

14 novembre 2014  
Paris

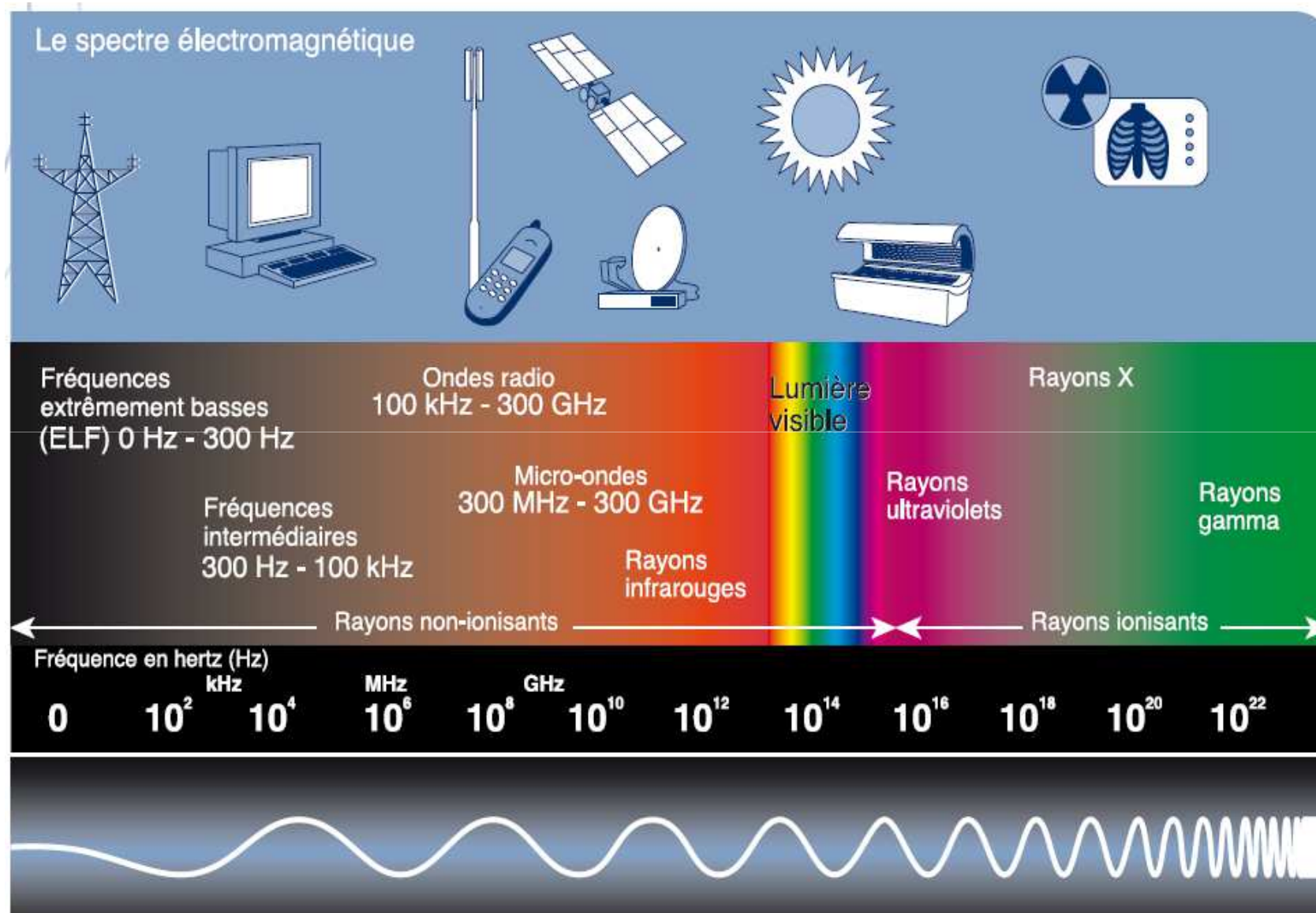
# Champs électromagnétiques et santé Le nouveau paradigme

André Vander Vorst  
Professeur <sup>ém</sup> Hyperfréquences UCL, Belgique

# Sommaire

- 1. Grandeurs physiques
- 2. Développement technologique
- 3. Problématique sanitaire
- 4. Effets micro-thermiques et non thermiques
- 5. Effets connus
- 6. Et l'avenir?

