

AFTSH – Journée d'études

Risques liés aux champs électromagnétiques  
(en institutions hospitalières)

Véronique Beauvois Ir.  
Maître de Conférences ULiege  
Applied & Computational Electromagnetics  
26/09/2018

## **Plan de l'exposé**

- 1. Historique - Législation**
- 2. Champ d'application**
- 3. Quelques notions de base d'électromagnétisme**
- 4. Effets des champs électromagnétiques**
- 5. VLE & VA**
- 6. Obligations de l'employeur**
- 7. Lieux de travail accessibles au public**
- 8. Travailleurs à risques particuliers**

## 1. Historique (1)

**Directive 89/391/CEE** du Conseil du 12 juin 1989, concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail. Elle comporte les principes généraux concernant la prévention des risques

➔ **Loi du 4 août 1996** relative au bien-être des travailleurs lors de l'exécution de leur travail.

**Directive 2004/40/CE** du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) (directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE).

**Modifiée par la directive 2008/46/CE** du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2008.

**Abrogée par la directive 2013/35/UE** du Parlement européen et du Conseil du 26 juin 2013.

## 1. Historique (2)

➔ **A.R. du 20 mai 2016** relatif à la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs contre les risques liés aux champs électromagnétiques sur le lieu de travail

➔ **Code du bien-être au travail**

qui comprend les arrêtés d'exécution de la loi du 4 août 1996

**Livre V – Facteur d'environnement et agents physique**

**Titre 7 – Champs électromagnétiques**

## Plan de l'exposé

- 1. Historique - Législation**
- 2. Champ d'application**
- 3. Quelques notions de base d'électromagnétisme**
- 4. Effets des champs électromagnétiques**
- 5. VLE & VA**
- 6. Obligations de l'employeur**
- 7. Lieux de travail accessibles au public**
- 8. Travailleurs à risques particuliers**

## 2. Champ d'application

- Transpose la **directive 2013/35/UE** du Parlement européen et du Conseil du 26 juin 2013 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) (directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1<sup>er</sup>, de la directive 89/391/CEE) et abrogeant la directive 2004/40/CE.
- Champs électromagnétiques de 0 Hz (statiques) à 300 GHz.
  
- Découle des recommandations de l'**ICNIRP** (<http://www.icnirp.org/>).
- S'applique aux employeurs, aux travailleurs et aux personnes y assimilées.
- Couvre les effets biophysiques connus (directs et indirects) de l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques pendant leur travail pouvant comporter un risque pour leur santé ou leur sécurité.
- Ne couvre pas les effets à long terme potentiels (non établis scientifiquement).
- Ne couvre pas les risques découlant de contacts avec des conducteurs sous tension : se reporter aux règles de sécurité et de conformité des installations électriques (RGIE).

## Plan de l'exposé

- 1. Historique - Législation**
- 2. Champ d'application**
- 3. Quelques notions de base d'électromagnétisme**
- 4. Effets des champs électromagnétiques**
- 5. VLE & VA**
- 6. Obligations de l'employeur**
- 7. Lieux de travail accessibles au public**
- 8. Travailleurs à risques particuliers**

### 3. Champs électromagnétiques

#### Champ électrique – Champ magnétique

Les champs électromagnétiques résultent de la présence ou du déplacement de charges électriques.

Un **champ électrique (E)** est nécessaire pour produire un courant (c'est-à-dire un déplacement de charges) et c'est ce courant qui produit le **champ magnétique (H)**.



#### **Champ électrique:**

Force qui s'exerce sur une charge électrique (en V/m). Le champ électrique est présent dès qu'un appareil est sous tension. (en V/m = volts/mètre)



#### **Champ magnétique:**

Force qui s'exerce sur une masse magnétique (A/m ou T). Le champ magnétique apparaît lorsqu'un courant circule. (A/m = ampères/mètre et T = teslas)



### 3. Champs électromagnétiques

#### Champ électrique – Champ magnétique

Les **champs électromagnétiques** sont constitués d'un champ électrique et d'un champ magnétique de même fréquence.

