

-----  
PRESIDENCE DE LA REPUBLIQUE  
-----

**DECRET N° 2015-490 DU 07 SEPTEMBRE 2015**

portant protection des personnes contre les effets des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques de 0 à 300 GHz.

**LE PRESIDENT DE LA REPUBLIQUE,  
CHEF DE L'ETAT,  
CHEF DU GOUVERNEMENT,**

- Vu** la loi n° 90-32 du 11 décembre 1990 portant Constitution de la République du Bénin ;
- Vu** la proclamation, le 29 mars 2011 par la Cour Constitutionnelle, des résultats définitifs de l'élection présidentielle du 13 mars 2011 ;
- Vu** la loi n° 87-015 du 21 septembre 1987 portant Code de l'hygiène publique ;
- Vu** la loi n° 98-004 du 27 janvier 1998 portant code du travail en République du Bénin ;
- Vu** la loi n° 97-029 du 15 janvier 1999 portant organisation des communes en République du Bénin ;
- Vu** la loi n° 98-030 du 12 février 1999 portant loi-cadre sur l'Environnement en République du Bénin ;
- Vu** la loi n° 98-019 du 21 mars 2003 portant code de sécurité sociale en République du Bénin et les lois n° 2007-02 du 26 mars 2007 et n° 2010-10 du 22 mars 2010 qui l'ont modifiée et complétée ;
- Vu** la loi n° 2007-21 du 16 octobre 2007 portant protection du consommateur en République du Bénin ;
- Vu** la loi n° 2014-14 du 09 juillet 2014 relative aux communications électroniques et à la poste en République du Bénin ;
- Vu** le décret n° 2015-370 du 18 juin 2015 portant composition du Gouvernement ;
- Vu** le décret n° 2012-191 du 03 juillet 2012 fixant la structure-type des Ministères ;
- Vu** le décret n° 2014-021 du 20 janvier 2014 portant attributions, organisation et fonctionnement du Ministère de la Communication et des Technologies de l'Information et de la Communication ;

*ctt*

*f*

**Vu** le décret n° 2014-599 du 09 octobre 2014 portant attributions, organisation et fonctionnement de l'Autorité de Régulation des Communications Electroniques et de la Poste du Bénin ;

**Sur** rapport du Ministre de la Communication et des Technologies de l'Information et de la Communication, après avis de l'Autorité de Régulation des Communications Electroniques et de la Poste ;

**Le** Conseil des Ministres entendu en sa séance du 21 mai 2015,

## **D E C R E T E :**

### **CHAPITRE PREMIER : DISPOSITIONS GENERALES**

**Article 1<sup>er</sup>** : Le présent décret fixe les conditions et les dispositions nécessaires pour assurer la protection des personnes contre les effets des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en République du Bénin.

**Article 2** : Les dispositions du présent décret s'appliquent à toute source d'exposition du public et des travailleurs à des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques des fréquences allant de 0 à 300 GHz à l'exception des sources relevant des activités régies par des textes spéciaux.

**Article 3** : Au sens du présent décret, les expressions ci-après sont définies comme suit :

**Champ électromagnétique** : Champ résultant du couplage d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Un champ électrique est produit par une différence de potentiel (ddp) entre deux (2) points : plus la différence de potentiel (ddp) est élevée, plus le champ qui en résulte est intense. Ce champ électrique survient même s'il n'y a pas de circulation de courant. A l'inverse, le champ magnétique n'apparaît que lorsque le courant circule : plus l'intensité du courant est élevée, plus le champ magnétique est important.

**Employeur** : toute personne physique ou morale, de droit public ou de droit privé employant un ou plusieurs travailleurs.

**Exposition humaine** : coexistence à un endroit donné, des personnes et des champs électriques, magnétiques, électromagnétiques ou des courants, contrairement à ceux émergeants des activités organiques ou autres phénomènes naturels.

#### **Grandeurs physiques :**

- **Champ électrique**: grandeur vectorielle (E) correspondant à la force exercée sur une particule chargée indépendamment de son déplacement dans l'espace. Elle est exprimée en volts par mètre (V/m).



• **Champ magnétique** : grandeur vectorielle (H) qui, avec l'induction magnétique, définit un champ magnétique en tout point de l'espace. Elle est exprimée en ampère par mètre (A/m).

• **Courant de contact** ( $I_C$ ) : entre une personne et un objet est exprimé en ampère (A). Un objet conducteur dans un champ électrique peut être chargé par ce champ.

• **Débit d'absorption spécifique** (DAS) : débit avec lequel l'énergie rayonnée sur l'ensemble du corps ou sur une partie quelconque du corps est absorbée par unité de masse du tissu du corps. Elle est exprimée en watts par kilogramme (W/Kg).

• **Densité de courant** (J) : courant traversant une unité de surface perpendiculaire au flux de courant dans un volume conducteur tel que le corps humain ou une partie du corps, exprimée en ampère par  $m^2$  (A/ $m^2$ ).

• **Densité de puissance** (S) : grandeur appropriée utilisée pour des hyperfréquences lorsque la profondeur de pénétration dans le corps est faible. Il s'agit du quotient de la puissance rayonnée incidente perpendiculaire à une surface par l'aire de cette surface. Elle est exprimée en watts par  $m^2$  (W/ $m^2$ ).

• **Induction magnétique** ou densité de flux magnétique : grandeur vectorielle (B) définie en termes de force exercée sur des charges circulantes et elle est exprimée en teslas (T). En espace libre et dans les matières biologiques, l'induction magnétique et l'intensité du champ magnétique peuvent être utilisées indifféremment selon l'équivalence  $1 A.m^{-1} = 4 \pi 10^{-7} T$ .

• **Niveaux de référence** : niveaux indiqués à des fins d'évaluation pratique de l'exposition, afin de déterminer s'il est vraisemblable que les restrictions de base soient dépassées. Certains « niveaux de référence » sont dérivés des restrictions de base correspondantes au moyen de techniques de mesure et/ou de calcul et d'autres sont liés à la perception et aux effets nocifs indirects de l'exposition aux champs électromagnétiques. Les grandeurs dérivées sont :

- l'intensité du champ électrique (E) ;
- l'intensité du champ magnétique (H) ;
- la densité du flux magnétique (B) ;
- la densité de puissance (S) ;
- les courants passant dans les membres ( $I_L$ ).