# CRIB centre d'informatique pour la Région Bruxelloise



# 1. Grandeurs physiques

Exposé limité à la gamme des fréquences micro-ondes

- fréquence : de 300 MHz à 300 GHz
- longueur d'onde : de 1 m à 1 mm  
mètre, décimètre, centimètre, millimètre
- dimension d'objets vie courante et composants du corps humain

**longueur d'onde** x fréquence = **constante**

**constante** = vitesse de phase **dans milieu considéré**

longueur d'onde en mètres, plus petite si fréquence élevée

dans **vide** : vitesse de la lumière = 300.000 km/s

longueur d'onde dans **vide**      50 Hz      6.000 km

   900 MHz      33.3 cm

**longueur d'onde plus petite dans corps humain (facteur 1/9 à 900 MHz)**

## 2. Evolution technologique

- développement rapide des systèmes cellulaires au début années 1980
- 1982 : Conférence européenne des Postes et Télégraphes (CEPT)
- forme le Groupe Spécial Mobile (GSM)
- objectif : système pan-européen mobile terrestre
- 1993 : 36 réseaux GSM, 22 pays, plus 25 pays intéressés
- 1994 : 1.3 millions d'utilisateurs dans le monde
- 1997 – 2000 : explosion
- 2014 : près de 6 milliards d'utilisateurs dans le monde
- nombreuses autres applications

**GSM : Global System for Mobile communications**

### 3. Problématique sanitaire

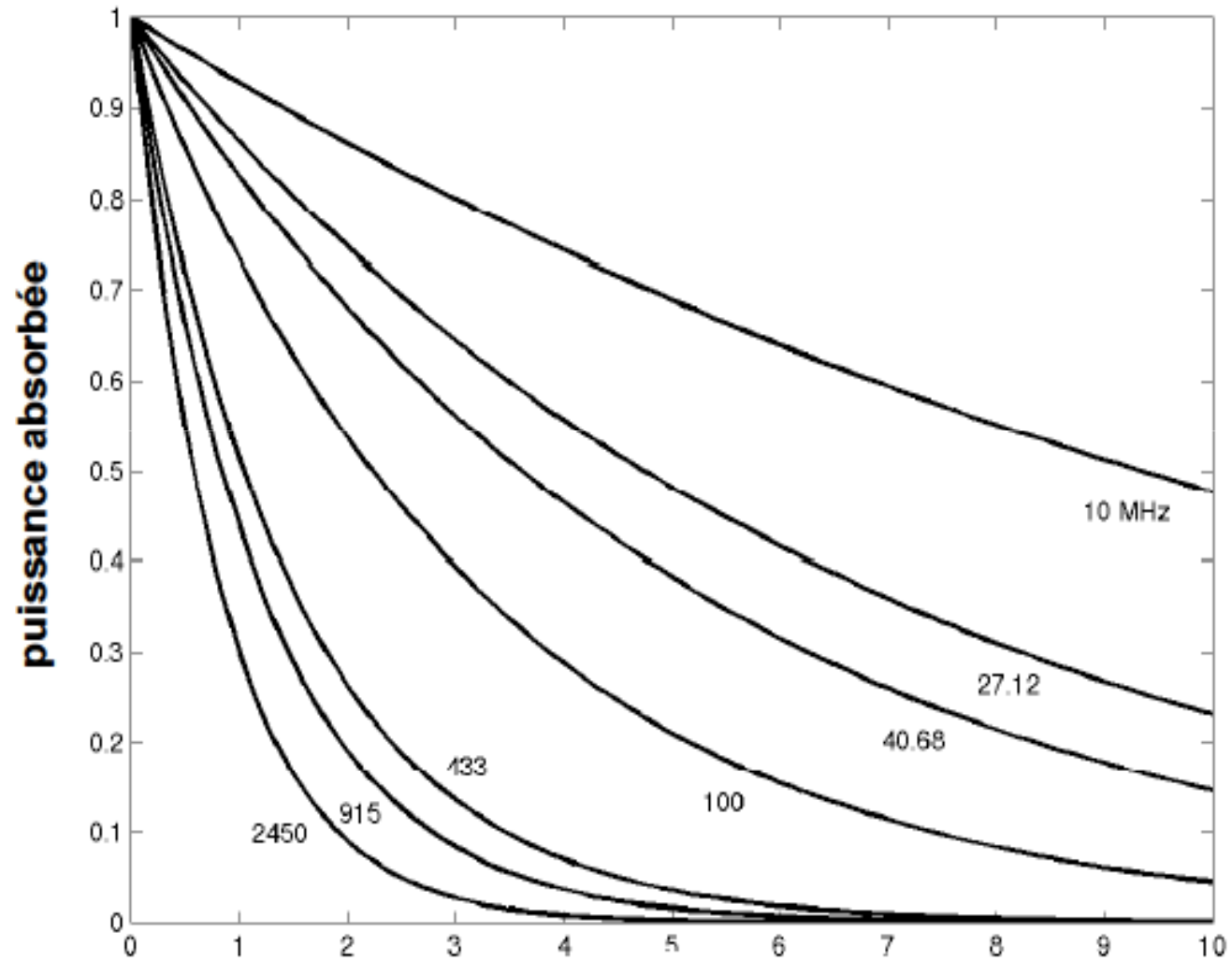
- nombreux effets biologiques micro-ondes connus : pathogènes?
- Om Gandhi, 1975 : bases de la dosimétrie moderne  
effet semblable à produit niveau – durée égal
- effet de champ? ou uniquement de puissance ?
- effets à très long terme et à faible niveau ?
- un outil incapable de mesurer un certain effet physique ne permet pas de nier l'existence de celui-ci !  
exemple : le Débit d'Absorption Spécifique (DAS)
  - il ne mesure que l'absorption  
watts absorbés par kilo de matière absorbante (corps humain)
  - il ne peut donc pas mesurer l'effet direct de champs E p.ex.