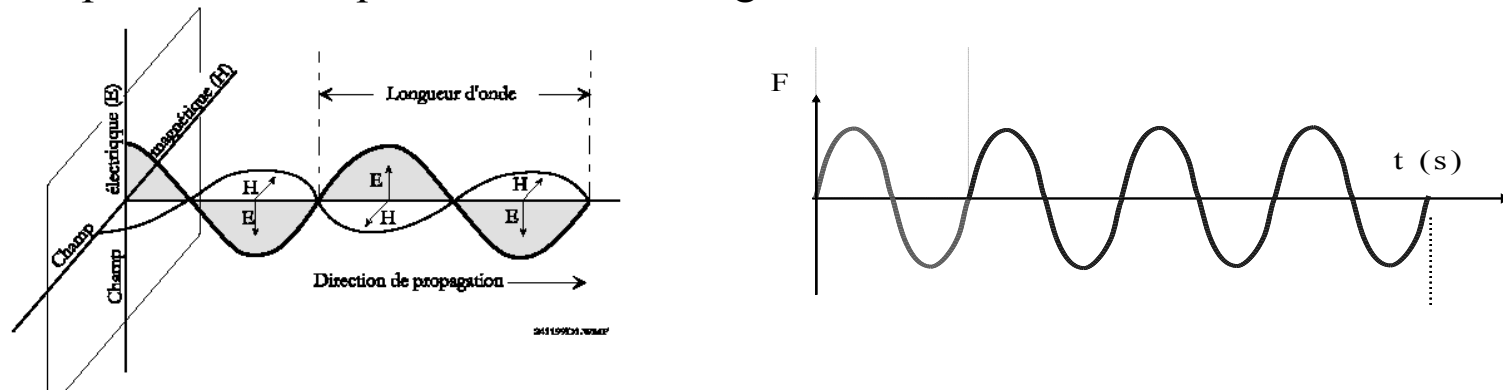
La **fréquence** (en Hertz) est le nombre de cycles par seconde ( $50 \text{ Hz} = 50 \text{ cycles / seconde}$ ).

Champ « électromagnétique » : lorsque le champ électrique (E) et le champ magnétique (H) coexistent et sont indissociables (radiofréquences). La mesure de l'un permet de déduire l'autre directement ( $E/H = 377 \Omega$ ).

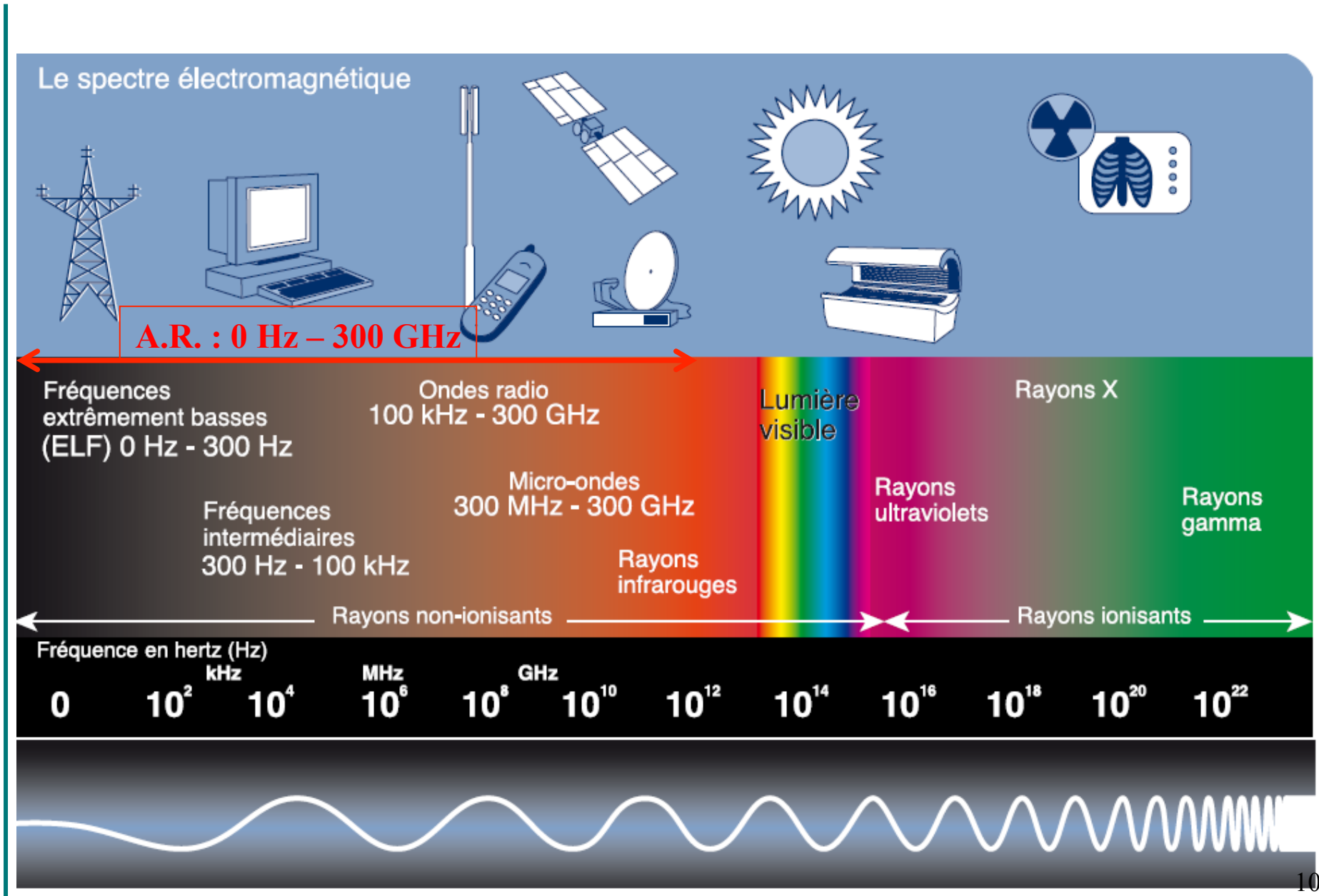
« Onde » électromagnétique : propagation d'un champ électromagnétique variant dans le temps, en phase, à la vitesse de la lumière (ex. : radiofréquences, lumière, ...).