Les grandeurs liées à la perception et à d'autres effets indirects sont :

- le courant de contact ( $I_C$ )

et pour les champs pulsés,

- l'absorption spécifique (AS).

Quelles que soient les conditions d'exposition, les valeurs mesurées ou calculées de l'une de ces grandeurs physiques peuvent être comparées aux niveaux de référence correspondants. Le respect du niveau de référence garantit le respect de la restriction de base correspondante.

**Public** : tous les non-travailleurs sont définis comme le public. Par exposition du public on entend l'exposition aux rayonnements non ionisants des personnes qui n'ont reçu aucune forme d'information y relative, de sensibilisation à la sécurité ou de formation. En règle générale, l'exposition du



public se produit dans des environnements non contrôlés et concerne des individus de tous âges et état de santé, notamment les enfants, les femmes enceintes, les personnes présentant un déficit de thermorégulation, les particuliers équipés de dispositifs médicaux électroniques et les personnes utilisant des médicaments qui peuvent résulter d'un dysfonctionnement du système de thermorégulation.

**Rayonnements non ionisants :** ce sont les rayonnements électromagnétiques dont l'énergie quantique est insuffisante pour ioniser un atome, c'est-à-dire incapable d'arracher un électron à la matière. Ils regroupent les champs statiques, les champs électromagnétiques basses et hautes fréquences, ainsi que les rayonnements optiques qui regroupent les rayons infrarouges, la lumière visible et une partie des rayons Ultra Violet (UV).

**Restrictions de base :** valeurs limites d'exposition aux champs électriques, magnétiques ou électromagnétiques de fréquence variable, qui sont établies directement à partir d'effets avérés sur la santé sont appelées « restrictions de base ». Selon la fréquence du champ, les grandeurs physiques utilisées pour spécifier ces valeurs limites sont :

- le champ électrique interne (E) ;
- la densité du courant (J) ;
- le débit d'absorption spécifique (DAS)
- et la densité de puissance (S).

**Sources des champs électromagnétiques :** toutes activités, équipements, installations électriques ou radioélectriques capables d'émettre des champs électromagnétiques de fréquences allant de 0 à 300 GHz.

**Travailleur :** toute personne employée par une personne physique ou morale, y compris les stagiaires et les apprentis qui sont exposés aux rayonnements non ionisants dans l'exercice de leurs activités professionnelles.

## **CHAPITRE II : VALEURS LIMITES D'EXPOSITION AUX CHAMPS ELECTRIQUES, MAGNETIQUES ET ELECTROMAGNETIQUES ALLANT DE 0 A 300 GHZ**

**Article 4 :** Les opérateurs, les producteurs, les importateurs, les vendeurs sont tenus de respecter les valeurs limites d'exposition du public et des travailleurs aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques fixées dans les tableaux 2, 3, 4 et 5 de l'annexe II du présent décret.

Les niveaux des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques ne doivent pas dépasser les niveaux de référence indiqués dans les tableaux 6, 7, 8, 9, 10 et 11 de l'annexe III du présent décret.

**Article 5 :** Lorsque plusieurs équipements ou installations radioélectriques sont à l'origine de l'exposition aux champs électromagnétiques en un lieu donné, le niveau d'exposition cumulée aux champs électromagnétiques ne doit pas dépasser les valeurs limites définies dans l'annexe IV du présent décret.

La somme des niveaux des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques de différentes sources en un lieu donné, ne doit pas dépasser les niveaux de référence définis dans l'annexe IV du présent décret.



**Article 6** : Dans les établissements scolaires et assimilés, les crèches, les jardins d'enfants, les établissements hospitaliers, les parcours de santé et les jardins publics, les niveaux des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques ne doivent pas dépasser 25% des niveaux de référence indiqués dans les articles 4 et 5 du présent décret, tout en préservant la qualité du service rendu.

### **CHAPITRE III : LES SOURCES EMETTANT DES CHAMPS ELECTRIQUES, MAGNETIQUES ET ELECTROMAGNETIQUES**

**Article 7** : Les sources émettant des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques doivent être conformes à la législation, à la réglementation et aux normes nationales et internationales.

### **CHAPITRE IV : AUTOCONTROLE ET INSPECTION**

**Article 8** : L'exploitation des équipements et des installations radioélectriques et électriques se fait conformément à la législation et aux normes nationales et internationales en vigueur.

**Article 9** : Les opérateurs, les producteurs et les exploitants établissent un programme d'autocontrôle de la conformité des émissions des équipements et des installations qu'ils produisent et/ou exploitent tel que défini aux dispositions des articles 4, 5 et 6 du présent décret.

Le programme d'autocontrôle ainsi que le rapport des résultats de toutes les activités d'autocontrôle de l'année précédente, sont transmis pour information à l'Autorité de Régulation et aux structures concernées, au plus tard le 31 mars de l'année en cours.

La transmission du programme d'autocontrôle à l'Autorité de Régulation et aux autres structures concernées n'exclut pas la conduite d'activités d'autocontrôle non programmées au cours de l'année. Les résultats de ces dernières devront néanmoins faire partie du rapport annuel des activités d'autocontrôle.

Ces activités d'autocontrôle couvrent aussi les mesures des niveaux d'exposition du public et des travailleurs.

Les résultats et données de ces activités d'autocontrôle sont enregistrés et mis à la disposition des structures de contrôle désignées à l'article 10 du présent décret.

L'exploitant réalise des simulations et des mesures initiales pour estimer le niveau d'exposition des travailleurs et du public pour toute nouvelle installation radioélectrique.

**Article 10** : L'Autorité de Régulation des communications électroniques et les autres structures de contrôle concernées, veillent chacune en ce qui la concerne, au respect des valeurs limites d'exposition du public et des travailleurs aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques mentionnées dans le présent décret, et ce, conformément aux normes en vigueur.

