



# CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET SANTÉ

DES EFFETS DES ONDES SUR LES GAMÈTES ET LES EMBRYONS....



23/03/22

DR AMÉLIE MASSARDIER-PILONCHÉRY

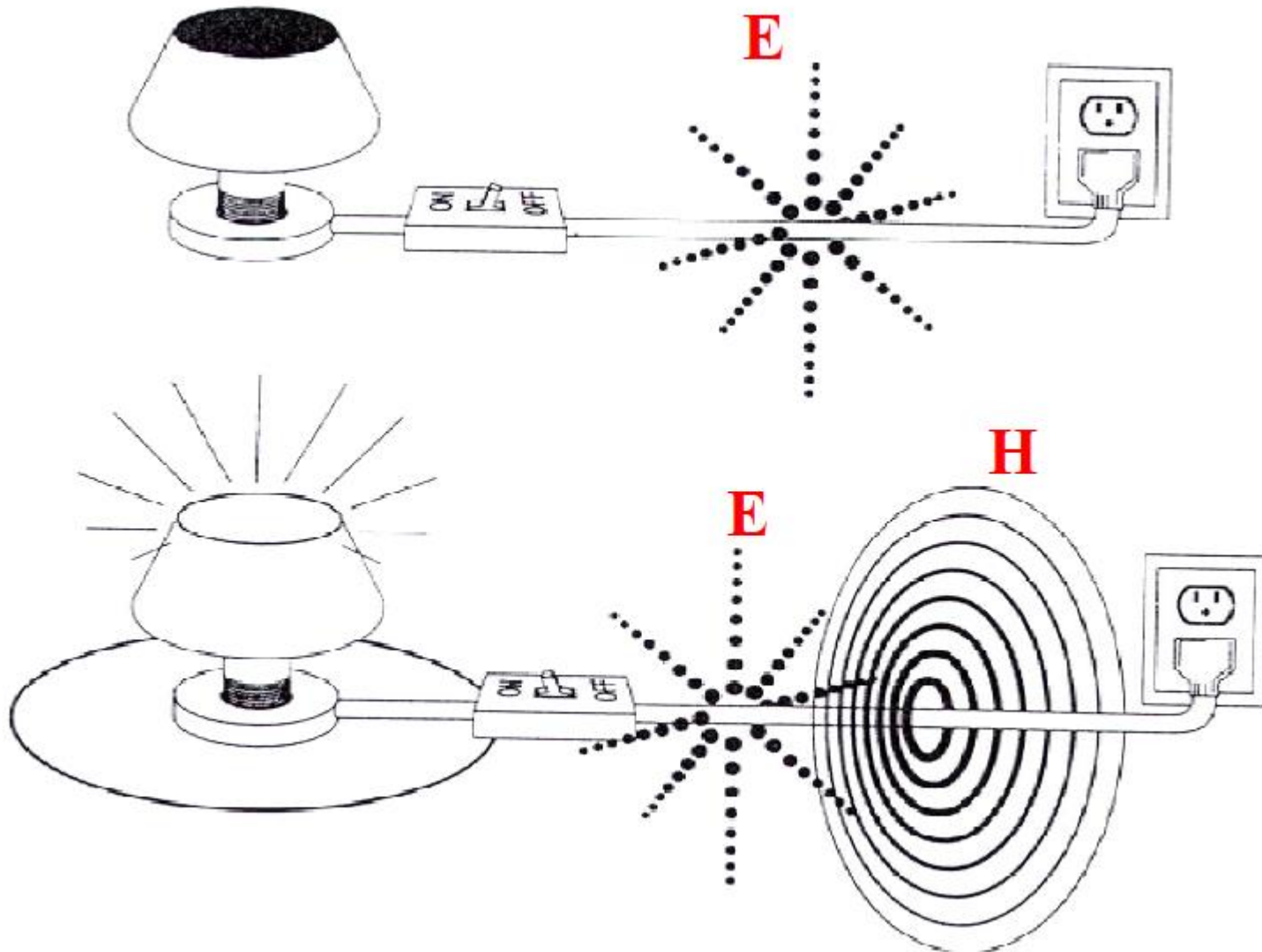
UMRESTTE - Unité Mixte de Recherche Épidémiologique et de Surveillance Transport  
Travail Environnement