Cette appellation ne s'applique pas aux champs de fréquences extrêmement basses, de fréquences basses et de fréquences intermédiaires : les champs E et H coexistent mais doivent être mesurés séparément.

Les champs diminuent quand la distance augmente.



### 3. Champs électromagnétiques



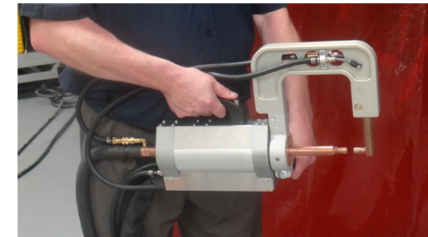
### 3. Champs électromagnétiques

- Champs électromagnétiques de 0 Hz (statiques) à 300 GHz.

- Champs électriques et magnétiques statiques :



- Aimants permanents
    - IRM
    - Soudage
    - Electroaimants
    - Electrolyse
    - ...



- Champs électriques et magnétiques variant dans le temps :



- Réseau électrique, transformateurs, ... 50 Hz
    - Soudage
    - Chauffage par induction ( $\approx$ kHz)
    - ...

- Champs électromagnétiques (variant dans le temps) :

- Antennes émettrices (radio, TV, téléphonie mobile, ...)
    - Radars
    - Séchage, chauffage et cuisson par micro-ondes
    - RFID
    - ...

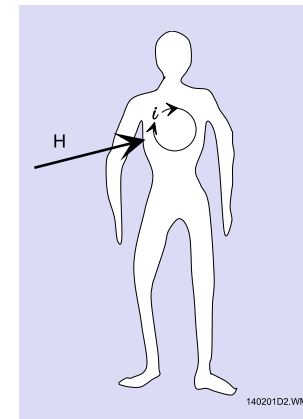
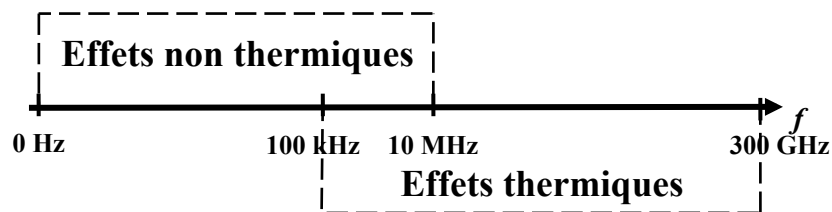


## Plan de l'exposé

- 1. Historique - Législation**
- 2. Champ d'application**
- 3. Quelques notions de base d'électromagnétisme**
- 4. Effets des champs électromagnétiques**
- 5. VLE & VDA**
- 6. Obligations de l'employeur**
- 7. Lieux de travail accessibles au public**
- 8. Travailleurs à risques particuliers**

## 4. Effets des champs électromagnétiques

- ✓ Effets biophysiques **directs** : effets sur l'organisme qui résultent de l'exposition du corps ou d'une partie du corps aux champs EM.
  - ✓ Effets thermiques (100 k – 300 GHz) :
    - ✓ Echauffement du corps ou des tissus (absorption d'énergie des champs)
    - ✓ Echauffement limité aux tissus externes à partir de 6 GHz
  - ✓ Effets non thermiques (jusque 10 MHz) : stimulation de muscles, des nerfs ou des organes sensoriels
    - ✓ Effets potentiellement nocifs pour la santé mentale et physique
    - ✓ Effets sensoriels : symptômes passagers tels que vertiges/nausées ou phosphènes pouvant occasionner une gêne temporaire ou altérer les facultés cognitives ⇒ Risque pour la sécurité du travailleur
    - ✓ A ne pas confondre avec les effets « athermiques » non avérés des champs RF de faible intensité (exemple : téléphonie)
- ✓ Courants induits dans les membres