Ces structures maintiennent des bases de données des mesures de l'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques qu'elles ont réalisées par elles-mêmes ou pour leurs comptes par d'autres organismes habilités et agréés par l'Etat Béninois.





**Article 11 :** Les autorités désignées à l'article 10 du présent décret mettent à la disposition de la commission interdisciplinaire "rayonnements non ionisants et santé", créée par arrêté conjoint des ministres chargés des télécommunications et de la santé, tous les résultats et données des plans de surveillance et de contrôle concernant l'exposition aux champs électromagnétiques effectués.

## **CHAPITRE V : MESURES DE SECURITE DES INSTALLATIONS**

**Article 12 :** Les opérateurs, les producteurs ou les exploitants prennent toutes les dispositions de protection appropriées dans les zones où il y a un risque de dépassement des valeurs limites d'exposition du public mentionnées aux articles 4, 5 et 6 du présent décret.

**Article 13 :** Les mesures de sécurité et les conditions d'installation des stations radioélectriques sont fixées par un arrêté conjoint des ministres chargés des télécommunications, des collectivités locales, de la santé et de l'environnement.

## **CHAPITRE VI : PROTECTION DES TRAVAILLEURS EXPOSES AUX CHAMPS ELECTRIQUES, MAGNETIQUES ET ELECTROMAGNETIQUES**

**Article 14 :** L'employeur prend toute mesure de protection nécessaire et suffisante afin de réduire l'exposition de ses employés aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques en se basant sur les principes généraux de prévention en milieu de travail, notamment :

- la réduction à la source ;
- la réduction de la durée de l'exposition ;
- la substitution ;
- la mise à disposition obligatoire d'équipements de protection individuels (EPI) spécifiques ;
- les moyens administratifs et autres.

**Article 15 :** L'employeur assure l'information et la formation de son personnel exposé aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques. A cet effet, il établit un programme de formation continue sur les risques sanitaires éventuels et/ou potentiels des champs électromagnétiques et les mesures de protection disponibles et nécessaires pour réduire leur exposition conformément à l'évolution des connaissances scientifiques en la matière et aux résultats de l'autocontrôle.

**Article 16 :** Les valeurs limites d'exposition indiquées pour le public sont appliquées pour tout travailleur exposé aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques, jugé non formé ou éduqué aux risques liés aux champs électromagnétiques et aux mesures de protection préconisées, lors des opérations de contrôle.

**Article 17 :** L'employeur assure la surveillance médicale des travailleurs exposés aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques. Les examens médicaux prévus par la médecine du travail sont effectués par un médecin du travail avant la prise de service, tous les six (6) mois et à la fin de l'embauche, tout en tenant compte des expositions antérieures.



## CHAPITRE VII : SANCTIONS

**Article 18** : Tout dépassement des valeurs limites d'exposition indiqués aux articles 4, 5 et 6 du présent décret est signalé automatiquement à l'opérateur ou l'exploitant à l'origine de ce dépassement qui arrête immédiatement le fonctionnement de ladite station jusqu'à prendre toutes les mesures techniques nécessaires pour résoudre ce dépassement.

Si des mesures techniques pour abaisser les niveaux d'exposition ne sont pas envisageables, l'opérateur procède au démontage de la station à l'origine des dépassements dans un délai ne dépassant pas trente (30) jours.

**Article 19** : Sans préjudice de sanctions pénales, les exploitants ou les opérateurs qui ne se conforment pas aux dispositions du présent décret sont punis d'une pénalité allant de 1.000.000 de francs CFA à 5.000.000 de francs CFA par station radioélectrique.

## CHAPITRE VIII : DISPOSITIONS TRANSITOIRES

**Article 20** : Les exploitants des équipements et des installations radioélectriques et électriques mis en service avant l'entrée en vigueur du présent décret, disposent des délais ci-après pour se conformer à la présente réglementation :

- 50% des sites dans un délai de six (6) mois ;
- 100% des sites dans un délai d'un an.

**Article 21** : Le Ministre de la Communication et des Technologies de l'Information et de la Communication, le Ministre de la Santé, le Ministre de l'Energie, des Recherches Pétrolières et Minières et du Développement des Energies Renouvelables, le Ministre de la Décentralisation, de la Gouvernance Locale, de l'Administration et de l'Aménagement du Territoire, le Ministre de l'Environnement Chargé de la Gestion des Changements Climatiques, du Reboisement et de la Protection des Ressources Naturelles et Forestières, le Ministre du Travail, de la Fonction Publique et de la Réforme Administrative et Institutionnelle, le Ministre de l'Industrie et du Commerce, le Ministre d'Etat Chargé de l'Economie, des Finances et des Programmes de Dénationalisation sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'application du présent décret.

**Article 22** : Le présent décret prend effet pour compter de sa date de signature et sera publié au Journal Officiel de la République du Bénin.

Fait à Cotonou, le 07 septembre 2015

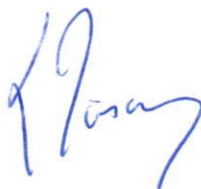
Par le Président de la République,  
Chef de l'Etat, Chef du Gouvernement,

**Dr Boni YAYI**

cto

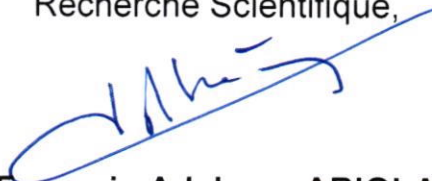
J

Le Premier Ministre Chargé du Développement Economique, de l'Evaluation des Politiques Publiques et de la Promotion de la Bonne Gouvernance,



**Lionel ZINSOU**

Le Vice- Premier Ministre Chargé de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique,



