



Champs Electromagnétiques

RESEAU PCR – R2Nord

Lille - 28 avril 2017

Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

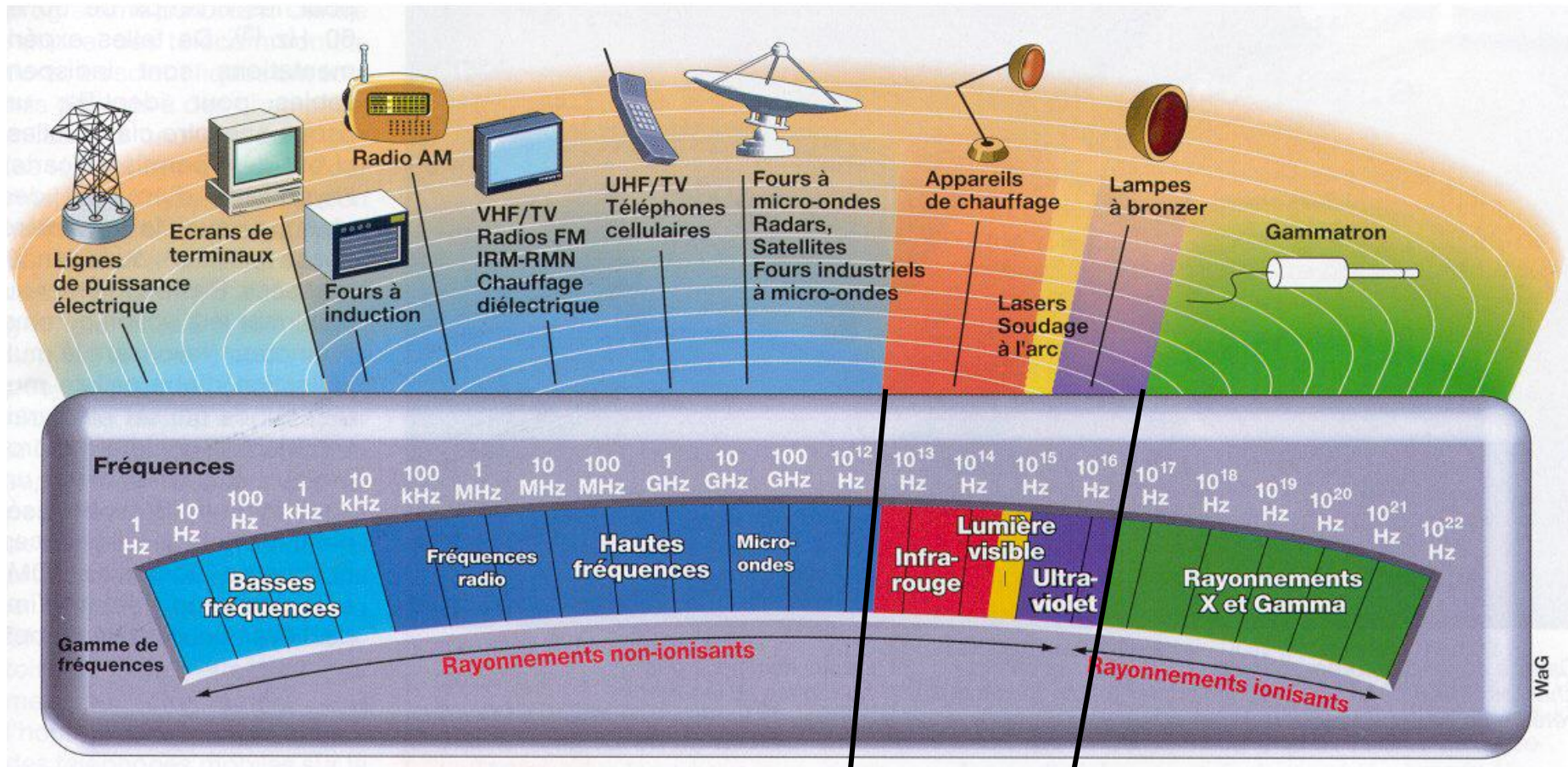
Patrick Moureaux
01 40 44 31 09
patrick.moureaux@inrs.fr

Département **E.C.T**
Expertise et **C**onseil **T**echnique

Rayonnements Ionisant , non ionisants
et optiques

- ▶ RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES
 - > **Qu'est-ce qu'un champ électromagnétique ?**
 - > **Les effets**
 - > **La réglementation**
 - > **Analyse des risques et prévention**

SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE



Champs Electromagnétiques ; f

Lumière
 $\lambda=c/f$

Rayonnements Ionisants ; $E=h.f$

FREQUENCE DE L'ONDE



RAPPELS PHYSIQUES

Rayonnements particuliers : tous ionisants

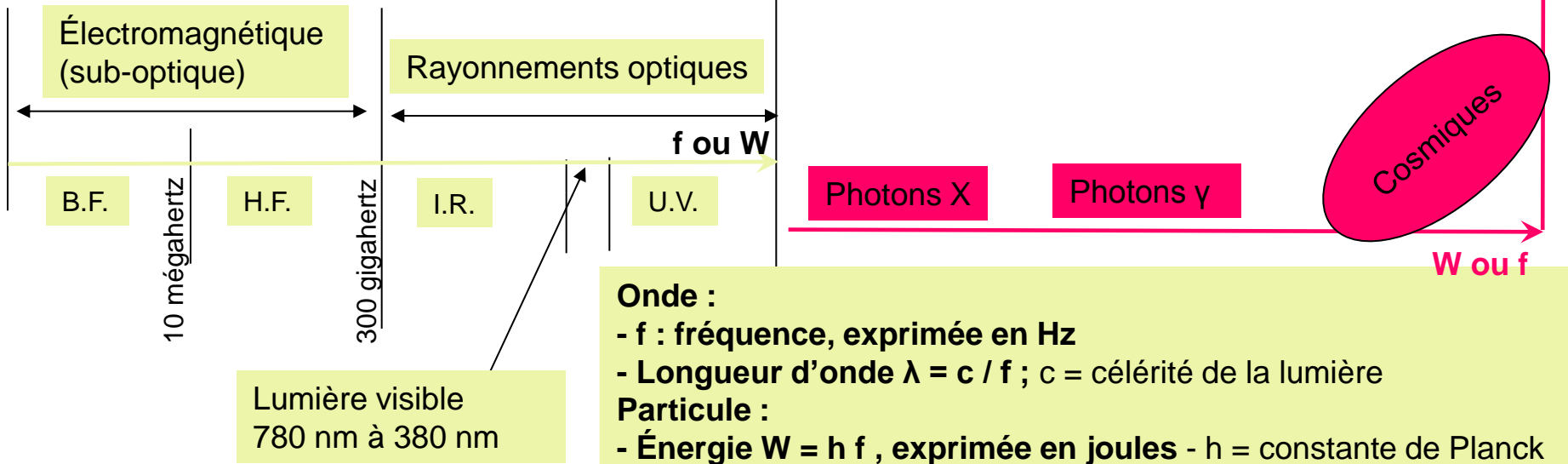
- Neutrons
- Particules chargées électriquement : électrons, β , α , ions légers et lourds

Énergie exprimée en Joules ou eV : $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

Rayonnements électromagnétiques

Rayonnements électromagnétiques non-ionisants (ondes)

Rayonnements électromagnétiques ionisants (photons)



Onde :

- f : fréquence, exprimée en Hz
- Longueur d'onde $\lambda = c / f$; c = célérité de la lumière

Particule :

- Énergie $W = h f$, exprimée en joules - h = constante de Planck

Notion de spectre et de spectre d'énergie - Applicable à tous les rayonnements.

