



www.cram-fr.fr

# **LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES et LES RISQUES POUR L'HOMME**



Médecins du travail - Marseille - 1er avril 2008



www.cram-lr.fr

# LES CENTRES DE MESURES PHYSIQUES



## C.R.A.M

### 2 DOMAINES

**RETRAITE**

**SANTE**

**Retraite des salariés  
et  
transfert  
des données sociales**

### 3 MISSIONS

**Risques  
professionnels**

**Action  
sanitaire  
et  
sociale**





www.cram-fr.fr

# LES CENTRES DE MESURES PHYSIQUES

**PREVENTION - TARIFICATION  
des RISQUES PROFESSIONNELS**

Service  
Prévention

Service  
Tarification

**Documentation**

**Groupes  
Techniques**

**Formation**

**C.I.M.P.**



Médecins du travail - Marseille - 1er avril 2008



www.cram-lr.fr

# LES CENTRES DE MESURES PHYSIQUES

TA / PR

**C.I.M.P.**

- **EVALUATION  
DES NUISANCES PHYSIQUES**
- **CONSEILS  
D'AMELIORATION**



# UN GROUPE DE TRAVAIL sur les R.N.I.

**C.M.P.**

**I.N.R.S.**

**GROUPE  
R.N.I**

- ELABORATION DE PROTOCOLES DE MESURES
- BASE DE DONNEES D'EXPOSITIONS



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

- **LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES (O.E.M.)**
- **LES EFFETS et LES RISQUES POUR L'HOMME**
- **LA REGLEMENTATION**
- **LA PREVENTION**
- **EXEMPLES EN MILIEU PROFESSIONNEL**
- **QUESTIONS - CONCLUSION**





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

**FONT PARTIE INTEGRANTE DE NOTRE  
ENVIRONNEMENT**

## DEUX ORIGINES :

- **NATURELLE :** champ magnétique terrestre,  
rayonnement émis par notre corps,  
par les étoiles,  
ou lors de la chute de la foudre.
- **ARTIFICIELLE :**
  - **DOMESTIQUE :** lignes électriques, radiotéléphones,  
fours à micro-ondes,  
plaques de cuisson à induction,  
tout appareil électroménager...
  - **PROFESSIONNELLE :** de nombreuses industries  
mettent en œuvre le principe  
de l'électromagnétisme.





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## EXEMPLES D'EXPOSITION

	NATURELLE	DOMESTIQUE	PROFESSIONNELLE
<b>Statique</b>	<b>50 <math>\mu</math>T 130 V/m</b>	<b>2,5 T (IRM)</b>	<b>30 mT 50 kV/m</b>
<b>50 Hz</b>	<b>10-12 pT 1 mV/m</b>	<b>30 <math>\mu</math>T 20-200 V/m</b>	<b>130 <math>\mu</math>T 0,03-1 kV/m</b>
<b>R. F. H. F.</b>	<b>3 mW/cm<sup>2</sup> émission du corps humain</b>	<b>50 <math>\mu</math>W/m<sup>2</sup> GSM 100 V/m</b>	<b>variable selon l'application</b>