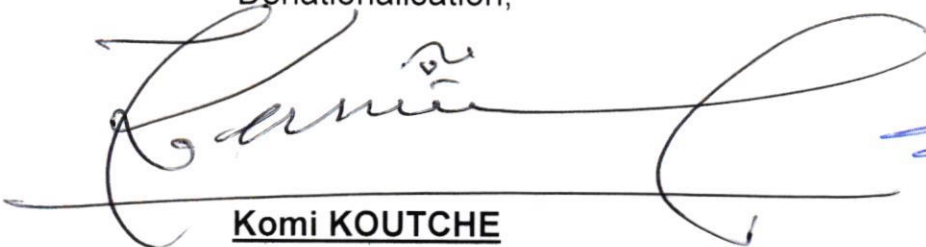
**François Adebayo ABIOLA**

Le Garde des Sceaux, Ministre de la Justice, de la Législation et des Droits de l'Homme,



**Martine Evelyne A. da SILVA- AHOUANTO**

Le Ministre d'Etat Chargé de l'Economie, des Finances et des Programmes de Dénationalisation,



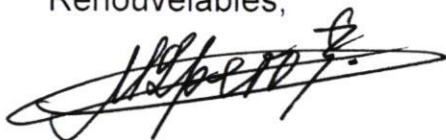
**Komi KOUTCHE**

Le Ministre de la Santé,



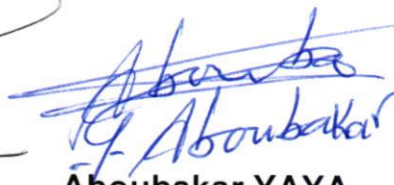
**Pascal DOSSOU TOGBE**

Le Ministre de l'Energie, des Recherches Pétrolières et Minières et du Développement des Energies Renouvelables,



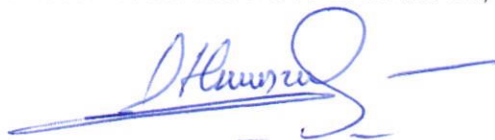
**Spéro MENSAH**

Le Ministre du Travail, de la Fonction Publique et de la Réforme Administrative et Institutionnelle,



**Aboubakar YAYA**

Le Ministre de l'Environnement Chargé de la Gestion des Changements Climatiques, du Reboisement et de la Protection des Ressources Naturelles et Forestières,



**Théophile C. WOROU**

Le Ministre de la Communication et des Technologies de l'Information et de la Communication,



**Etienne KOSSE**

**AMPLIATIONS :** PR 6 AN 4 CS 2 CC 2 CES 2 HAAC 2 HCJ 2 -PM/DEEPPPBG : 2 -VPM/ESRS 2 MCTIC 2 MJLDH 2 MS 2 MECGCCRPNF 2 MTFPRAI 2 MEEFPD 2 MERPMDER 2 Autres Ministères 20 SGG 4 DGBM-DCF-DGTCP-DGID-DGDDI 5 BN-DAN-DLC 3 GCONB-DGCST-INSAE 3 BCP-CSM-IGAA-BAG 2 UAC-ENAM-FADESP 3 UP-FDSP2 JORB 1.





## Annexe1 : Grandeurs physiques et unités SI correspondantes

**Tableau 1: Grandeurs physiques et unités SI correspondantes utilisées**

Grandeur	Symbole	Unité
Conductivité	$\sigma$	siemens par mètre ( $S.m^{-1}$ )
Courant	$I$	ampère (A)
Densité de courant	$J$	ampère par mètre carré ( $A.m^{-2}$ )
Fréquence	$f$	hertz (Hz)
Intensité de champ électrique	$E$	volt par mètre ( $V.m^{-1}$ )
Intensité de champ magnétique	$H$	ampère par mètre ( $A.m^{-1}$ )
Densité de flux magnétique	$B$	tesla (T)
Perméabilité magnétique	$\mu$	henry par mètre ( $H.m^{-1}$ )
Permittivité électrique	$\epsilon$	farad par mètre ( $F.m^{-1}$ )
Densité de puissance	$S$	watt par mètre carré ( $W.m^{-2}$ )
Absorption spécifique	$AS$	joule par kilogramme ( $J.kg^{-1}$ )
Débit d'absorption spécifique	$DAS$	watt par kilogramme ( $W.kg^{-1}$ )

Alors que les champs électriques ne sont associés qu'à la présence d'une charge électrique, les champs magnétiques sont créés par le mouvement physique d'une charge électrique (courant électrique). Un champ électrique  $E$  exerce des forces sur les charges électriques et s'exprime en volts par mètre ( $V.m^{-1}$ ). De façon analogue, les champs magnétiques peuvent exercer des forces physiques sur des charges électriques, si ces charges sont en mouvement et/ou si le champ magnétique est variable dans le temps. Les champs électriques et magnétiques ont une intensité et une direction (ce sont donc des vecteurs). Un champ magnétique peut être spécifié de deux (2) façons, soit par la densité de flux magnétique  $B$ , exprimée en teslas (T),

soit par l'intensité de champ magnétique  $H$ , exprimée en ampères par mètre (A.m-1). Ces deux (2) grandeurs sont liées par la formule :

$$\mathbf{B} = \mu \cdot \mathbf{H} \quad (1)$$

Avec:

$\mu$ : constante de proportionnalité (qui exprime la perméabilité magnétique) ; dans le vide et dans l'air, comme dans les matériaux non magnétiques (y compris les matériaux biologiques), la constante  $\mu$  exprimée en Henrys par mètre prend la valeur  $4 \pi \times 10^{-7}$ .

Il suffit donc, pour décrire un champ magnétique à des fins de prévention, de spécifier l'une des grandeurs  $B$  ou  $H$ .

En champ lointain, le modèle d'onde plane constitue une bonne approximation de la propagation du champ électromagnétique.