# Absorption

- ***seul le champ intérieur*** au matériau peut influencer celui-ci
- ***puissance micro-onde absorbée***  
convertie en chaleur **chauffage**  
absorbant principal **eau**
- pénétration de l'onde : limitée par ***effet de peau***  
effet caractérisé par ***profondeur de peau  $\delta$***   
à 3 profondeurs  $\delta$ : densité de puissance = 1% de la valeur sur la peau

***organes intérieurs « blindés »*** par couche extérieure  
moins efficace chez enfants

# Absorption : profondeur de peau



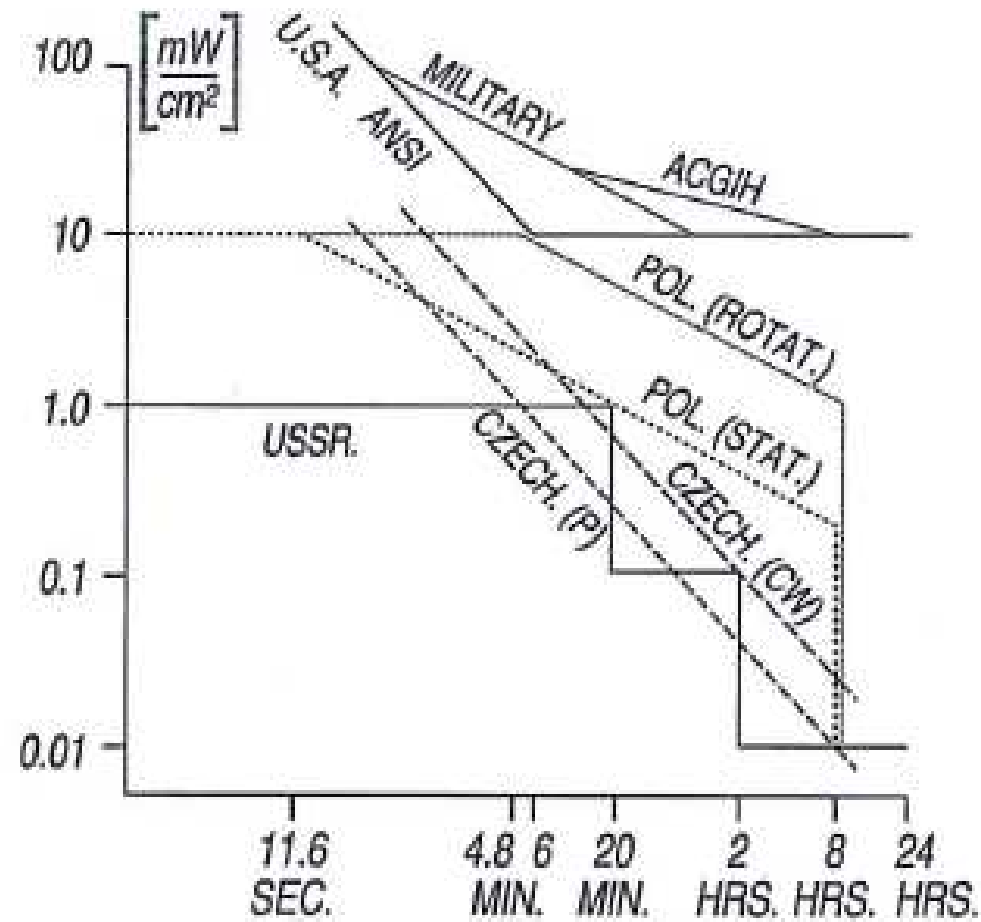


## 4. Effets micro-thermiques et non-thermiques

- controverse à ce sujet
  - pas uniquement scientifique : politique et commerciale !
  - possibilité d'effets non-thermiques :
    - entraîne niveaux de protection beaucoup plus bas
- normes soviétiques :
  - 1.000 fois plus exigeantes que les normes occidentales
  - 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  URSS à comparer à 10  $\text{mW}/\text{cm}^2$  USA
  - en 1971 Michelson et Dodge :
    - différence entre les vues soviétique et occidentale :***
    - exposition maximum permissible basée sur***
    - l'acceptation ou la réjection des effets non thermique***
- le DAS ne permet pas de détecter les effets non-thermiques :
  - il n'y a pas échauffement !

