

Généralités sur les champs électromagnétiques jusqu'à 300 GHz

Les champs électromagnétiques sont de plus en plus présents dans notre vie quotidienne. Ils font partie de notre environnement physique au même titre que le bruit, la chaleur, les vibrations, les rayonnements optiques naturels et artificiels mais ils ne sont pas perçus directement par nos sens.

En moins de cent ans, l'intensité des champs électromagnétiques auxquels nous sommes exposés a augmenté considérablement.

Cette fiche présente les notions de base sur les origines et la nature des champs électromagnétiques.

Elle introduit une série de fiches thématiques portant sur l'exposition professionnelle aux champs électromagnétiques (sources, effets, réglementation, applications...) et les mesures de prévention associées.

ORIGINES DES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Les champs électriques et magnétiques d'intensité très variable peuvent avoir différentes origines.

■ **Naturelle**: par exemple le champ magnétique terrestre (déviation de la boussole), le rayonnement émis par l'activité électrique des êtres vivants (signaux

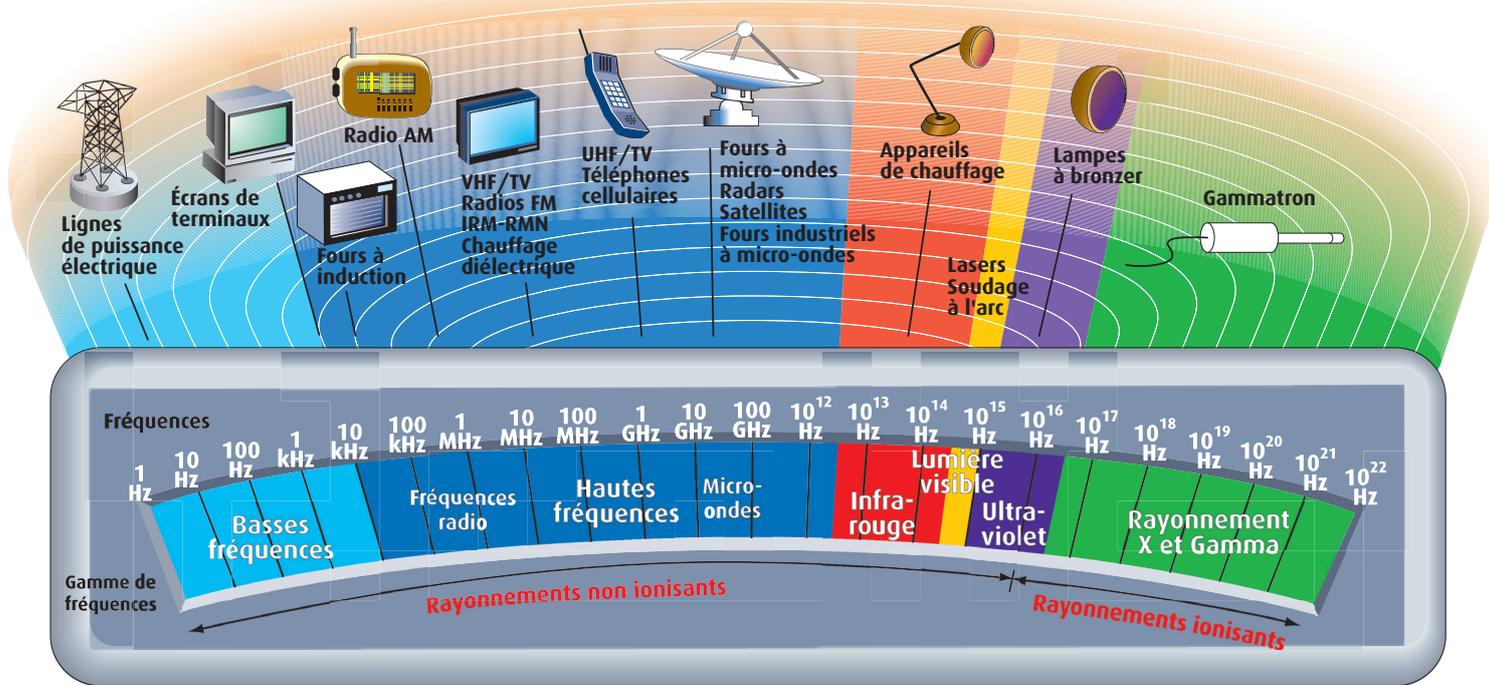


Figure 1. Le spectre électromagnétique.

électro-physiologiques EEG, ECG), lors d'un coup de foudre.

■ **Artificielle :**

- **domestique :** avec la présence de lignes électriques dans les habitations, l'utilisation du téléphone portable, de la télévision, de fours à micro-ondes, de plaques de cuisson à induction et de tout appareil électroménager...;
- **environnementale :** les lignes à haute tension, les relais de téléphonie mobile, les relais de radio-télédiffusion, les radars, les portiques de détection ;
- **médicale :** bistouri électrique, imagerie par résonance magnétique (IRM), diathermie... ;
- **industrielle :** de nombreuses applications telles que les électrolyseurs, les fours à induction, les presses à souder « hautes fréquences » utilisent les propriétés de l'électromagnétisme.

SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

L'ensemble des fréquences constitue le spectre électromagnétique (cf. figure 1).

Les champs électromagnétiques concernés par cette fiche ont une fréquence qui va jusqu'à 300 GHz comprenant: les basses fréquences (BF) jusqu'à quelques centaines de kHz, les hautes fréquences (HF) jusqu'à 300 GHz, elles-mêmes incluant les radiofréquences (RF) et les micro-ondes (ou hyperfréquences).

Aux fréquences supérieures se situent les rayonnements optiques (infra-rouges [IR], la lumière visible, les rayonnements ultra-violet [UV]), puis les rayonnements ionisants (x et γ).

NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE, CHAMP MAGNÉTIQUE ET ONDE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Le champ **électrique** est consécutif à la présence d'une **tension**, tandis que le champ **magnétique** est présent quand il y a **circulation d'un courant**.

L'exemple de la lampe raccordée à la prise de courant illustre ce phénomène (cf. figure 2). Lorsque la tension et le courant sont variables dans le temps, il y a propagation d'une onde électromagnétique. C'est un transfert énergétique sous forme d'un champ électrique **E** (en **jaune** sur la figure 3) couplé à un champ magnétique **H** (en **vert**). À une certaine distance de la source (voir « Exposition »), les deux champs se propagent de façon ondulatoire, en phase et perpendiculairement l'un à l'autre dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation. Dans ce cas, on parle d'une onde formée ou d'une onde plane.

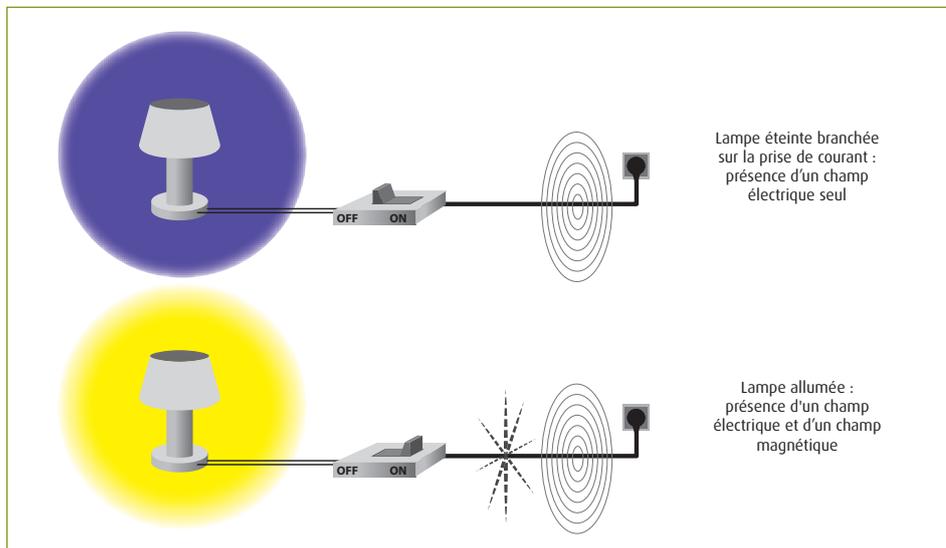


Figure 2. Illustration de la présence du champ électrique et du champ magnétique.

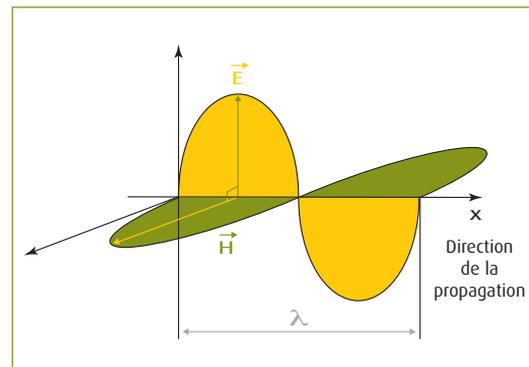


Figure 3. Représentation d'une onde électromagnétique.

Les grandeurs caractéristiques utilisées sont la longueur d'onde (λ) ou la **fréquence** et les **intensités** des champs E et H.

GRANDEURS PHYSIQUES

La fréquence

La fréquence (plus utilisée que la longueur d'onde) définit le nombre de cycles par seconde. L'unité de fréquence est le hertz (Hz) et ses multiples kilohertz (kHz), mégahertz (MHz), gigahertz (GHz).