Les caractéristiques d'une onde plane sont les suivantes :

- les fronts d'onde ont une géométrie plane ;
- les vecteurs  $E$  et  $H$  sont perpendiculaires à la direction de propagation ;
- les champs  $E$  et  $H$  sont en phase et le quotient des amplitudes  $E/H$  est constant dans tout l'espace. En champ libre :  $E/H = 377 \text{ ohms } (\Omega)$ , ce qui est l'impédance caractéristique du champ libre ;
- la densité de puissance  $S$ , c'est-à-dire la puissance par unité de surface normale à la direction de propagation, est liée aux champs électrique et magnétique par la formule:

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} = E^2 / 377 = 377 \times H^2 \quad (2)$$

En champ proche, la situation est plus complexe, car les maxima et minima des champs électrique  $E$  et magnétique  $H$  ne se situent pas aux mêmes points, dans la direction de propagation, qu'en champ lointain. En champ proche, la structure du champ électromagnétique peut être fortement inhomogène, et l'on peut s'écarter notablement de l'impédance d'onde plane de 377 ohms ; cela signifie que l'on peut avoir des champs presque « exclusivement  $E$  » dans certaines zones et des champs presque « exclusivement  $H$  » dans d'autres. Les expositions en champ proche sont plus difficiles à déterminer ; en effet, il faut mesurer à la fois les champs  $E$  et les champs  $H$ , et la géométrie des champs est plus complexe ; cette situation ne permet plus d'utiliser la densité de puissance comme critère pour l'expression de limites d'exposition (contrairement à ce qui se passe en champ lointain).

L'exposition à des champs électromagnétiques variables dans le temps génère des champs électriques internes et des courants à travers le corps, ainsi qu'une absorption d'énergie dans les tissus ; l'intensité de ces phénomènes varie selon les mécanismes de couplage et la fréquence. Le



champ électrique interne  $E_i$  et la densité de courant  $J$  sont liés par la loi d'Ohm:

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}_i \quad (3)$$

Dans laquelle  $\sigma$  représente la conductivité électrique du milieu et  $E_i$  le champ électrique interne.

Les grandeurs dosimétriques utilisées dans ce texte, compte tenu des différentes gammes de fréquences et des différentes formes d'onde, sont les suivantes :

- Dans la gamme de fréquences de 1 Hz jusqu'à 10 MHz: les restrictions de base s'appliquent au champ électrique interne  $E_i$  de façon à prévenir les effets sur les fonctions du système nerveux;
- Dans la gamme de fréquences comprise entre 100 kHz et 10 GHz: les restrictions de base s'appliquent au DAS, de façon à prévenir l'astreinte thermique au niveau du corps entier et un échauffement local excessif des tissus; dans la domaine compris entre 100 KHz jusqu'à 10 MHz, ces restrictions s'appliquent à la fois à la densité de courant  $J$  et au DAS.
- Entre 10 et 300 GHz: les restrictions de base s'appliquent à la densité de puissance  $S$ , de façon à prévenir un échauffement excessif des tissus à la surface du corps ou à proximité de cette surface.
- En outre, pour les expositions aux champs pulsés dans le domaine de fréquences 0,3-10 GHz et pour les expositions localisées à la tête, afin de limiter ou de prévenir les effets auditifs dus à l'expansion thermoélastique, on recommande une restriction de base supplémentaire: il convient que l'absorption spécifique ne dépasse pas 10 mJ.Kg<sup>-1</sup> pour les travailleurs et 2 mJ.Kg<sup>-1</sup> pour la population générale, moyennés sur 10 g de tissu.

Le tableau 1 donne un résumé général des grandeurs et unités utilisées dans le présent texte et ses annexes pour caractériser les champs électromagnétiques.

## Annexe 2 : Les limites d'exposition et restrictions de base

**Tableau 2 : Limites d'exposition <sup>(a)</sup> aux champs magnétiques statiques**

Caractéristiques de l'exposition		Densité de flux magnétique B (T)
<b>Exposition professionnelle <sup>(b)</sup></b>	<b>Exposition de la tête et du tronc</b>	<b>2 T</b>
	<b>Exposition des membres</b>	<b>8 T</b>
<b>Exposition du public <sup>(c)</sup></b>	<b>Quelle que soit la partie du corps</b>	<b>400 Mt</b>

- (a) il est recommandé d'appliquer ces limites, en pratique, aux valeurs crêtes spatiales de la densité de flux magnétique.
- (b) pour des applications spécifiques, une exposition jusqu'à 8 T peut être justifiée si l'exposition est contrôlée et si des méthodes de travail appropriées sont mises en œuvre pour maîtriser les effets induits par les mouvements des personnes.
- (c) En raison d'effets indirects potentiels, il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures visant à prévenir l'exposition accidentelle des porteurs d'implants électroniques ou contenant des matériaux ferromagnétiques, ainsi que la mise en mouvement d'objets, ce qui pourrait conduire à préconiser des niveaux beaucoup plus bas, de l'ordre de 0,5 mT.



**Tableau 3 : Restrictions de base pour les fréquences de 1 Hz à 100 KHz.**

Caractéristiques de l'exposition		Plage de fréquence	Champ électrique interne ( $V.m^{-1}$ )
Travailleurs	Tissus de la tête appartenant au SNC	1-10 Hz	$0,5/f$
		10-25 Hz	0,05
		25-400 Hz	$2 \times 10^{-3}f$
		400 Hz-3KHz	0.8
		3KHz-10 MHz *	$2,7 \times 10^{-4}f$
	Tous les tissus autres de la tête et du corps	1Hz-3KHz	0.8
		3KHz-10 MHz *	$2,7 \times 10^{-4}f$
Population générale	Tissus de la tête appartenant au SNC	1-10 Hz	$0,1/f$
		10-25 Hz	0,01
		25-1000 Hz	$4 \times 10^{-4}f$
		1000 Hz-3KHz	0,4
		3KHz-10 MHz *	$1,35 \times 10^{-4}f$
	Tous les tissus autres de la tête et du corps	1Hz-3KHz	0,4
		3kHz-10MHz *	$1,35 \times 10^{-4}f$

- f est la fréquence en Hertz.
- Toutes les valeurs sont des moyennes quadratiques (rms).
- Dans la gamme de fréquences dépassant 100 KHz; il faut en plus tenir compte des restrictions de base spécifiques aux radiofréquences.
- \* : les champs des fréquences entre 100 KHz et 10 MHz peuvent déclencher les deux processus biologiques (courant induit dans le corps et effet thermique).