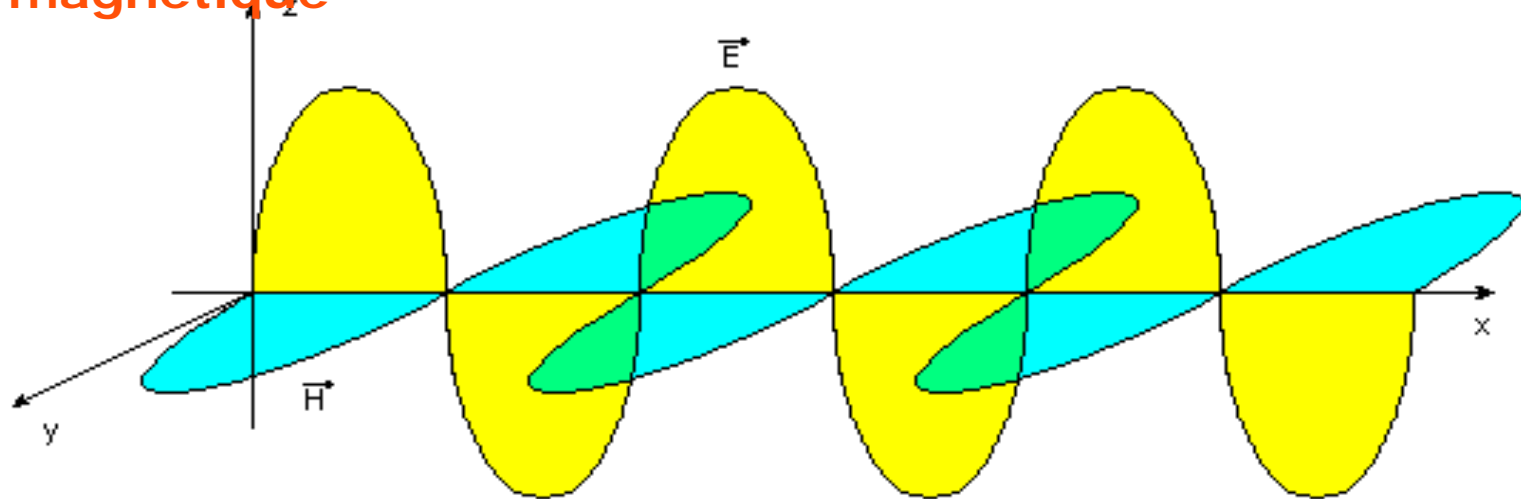


# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## DEFINITION

### Transfert énergétique

sous forme d'un **champ électrique** couplé à un **champ magnétique**



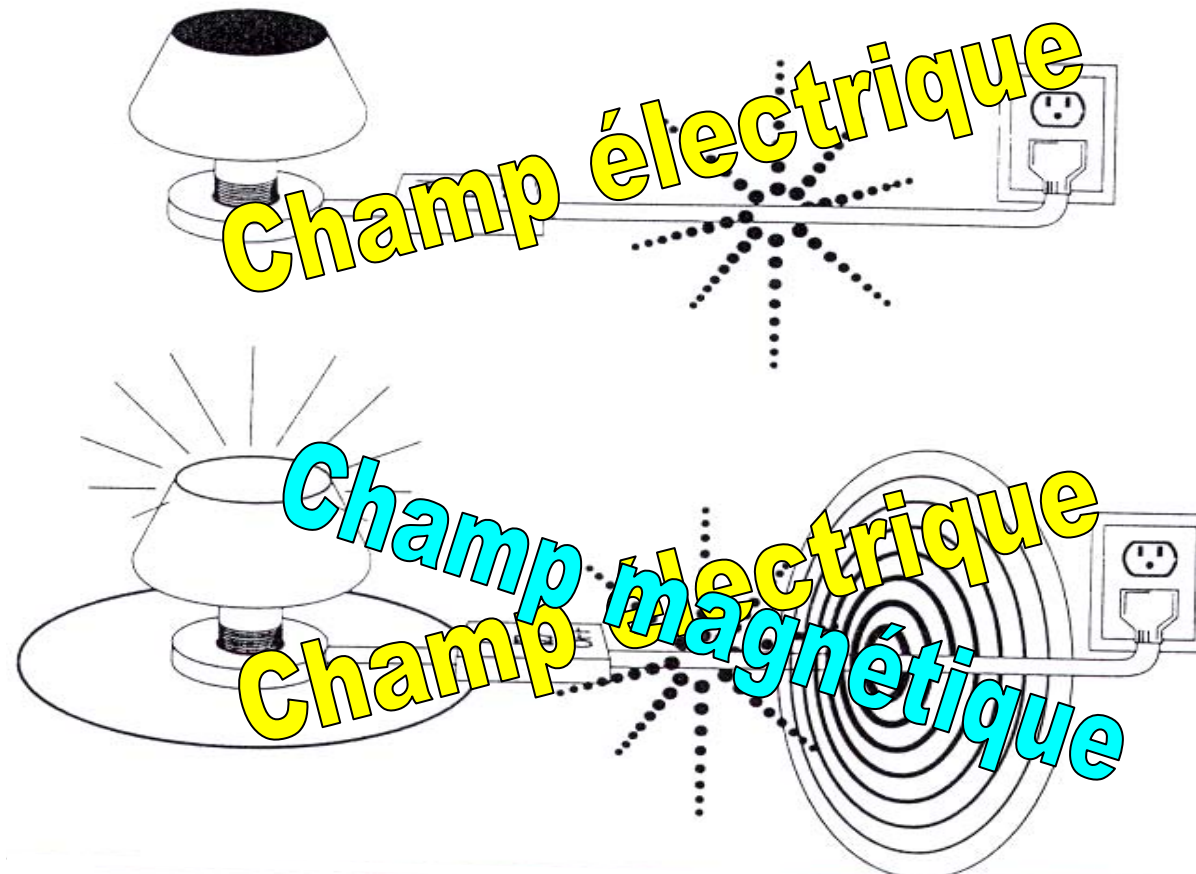
Les deux champs se propagent de façon ondulatoire, perpendiculairement l'un à l'autre dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation.



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## DEFINITION





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CARACTERISTIQUES

Elles se caractérisent  
par deux grandeurs physiques :

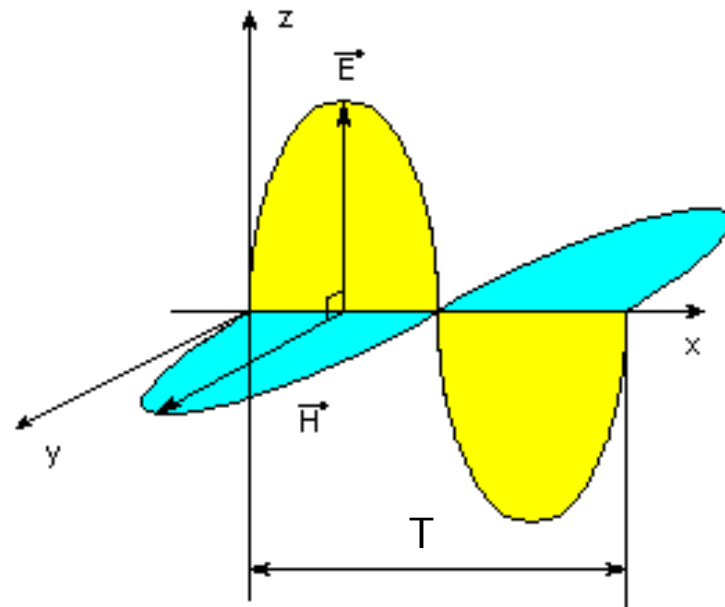
- leur **FREQUENCE** ou leur **LONGUEUR D'ONDE**
- leur **INTENSITE**
  - **INTENSITE** du **CHAMP ELECTRIQUE**
  - **INTENSITE** du **CHAMP MAGNETIQUE**

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CARACTERISTIQUES

SA LONGUEUR D'ONDE  $\lambda$  en m  
ou

SA FREQUENCE  $f$  en Hertz (Hz)



$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$c = 2,98 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CARACTERISTIQUES

- **INTENSITE** de Champ Electrique **E**  
qui s'exprime en V/m
- **INTENSITE** de Champ Magnétique **H**  
qui s'exprime en A/m
- **DENSITE** de flux magnétique  
(ou induction magnétique) **B**  
qui s'exprime en T (V.s/m<sup>2</sup>)

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



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CARACTERISTIQUES

- **DENSITE DE PUISSANCE SURFACIQUE S**  
qui s'exprime en  $W/m^2$
- **DEBIT D'ABSORPTION SPECIFIQUE D.A.S.**  
qui s'exprime en  $W/kg$