RAPPELS PHYSIQUES

EFFET	ENERGIE DE LIAISON			
	eV	f(GHz)	$\lambda(\mu\text{m})$	Partie du spectre
Van der Waals	0,01	2400	125	IR
Liaison hydrogène	0,1	$2,4 \times 10^4$	12,5	IR
Rotation protéine polaire	0,2	5×10^4	6	IR
Liaison covalente	4	1×10^6	0,33	UV
Énergie d'ionisation	10	$2,4 \times 10^6$	0,125	X, γ , rayonnements particulaires

À $f = 2\text{GHz}$, $W = 0,000008 \text{ eV}$; $W = h \cdot F$ en Joules $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}$

CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES

F de 0 à 300 GHz

Origine naturelle

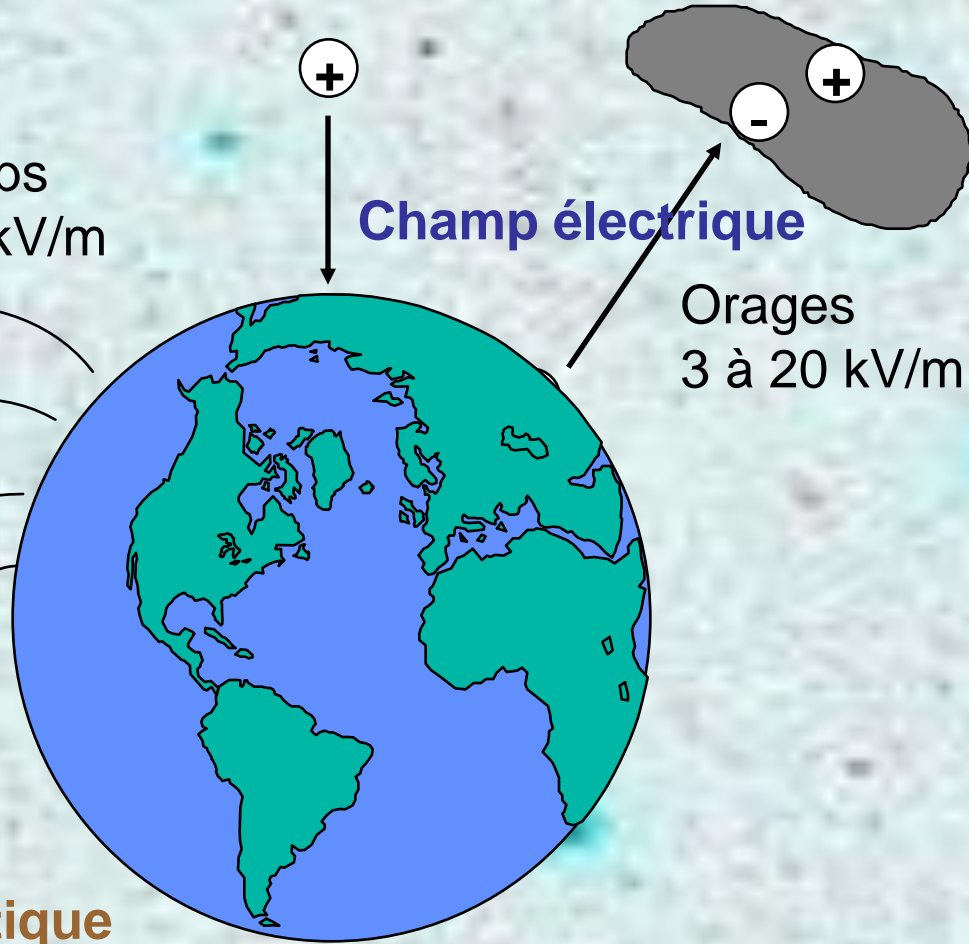
Ionosphère

Beau temps
0.1 à 0.5 kV/m

Champ électrique

Orages
3 à 20 kV/m

Champ magnétique
30 à 60 μT



RAPPELS PHYSIQUES

SOURCES ARTIFICIELLES

Domestique



Énergie



Telecom/GSM



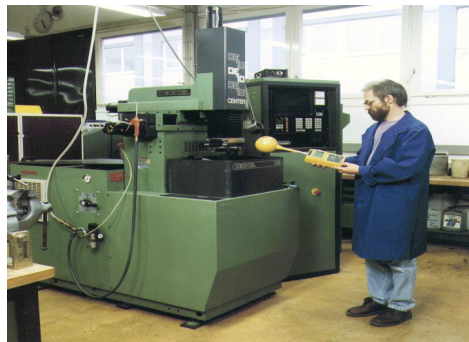
Ferroviaire



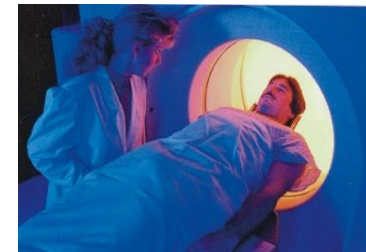
Militaire



Industrie

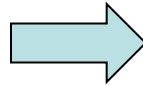


Médical

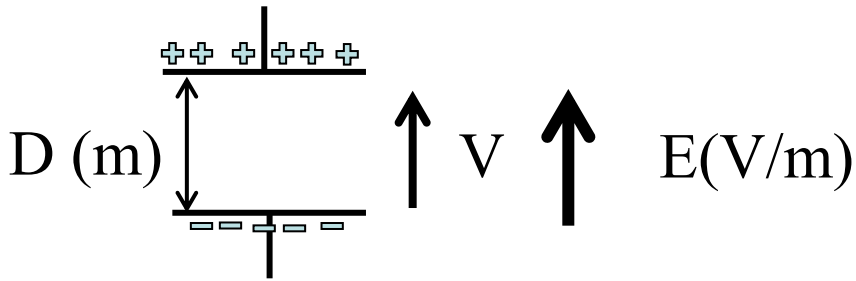


■ CHAMP ELECTRIQUE / CHAMP MAGNETIQUE

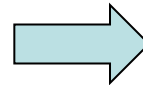
- TENSION



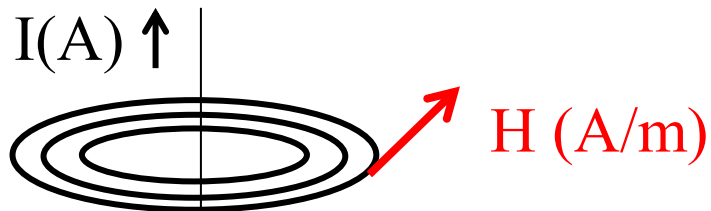
CHAMP ELECTRIQUE



- COURANT



CHAMP MAGNETIQUE



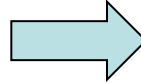
$$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

H (A/m) ou induction B (T)

$$B = \mu_0 \cdot H \quad \text{avec } \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$$

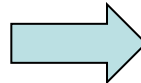
▪ CHAMP ELECTRIQUE / CHAMP MAGNETIQUE

- HAUTE TENSION
ex : lignes THT



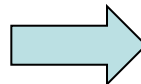
FORT CHAMP E

- COURANT FORT
ex: Inducteurs, Soudage à l'arc ou par points...



CHAMP H ELEVE

- COURANT CONTINU
ex: électrolyse...