IFSTTAR

[www.chu-lyon.fr](http://www.chu-lyon.fr)

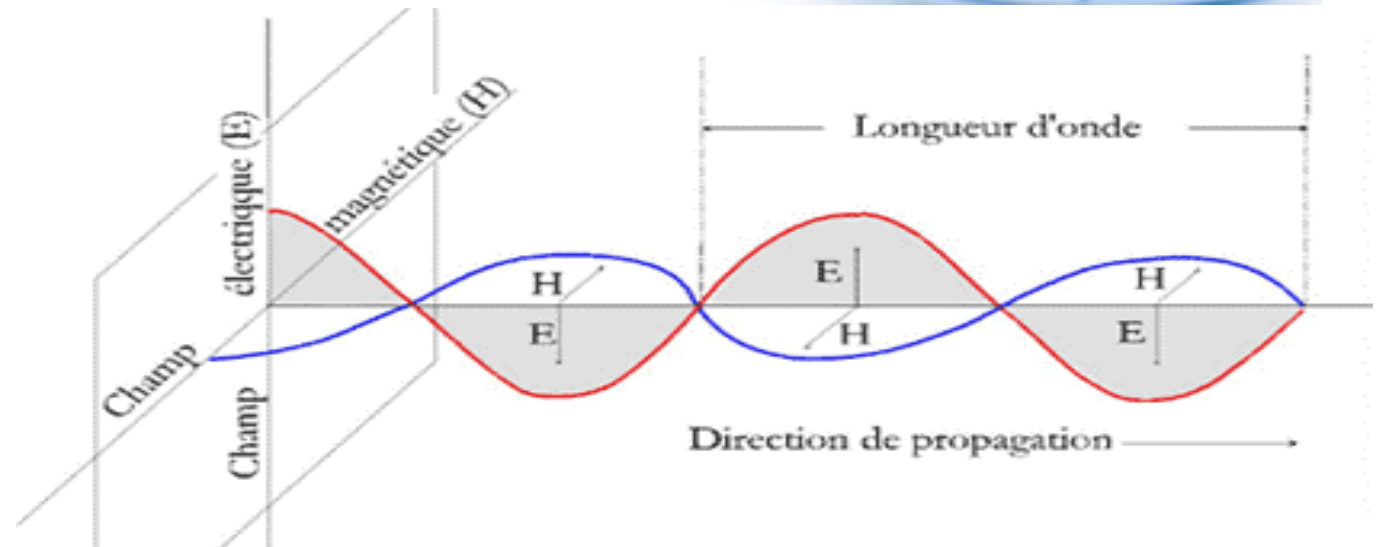
# LE CHAMP ELECTROMAGNETIQUE



- Tension →  
Champ  
électrique E
- Courant →  
Champ  
magnétique H

# CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

- *Classification la plus répandue utilise la fréquence*
- *De fréquence nulle (CEM statiques) à infinie (rayonnement cosmique)*



- *Combinaison de 2 ondes , couplage*
- *Transportent énergie, propagation temps et espace*
- *Interaction avec les matières traversées → Effet?*



Fréquence	Gamme	Exemples d'applications
0 Hz	Champs statiques	Electricité statique
3-300 Hz	Extrêmement basses fréquences (ELF)	Réseau électrique et électroménager
300 Hz à 30 kHz	Fréquences intermédiaires	Ecrans vidéo, chauffage par induction
30 kHz à 300 GHz	Radiofréquences	Radiodiffusion, télédiffusion, téléphone mobile, four à micro-ondes, radars, communications par satellites.
300 GHz à 385 THz	Infrarouge	Détecteurs anti-vol, Télécommandes
385 THz à 750 THz	Visible	Soleil, lasers
750 THz à 3 PHz	Ultraviolet	Soleil, photothérapie
3 PHz à 30 PHz	Rayons X	Radiologie
Au delà de 30 PHz	Rayons gamma	Physique nucléaire