#### 4. Effets des champs électromagnétiques

- ✓ Effets **indirects** : ils résultent de la **présence d'un objet** dans un champ EM et pouvant entraîner un risque pour la sécurité ou la santé du travailleur.
  - ✓ Interférences avec des équipements et dispositifs médicaux électroniques, y compris des dispositifs actifs implantés (défibrillateur/stimulateur cardiaque,...) ou portés à même le corps (pompe à insuline,...)
  - ✓ Risque de déplacement ou de projection d'objets ferromagnétiques dans des champs magnétiques statiques
  - ✓ Amorçage non intentionnel de dispositifs électro-explosifs (détonateurs)
  - ✓ Incendies et explosions (inflammation de matériaux inflammables par des étincelles)
  - ✓ Courants de contact (jusque 110 MHz)

## 4. Effets des champs électromagnétiques

### ✓ Effets indirects non spécifiés :

- ✓ Interactions avec blindages et structures métalliques (effet thermique)
- ✓ Interférences et risques de dysfonctionnement de systèmes électroniques et de contrôle
- ✓ Objets métalliques portés à même le corps ou à proximité
- ✓ Composants électroniques portés à même le corps ou à proximité
- ✓ ...

### ✓ Ne sont **pas pris en compte** :

- ✓ Effets potentiels à **long terme** (de type « athermiques ») (\*)
- ✓ Risques découlant d'un contact avec des conducteurs sous tension

(\*) pas d'éléments scientifiques probants.

## **Plan de l'exposé**

- 1. Historique - Législation**
- 2. Champ d'application**
- 3. Quelques notions de base d'électromagnétisme**
- 4. Effets des champs électromagnétiques**
- 5. VLE & VA**
- 6. Obligations de l'employeur**
- 7. Lieux de travail accessibles au public**
- 8. Travailleurs à risques particuliers**