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CARACTERISTIQUES

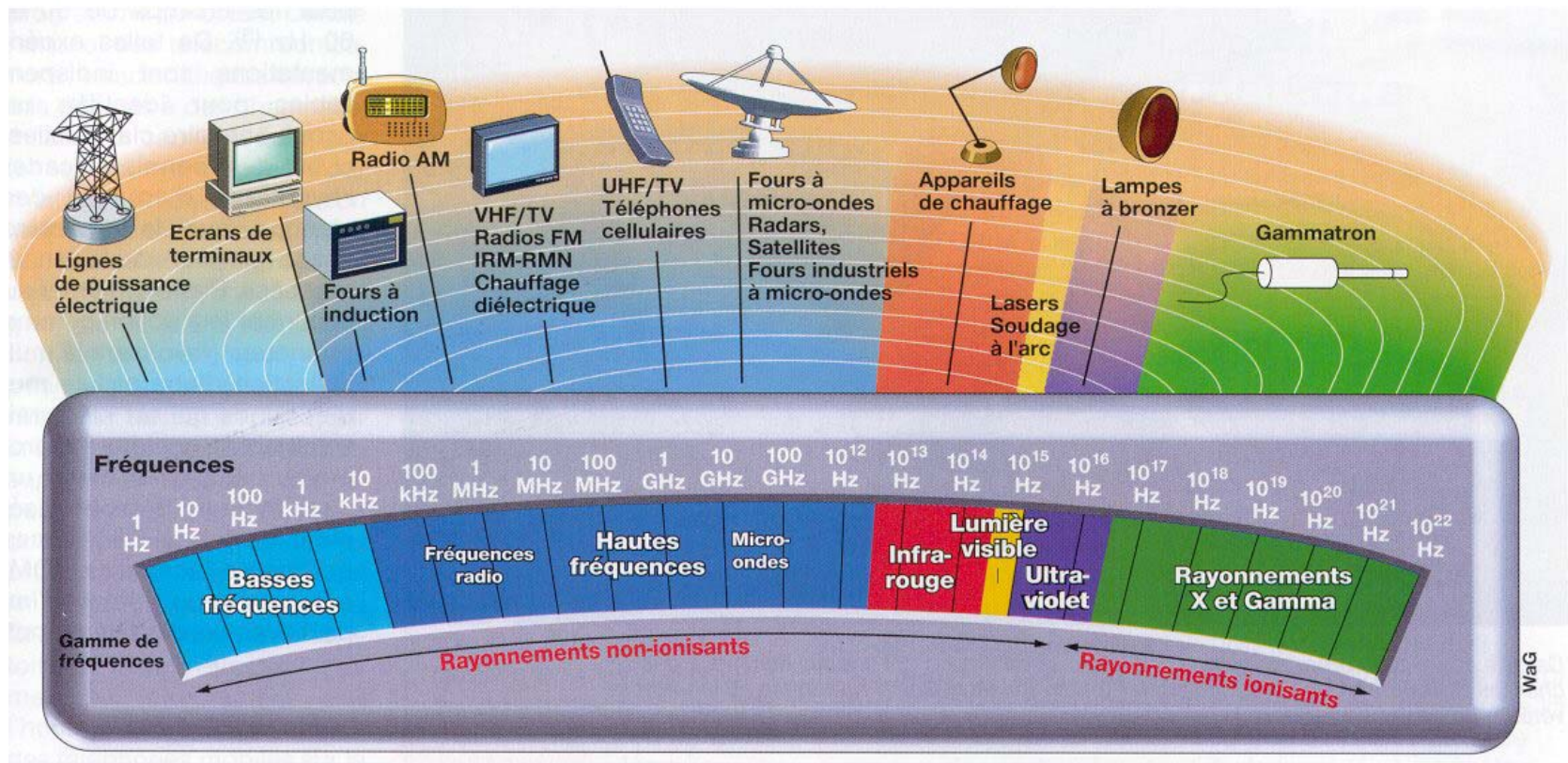
### Grandeurs mesurées

	0 à 10 kHz	10 kHz à 800 MHz	800 MHz à 300 GHz
Grandeur mesurée	Induction magnétique B	Champ électrique E et/ou champ magnétique H	Densité de puissance surfacique S
Unité	T	V/m A/m	mW/cm <sup>2</sup>



# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## REPARTITION FREQUENTIELLE



WaG





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## REPARTITION FREQUENTIELLE

GAMME DU SPECTRE	SIGLES	LONGUEURS D'ONDES $\lambda$	FREQUENCES
Extrêmes Basses Fréquences	ELF	> 30 km	> 0 Hz à 10 kHz
Radiofréquences	VLF LF MF HF VHF	10 à 30 km 1 à 10 km 100 à 1000 m 10 à 100 m 1 à 10 m	10 à 30 kHz 30 à 300 kHz 300 kHz à 3 Mhz 3 à 30 MHz 30 à 300 MHz
Hyperfréquences ou micro-ondes	UHF SHF EHF	10 cm à 1 m 1 à 10 cm 1 mm à 1 cm	300 MHz à 3 Ghz 3 à 30 GHz 30 à 300 GHz



[www.cram-lr.fr](http://www.cram-lr.fr)

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## Où les trouve-t-on ?





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## 6 GRANDES FAMILLES DANS L'INDUSTRIE

- **Champ magnétique statique**
- **Champs basses fréquences 50 Hz (ELF)**
- **Champs moyennes fréquences (Induction)**
- **Champs RF à 27 MHz (Presses HF)**
- **Champs hyperfréquences à 2,45 GHz (micro-ondes)**
- **Télécommunications**





