur l'électro-hypersensibilité (octobre 2019)
 - SFST: Personnes se déclarant électrohypersensibles (Repères pour la pratique médicale (13/12/2023))