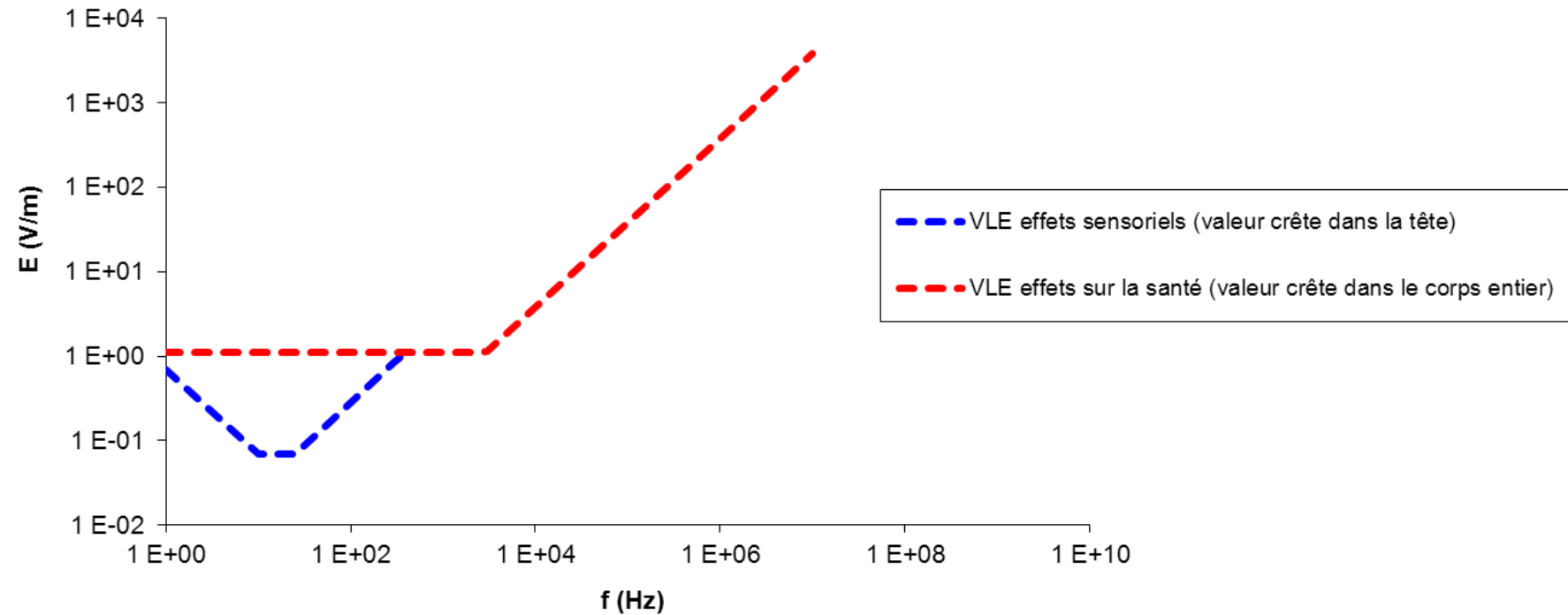


## 5. Valeurs limites d'exposition (VLE)

- ✓ Valeurs établies sur base des effets **biophysiques** et biologiques, **directs** et à **court terme scientifiquement bien établis**, c'est-à-dire les effets thermiques et la stimulation électrique des tissus.
- ✓ VLE relatives aux effets sur la santé : si elles sont dépassées, risques d'effets nocifs pour la santé des travailleurs (échauffement ou stimulation des tissus nerveux et musculaires).
- ✓ VLE relatives aux effets sensoriels : si elles sont dépassées, risques de troubles passagers des perceptions sensorielles (phosphènes rétiniens, effets auditifs) et changements mineurs des fonctions cérébrales.
- ✓ VLE ne prennent **pas** en compte les effets **indirects** résultant de la présence d'objets (y compris les implants) dans un champ EM.
- ✓ VLE fonction du type d'effet, de la fréquence du champ, des parties exposées et des conditions de travail.

## 5. Valeurs limites d'exposition (VLE)

### VLE pour le champ électrique interne entre 1 Hz et 10 MHz



## 5. Valeurs limites d'exposition (VLE)

### VLE – effets thermiques - 100 kHz à 300 GHz

#### VLE pour 100 kHz à 6 GHz

VLE sanitaire	DAS
Corps entier	0,4 W / kg
Localisé tête et tronc	10 W / kg
Localisé aux membres	20 W / kg

#### VLE pour 6 GHz à 300 GHz

VLE sanitaire	Densité P.
Surface de 20 cm <sup>2</sup>	50 W / m <sup>2</sup>

#### VLE pour 300 MHz à 6 GHz (champs pulsés)

VLE sensoriel	AS
Tête	10 mJ / kg

## 5. Valeurs limites d'exposition (VLE)

### VLE pour une induction magnétique statique (entre 0 Hz et 1 Hz)

Effets sensoriels, conditions de travail normales	2 T
Effets sensoriels, exposition localisée de membres	8 T
Effets sur la santé, conditions de travail contrôlées	8 T

### VLE relatives aux effets thermiques (DAS) (entre 100 k et 6 GHz)

Echauffement de l'ensemble du corps	0,4 W/kg	Moyenne DAS du corps
Echauffement localisé tête et tronc	10 W/kg	DAS localisé du corps
Echauffement localisé des membres	20 W/kg	DAS localisé des membres

Certaines VLE peuvent être mesurées directement (induction magnétique d'un champ magnétique statique, densité de puissance à partir de 6 GHz), d'autres **non** (champ électrique interne, AS, DAS).

## 5. Valeurs déclenchant l'action (VA)

✓ Des valeurs définies à partir de **grandeurs physiques directement mesurables** au poste de travail en l'absence du travailleur : champ électrique **E**, induction magnétique **B**, densité de puissance **S** et courant électrique **I** (**I<sub>L</sub>** et **I<sub>C</sub>**). Pour déterminer les valeurs correspondantes ( $VLE > VA$ ) : recours à des modèles biophysiques ou à des mesures en laboratoire (procédure complexe).

✓ **Le respect des VA garantit que les VLE ne seront pas dépassées.**

✓ A contrario, le dépassement des VA n'implique pas nécessairement le dépassement des VLE mais des actions complémentaires doivent être menées.

On peut se demander pourquoi ?

Parce que les VA ont été déterminées avec des hypothèses conservatrices : exposition uniforme du corps entier en considérant le couplage maximum.

✓ VA fonction du type d'effet (thermique ou non thermique) et de la fréquence du champ.