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CHAMP MAGNETIQUE STATIQUE

- Dans l'industrie → ELECTROLYSE
- Dans le milieu médical → IRM

**Courant continu**



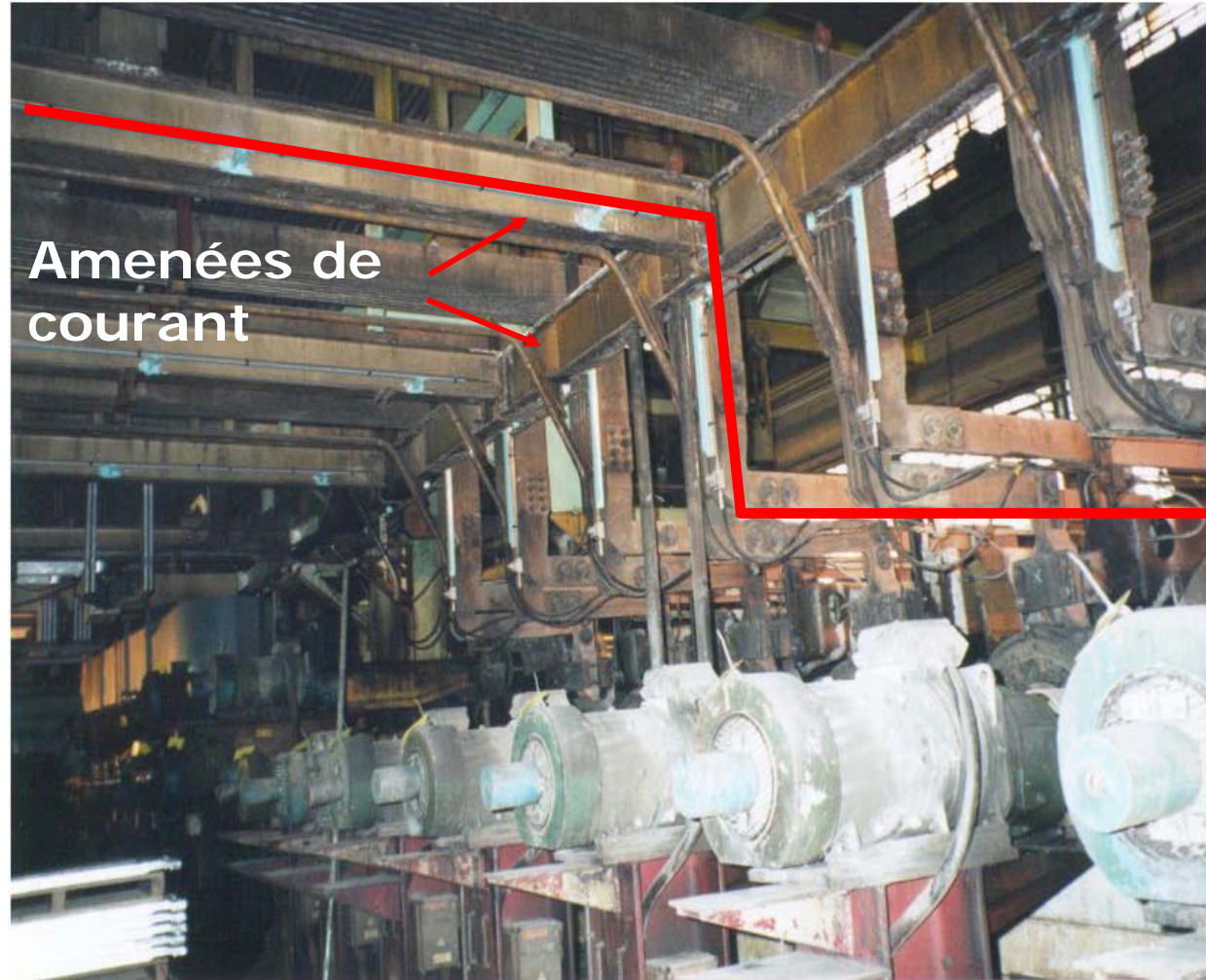


www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

STATIQUE

ELECTROLYSE



Médecins du travail - Marseille - 1er avril 2008





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

**STATIQUE**

**I.R.M.**



Médecins du travail - Marseille - 1er avril 2008



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CHAMP BASSE FREQUENCE ELF

- Distribution de l'électricité
- Soudage

**50 Hz**



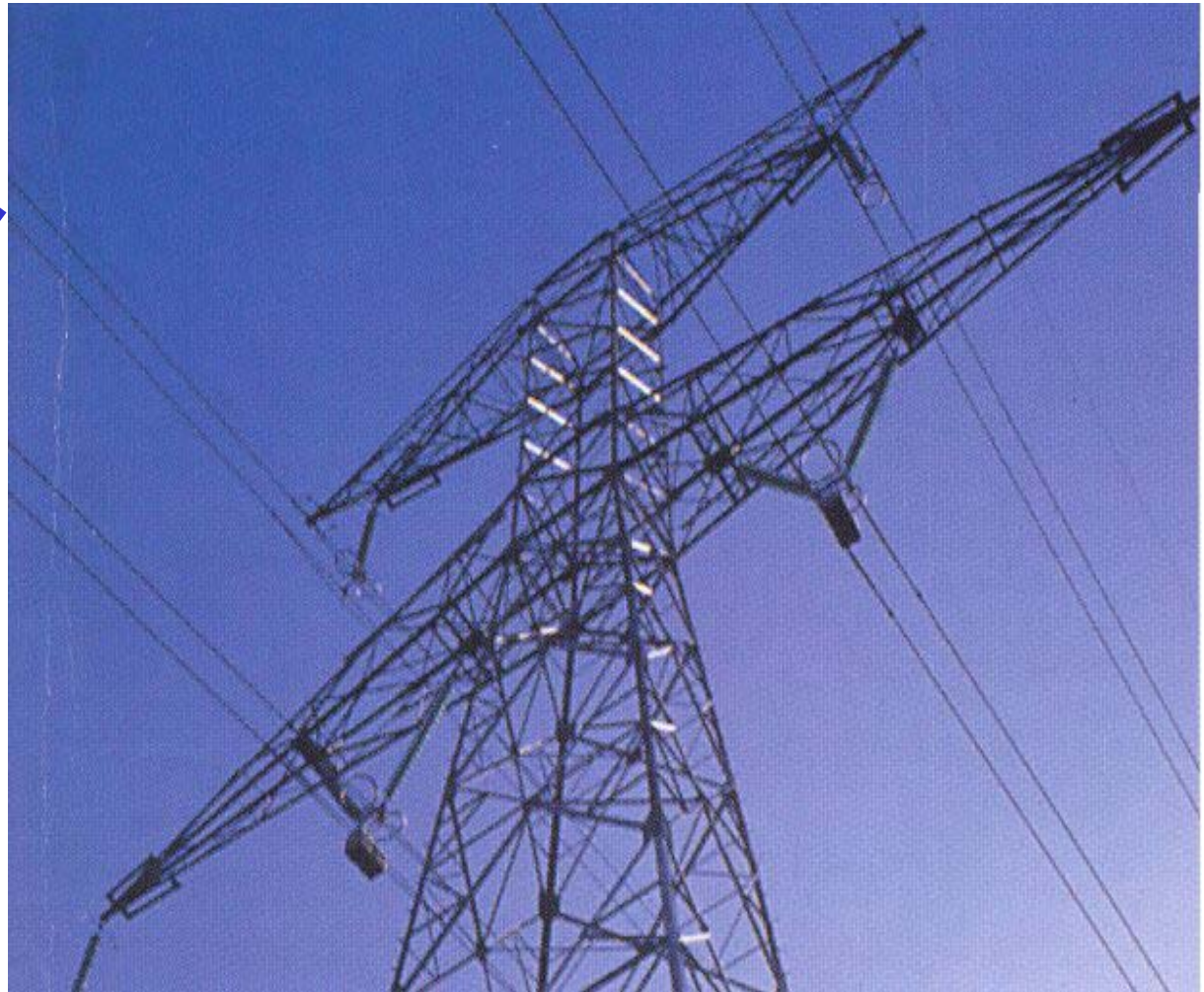


www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

**ELF**

**DISTRIBUTION  
DE L'ELECTRICITE**





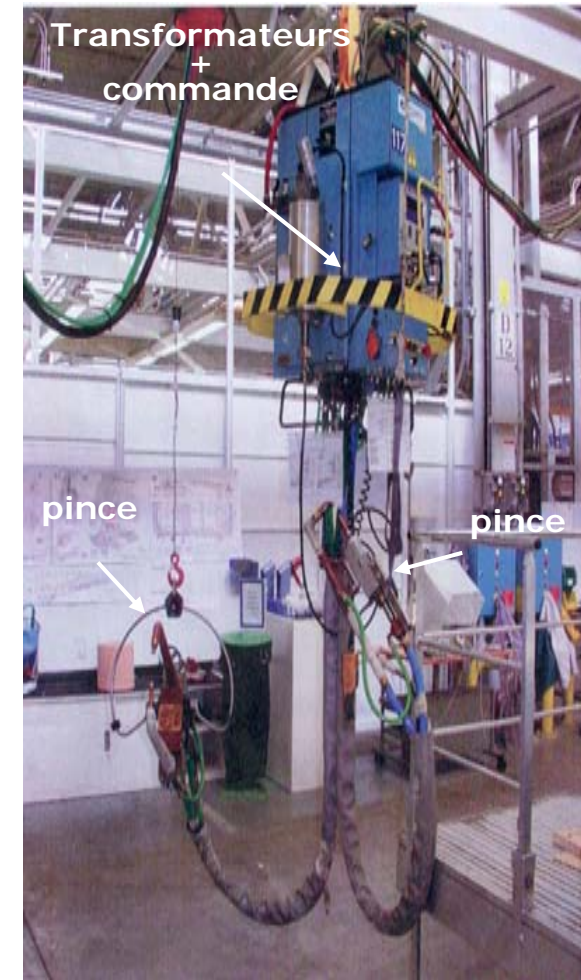
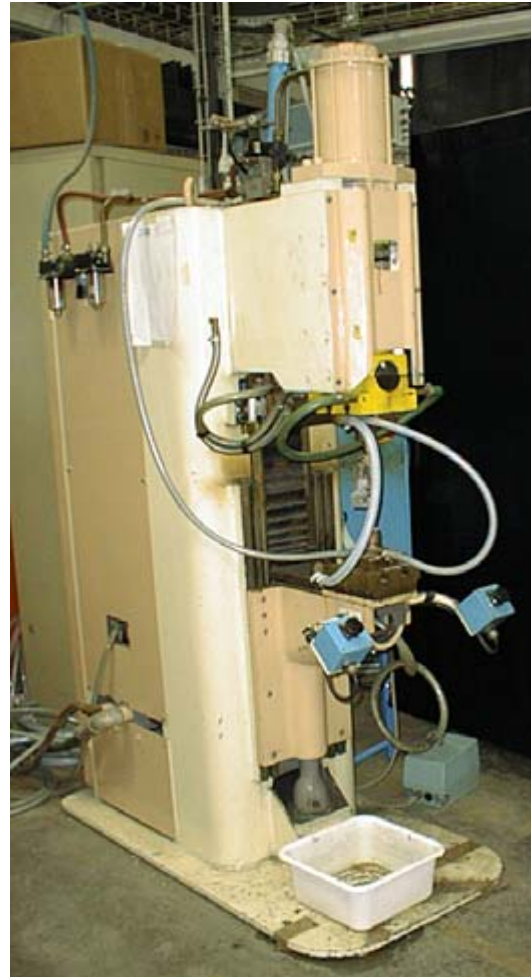


www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

ELF

SOUDAGE



l'Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CHAMP MOYENNE FREQUENCE

- Effet d'induction
- Matériaux conducteurs
- Chauffage / fusion de métaux

**De quelques Hz à 3 MHz**



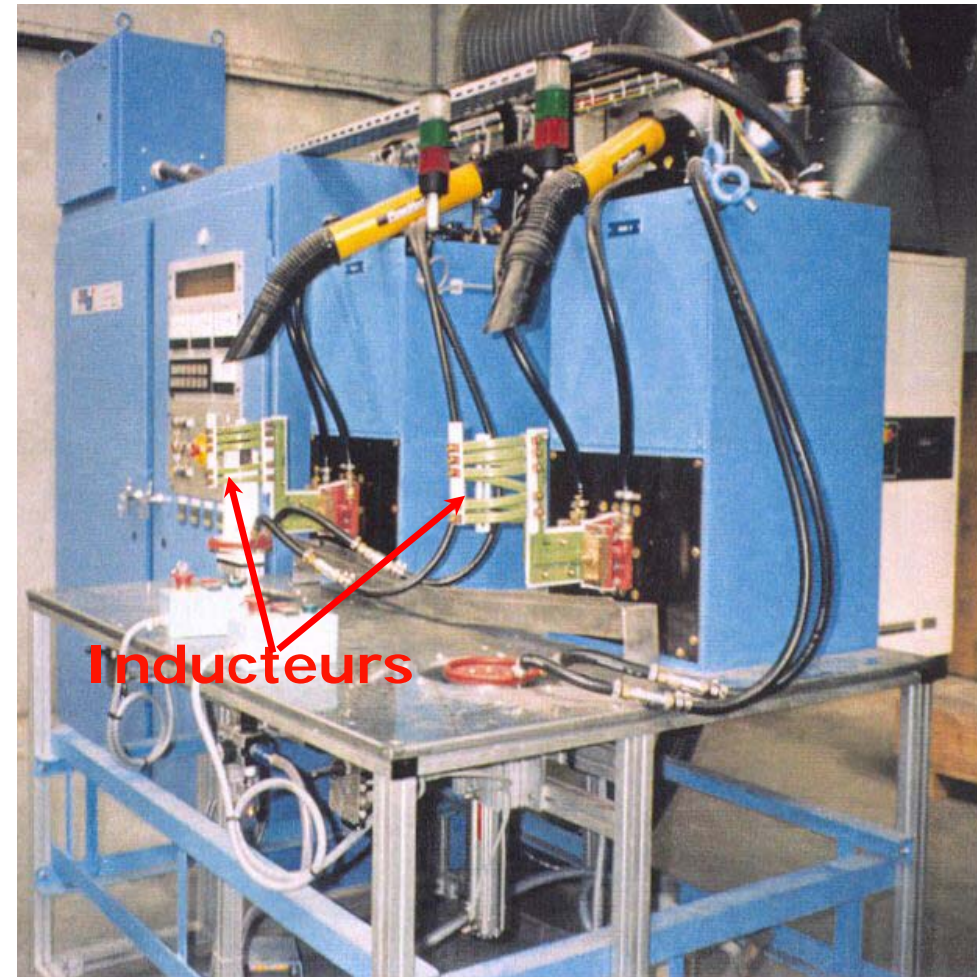


www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

**MOYENNE  
FREQUENCE**

**CHAUFFAGE  
PAR INDUCTION**



Médecins du travail - Marseille - 1er avril 2008





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

**MOYENNE  
FREQUENCE**