Rayons non ionisants

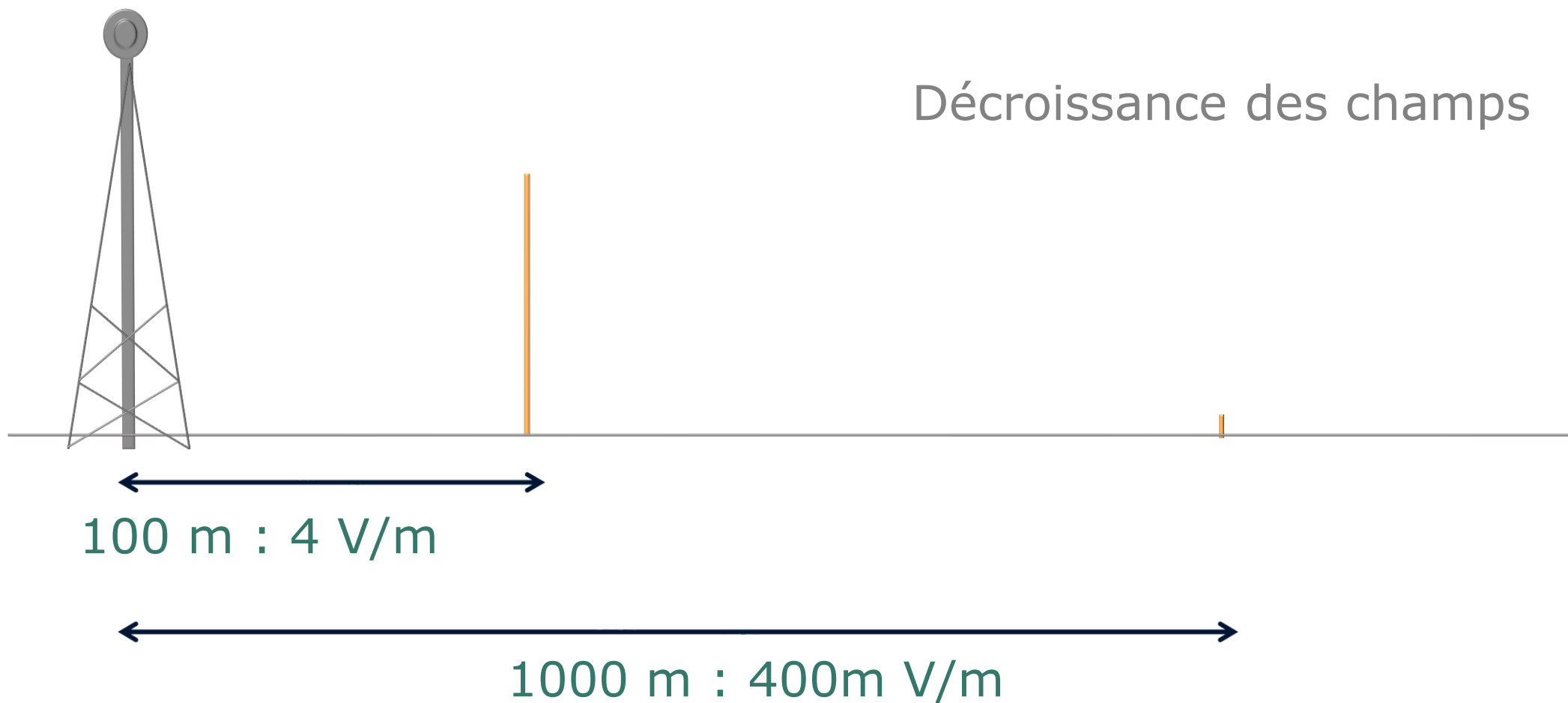
Rayons ionisants

(Signification des préfixes utilisés : k=kilo=10<sup>3</sup>, M=Méga=10<sup>6</sup>, G=Giga=10<sup>9</sup>, T=Téra=10<sup>12</sup>, P=Péta=10<sup>15</sup>)