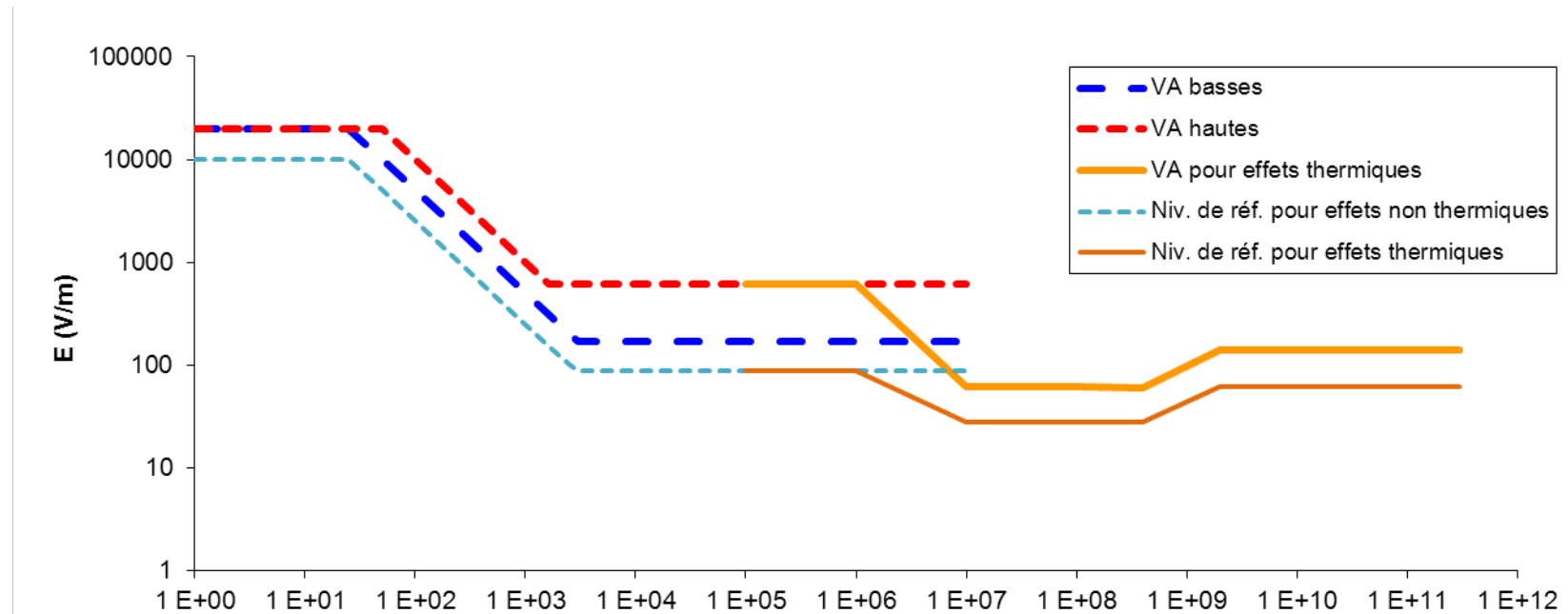
✓ VA basses et VA hautes (effets non thermiques)

✓ VA basses : en lien avec VLE relatives aux effets sensoriels

✓ VA hautes : en lien avec les VLE relatives aux effets sur la santé.