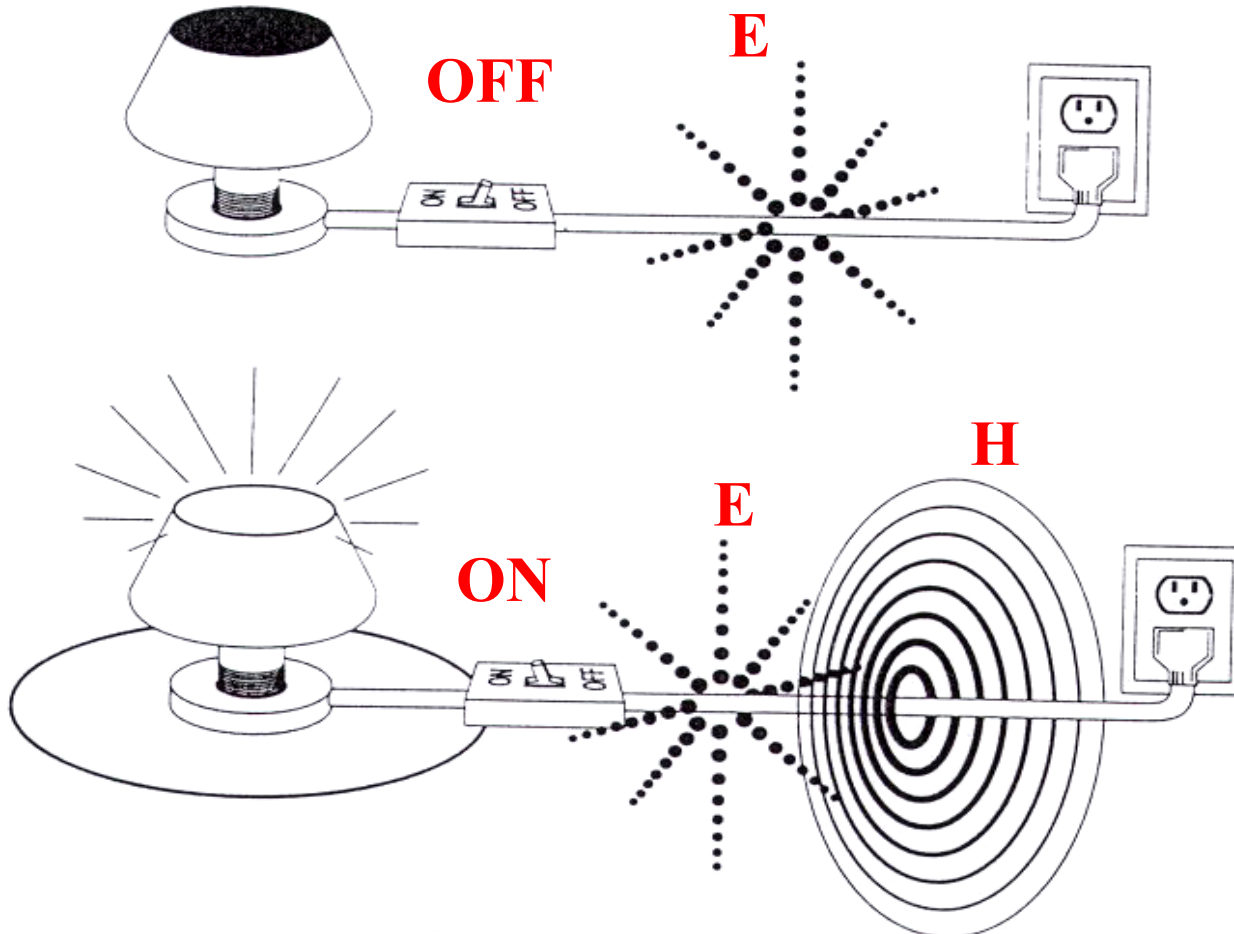
CHAMP STATIQUE

- CAS ARTICULIER DES AIMANTS
(matériau magnétique)
ex: IRM, électroaimants



CHAMP STATIQUE

RAPPELS PHYSIQUES



TENSION



**Champ
électrique E
(V/m)**

COURANT



**Champ
magnétique
 H (A/m)**

■ CARACTERISTIQUES

- ▶ PROFONDEUR DE PENETRATION DANS LES TISSUS

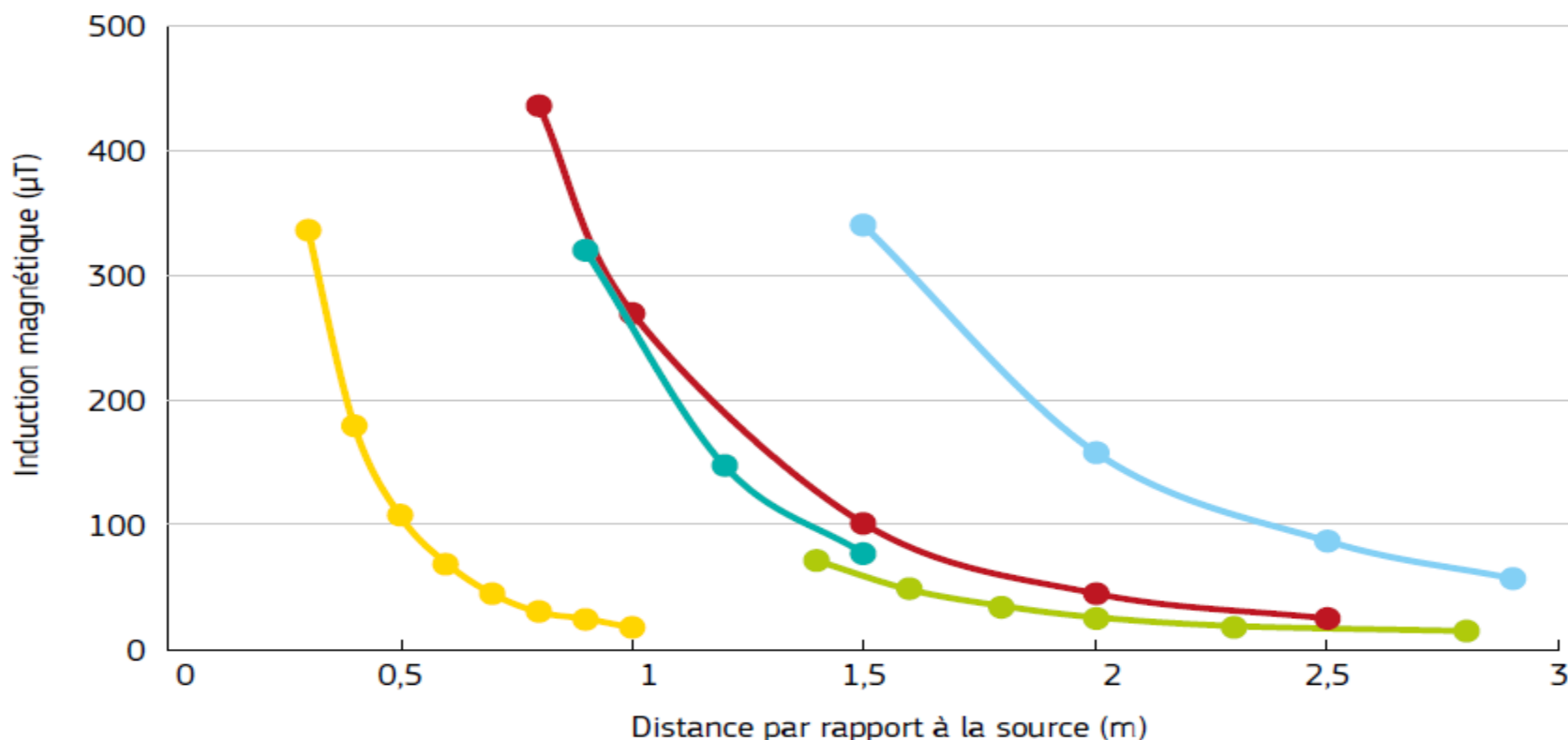
↘ quand FREQUENCE ↗

- ▶ INTENSITE DU CHAMP

↘ quand DISTANCE ↗

■ CARACTERISTIQUES

Graphique 3.2 — Baisse de l'induction magnétique en fonction de la distance pour différentes sources de fréquence électrique: machine à souder par points (●●); bobine de démagnétisation de 0,5 m (●●); four à induction de 180 kW (●●); machine à souder au galet de 100 kVA (●●); bobine de démagnétisation à 1 m (●●)