CH

f

**Tableau 4 : Restriction de base pour les champs électriques et magnétiques alternatifs à des fréquences allant de 100 KHz jusqu'à 10GHz**

<b>Caractéristiques de l'exposition</b>	<b>Domaine de fréquence</b>	<b>Densité de courant</b> (tête et tronc) (mA.m <sup>-2</sup> ) (rms)	<b>DAS moyen Corps entier</b> (W.kg <sup>-1</sup> )	<b>DAS local</b> (tête et tronc) (W.kg <sup>-1</sup> )	<b>DAS local</b> (membres) (W.kg <sup>-1</sup> )
Travailleurs	100kHz-10MHZ	f/100	0,4	10	20
	10 MHz-10GHz	-	0,4	10	20
Population générale	100kHz-10MHZ	f/500	0,08	2	4
	10 MHz-10GHz	-	0,08	2	4

- f est la fréquence en Hertz.

- Etant donné l'inhomogénéité électrique du corps, il convient de moyenner les densités de courant sur une section de 1 cm<sup>2</sup> perpendiculairement à la direction du courant.

- Il faut moyenner tous les DAS sur une période quelconque de 6 minutes.

- Pour la moyenne du DAS local, la masse de référence est une masse quelconque de 10 g de tissu d'un seul tenant; pour l'estimation de l'exposition, il convient d'utiliser le DAS maximal ainsi obtenu.

- Pour des impulsions de durée tp, il est recommandé de calculer la fréquence équivalente applicable pour les restrictions de base selon la formule  $f = 1/2 tp$ . En outre, pour les expositions aux champs pulsés dans le domaine de fréquences 0,3-10 GHz et pour les expositions localisées à la tête, afin de limiter ou de prévenir les effets auditifs dus à l'expansion thermo élastique, on recommande une restriction de base supplémentaire: il convient que l'absorption spécifique ne dépasse pas 10 mJ.Kg<sup>-1</sup> pour les travailleurs et 2 mJ.Kg<sup>-1</sup> pour la population générale, moyennés sur 10 g de tissu.



**Tableau 5 : Restriction de base pour la densité de puissance aux fréquences comprises entre 10 et 300 GHz**

<b>Caractéristique de l'exposition</b>	<b>Densité de puissance (W.m<sup>-2</sup>)</b>
Travailleurs	50
Population générale	10

- Il faut moyenner les densités de puissance sur 20 cm<sup>2</sup> quelconques de zone exposée et sur un intervalle de temps quelconque de  $68 / f^{1,05}$  min (f étant exprimée en GHz) pour compenser la diminution progressive de la profondeur de pénétration avec l'augmentation de la fréquence.
- Il convient que les densités de puissance maximales dans l'espace, moyennées sur 1 cm<sup>2</sup>, ne dépassent pas 20 fois les valeurs ci-dessus.

### Annexe 3 : Les niveaux de référence

**Tableau 6 : Niveaux de référence pour l'exposition professionnelle à des champs électriques et magnétiques variables dans le temps (valeurs rms en conditions non perturbées) à des fréquences de 1 à 100 KHz**

Domaine de fréquences	Intensité de champs E (KV.m <sup>-1</sup> )	Intensité de champs H (A.m <sup>-1</sup> )	Densité du flux magnétique B (T)
1 - 8 Hz	20	$1,63 \times 10^5 / f^2$	$0,2 / f^2$
8 - 25 Hz	20	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^{-2} / f$
25-300 Hz	$5 \times 10^2 / f$	$8 \times 10^2$	$1 \times 10^{-3}$
300Hz-3KHz	$5 \times 10^2 / f$	$2,4 \times 10^5 / f$	$0,3 / f$
3KHz-100 KHz	$1,7 \times 10^{-1}$	80	$1 \times 10^{-4}$

- f est la fréquence en Hertz.
- Pour des recommandations en régime non sinusoïdal et à des fréquences multiples, voir les sections spécifiques ci-après.
- Pour prévenir les effets indirects, en particulier dans les champs électriques de forte intensité, voir le chapitre intitulé "mesures de prévention".
- Dans la gamme de fréquences dépassant 100 KHz, il faut en plus tenir compte des niveaux de référence spécifiques aux radiofréquences.



**Tableau 7 : Niveaux de référence pour l'exposition de la population générale à des champs électriques et magnétiques variables dans le temps (valeurs rms en conditions non perturbées) à des fréquences de 1 à 100 KHz**

<b>Domaine de fréquences</b>	<b>Intensité de champs E (KV.m<sup>-1</sup>)</b>	<b>Intensité de champs H (A.m<sup>-1</sup>)</b>	<b>Densité du flux magnétique B (T)</b>
1 - 8 Hz	5	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^{-2} / f^2$
8 - 25 Hz	5	$4 \times 10^3 / f$	$5 \times 10^{-3} / f$
25-50 Hz	5	$1,6 \times 10^2$	$2 \times 10^{-4}$
50-400 Hz	$2,5 \times 10^2 / f$	$1,6 \times 10^2$	$2 \times 10^{-4}$
400Hz-3KHz	$2,5 \times 10^2 / f$	$6,4 \times 10^4 / f$	$8 \times 10^{-2} / f$
3KHz-100 KHz	$8,3 \times 10^{-2}$	21	$2,7 \times 10^{-5}$

- f est la fréquence en Hertz.

- Pour des recommandations en régime non sinusoïdal et à des fréquences multiples, voir les sections spécifiques ci-après.