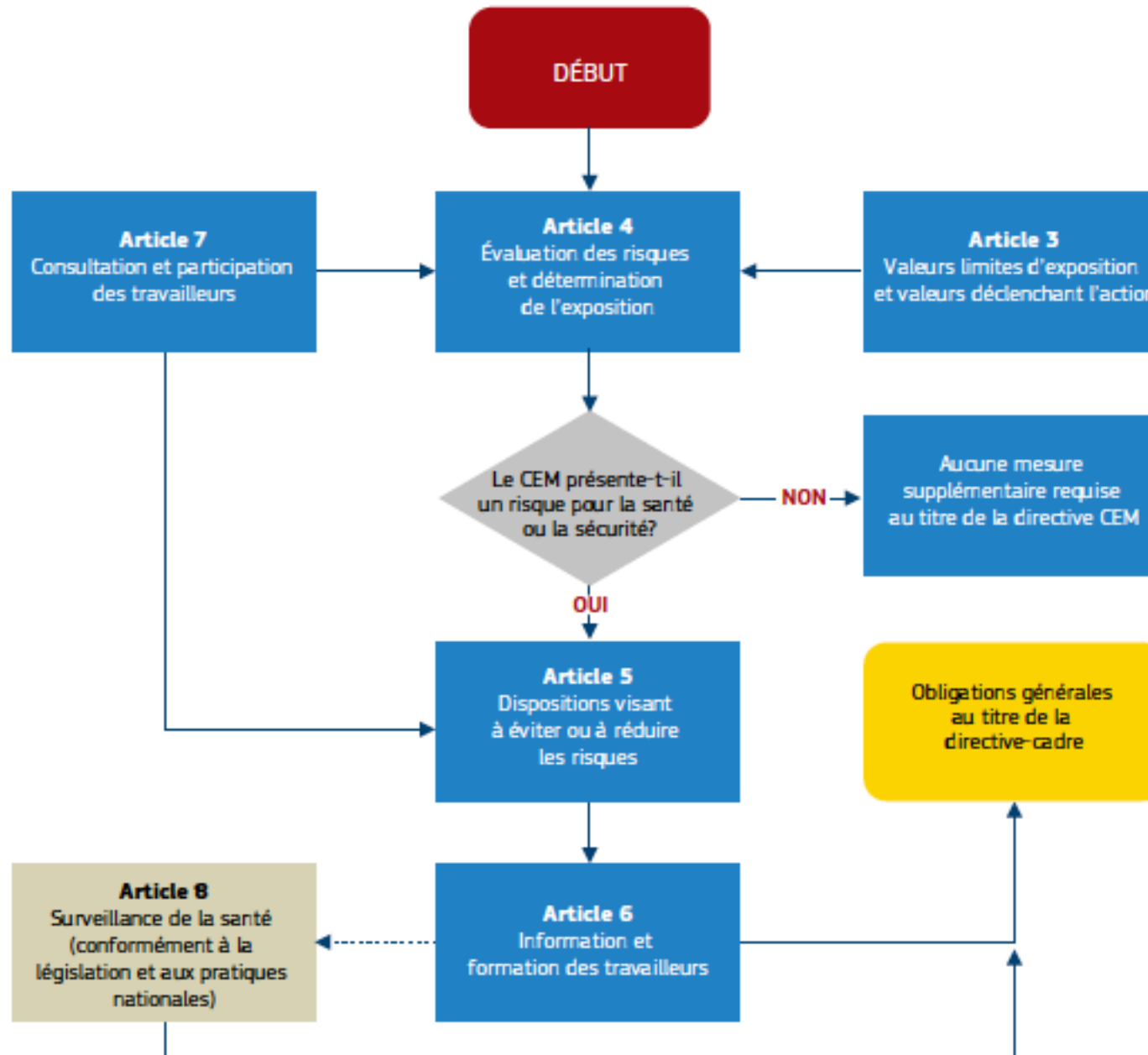
## 5. Valeurs déclenchant l'action (VA)

VA et niveaux de référence pour la composante électrique entre 1 Hz et 300 GHz



## Plan de l'exposé

- 1. Historique - Législation**
- 2. Champ d'application**
- 3. Quelques notions de base d'électromagnétisme**
- 4. Effets des champs électromagnétiques**
- 5. VLE & VA**
- 6. Obligations de l'employeur**
- 7. Lieux de travail accessibles au public**
- 8. Travailleurs à risques particuliers**





## 6. Obligations de l'employeur

**Veiller à ce que l'exposition ne dépasse pas les VLE relatives aux effets sur la santé.**

➤ **Si les VA sont dépassées :**

- Soit l'évaluation des risques démontre que les VLE ne sont pas dépassées et que tout risque pour la sécurité peut être exclu.
- Soit l'employeur établit et met en œuvre un plan d'action (art. 22) :
  - Autres méthodes de travail
  - Choix d'équipements émettant des champs moins intenses\*
  - Mesures techniques : mécanismes de verrouillage, blindages, ...\*\*
  - Limiter ou contrôler l'accès : signaux, marquage au sol, barrières, commande déportée,...\*\*
  - Gérer les décharges d'étincelles et les courants de contact : moyens techniques (liaison équipotentielle), formation des travailleurs
  - Programmes appropriés de maintenance des équipements, des lieux et postes de travail
  - Conception et agencements des lieux et postes de travail (éloignement)
  - Limiter la durée de l'exposition et son intensité
  - Equipements de protection individuelle (EPI)

*\*privilégier la réduction à la source (en particulier lors de l'achat d'un nouvel équipement)*

*\*\*protection collective*

## 6. Obligations de l'employeur

**Veiller à ce que l'exposition ne dépasse pas les VLE relatives aux effets sur la santé.**

➤ Si les VA sont dépassées :

➤ Limiter ou contrôler l'accès : signaux, marquage au sol, barrières, ...



Accès interdit  
aux personnes  
(non autorisées)



Ne pas marcher  
ou se tenir ici



Passage  
interdit



Champ magnétique  
important



Radiations  
non-ionisantes



Interdit aux porteurs  
de pacemakers



Interdit  
aux femmes  
enceintes

D0732



Interdiction aux objets  
métalliques et aux montres



Interdit aux porteurs  
d'implants métalliques

## 6. Obligations de l'employeur

**Veiller à ce que l'exposition ne dépasse pas les VLE relatives aux effets sur la santé.**

- Si les VA sont dépassées :
  - Limiter ou contrôler l'accès : signaux, marquage au sol, barrières, ...