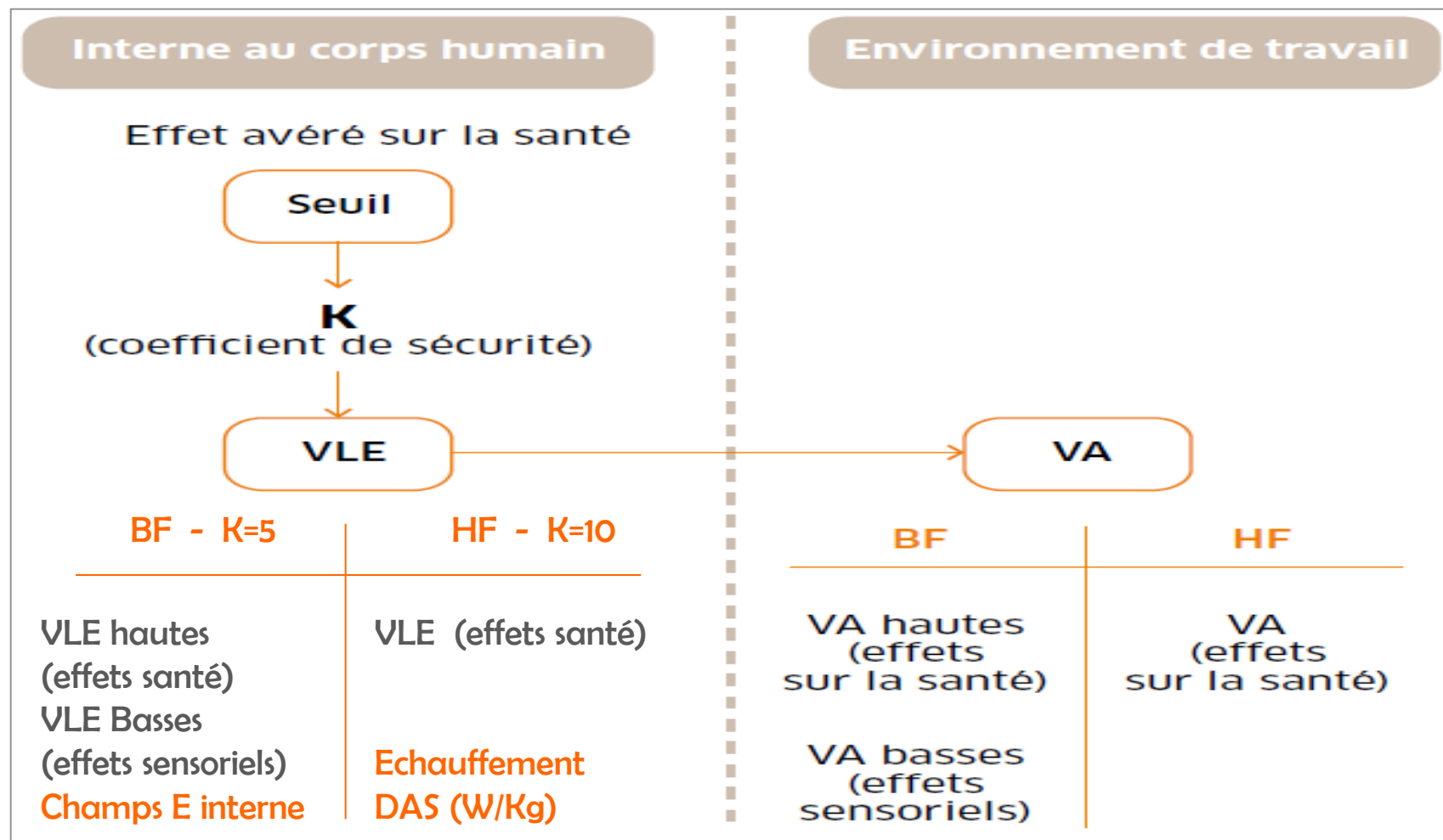


LES EFFETS

▶ EFFETS AVERES SUR LA SANTE

- EFFETS A SEUIL
- SEUILS VARIABLES AVEC LA FREQUENCE DE LA SOURCE
- PLUSIEURS TYPES D'EFFETS:
 - **SENSORIELS** en BF et en HF
 - **STIMULATION DU SYSTEME NERVEUX** en BF
 - **THERMIQUE** en HF
 - **COURANTS INDUITS** et **COURANTS de CONTACT**

DES SEUILS DIVERS



LES EFFETS et LES LIMITES

- VLE (Valeurs Limites d'Exposition) : INTERNES
 - **NON VERIFIABLES DIRECTEMENT** : SIMULATION / CALCUL
 - Sauf en champ STATIC
- VA (Valeurs Déclenchant l'Action) : EXTERNES
 - **MESURABLES AU POSTE DE TRAVAIL**
- VA POUR LES EFFETS DIRECTS et INDIRECTS
 - **DIRECTS:**
 - VA Champ E
 - VA Basse Champ H en BF
 - VA Haute Champ H en BF
 - VA Champ H en HF
 - VA Champ H pour les membres
 - VA pour les Courants Induits
 - **INDIRECTS**
 - VA Porteurs d'Implants en champ static
 - VA Projection d'objet en champ static
 - VA limitation de décharges d'étincelles
 - VA Courant de contact

LES EFFETS vs LA FREQUENCE

▶ LES EFFETS SENSORIELS EN BASSES FREQUENCES

- **CHAMP STATIC - 0 Hz**
 - Nausées, vertiges, gout métallique dans la bouche
 - Apparaissent quand on se déplace dans le champ (>1m/s)
 - Du fait des courants induits circulant dans la tête
- **CHAMP MAGNETIQUE et ELECTRIQUE - 1 à 400 Hz**
 - Magnétosphènes
 - Modifications passagères et mineures de certaines fonctions cérébrales
 - Exposition de la tête

LES EFFETS vs LA FREQUENCE

▶ EFFET SUR LA SANTE EN BASSES FREQUENCES

- 1 Hz à 10 MHz
 - STIMULATION ELECTRIQUE DES TISSUS (muscles, nerfs) du système nerveux central et périphérique
 - Exposition de toute partie du corps entier

LES EFFETS vs LA FREQUENCE

- ▶ **EN HAUTES FREQUENCES - 100 KHz à 6 GHz**
 - ECHAUFFEMENT DES TISSUS en PROFONDEUR
 - **DEBIT D'ABSORPTION SPECIFIQUE - DAS en W/Kg**
 - EFFET SANITAIRE pour $+1^{\circ}\text{C}$ (Corps Entier)
 - $\text{DAS} = 4 \text{ W/Kg}$

- ▶ **EN TRES HAUTES FREQUENCES - 6 GHz à 300 GHz**
 - ECHAUFFEMENT des TISSUS en SURFACE
 - (profondeur de pénétration décroît quand la fréquence augmente)
 - **DENSITE DE PUISSANCE SURFACIQUE - W/m^2**

LES EFFETS vs LA FREQUENCE

▶ EFFET SENSORIEL EN HAUTES FREQUENCES

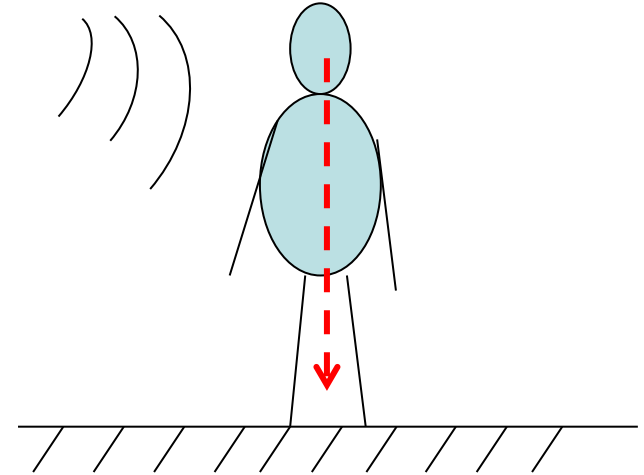
- ABSORPTION SPECIFIQUE D'ENERGIE LOCALE - 300 MHz à 6 GHz
 - EFFETS AUDITIF / CLIC
 - PERCEPTIBLE en CHAMP PULSE (ex : RADAR)
 - Possibilité de lésions si répété

LES EFFETS vs LA FREQUENCE

▶ AUTRES EFFETS

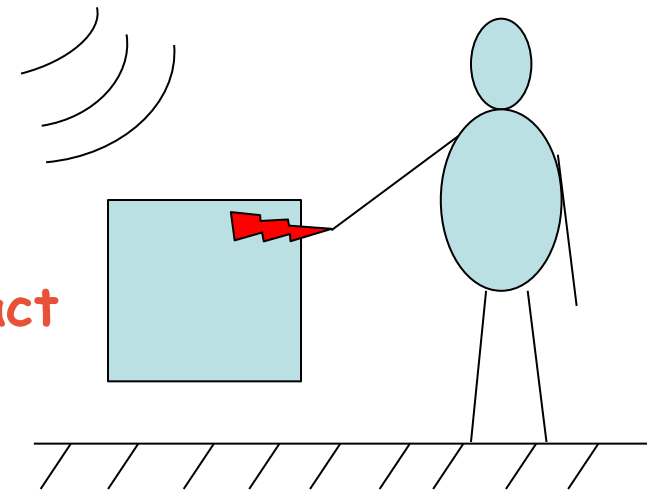
➤ COURANTS INDUITS

- Dans le corps ou les organes
- Sous l'effet d'un champ E ou H
- Entre 10 et 110 MHz



➤ COURANTS DE CONTACT

- Contact avec une installation isolée de la terre et soumise à un champ
- Décharge à travers le corps
- Risque de brûlure au point de contact
- En général: désagrément / gêne



▶ AUTRES EFFETS: INDIRECTS

- **ATTRACTION/PROJECTION D'OBJET CONDUCTEURS**
 - Sous l'effet d'un champ **STATIC INTENSE**
- **DECHARGE D'ETINCELLES**
 - Entre 2 parties d'installation dont une est isolée
 - Entre une installation isolée de la terre et une personne
 - Risques divers:
 - Avec une personne: gêne / brûlure localisée
 - Incendie / explosion (site ATEX)

LES EFFETS vs LA FREQUENCE

- ▶ **CAS DES PORTEURS DE DISPOSITIFS MEDICAUX ACTIFS**
 - ▶ **Risque de dysfonctionnement par perturbation électromagnétique**
 - ▶ **Inhibition ou déclenchement intempestif ou modification des réglages**
 - ▶ **Concerne les DM implantés ou portés près du corps**
 - ▶ **Stimulateurs cardiaques, pacemakers, pompes à insuline, implants cochléaires...**