**FOUR DE FUSION**



Médecins du travail - Marseille - 1er avril 2008



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CHAMP HAUTE FREQUENCE

- Effet diélectrique
- Matériaux isolants
- Soudage / chauffage

**27 MHz**





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

HAUTE FREQUENCE

PRESSE HF

Applicateur





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## HAUTE FREQUENCE

PRESSE HF



Médecins du travail - Marseille - 1er avril 2008







www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

HAUTE FREQUENCE

SECHAGE DU BOIS







www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CHAMPS HYPER FREQUENCE (MICRO-ONDES)

- Magnétron
- Chauffage des molécules d'eau
- Décongélation / séchage / chauffage

**2,45 GHz**



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

**MICRO-ONDES**

**FOUR DE  
VULCANISATION**



Médecins du travail - Marseille - 1er avril 2008



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## TELECOMMUNICATIONS

- Antennes
- Transmissions hertziennes
- TV/Radio/CB/Téléphonie

**Du Hertz à plusieurs GHz**





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## TELECOMMUNICATIONS

EMISSION  
SATELLITAIRE



STATION  
HERTZIENNE







www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## TELECOMMUNICATIONS

# RADIOTELEPHONIE



Médecins du travail - Marseille - 1er avril 2008



[www.cram-fr.fr](http://www.cram-fr.fr)