- Dans la gamme de fréquences dépassant 100 KHz, il faut en plus tenir compte des niveaux de référence spécifiques aux radiofréquences

ok

f

**Tableau 8 : Niveaux de référence pour l'exposition professionnelle à des champs électriques et magnétiques alternatifs à des fréquences de 100 KHz à 300 GHz (Valeurs rms en conditions non perturbées)**

Domaine de fréquences	Intensité de champs E (V.m <sup>-1</sup> )	Intensité de champs H (A.m <sup>-1</sup> )	Champs B (μT)	Densité de puissance de l'onde plane équivalente Seq (W.m <sup>-2</sup> )
0,1– 3,59 MHz *	170	1,6 / f	2 / f	-
3,59 – 10 MHz *	610 / f	1,6 / f	2 / f	-
10 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10
400 – 2000 MHz	3 f <sup>1/2</sup>	0,008 f <sup>1/2</sup>	0,01 f <sup>1/2</sup>	f / 40
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50

- f comme indiqué dans la colonne domaine de fréquences.
- A condition que les restrictions de base soient respectées et que l'on puisse exclure les effets nocifs indirects, les valeurs d'intensité de champ peuvent être dépassées.
- Aux fréquences comprises entre 100 KHz et 10 GHz, Seq, E<sup>2</sup>, H<sup>2</sup> et B<sup>2</sup> doivent être moyennés sur une période quelconque de 6 minutes.
- Aux fréquences supérieures à 10 GHz, il faut moyenner Seq, E<sup>2</sup>, H<sup>2</sup> et B<sup>2</sup> sur une période quelconque de 68 / f<sup>1,05</sup> min (f étant exprimée en GHz).
- \* : pour la bande des fréquences allant de 100 KHz à 10 MHz, et compte tenu des restrictions de base respectives pour les deux effets biologiques (courants induits et effet thermique), les niveaux de référence les plus restrictives ont été adoptés.

cht

✱



**Tableau 9 : Niveaux de référence pour l'exposition de la population générale à des champs électriques et magnétiques alternatifs à des fréquences de 100 KHz à 300 GHz (Valeurs rms en conditions non perturbées)**

Domaine de fréquences	Intensité de champs E (V.m <sup>-1</sup> )	Intensité de champs H (A.m <sup>-1</sup> )	Champs B (μT)	Densité de puissance de l'onde plane équivalente Seq (W.m <sup>-2</sup> )
0,1 – 0,15 MHz *	83	5	6,25	-
0,15 – 1,023 MHz *	83	0,73 / f	0,92 / f	
1,023 – 10 MHz *	87 / f <sup>1/2</sup>	0,73 / f	0,92 / f	-
10 – 400 MHz	28	0,16	0,2	2
400 – 2000 MHz	1,375 f <sup>1/2</sup>	0,0037 f <sup>1/2</sup>	0,0046 f <sup>1/2</sup>	f / 200
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10

- f comme indiqué dans la colonne domaine de fréquences

- A condition que les restrictions de base soient respectées et que l'on puisse exclure les effets nocifs indirects, les valeurs d'intensité de champ peuvent être dépassées.

- Aux fréquences comprises entre 100 KHz et 10 GHz, Seq, E<sup>2</sup>, H<sup>2</sup> et B<sup>2</sup> doivent être moyennés sur une période quelconque de 6 minutes.

- Aux fréquences supérieures à 10 GHz, il faut moyenner Seq, E<sup>2</sup>, H<sup>2</sup> et B<sup>2</sup> sur une période quelconque de 68 / f<sup>1,05</sup> min (f étant exprimée en GHz).

- \* : pour la bande des fréquences allant de 100 KHz à 10 MHz, et compte tenu des restrictions de base respectives pour les deux effets biologiques (courants induits et effet thermique), les niveaux de référence les plus restrictives ont été adoptés.

#### **Niveaux de référence pour les courants de contact et les courants induits**

Jusqu'à 10 MHz, les niveaux de référence qui sont fournis pour les courants de contact imposent de prendre certaines précautions afin de

prévenir les risques de choc électrique et de brûlure. Les niveaux de référence en cas de contact ponctuel sont présentés au tableau 10. Étant donné que les valeurs seuils de courant de contact qui provoquent des réactions biologiques chez l'enfant représentent à peu près la moitié des niveaux correspondants chez l'homme adulte, les niveaux de référence des courants de contact qui ont été fixés pour la population générale sont inférieurs d'un facteur 2 aux valeurs fixées pour l'exposition professionnelle. Il convient de rappeler que les niveaux de référence n'ont pas pour objet d'empêcher la perception, mais permettent seulement d'éviter les chocs électriques douloureux. La perception d'un courant de contact n'est pas dangereuse en soi, mais peut être considérée comme une gêne. Des mesures techniques permettent de prévenir les courants de contact excessifs.

De 10 MHz jusqu'à 110 MHz, ce qui inclut la bande FM, il a été défini des niveaux de référence pour le courant de contact, au-delà desquels il faut veiller à éviter les risques de choc électrique et de brûlure. Les niveaux de référence en cas de contact ponctuel sont présentés dans le tableau 10. Étant donné que les valeurs seuils des courants de contact qui provoquent des réactions biologiques chez l'enfant et chez la femme adulte représentent respectivement à peu près la moitié et les deux tiers des niveaux correspondants chez l'homme adulte, les niveaux de référence pour le courant de contact fixés pour la population générale sont inférieurs d'un facteur 2 aux valeurs fixées pour l'exposition professionnelle.

eth

f



**Tableau 10 : Niveaux de référence pour les courants alternatifs dus au contact avec des objets conducteurs**

Caractéristiques de l'exposition	Domaine de fréquences	Courant de contact maximal (mA)
Exposition professionnelle	Jusqu'à 2,5 KHz	1,0
	2,5 – 100 KHz	0,4 f
	100 KHz – 110 MHz	40
Exposition de la population générale	Jusqu'à 2,5 KHz	0,5
	2,5 – 100 KHz	0,2 f
	100 KHz – 110 MHz	20

- f est la fréquence en KHz

Pour le domaine de fréquences compris entre 10 et 110 MHz, les niveaux de référence pour les courants parcourant les membres sont inférieurs aux restrictions de base pour le DAS local (tableau 11).

**Tableau 11 : Niveaux de référence pour un courant induits dans un membre à des fréquences comprises entre 10 et 110 MHz.**

Caractéristiques de l'exposition	Courant (mA)
Exposition professionnelle	100
Exposition de la population générale	45

1. pour la population générale, le niveau de référence est égal au niveau de référence pour l'exposition professionnelle divisé par  $\sqrt{5}$ .