LES EFFETS vs LA FREQUENCE

► CAS DES PORTEURS D'IMPLANTS ACTIFS

- Stimulateurs cardiaques et défibrillateurs
- Sensibilité variable selon le fabricant, le model, le paramétrage
 - Exemple risque : fermeture du relai Reed (détection des tachycardie ventriculaires et des fibrillations auriculaires désactivées)
 - Echauffement des tissus au contact avec les sondes du fait de courants induits (vrai aussi pour implants passifs conducteurs)
- Ex : Boston :
 - E 50 Hz : 1KV/m ou 4 KV/m
 - H 50 Hz : 0,1 mT
 - STATIC : 1 mT
- Ex : Medtronic:
 - E 50 Hz : 6 KV/m
 - E > 150 KHz : 100 V/m
 - STATIC : 0,5 mT

LES EFFETS vs LA FREQUENCE

▶ CAS DES FEMMES ENCEINTES ou ALLAITANTES

▶ Des études ont montré un risque sur le développement du système nerveux de l'enfant à naître

▶ Pour des champs BF

▶ Risque d'hyperthermie en HF

▶ Pas de risque connu en champ STATIC (IRM)

▶ Pas de risque pour une exposition < Limites PUBLIQUES

(tableau des limites publiques, voir décret 2002-775
Ou la REC 1999/519/CE)

REGLEMENTATION

- ▶ **DECRET 2016-1074 du 3 aout 2016 et ARRETE du 5/12/16**
 - ▶ **Fixe des limites (VLE et VA) pour les effets directes et indirectes**
 - **Expo > VA : Prévention et protection pour réduire l'expo**
 - **Expo > VLE: INTERDITE**
 - ▶ **Impose l'analyse des risques**
 - **Désignation d'un salarié compétent**
 - **Analyse des risques sur base documentaires en priorité**
 - ▶ **Prend en compte les travailleurs à risques particuliers**
 - **Femmes enceintes**
 - **Porteurs de DM actifs ou non, implantables ou non**
 - **Les jeunes de moins de 18 ans**
 - ▶ **Prévoit une dérogation spécifique aux IRM**
 - **Dépassement des VLE sensorielle sous conditions**
 - **Dépassement des VLE Santé sous conditions et très encadrées**

LES EFFETS et LES LIMITES

VLE

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

SEULES VLE VERIFIABLES AU POSTE DE TRAVAIL

LES EFFETS et LES LIMITES

VA EFFETS DIRECTS

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_{Leff}) (5)			
			VA (E_{eff}) (2) (3)	VA basse (6)	VA haute (6)	Exposition des membres à un champ magnétique localisé	Dans une extrémité quelconque		
$1 \text{ Hz} \leq f < 8 \text{ Hz}$	Effets non thermiques	$2 \times 10^4 \text{ V.m}^{-1}$	$2 \times 10^5 / f^2 \text{ } \mu\text{T}$	$3 \times 10^5 / f \text{ } \mu\text{T}$	$9 \times 10^5 / f \text{ } \mu\text{T}$	-			
$8 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$			$2.5 \times 10^4 / f \text{ } \mu\text{T}$			-			
$25 \text{ Hz} \leq f < 50 \text{ Hz}$			$1 \times 10^3 \text{ } \mu\text{T}$			-			
$50 \text{ Hz} \leq f < 300 \text{ Hz}$			$1 \times 10^6 / f \text{ V.m}^{-1}$			$3 \times 10^5 / f \text{ } \mu\text{T}$	$9 \times 10^5 / f \text{ } \mu\text{T}$	-	
$300 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$								-	
$1,64 \text{ kHz} \leq f < 2,5 \text{ kHz}$								-	
$2,5 \text{ kHz} \leq f < 3 \text{ kHz}$			$6,1 \times 10^2 \text{ V.m}^{-1}$			$1 \times 10^2 \text{ } \mu\text{T}$	$3 \times 10^5 / f \text{ } \mu\text{T}$	$9 \times 10^5 / f \text{ } \mu\text{T}$	-
$3 \text{ kHz} \leq f < 100 \text{ kHz}$			-						
$100 \text{ kHz} \leq f < 1 \text{ MHz}$ (7)			Effets thermiques			$6,1 \times 10^2 \text{ V.m}^{-1}$ (non thermique et thermique)	$1 \times 10^2 \text{ } \mu\text{T}$ (non thermique) $2 \times 10^6 / f \text{ } \mu\text{T}$ (thermique)	$3 \times 10^3 \text{ } \mu\text{T}$	-
$1 \text{ MHz} \leq f < 10 \text{ MHz}$ (7)						$6,1 \times 10^2 \text{ V.m}^{-1}$ (non thermique) $6,1 \cdot 10^3 / f \text{ V.m}^{-1}$ (thermique)			-
$10 \text{ MHz} \leq f < 110 \text{ MHz}$	61 V.m^{-1}	$0,2 \text{ } \mu\text{T}$		-	100 mA				
$110 \text{ MHz} \leq f < 400 \text{ MHz}$	Effets thermiques	$3 \times 10^{-3} f^{1/2} \text{ V.m}^{-1}$	$1 \times 10^{-3} f^{1/2} \text{ } \mu\text{T}$	-	-				
$400 \text{ MHz} \leq f < 2 \text{ GHz}$					-				
$2 \text{ GHz} \leq f < 300 \text{ GHz}$					$1,4 \times 10^2 \text{ V.m}^{-1}$	$4,5 \times 10^{-1} \text{ } \mu\text{T}$	-	-	

LES EFFETS et LES LIMITES

VA EFFETS INDIRECTS

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

(1) La fréquence f est exprimée en hertz (Hz) à l'exception de la valeur déclenchant l'action pour les courants de contact dans la gamme de fréquences comprises entre 2,5 et 100 kilohertz où elle est exprimée en kilohertz

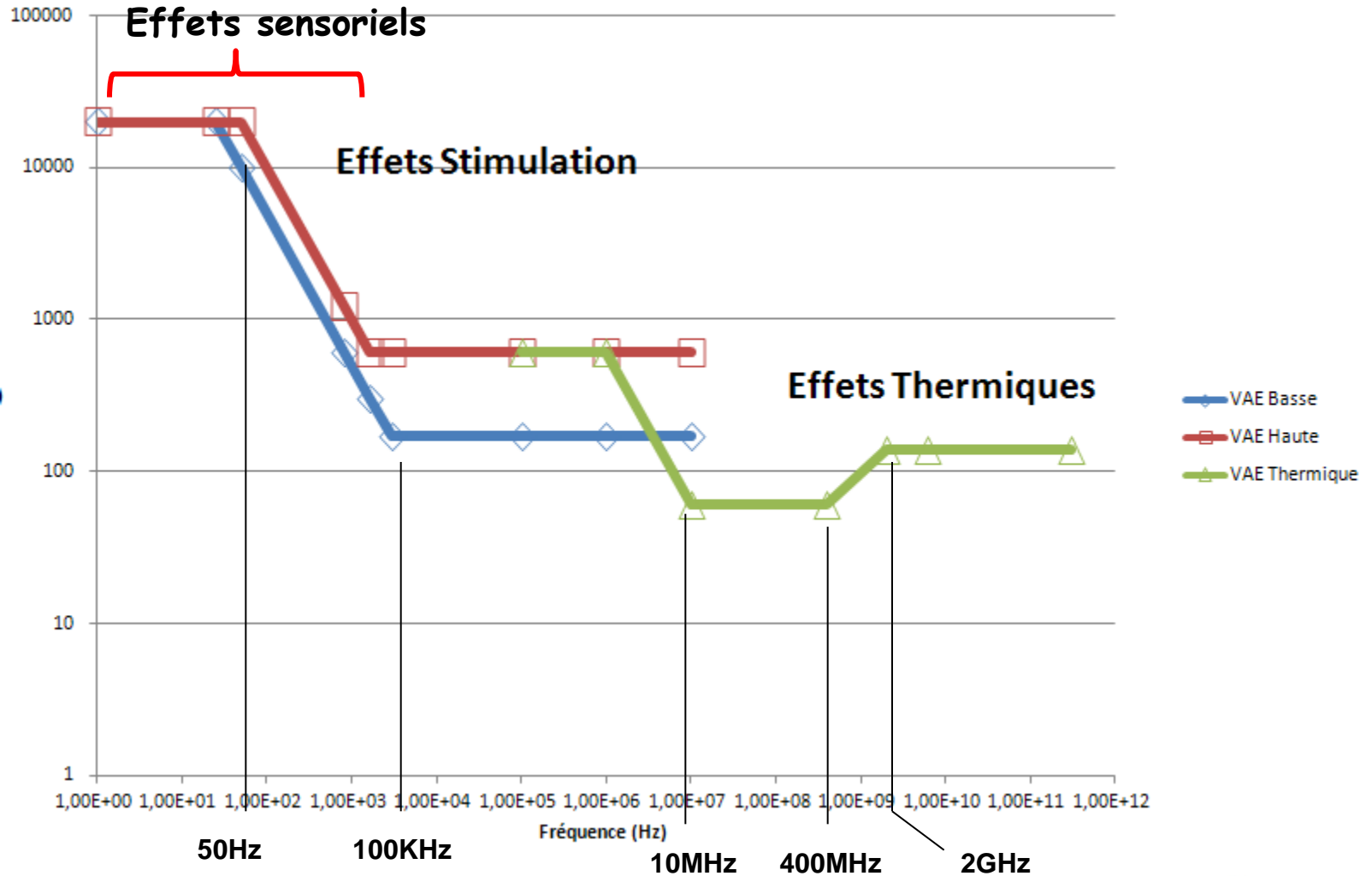
(2) Les valeurs déclenchant l'action pour une exposition à des champs magnétiques statiques sont des valeurs d'induction magnétique exprimées en millitesla