Protecteur mobile



## 6. Obligations de l'employeur

**Veiller à ce que l'exposition ne dépasse pas les VLE relatives aux effets sur la santé.**

- Si les VA sont dépassées :
  - Dispositif de commande à deux mains



● Poste de chauffage  
par induction

● Dispositif  
de commande  
à deux mains

## 6. Obligations de l'employeur

### **Veiller à ce que l'exposition ne dépasse pas les VLE relatives aux effets sur la santé.**

- Information et formation (art. 30)
  - Résultats analyse des risques, mesures de prévention prises, effets indirects potentiels, résultats mesures / calculs, possibilité de symptômes passagers, pratiques professionnelles sûres, travailleurs à risques particuliers, rôle de la surveillance de la santé, ...
- Consultation et participation des travailleurs (CPPT)
- Surveillance de la santé
  
- **Dérogations :**
  - IRM (santé ou recherche) sous certaines conditions définies à l'art. 37 (\*)
  - Activités militaires (à la condition de prévenir les effets nocifs pour la santé et les risques pour la sécurité)
  - Secteurs ou activités spécifiques : dépassement temporaire dans des circonstances dûment justifiées (art. 38)
  - Les principes généraux de prévention et de réduction du risque s'appliquent toujours.
  - Demande de dérogation : SPF Emploi

(\*) Pourquoi cette dérogation ? Car cette technologie est d'une importance capitale pour diagnostiquer et traiter les maladies.

## Plan de l'exposé

- 1. Historique - Législation**
- 2. Champ d'application**
- 3. Quelques notions de base d'électromagnétisme**
- 4. Effets des champs électromagnétiques**
- 5. VLE & VA**
- 6. Obligations de l'employeur**
- 7. Lieux de travail accessibles au public**
- 8. Travailleurs à risques particuliers**

## 7. Lieux de travail accessibles au public

Art. V.7-18. « *Sur les lieux de travail ouverts au public, il n'est pas nécessaire de procéder à l'évaluation de l'exposition si une évaluation a déjà été effectuée conformément aux dispositions relatives à la limitation de l'exposition du **public** aux champs électromagnétiques [...]* »

Le Code ne fixe pas de limites pour l'exposition de la population générale.

D'autres limites s'appliquent :

La **recommandation 1999/519/CE** du Conseil vise à limiter l'exposition du public aux champs EM.

- Les limites sont celles des recommandations de l'ICNIRP pour le public :
  - Restrictions de base (équivalent des VLE)
  - Niveaux de référence (équivalent des VA)
- Prend en compte les effets sur la santé, des effets sensoriels et des effets indirects mais pas les interférences avec des dispositifs implantés.

## **Plan de l'exposé**

- 1. Historique - Législation**
- 2. Champ d'application**
- 3. Quelques notions de base d'électromagnétisme**
- 4. Effets des champs électromagnétiques**
- 5. VLE & VA**
- 6. Obligations de l'employeur**
- 7. Lieux de travail accessibles au public**
- 8. Travailleurs à risques particuliers**



## 8. Travailleurs à risques particuliers

- *Dans le cadre de l'analyse des risques et des mesures de prévention qui en découlent [...], l'employeur prête une attention particulière à toutes incidences sur la santé et la sécurité des travailleurs à risque particulier, notamment :*
  - Les 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 rétiniens, pompes de perfusion implantées)
  - Les travailleurs portant des dispositifs médicaux implantés 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)
    - Les travailleuses enceintes : effets directs
- Travailleurs à risques particuliers non spécifiés :
  - Travailleurs prenant certains médicaments

## 8. Travailleurs à risques particuliers

- Comment protéger ces travailleurs des autres risques ?
  - Risques souvent spécifiques (explosifs, ...)
  - Normes pour ce type de risque
  - **Guide non contraignant de bonnes pratiques de la Commission européenne :**  
Les niveaux de référence de la **recommandation 1999/519/CE**  
offrent un niveau de protection suffisant pour la plupart des travailleurs à risques particuliers
    - Les travailleuses enceintes
    - Les porteurs de dispositifs médicaux implantés passifs
    - La plupart des porteurs de DMIA
    - Dispositifs portés à même le corps : contacter le fabricant (interférences ?)

**Merci pour votre attention !**

**Des questions ?**