2. pour que les restrictions de base pour le DAS local soient respectées, on calcule les niveaux de référence à partir de la racine carrée de la moyenne du carré du courant induit sur une période quelconque de 6 minutes.

#### Annexe 4 : Exposition simultanée à des champs de fréquences différentes

Il est important de déterminer si, en cas d'exposition simultanée à des champs de fréquences différentes, les effets de l'exposition sont ou non cumulatifs. Les formules ci-dessous s'appliquent aux fréquences rencontrées en conditions d'exposition réelles. Pour la stimulation électrique, c'est-à-dire aux fréquences allant jusqu'à 10 MHz, il est recommandé de sommer les intensités de champ électrique interne suivant la formule :

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_{i,j}}{E_{L,j}} \leq 1 \quad (4)$$

Avec:

$E_{i,j}$  : intensité de champ électrique interne induit à la fréquence  $j$ .

$E_{L,j}$  : restriction de base pour l'intensité de champ électrique induit à la fréquence  $j$ , telle qu'elle figure dans le tableau 3.

En pratique, l'application des critères suivants relatifs aux niveaux de référence garantit le respect des restrictions de base:

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_j}{E_{R,j}} \leq 1$$

et

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{H_j}{H_{R,j}} \leq 1$$

(5 et 6)

Avec:

$E_j$ : intensité de champ électrique à la fréquence  $j$ ,

$E_{R,j}$ : niveau de référence pour l'intensité de champs électrique à la fréquence  $j$ , tel indiqué aux tableaux 4 et 5.

$H_j$ : intensité de champ magnétique à la fréquence  $j$ ,

$H_{R,j}$ : niveau de référence pour l'intensité de champ magnétique à la fréquence  $j$ , tel indiqué aux tableaux 4 et 5.

Pour le courant parcourant un membre et le courant de contact des fréquences allant de 1 Hz à 10 MHz, respectivement, il convient de répondre aux exigences suivantes:



$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{I_j}{I_{C,j}} \leq 1 \quad (7)$$

Ou :

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_j}{E_{R,j}} \leq 1 \quad (8)$$

Avec:

$I_j$ : composante du courant de contact à la fréquence  $j$ ,

$I_{L,j}$ : niveau de référence du courant dans les membres à la fréquence  $j$

$I_{C,j}$ : niveau de référence du courant de contact à la fréquence  $j$ , tel qu'indiqué au tableau 10.

Pour le courant parcourant un membre et le courant de contact des fréquences allant de 10 MHz à 110 MHz, respectivement, il convient de répondre aux exigences suivantes:

$$\sum_{k=10\text{MHz}}^{110\text{MHz}} \left( \frac{I_k}{I_{L,k}} \right)^2 \leq 1 \quad (9)$$

$I_k$ : composante de courant parcourant le membre à la fréquence  $K$ .

$I_{L,k}$ : niveau de référence du courant parcourant le membre à la fréquence  $k$  (cf. tableau 11).

**110MHz**

$$\sum_{n=10\text{M}} \frac{I_n}{I_{C,n}} \quad (10)$$

Avec:

$I_n$  : composante de courant de contact à la fréquence  $n$ ,

$I_{C,n}$  : niveau de référence du courant de contact à la fréquence  $n$  (cf. tableau 10).

Il convient d'étudier cette question séparément pour les effets de la stimulation thermique et électrique et d'appliquer les restrictions de base indiquées ci-dessus.

Pour les effets thermiques, c'est-à-dire aux fréquences supérieures à 100 kHz, il est recommandé de sommer les valeurs de DAS et de densité de

puissance suivant la formule:

$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{10\text{GHz}} \frac{\text{SAR}_i}{\text{SAR}_L} + \sum_{i>10\text{GHz}}^{300\text{GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1$$

(11)

Avec :

$SAR_i$  : DAS provoqué par l'exposition à la fréquence  $i$ ,

$SAR_L$  : limite de DAS indiquée dans le tableau 4,

$S_L$  : limite de densité de puissance indiquée dans le tableau 5,

$S_i$  : densité de puissance à la fréquence  $i$ .

Pour les effets thermiques, c'est-à-dire aux fréquences supérieures à 100 kHz, il convient d'appliquer aux niveaux de champ les deux exigences suivantes :

$$\sum_{i=100\text{ kHz}}^{1\text{ MHz}} \left( \frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i>1\text{ MHz}}^{300\text{ GHz}} \left( \frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1 \quad (12)$$

et

$$\sum_{j=100\text{ kHz}}^{1\text{ MHz}} \left( \frac{H_j}{d} \right)^2 + \sum_{j>1\text{ MHz}}^{300\text{ GHz}} \left( \frac{H_j}{H_{L,j}} \right)^2 \leq 1 \quad (13)$$

Avec :

$E_i$  : intensité de champ électrique à la fréquence  $i$ ,

$E_{L,i}$  : niveau de référence de champ électrique indiqué dans les tableaux 6, 7, 8 et 9

$H_j$  : intensité de champ magnétique à la fréquence  $j$ ,

$H_{L,j}$  : niveau de référence de champ magnétique indiqué dans les tableaux 6, 7, 8 et 9

$c = 610/f \text{ V.m}^{-1}$  ( $f$  en MHz) pour l'exposition professionnelle et  $87/f^{1/2} \text{ V.m}^{-1}$  pour l'exposition de la population générale,

$d = 1,6/f \text{ A.m}^{-1}$  ( $f$  en MHz) pour l'exposition professionnelle et  $0,73/f \text{ A.m}^{-1}$  pour l'exposition de la population générale.

Les formules de sommation ci-dessus sont fondées sur le cas le plus défavorable d'exposition à des champs émis par des sources multiples. Par conséquent, en conditions d'exposition types, on peut admettre des niveaux d'exposition moins restrictifs que ceux indiqués dans les formules ci-dessus pour les niveaux de référence.