(3) Les valeurs déclenchant l'action pour la limitation du risque de décharges d'étincelles sont des valeurs d'intensité de champ électrique exprimées en volt par mètre

(4) Les valeurs déclenchant l'action pour les courants de contact sont exprimées en milliampère

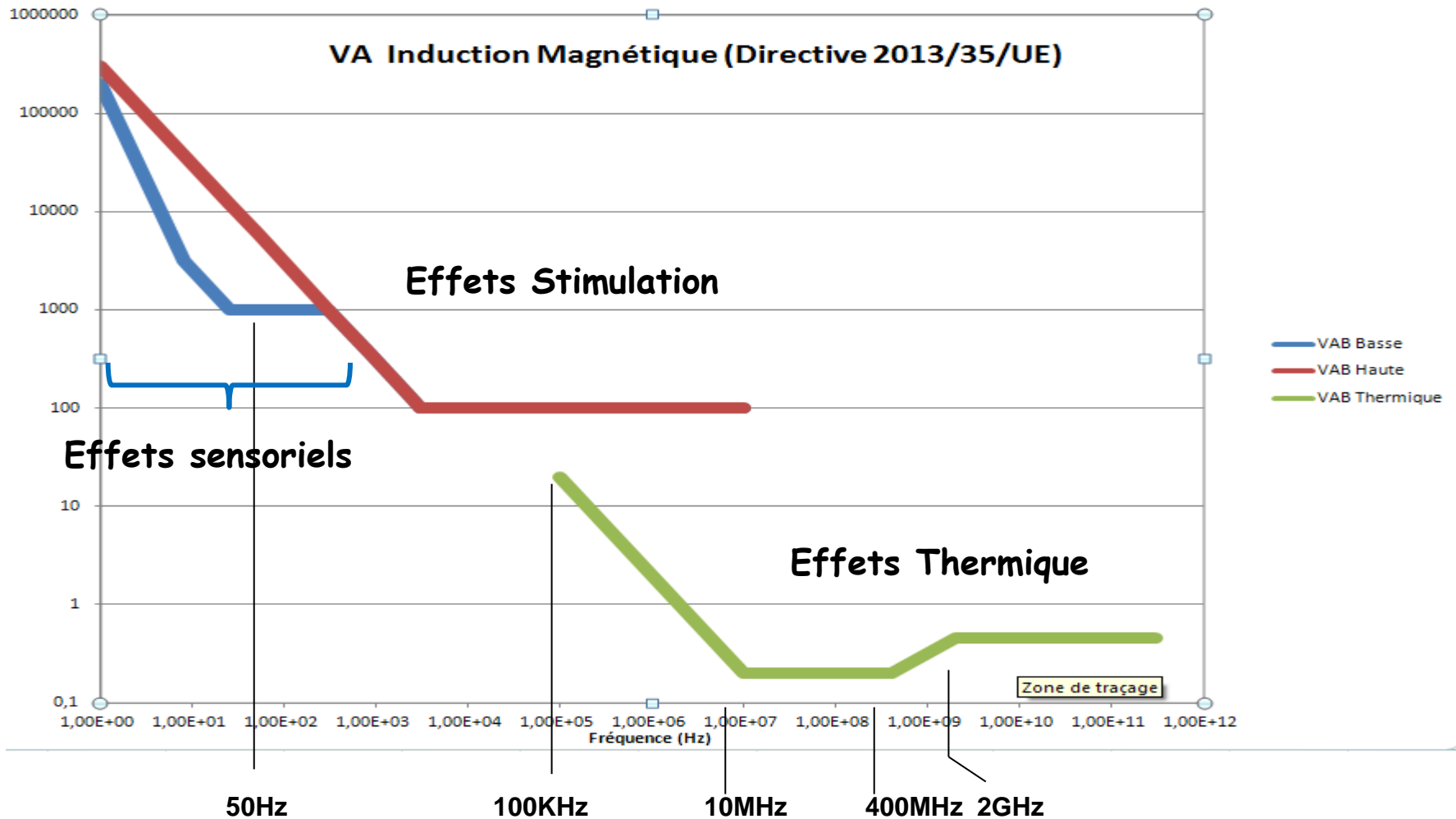
LES EFFETS et LES LIMITES

VALEURS DECLENCHANT L'ACTION - VA Champ ELECTRIQUE (V/m)



LES EFFETS et LES LIMITES

VA induction MAGNETIQUE - μT



EXEMPLES

VA (E) ET (B) POUR QUELQUES FRÉQUENCES REMARQUABLES:

- ▶ **STATIC (0 HZ) IRM** **VLE Sensorielle 2T** **VLE Santé 8T**
- ▶ **F = 50 HZ** **VA(EB) = 10 KV/m** **VA(EH) = 20 KV/m**
VA(BB) = 1mT **VA(BH) = 6mT**
- ▶ **F = 27 MHZ (PRESSE HF)** **VA(E) = 61 V/m** **VA(B) = 0,2 μT**
- ▶ **F = 64 OU 128 MHZ (IRM)** **VA(E) = 61 V/m**
- ▶ **F > 2000 MHZ** **VA(E) = 140 V/m**
- ▶ **EX: F = 2450 MHZ (WIFI, FOURS μONDE)** **VA(E) = 140 V/m**
F = 2200 MHZ (3G)



ANALYSE DES RISQUES

➤ Documentaire / Outils (Guide Européen, outils INRS...)



Tableau 3.2



OSERAY

- Devrait couvrir 90% des situations de travail
- **ATTENTION: les réponses OUI/NON sont en référence aux limites fixées pour le public**

➤ Si besoin d'analyse complémentaire : Mesures ou Calcul

- **Matériel spécifique - cher**
- **Compétences**
- **Méthodes (normes, protocoles...)**

S'adresser à un LABORATOIRE de MESURE

ATTENTION :

- Certains dispositifs médicaux portés près du corps peuvent être perturbé par des champs < Limites PUBLIQUES
 - Doivent respecter la Dir. Dispositifs Médicaux 93/42/CE et la normes EN 60601-1-2 qui fixe des **critères d'immunité**:
 - **Champ H à 50 Hz < 3 A/m (3,8 μ T)**
 - **Champ E entre 80 et 2500 MHz < 3 V/m**
 - **Equipements d'assistance vitale : 10 V/m entre 80 et 2500 MHz**
 - En cas de doute, voir les spécifications d'immunité au cas par cas avec le médecin du travail et le médecin « Responsable »

- **PREVENTION & PROTECTION** : si VA ou VLE dépassées
 - **ELOIGNEMENT** = Le plus efficace
 - **ECRAN** : efficacité variable selon la fréquence, B ou E
 - **REDUCTION A LA SOURCE** :
 - Dépend du process (courant, tension, durée)
 - Fabricant
 - **LIMITATION DES ACCES**
 - Signalisation
 - Barrières matérielles

CAS de l'IRM

- Champ STATIQUE permanent; champ électrique HF seulement pendant l'imagerie



► CAS DE L'IRM

- **CHAMP STATIC: 0 Hz**
 - Effets sensoriels pour $B > 2T$
 - Effet sanitaire pour $B > 8T$ (corps entier ou extrémités)
 - Attraction d'objets ferromagnétiques: DANGER

- **CHAMP RF: 63,9 MHz (IRM 1,5T) et 128 MHz (IRM 3T)**
 - Echauffement sans danger pour les IRM actuelles
 - Echauffement est MAX dans les membres, cou et tête
 - Echauffement des objets conducteurs: brulures patient

- **GRADIENTS DE CHAMP:**
 - Effet lié aux courants induits: picotements, douleurs, contractions MAIS pas de retour des travailleurs IRM