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## La réglementation





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

EXPOSITION PROFESSIONNELLE

**DIRECTIVE EUROPEENNE**

2004/40/CE du 29/4/04

Agents physiques

Champs électromagnétiques

Valeurs limites d'exposition

Valeurs déclenchant l'action





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## EXPOSITION PROFESSIONNELLE

### VALEURS LIMITEES D'EXPOSITION

Fréquence	Densité de courant pour la tête et le tronc J (mA/m <sup>2</sup> )	Moyenne DAS pour l'ensemble du corps (W/kg)	Densité de puissance S (W/m <sup>2</sup> )
Jusqu'à 1 Hz	40	-	-
1-4 Hz	40/f	-	-
4-1000 Hz	10	-	-
1 – 100 kHz	f/100	-	-
0,1 – 10 MHz	f/100	0,4	-
10 MHz – 10 GHz	-	0,4	-
10 – 300 GHz	-	-	50

#### DAS localisée :

- tête et tronc : 10 W/kg
- membres : 20 W/kg







www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## EXPOSITION PROFESSIONNELLE

### VALEURS DECLENCHANT L'ACTION

Fréquence	Intensité de champ électrique en V/m	Intensité de champ magnétique en A/m	Induction magnétique en $\mu\text{T}$	Densité de puissance en $\text{W}/\text{m}^2$
Jusqu'à 1 Hz	-	$1,63 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	-
1-8 Hz	20000	$1,63 \cdot 10^5/f^2$	$2 \cdot 10^5/f^2$	
8-25 Hz		$2 \cdot 10^4/f$	$2,5 \cdot 10^4/f$	
0,025 – 0,82 kHz		500/f	20/f	
0,82 – 2,5 kHz	610	24,4	30,7	
2,5 – 65 kHz		1600/f	2000/f	
65 – 100 kHz				
0,1 – 1 MHz				
1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	
10 – 110 MHz	61	0,16	0,2	
110 – 400 MHz				
400 – 2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	$0,01f^{1/2}$	f/40
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## Les risques et les effets pour l'homme





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

LES EFFETS ET LES RISQUES LIES

**R.N.I.  $\neq$  R.I.**

**IONISANT**

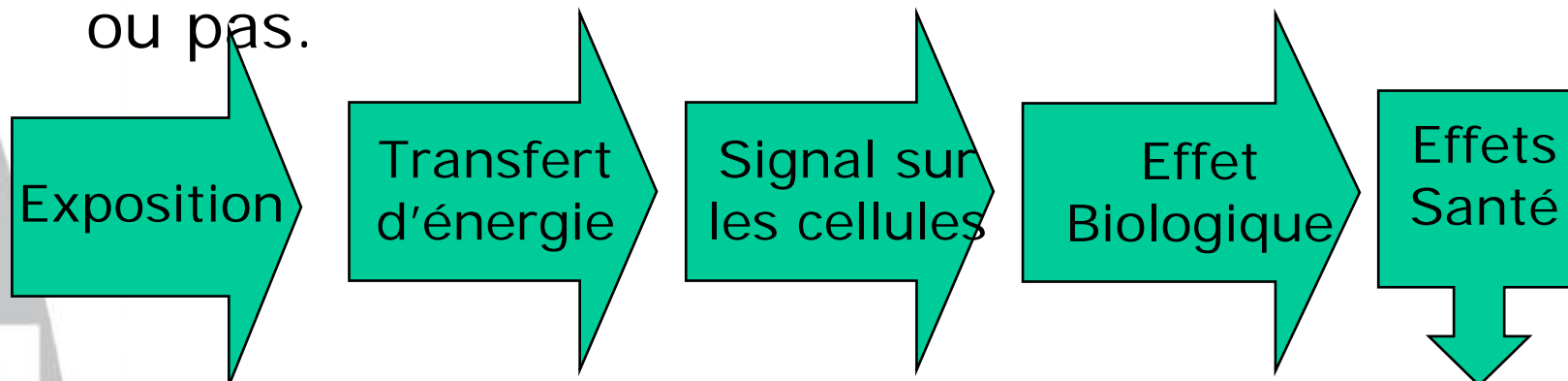
Énergie de 13,6 eV



# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## PRINCIPES THEORIQUES

- Pour provoquer des effets sur la santé, les champs électromagnétiques doivent *interagir* avec la matière vivante et induire des *effets en transférant leur énergie*.
- Ce phénomène génère un *signal* sur les cellules et produit une *réponse de l'organisme* nuisible ou pas.





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## LES TYPES D'INTERACTIONS

### INTERACTIONS

**Perturbations électromagnétiques**

Normes de résistance (CEM) des équipements



**Biologiques**

**Exposition faible**

Aucun effet sanitaire démontré

**Exposition forte**

Effet sanitaire démontré

Normes d'exposition des personnes





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## LES EFFETS ET LES RISQUES LIES

### DEPENDENT :

- de la **FREQUENCE**
- de l'**INTENSITE**
- du type de **CHAMP** :
  - Electrique
  - Magnétique
- des tissus traversés





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## LES EFFETS LIES CHAMPS STATIQUES

- Champ électrique statique :
  - perception au niveau de la peau, et plus particulièrement au niveau des poils et des cheveux
    - seuil de perception 20 kV/m
    - sensations désagréables vers 25 kV/m
- Champ magnétique statique :
  - modification de l'électrocardiogramme (onde T)
  - sensibilité de l'épiphyse (chez le pigeon et chez le rat)
  - orientation de bactéries magnéto-tactiles
- **Blessure par projection d'objets**





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## LES EFFETS LIES

## CHAMPS ELF

- Champ électrique et champ magnétique ELF  
induisent dans le corps des courants
- Champ magnétique ELF :
  - modifications de l'EEG (Crasson, 1999)
  - magnétosphènes (perception de tâches lumineuses)  
pour une fréquence optimale de 20 Hz  
et une intensité  $> 10$  mT
  - Magnothérapie : traitement de la pseudarthrose par des champs magnétiques pulsés avec des fréquences porteuses de 4, 60 et 80 kHz émises sous forme d'impulsions basse fréquence de 17 à 72 Hz.