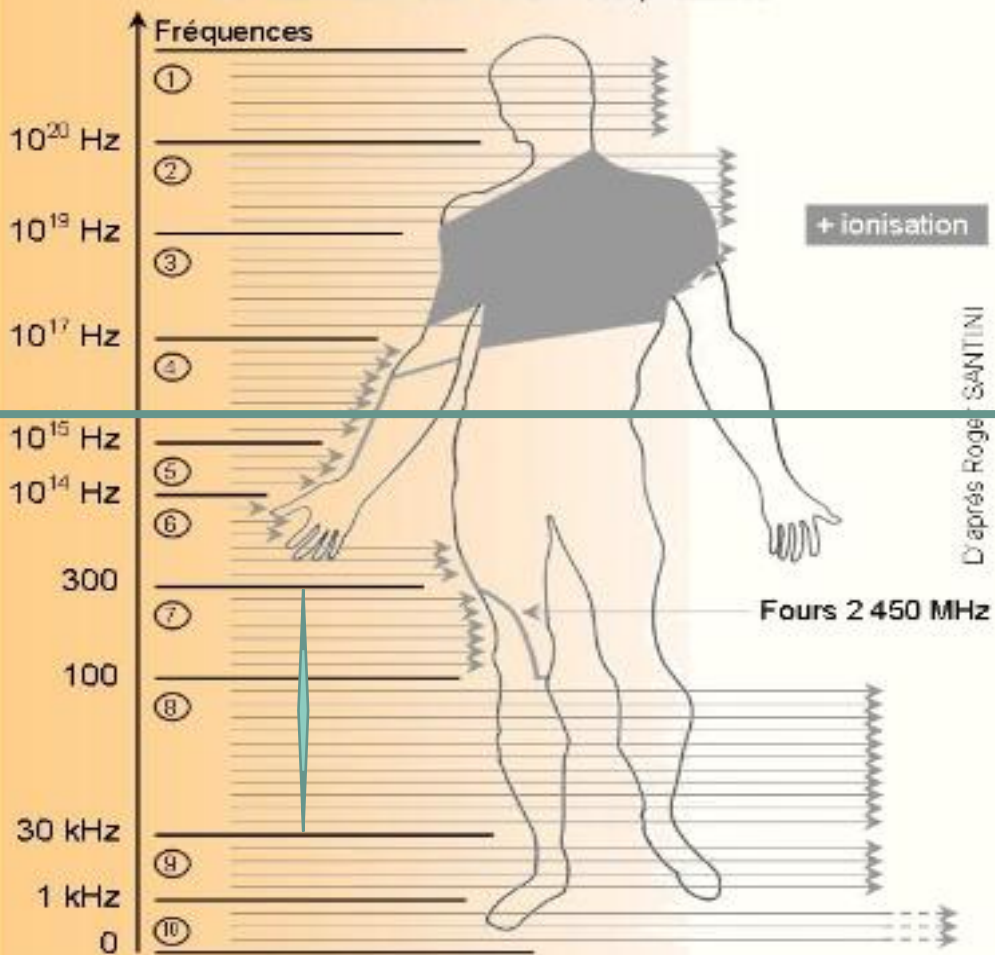
## EXPOSITION

Décroissance de l'énergie quand on s'éloigne de la source : en  $1/r^2$

Décroissance des champs



## Pénétration des ondes dans le corps humain en fonction de leurs fréquences



### RADIATIONS NON IONISANTES

4-Ultra violet

5-Spectre visible

6-Infra-rouge

7-8- Radiofréquences

9-Très Basse Fréquences

10-Extrêmement Basses Fréquences

1 / Rayons cosmiques - 2 / Rayons  $\lambda$  - 3 / Rayons X - 4 / Ultra-violet  
5 / Spectre visible - 6 / Infra-rouge - 7 / Hyper fréquences  
8 / Radio fréquences - 9 / Très basses fréquences - 10 / ELF