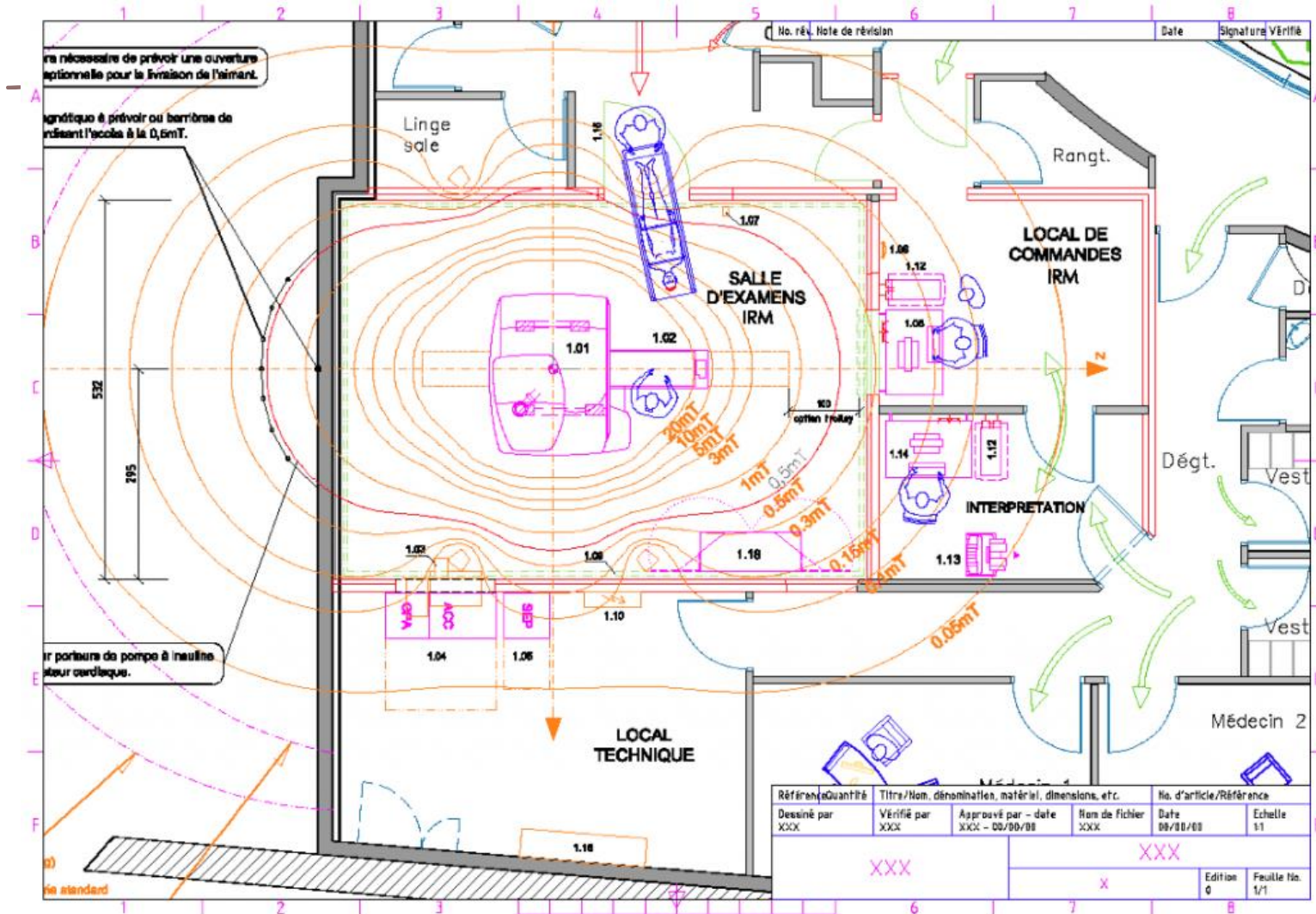
- **ATTRACTION/PROJECTION D'OBJET CONDUCTEURS**
 - Sous l'effet d'un champ STATIC INTENSE ($> 100 \text{ mT}$)

LES EFFETS

▶ **EXEMPLE:** ATTRACTION/PROJECTION D'OBJET FERROMAGNETIQUES



EN PRATIQUE : CHAMP MAGNETIQUE STATIQUE



REGLES DE SECURITE

IRM



Champ magnétique FMN



Champ de radiofréquence



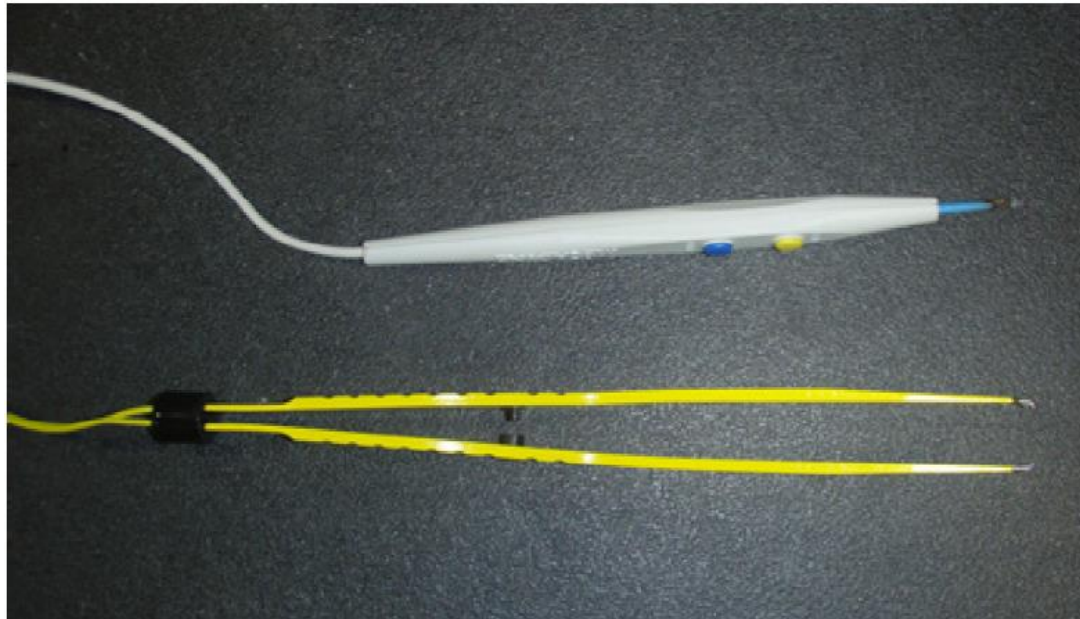
- ❑ CAS de l'IRM (Suite)

VOIR AUSSI :

<http://www.mrisafety.com/>

□ CAS des APPAREILS D'ELECTROCHIRURGIE

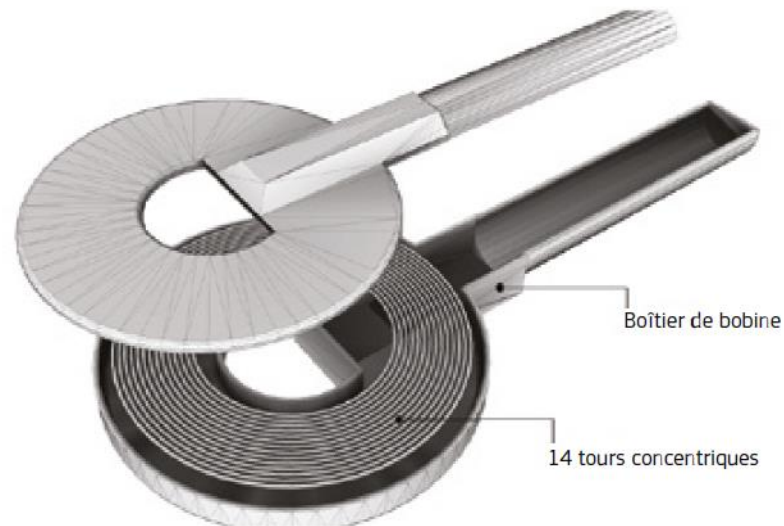
- Fréquence de travail de 300 KHz à 1 MHz
- Dépassement des Limites Publiques en champ E à $d < 30$ cm
- Pas de dépassement des VA en champ H et E



- Risque pour les porteurs de DM

❑ CAS des APPAREILS DE STIMULATION MAGNETIQUE TRANSCRANIENNE

- Fréquence de travail de $< 1\text{Hz}$ à $> 5\text{Hz}$
- Dépassement des Limites Publiques en champ H à $d > 2\text{ m}$
- Dépassement des VA et VLE en champ H à $< 1\text{m}$