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## LES EFFETS LIES

## CHAMPS ELF

## COURANTS INDUITS

1 -10 mA/m <sup>2</sup>	Effets biologiques mineurs (transitoires et peu reproductibles)
10 -100 mA/m <sup>2</sup>	Effets visuels et nerveux - Consolidation fractures pathologiques
100 -1000 mA/m <sup>2</sup>	Stimulation des tissus excitables, peut être nocif pour la santé
> 1000 mA/m <sup>2</sup>	<b>Fibrillation, danger majeur</b>





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## LES EFFETS LIES CHAMPS RADIOFREQUENCES

### LES EFFETS PRINCIPAUX

- Effet thermogène :

les OEM sont absorbées par les tissus vivants et s'y dégradent en chaleur

- hyperthermie
- céphalée quand la tête se situe dans le faisceau
- Courants induits par l'intermédiaire d'une masse métallique exposée à un champ électrique

décharge électrique lors du contact, et dans l'industrie, risque d'accident par lâcher d'objet.







www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## LES EFFETS LIES

### CHAMPS RADIOFREQUENCES

- Effets non thermogènes :
  - Pathologies neurovégétatives
    - Exposition professionnelles chroniques
      - Asthénie physique, psychique, insomnies, etc...
      - Mais relation de cause à effet non clairement établie
  - Pathologies « subjectives »
    - Migraines , fatigue, gêne , sensation d'étau, etc...
  - Electro Encéphalogramme, sommeil, stress
    - Modifications EEG mineures
    - En fonction des études : pas d'effet ou réveil précoce
    - Pas d'effet sur les hormones neuro-endocriniennes
  - Barrière hémato-encéphalique (BHE)
    - Environ 40 études RF: 50% positives(niveaux thermiques)
    - Perméabilité de la BHE





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## A RETENIR

- Toutes sortes de facteurs environnementaux sont capables de produire des effets biologiques. " Effet biologique " n'est pas synonyme de " danger pour la santé".
- A basse fréquence, les champs électriques et magnétiques extérieurs engendrent des courants de faible intensité qui circulent dans l'organisme.
- Le principal effet des radiofréquences est un échauffement des tissus exposés.
- Une exposition de courte durée à des champs électromagnétiques très intenses peut être dangereuse pour la santé. Les craintes concernent surtout les éventuels effets à long terme.
- Des études internationales ont été lancées par l'OMS dans le but d'apporter une réponse objective et scientifiquement validée (cancers et champs électromagnétiques produits par les lignes HT ou les générateurs de radiofréquences)





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## SUIVI MEDICAL

- Visite médicale
- Aucun examen sanguin ou urinaire n'est justifié
- Type de personnel exposé
  - Sans ATCD
  - Porteurs d'implants actifs ou passifs
  - Femmes enceintes
  - ATCD cancer
- Devant l'apparition de symptômes : Test du retrait temporaire
- Cas de pathologie professionnelle





[www.cram-fr.fr](http://www.cram-fr.fr)

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## La Prévention



Médecins du travail - Marseille - 1er avril 2008



www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## LA PREVENTION

### 3 NIVEAUX DE PROTECTION

- Réduction de l'émissivité
- Eloignement et limitation d'exposition
- Protection individuelle





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## LA PREVENTION PROTECTION PAR REDUCTION D'EMISSIVITE

### ECRANS ET BLINDAGES

- Ecrans de protection **fermés** pendant l'utilisation
- Blindages correctement **positionnés** et **vissés**
- **Optimisation** des réglages





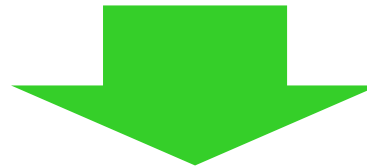


www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

LA PREVENTION  
PROTECTION PAR ELOIGNEMENT

LES CHAMPS **DECROISSENT** AVEC LA **DISTANCE**



L'**ELOIGNEMENT** du **POSTE DE TRAVAIL**

par rapport à la **SOURCE**

est une **SOLUTION EFFICACE**





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## LA PREVENTION PROTECTION INDIVIDUELLE

- EN DERNIER RECOURS
- UTILISEE A BON ESCIENT





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## LA PREVENTION LES PORTEURS D'IMPLANT ACTIF

Les systèmes électroniques :

- peuvent être **PERTURBES** (CEM)
- sont plus **SENSIBLES** que le corps humain

Apposition du logo  
d'avertissement aux  
porteurs de stimulateur  
cardiaque





[www.cram-fr.fr](http://www.cram-fr.fr)