# LES RESTRICTIONS DE BASE

- CHAMP ELECTRIQUE INTERNE : V/m
  - **Effet** : Stimulation du système nerveux central & périphérique
  - **De 1 Hz à 10 MHz**
  - Les restrictions sont données pour **la tête et le tronc**
- DEBIT D'ABSORPTION SPECIFIQUE : DAS en W/kg
  - **Effet**: Thermique / Echauffement des tissus
  - **De 100 kHz à 10 GHz**
  - Les restrictions sont données pour : **le corps entier, la tête et le tronc, les membres**

# LES RESTRICTIONS DE BASE

## CHAMP ÉLECTRIQUE INTERNE

Caractéristiques de l'exposition	Domaine de fréquences	Champ électrique interne $V.m^{-1}$
<b>Travailleurs</b>		
Tissus de la tête appartenant au SNC	1 – 10 Hz	0,5 / f
	10 Hz – 25 Hz	0,05
	25 Hz – 400 Hz	$2 \times 10^{-3} f$
	400 Hz – 3 kHz	0,8
	3 kHz – 10 MHz	$2,7 \times 10^{-4} f$
Tous les tissus autres de la tête et du corps	1 Hz – 3 kHz	0,8
	3 kHz - 10 MHz	$2,7 \times 10^{-4} f$
<b>Population générale</b>		
Tissus de la tête appartenant au SNC	1 – 10 Hz	0,1 / f
	10 Hz – 25 Hz	0,01
	25 Hz – 1000 Hz	$4 \times 10^{-4} f$
	1000 Hz – 3 kHz	0,4
	3 kHz – 10 MHz	$1,35 \times 10^{-4} f$
Tous les tissus autres de la tête et du corps	1 Hz – 3 kHz	0,4
	3 kHz - 10 MHz	$1,35 \times 10^{-4} f$



# LIMITES EXPOSITION

Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (CIPRNI)

	Fréquence du courant européen		Fréquence des bases de téléphones portables		Fréquence des fours à micro-ondes
Fréquence	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1.8 GHz	2.45 GHz
	Champ électrique	Champ	Densité du	Densité du courant (W/m <sup>2</sup> )	Densité du courant (W/m <sup>2</sup> )
Limites d'exposition du public	<p style="text-align: center;">facteur de sécurité 10 pour limite d'exposition professionnelle 50 pour la population générale</p>				
Limites d'exposition professionnelle					

# QU'EST-CE QU'UN DANGER POUR LA SANTÉ? EFFETS BIOLOGIQUES OU EFFETS SANITAIRES ?

- *Effets biologiques*

- Réponse mesurable à stimulus ou à modification environnement
- Pas nécessairement nuisibles à la santé
- Mécanismes adaptation organisme
- Changements irréversibles → danger pour santé
- Effet biologique n'entraîne pas forcément effet sanitaire indésirable

- *Effet sanitaire indésirable*

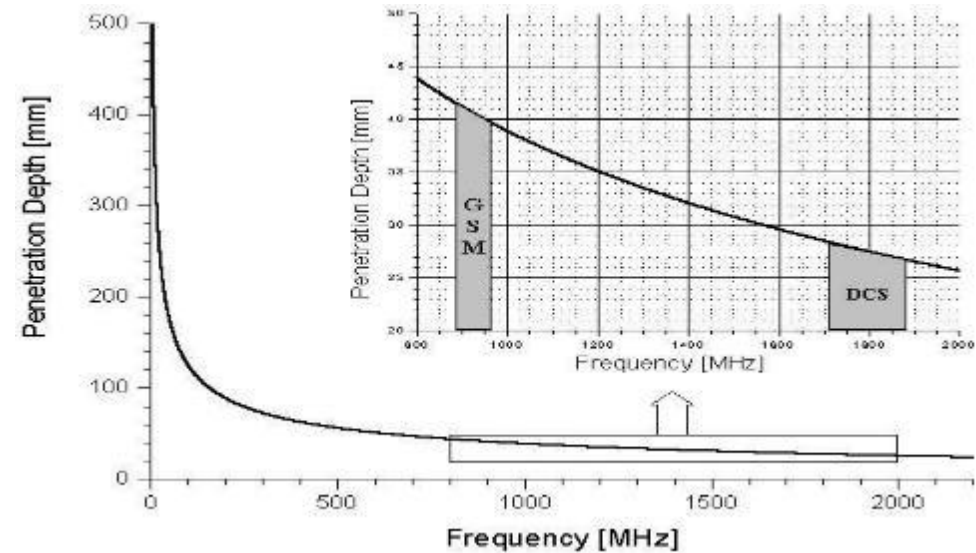
- Affecte visiblement santé sujet exposé ou descendance