- Risque pour les porteurs de DM et femmes enceintes
- Prévoir manipulateur à distance pour le médecin

□ CAS des APPAREILS DE STIMULATION MAGNETIQUE TRANSCRANIENNE

Protection = DISTANCE



- **CAS des APPAREILS DE DIATHERMIE à ONDES COURTES**
 - Fréquence de travail = 27,1 MHz
 - 2 techniques: (A) Capacitive ou (B) Inductive
 - Dépassement des VA en champ H à 2 m pour (A) et 1m (B)



- Risque pour les porteurs de DM et femmes enceintes
- Zonage
- Ne pas rester dans le local pendant le traitement

□ CAS DU WIFI

□ $F = 2450$ ou 5000 MHz / $VA(E) = 140$ V/m Limite Publique = 61 V/m

□ Puissance réglementaire maxi = 100 mW = $0,1$ W

□ Champ $E = \frac{\sqrt{30 \cdot 0,1}}{d}$ ← $E = \frac{\sqrt{30 \cdot P}}{d}$

□ À 40 cm : $E = 4,3$ V/m

□ En pratique : puissance réellement émise = 50% = 50 mW

À 40 cm : $E = 3$ V/m

❑ CAS DU WIFI 2,4 ou 5 GHz

d tête = 0,4m / E1 = 3 V/m

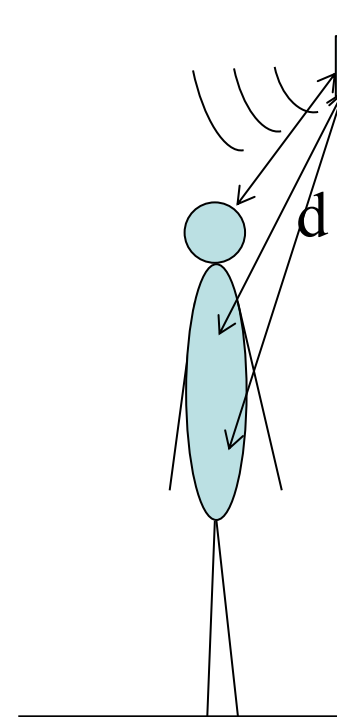
d torse = 0,80m / E2 = 1,5 V/m

d bassin = 1,2m / E3 = 1 V/m

$$E_{\text{moy}} = \frac{\sqrt{E1^2 + E2^2 + E3^2}}{\sqrt{3}} = 2 \text{ V/m}$$

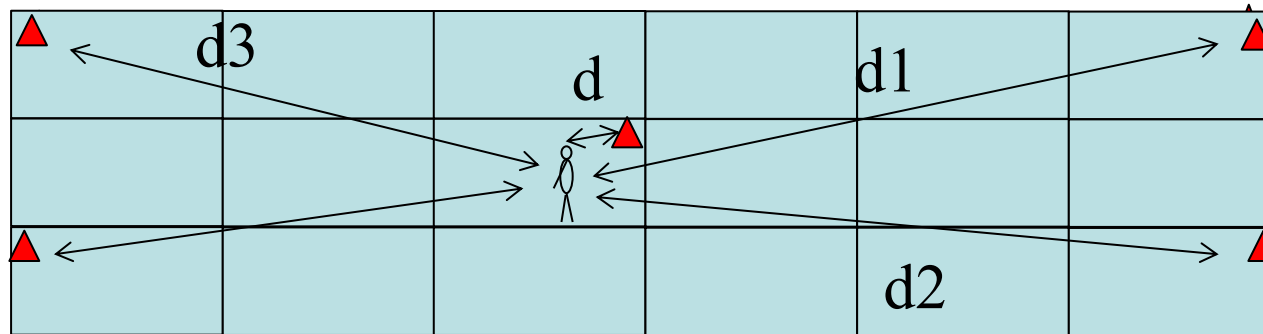
À comparer à la VA = 140 V/m

Ou la limite publique de 61 V/m



➔ **Conclusion: pas de risque d'échauffement**

□ CAS DU WIFI « et lorsqu'il y a plusieurs Hotspots ? »



$D = 40 \text{ cm}$; $D1 = 17 \text{ m}$; $D2 = 15 \text{ m}$; $D3 = 10 \text{ m}$; $D4 = 12 \text{ m}$

$E = 2 \text{ V/m}$; $E1 = 0,07 \text{ V/m}$; $E2 = 0,08$; $E3 = 0,12 \text{ V/m}$; $E4 = 0,1 \text{ V/m}$

LE CHAMP TOTAL RECU :

$$E_{\text{total}} = \sqrt{E^2 + E1^2 + E2^2 + E3^2 + E4^2} = 2,009 \text{ V/m} \ll 61 \text{ ou } 140 \text{ V/m}$$

❑ CAS DU WIFI / CONCLUSIONS

- Seule l'exposition à une source proche est significative
- L'exposition est toujours << VA ou limites publiques
- **ATTENTION:**
 - Porteurs de DISPOSITIFS MEDICAUX ACTIFS
 - Personnels de maintenance
 - Exposition > Immunité des DM à très courte distance
 - **INFORMER LES TRAVAILLEURS CONCERNES**

A RETENIR

- ✓ VLE non vérifiables simplement sauf en champ **STATIC**
- ✓ Si VA dépassées : mesures de réduction du champ
- ✓ Les DM actifs sont perturbés pour des champs $< VA$ et parfois $< \text{Limites Publiques}$
- ✓ Analyse des risques avec Salarié Compétent
- ✓ Expo $> VLE$ Sens : Désignation d'un Conseiller à la Prévention des risques EM

A RETENIR

- ✓ En BF les effets sont INSTANTANES
- ✓ En HF: Evaluation de l'expo: moyenne sur 6mn
 - ✓ Possibilité ↗ l'expo SI durée plus courte
- ✓ En BF s' intéresser à l'exposition de la tête pour les effets sensoriels et de la tête et du tronc pour les effets Santé
- ✓ En BF et HF si l'exposition est inhomogène (source proche) : mesures moyennées sur 3 hauteurs

LA REGLEMENTATION

Pour en savoir plus !

- ▶ **RÉCOMMANDATION DU CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES DU 12 JUILLET 1999 (1999/519/CE)**
 - Limitation de l'exposition du PUBLIC aux champs électromagnétiques de 0 Hz à 300 GHz

- ▶ **DÉCRET DU 3 MAI 2002 N° 2002-775 :**
 - Traduit partiellement en droit français la recommandation européenne 1999/519/CE et donne les valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques

- ▶ **ARRETE DU 8 OCT 2003**
 - Relatif aux informations à destination des consommateurs pour les équipement terminaux radioélectriques
 - DAS indiqué sur la notice; Recommandations pour les porteurs d'implants et conseils pour la réduction de l'exposition (kit main libre, éviter l'usage dans les parking sous terrain, ascenseurs...)

LA RÉGLEMENTATION

► Arrêté du 8 octobre 2003 (2eme arrêté):

- Fixe les spécifications applicables aux équipements terminaux radioélectriques
- Mise en service et utilisation que si ils respectent les spécifications de l'annexe

FRÉQUENCE (f)	DAS moyen corps entier (W/kg)	DAS local tête et tronc (W/kg)	S (W/m ²)
100 KHz - 10 GHz	0,08	2	
10 GHz - 300 GHz			10

DAS : débit d'absorption spécifique.
S : densité de puissance.
W/kg : watts par kilogramme.
W/m² : watts par mètre carré.

▶ Arrêté du 12 Oct 2010

- Affichage du DAS des téléphones mobiles
- Dans toute publicité
- Sur les lieux de vente

▶ Arrêté du 17 mai 2001

- Relatif aux conditions auxquelles doivent satisfaire les réseaux de distribution d'énergie électrique (lignes haute tension, transformateurs...)
- **Art 12 bis : Champs électromagnétique**
- Dans les lieux normalement accessibles par le public : **$E < 5 \text{ KV/m}$ et $H < 100\mu\text{T}$**

▶ Décret 2011 - 1697 du 1/12/2011

- Ouvrage de réseaux publics d'électricité
- Art 26,27,28 et 29 : Contrôle des champs électromagnétique à la charge du gestionnaire du réseau
- Lignes de tension $> 50 \text{ KV}$
- **Contrôle obligatoire** doit être terminé le 31/12/2017

LES SOURCES DE CHAMP

Pour en savoir plus !

Site INRS

Collection des fiches
ED 4200 et suivantes

MERCI DE VOTRE ATTENTION