# Normes est-ouest

facteur 1.000 :  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  URSS à comparer à  $10 \text{ mW}/\text{cm}^2$  USA



# Comment étudier les effets micro-thermiques et non-thermiques ?

- la biologie et l'électromagnétisme ne suffisent pas :  
électromagnétisme : la température n'est pas une grandeur primaire
- il faut ajouter la thermodynamique  
la température y est une grandeur primaire  
on peut par exemple travailler à température constante  
et donc étudier des effets isothermes, non thermiques
- études soviétiques et russes (Yulia Chukova)  
bio-effets isothermes : N.D. Neviatkov, Acad. des sciences URSS 1977  
résonances aux onde millimétriques  
existence d'un seuil à exposition très faible  
faible taux de reproduction

# Luminescence décimétrique

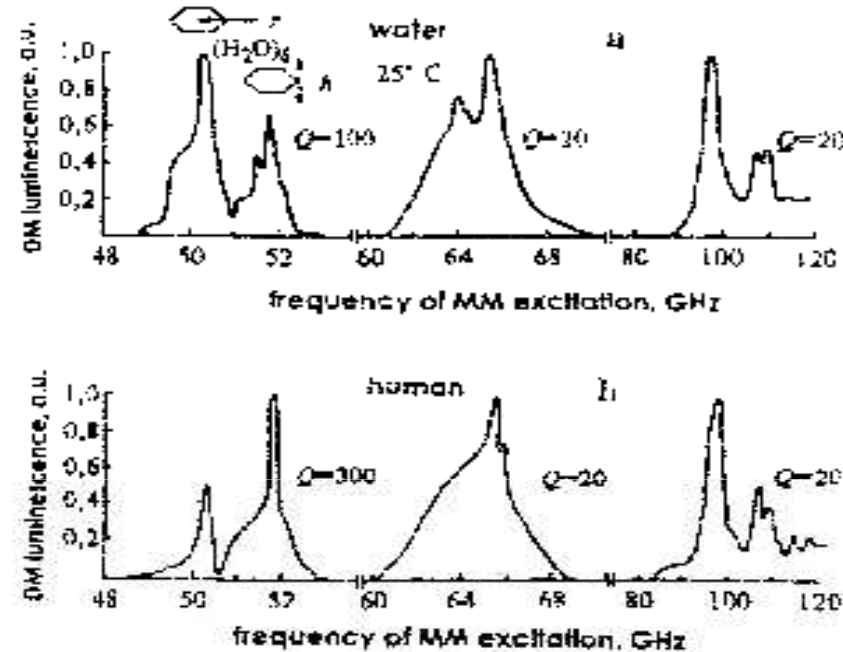


Figure 3.1 Decimeter luminescence of water and human tissue

phénomène Saratov 1999 ; explication thermodynamique  
 Interface air-eau/tissu humain ; émission DM mesurée 0.4 at 1.0 GHz  
 puissance incidente  $< 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ; puissance DM réémise  $10^{-16} \text{ W}$   
 pas d'émission DM si puissance incidente entre  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  et  $10 \text{ mW}/\text{cm}^2$   
 effet thermique au-delà de  $10 \text{ mW}/\text{cm}^2$