# EFFETS BIOLOGIQUES?

- Question "capteur" sensible aux champs électromagnétiques
  - Force sur particules électriquement chargées (ions, molécules polaires)
  - Conséquences variables fonction fréquences du champ électromagnétique
    - fréquences 1 Hz - 10 MHz  $\Rightarrow$  courant électrique, « courant induit »
    - A partir de 100 kHz environ  $\Rightarrow$  effet thermique
- débit d'absorption spécifique (DAS); en anglais SAR – Specific Absorption Rate
- entre 100 kHz -10 MHz  $\Rightarrow$  deux processus
  - **Question???**
    - **Effet thermique**
      - *Élévation température du corps ; champs relativement intenses*
    - **Effets athermiques??**
      - *Niveaux CEM beaucoup plus faibles que ceux produisant un échauffement*

# EFFET ET PROFONDEUR

- Champs de basse fréquence  $\Rightarrow$  courants électriques
- Champs de haute fréquence  $\Rightarrow$  échauffement
- Plus fréquence est grande
  - Moins profonde est la pénétration du champ dans le corps
  - Plus l'effet calorifique est superficiel



Pénétration dans les tissus (fonction de la fréquence)

# FERTILITÉ MASCULINE

Pas possibilité d'éliminer un effet

Niveau de preuve insuffisant pour conclure à un éventuel effet des radiofréquences sur la fertilité masculine

- Etudes in vitro (cellules ou des tissus )
  - en dehors environnement « normal »
  - élimine éventuels mécanismes de compensation
- Recherche in vivo (animaux) plus proche situation réelle
  - application à l'homme?
- Etudes épidémiologiques
  - associations statistiques exposition et maladie ou effet sur la santé
  - association statistique ≠ lien de causalité
- Etudes volontaires humains (provocation)
  - impossibilité technique et éthique exposition longue durée
- Tenir compte de tous les résultats pertinents
- Prise en compte nombreux facteurs ⇒ rapport de cause à effet



# FERTILITÉ MASCULINE

- Sensible à de nombreux paramètres
- Qualité sperme affectée par
  - Facteurs environnementaux
  - Style de vie
  - Age
- *Études in vitro :*
- (Falzone, Huyser et al. 2010) pas d'effet radiofréquences sur les spermatozoïdes humains en ce qui concerne les paramètres relatifs à l'apoptose et à la génération d'espèces réactives de l'oxygène
- (Falzone, Huyser et al. 2011) montre des effets sur la morphométrie des spermatozoïdes et une diminution de leur capacité de fixation à la zone pellucide de l'ovocyte

# FERTILITÉ MASCULINE

- Peu d'études épidémiologiques:

- Gutschi et al. (2011) :

- ❖ étude cas-témoins,
- ❖ 2 110 hommes , 991 exposés (utilisateurs de téléphones mobiles) et 1 119 non-exposés
- ❖ Problème recrutement clinique infertilité (Graz, Autriche)
- ❖ Dosages de testostérone, FSH, LH et PRL
- ❖ Caractérisation exposition (déclarée). Biais confondant non pris en compte

- Jurewicz et al. (2014) :

- ❖ étude transversale, 344 hommes
- ❖ facteurs environnementaux potentiels
- ❖ trois des 8 facteurs sur sperme modifiés
- ❖ problème recrutement, âge non pris en compte, déclaration utilisation utilisation portable

# FERTILITÉ MASCULINE

- Rago et al. (2013) :

- ❖ étude transversale qualité du sperme
- ❖ 63 hommes (nombreux exclus)
- ❖ groupes d'exposition fonction utilisation déclarée de téléphone mobile
- effet sur fragmentation ADN dans un sous-groupe hommes portant le téléphone dans pantalon
- ❖ Problème facteurs confondants, exposition testicules