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## Exemples





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## EXEMPLE EN MILIEU PROFESSIONNEL TELECOMMUNICATIONS

### Pylône de télécommunications





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## EXEMPLE EN MILIEU PROFESSIONNEL TELECOMMUNICATIONS



PARABOLE



ANTENNE RATEAU



PARABOLE

Emission FM



ANTENNES PANNEAUX

Téléphonie mobile

Réception TV



ANTENNES PANNEAUX

Emission TV

PARABOLE 13 GHz

Médecin

**VDA la plus basse = 61 V/m**



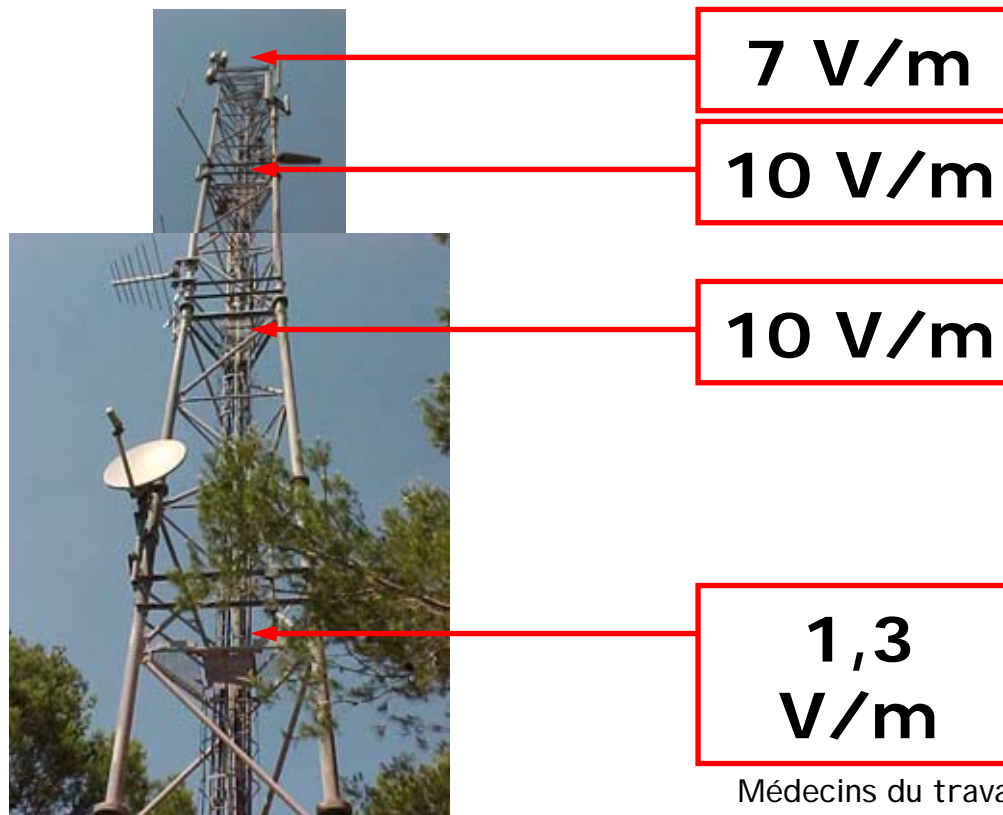




www.cram-tr.fr

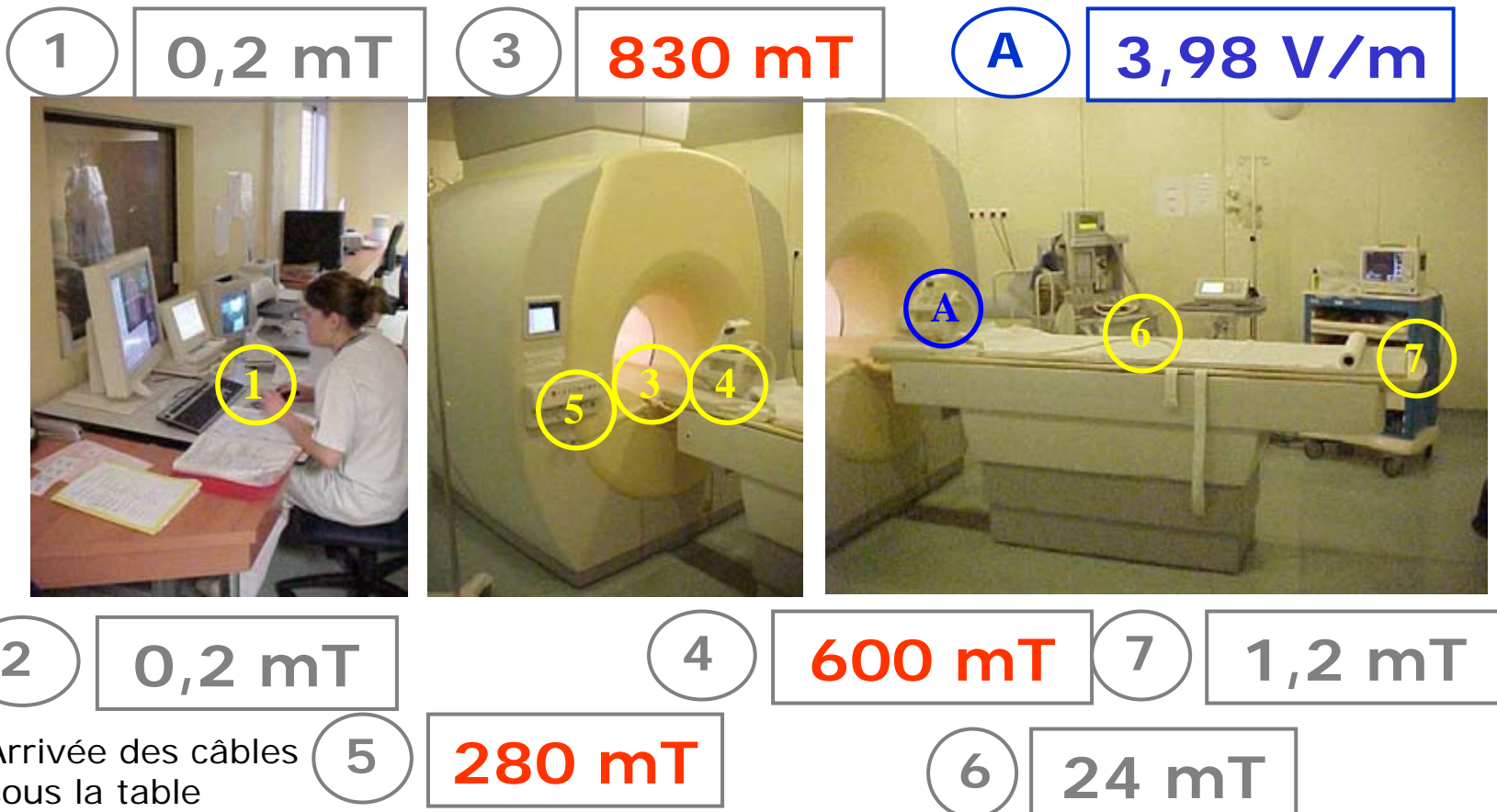
# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## EXEMPLE EN MILIEU PROFESSIONNEL TELECOMMUNICATIONS



# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## EXEMPLE EN MILIEU PROFESSIONNEL MEDICAL





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## EXEMPLE EN MILIEU PROFESSIONNEL MEDICAL



1

0,2 mT

**Inférieure à 200 mT**

**1/1000<sup>ème</sup>  
de la VDA**

2

0,2 mT



# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## EXEMPLE EN MILIEU PROFESSIONNEL MEDICAL



3

830 mT

4

200 mT

5

280 mT

**Inférieure à 200mT**

Endroits  
accessibles  
par les mains

**SEULEMENT**



www.cram-fr.fr

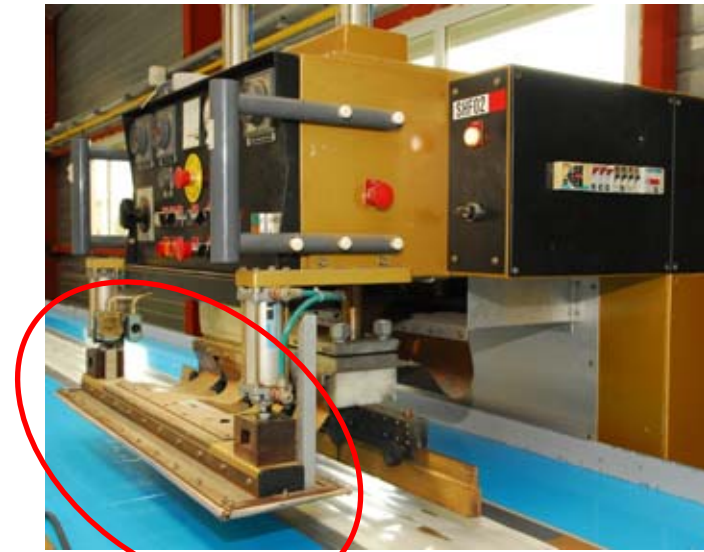
# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## EXEMPLE EN MILIEU PROFESSIONNEL INDUSTRIE DU PLASTIQUE



~~PATIN DE MASSE~~

**137 V/m**



PATIN DE MASSE

**36 V/m**

Le niveau de référence est de **61 V/m**

Médecins du travail - Marseille - 1er avril 2008





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

- QUESTIONS
- CONCLUSION







www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CONCLUSIONS GENERALES

**RISQUE FAIBLE A PRIORI**



EXPOSITIONS ACCIDENTELLES  
PORTEURS D'IMPLANTS ACTIFS





www.cram-fr.fr

# LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

## CONCLUSIONS GENERALES

- Les champs électromagnétiques :
  - sont **CONNUS**
  - sont **MESURABLES**
- Il est possible de s'en **protéger**
- Des **études sur leurs effets à long termes** sont en cours et restent à faire