Chukova, *Advances in Nonequilibrium Thermodynamics of the Systems under Electromagnetic Radiation*,  
 Moscow, 2001

# Effets sur coeurs isolés

- coeurs isolés d'embryons de poulets
- analyse des battements et de l'activité électrique du cœur
- exposés à 2.45 GHz, modulé par impulsions cycle 10%, 10 mW de crête  
densité de puissance estimée 3 mW/cm<sup>2</sup>
- fréquence de répétition dans les limites physiologiques : 1 à 3 Hz
- avant exposition : fréquence irrégulière de battements
- augmenter fréquence de répétition augmente fréquence de battement  
synchronisation des battements sur la fréquence d'exposition
- au-delà d'environ 2.65 Hz : irrégularité à nouveau
- explication : ions calcium et effet non-thermique

# Les micro-ondes comme gâchette/déclencheur

- on a envie de relier effets biologiques de résonance à bande d'absorption de certaines biomolécules
- Fröhlich a démontré : ces résonances sont propriété du système entier
- contrôle des activités : activité fondamentale de propriétés biologiques
- action gâchette : excitation cohérente organisant l'énergie aléatoire sous certaines conditions
- expérience, mais difficile à mettre en œuvre  
résultats dans la gamme des ondes millimétriques
- énergie fournie par soleil : construit/maintient système végétal complexe  
le soleil peut effectivement chauffer une plante  
personne ne dit que l'effet du soleil est exclusivement thermique !
- ... certains refusent la possibilité d'effets non-thermiques sur humains ...

# Electro-hypersensibilité

certaines personnes sont sensibles à des champs très faibles

on distingue (Suisse, 2005) deux phénomènes indépendants

- **électro-sensitivité**

percevoir consciemment un rayonnement ém de faible intensité  
n'entraîne pas nécessairement des problèmes de santé

- **électro-sensibilité**

imputer des problèmes de santé à l'influence du rayonnement  
symptômes non spécifiques

troubles du sommeil, maux de tête, nervosité, fatigue générale  
difficultés à se concentrer, bourdonnements ou sifflements d'oreilles  
(acouphènes), vertiges, douleurs aux membres ou au cœur  
autres facteurs: stress, bruit, lumière scintillante, substances chimiques

## 5. Effets connus

- normes basées uniquement sur effet thermique
- pourtant :
  - effets comportementaux / fonctions cognitives
    - perte de mémoire : on n'en parle pas
    - détectables à niveau plus faible que effets thermiques
  - ondes modulées de façon numérique
    - détectables à niveau plus faible que ondes à caractère continu
  - hypersensibilité
- Interphone (13 pays) porte sur 2000-2004
  - 40% augmentation cancer « gros » utilisateurs (1/2h/j)
- études mettant en évidence neurome acoustique
  - tumeur du nerf auditif
- nombreuses études sur rats faible niveau longue durée
  - perte de mémoire - certaines : mortalité accrue
- CENERAT 2004-2006 4 régions : risque accru pour usagers importants



## 6. Et l'avenir?

- les aspects financiers pèsent lourdement sur la problématique « sans fil »
- possibilité de faire des études indépendantes ?
- plus possible de comparer à un groupe témoin, non exposé
- le public ne dispose pas de la technologie la plus avancée  
pour les applications simples
- portable GSM : à utilisation égale on peut réduire  
le champ E par 5, la puissance par 25
- la demande ne cesse de croître :  
nombre d'unités d'information demandées par stations de base  
**multiplié par 10 tous les 5 ans**

*Stockbroeckx, Quelques aspects techniques du niveau électromagnétique ambiant aux radiofréquences,  
ANPI, Louvain-la-Neuve, 2011*