- Yildirim et al (2015) :

- ❖ étude transversale qualité du sperme
- ❖ 1082 hommes,
- différence mobilité,
- ❖ même biais



# FERTILITÉ FÉMININE

- Données insuffisantes chez la femme
- Pas de données épidémiologiques de qualité
- Etudes in vitro (cellules ou des tissus )
  - en dehors environnement « normal »
  - élimine éventuels mécanismes de compensation
- Recherche in vivo (animaux) plus proche situation réelle
  - application à l'homme?
- Etudes épidémiologiques
  - associations statistiques exposition et maladie ou effet sur la santé
  - association statistique  $\neq$  lien de causalité
- Etudes volontaires humains (provocation)
  - impossibilité technique et éthique exposition longue durée
- Tenir compte de tous les résultats pertinents
- Prise en compte nombreux facteurs  $\Rightarrow$  rapport de cause à effet

# GROSSESSE

- Effets sur la grossesse et sur descendance
  - Données insuffisantes chez la femme
  - Pas de données épidémiologiques suffisantes
- 
- Etudes in vitro (cellules ou des tissus )
    - en dehors environnement « normal »
    - élimine éventuels mécanismes de compensation
  - Recherche in vivo (animaux) plus proche situation réelle
    - application à l'homme?
  - Etudes épidémiologiques
    - associations statistiques exposition et maladie ou effet sur la santé
    - association statistique ≠ lien de causalité
  - Etudes volontaires humains (provocation)
    - impossibilité technique et éthique exposition longue durée
  - Tenir compte de tous les résultats pertinents
  - Prise en compte nombreux facteurs ⇒ rapport de cause à effet

# EFFET TÉRATOGENÈ

- Peu de données
- Conclusion impossible sur effet tératogène radiofréquences sur le développement de l'enfant
- Etudes in vitro (cellules ou des tissus )
  - en dehors environnement « normal »
  - élimine éventuels mécanismes de compensation
- Recherche in vivo (animaux) plus proche situation réelle
  - application à l'homme?
- Etudes épidémiologiques
  - associations statistiques exposition et maladie ou effet sur la santé
  - association statistique ≠ lien de causalité
- Etudes volontaires humains (provocation)
  - impossibilité technique et éthique exposition longue durée
- Tenir compte de tous les résultats pertinents
- Prise en compte nombreux facteurs ⇒ rapport de cause à effet

# GROSSESSE

- Baste et al. (2012) : exposition des pères
- Baste et al. (2015): cohorte norvégienne femme, enfant, 100 231 naissances, questionnaire utilisation portable
  - ❖ Diminution du risque de prééclampsie
  - ❖ Pas d'augmentation évènements
  - ❖ Utilisation par père augmenter le risque de mortalité périnatale diminution du risque de prééclampsie
- Vrijheid et al. (2010) : étude de cohorte prospective 530 enfants. utilisation du téléphone mobile autodéclarée pendant la grossesse
  - ❖ enfants d'utilisatrices à 14 mois
  - ❖ score de développement mental plus élevé
  - ❖ score de développement psychomoteur est plus faible
  - ❖ pas de tendance niveaux d'utilisation

# GROSSESSE

- Divan et al. (2012)
- ❖ comportement enfants à 7 ans en fonction utilisation du téléphone mobile pendant la grossesse
- ❖ recueil des données a posteriori lors des 7 ans
- ❖ comportement des enfants analysé par mère
- ❖ développement psychomoteurs des enfants à 6 et 18 mois
- ❖ nombre de cas est important

## CONCLUSION

- Pas possibilité d'éliminer un effet si minime
- Niveau de preuve insuffisant pour conclure à un éventuel effet des radiofréquences sur la fertilité masculine, féminine et grossesse
- Notion de principe de précaution
- Maitrise des expositions
- Notion d'exposition, changement des usages et fréquences.

**MERCI**

[www.chu-lyon.fr](http://www.chu-lyon.fr)



**HCL**  
HOSPICES CIVILS  
DE LYON