La fréquence et la longueur d'onde sont liées par la formule suivante (cf. tableau 1) :

$$f = c/\lambda$$

où :

f = fréquence (Hz)

c = vitesse de la lumière $\approx 3.10^8$ m/s

λ = longueur d'onde (m)

Les intensités – Grandeurs physiques considérées

■ L'intensité du champ électrique E s'exprime en volts par mètre (V/m).

■ L'intensité du champ magnétique H s'exprime en ampères par mètre (A/m).

■ L'induction magnétique ou densité de flux magnétique B s'exprime en teslas (T). B et H sont liées par la relation suivante :

$$B = 4\pi 10^{-7} \cdot H \text{ (dans l'air)}$$

■ La densité de puissance surfacique S est la puissance par unité de surface de l'onde

Tableau 1. Exemples de fréquences et de longueurs d'onde correspondant à différentes applications

Fréquence	Longueur d'onde	Applications
50 Hz	6 000 km	Alimentation électrique
25 kHz	12 km	Plaque de cuisson à induction
27 MHz	11 m	Presse à haute fréquence
87,5 à 108 MHz	3,4 à 2,7 m	Bande radiophonique FM
900 à 2 600 MHz	33 à 11,5 cm	Téléphone mobile
2,45 GHz	12 cm	Four à micro-ondes

électromagnétique. Elle s'exprime en watts par mètre au carré (W/m^2). Dans le cas de l'onde plane :

$$S = E \cdot H$$

EXPOSITION

L'exposition dépend des caractéristiques de la source, de la distance source-opérateur et de la présence ou non de moyens de protection collective ou individuelle.

L'intensité du champ décroît rapidement avec la distance. C'est-à-dire que plus la personne est loin de la source de champ, plus le risque est faible.

Les effets sur l'homme sont fonction de la fréquence et de l'intensité du champ. Pour une fréquence donnée, les effets augmentent avec l'intensité du champ.

Pour évaluer l'exposition d'une personne à une source électromagnétique, il est nécessaire de connaître la fréquence émise par l'équipement (donc la longueur d'onde).

Lorsque la distance entre la source et la personne exposée est inférieure à 1,6 fois la longueur d'onde (λ), on se situe dans la zone de champ proche (zone de Fresnel). Dans ce cas, les deux grandeurs champ électrique et champ magnétique doivent être mesurées indépendamment.

Au-delà de 1,6 λ (zone de champ lointain ou zone de Fraunhofer), la mesure d'une grandeur permet de déterminer l'autre par la relation :

$$E/H = 377 \Omega \text{ (ohms)}$$

Dans la pratique, au poste de travail, cette dernière condition se rencontre pour les rayonnements dont la fréquence est supérieure à 1 GHz (longueur d'onde = 30 cm).

POUR EN SAVOIR PLUS

■ Autres fiches thématiques de la coll. « Champs électromagnétiques » :

– Les sources de rayonnements non ionisants (jusqu'à 60 GHz), INRS, ED 4202.

– Les effets des rayonnements non ionisants sur l'homme, INRS, ED 4203.

– La réglementation en milieu professionnel, INRS, ED 4204.

– Les machines utilisant le chauffage par pertes diélectriques, INRS, ED 4205.

– Les stimulateurs cardiaques, INRS, ED 4206.

– Les réseaux sans fil de proximité, INRS, ED 4207.

– L'imagerie par résonance magnétique, INRS, ED 4209.

– Les lignes à haute tension et les transformateurs, INRS, ED 4210.

– Le chauffage par induction électromagnétique, INRS, ED 4211.

– Les radars, INRS, ED 4212.

– Les équipements de chauffage industriels par micro-ondes, INRS, ED 4213.

– Champs électromagnétiques : moyens de prévention, INRS, ED 4214.

– Les mécanismes d'interaction avec le corps humain, INRS, ED 4215.

– Grossesse et champs électromagnétiques, INRS, ED 4216.

– La RFID (radio frequency identification), INRS, ED 4217.

– Contrôle par magnétoscopie. Démagnétiseurs, INRS, ED 4218.

– Le soudage par résistance, INRS, ED 4219.

■ Articles R. 4453-1 et suivants du code du travail.

■ Guides non contraignants de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la directive 2013/35/UE « Champs électromagnétiques » :

Volume 1 • Guide pratique

Volume 2 • Étude de cas

Volume 3 • Guide à l'intention des PME

[www.ec.europa.eu/social/BlobServlet?](http://www.ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=14741&langId=fr)

[docId=14741&langId=fr](http://www.ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=14741&langId=fr)

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. Tirlemont, Carsat Nord-Picardie ■ M. Bouldi, M. Donati, INRS Lorraine ■ P. Moureaux, INRS Paris

Contacts : P. Donati, INRS : 03 83 50 20 49

P. Moureaux, INRS : 01 40 44 31 09

Services Prévention des Carsat, Cramif et CGSS



Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • Tél. 01 40 44 30 00 • www.inrs.fr • info@inrs.fr