

Congrès des Sciences  
Louvain-la-Neuve  
Août 2006

# Champs micro-ondes et santé

André VANDER VORST  
Hyperfréquences UCL  
MiC6 s.a.

# Présentation

- 1. Introduction
- 2. Mécanismes d'interaction
- 3. Effets biologiques
- 4. Appréhensions
- 5. Conclusions

## 2. Mécanismes d'interaction

- 2.1 Champs, puissance, fréquence, longueur d'onde, énergie
- 2.2 Bioélectricité
- 2.3 Caractérisation des tissus biologiques
- 2.4 Thermodynamique

## 2.1 Champs, puissance, fréquence, longueur d'onde, énergie

- **Champ** distribution spatiale d'une grandeur physique
- Exemple : ensemble des valeurs de température en tout point d'un local

Ce champ est dit **champ scalaire** : la température est définie par un nombre et un seul, ce qui est propre aux grandeurs scalaires

- Champ électrique, magnétique ou électromagnétique, selon cas  
Expressions non interchangeables : les trois grandeurs sont différentes

Dans les trois cas : **champ vectoriel**, défini par deux nombres indispensables, grandeur et direction

- Proximité pile ou batterie : **champ électrique**
- Proximité aimant permanent ou fil conduisant courant continu : **champ magnétique**
- Proximité ligne de distribution énergie électrique : on parlera surtout mais non exclusivement de **champ magnétique**
- Continu et basse fréquence: champs électrique et magnétique peuvent être traités **séparément**, aucune puissance associée
- Fréquence élevée, notamment fréquences dites radio et micro-ondes, on doit parler de **champ électromagnétique**: champ électrique n'existe pas sans champ magnétique et réciproquement  
Au produit de ces deux champs est nécessairement associée une **densité de puissance** électromagnétique

Champs d'onde électromagnétique, se propageant dans l'espace  
celle-ci peut donc transporter puissance à distance



- Autre caractérisation : **longueur d'onde**
- Produit longueur d'onde par fréquence = constante  
longueur d'onde d'autant plus petite que fréquence élevée
- Cette constante : **vitesse de phase** dans **milieu considéré**  
diffère d'après milieu dans lequel se propage l'onde
- **Vide** : appelée **vitesse de la lumière**, 300.000 km/s  
longueur d'onde dans vide
  - 6.000 km à 50 Hz
  - 3 m à 100 MHz
  - 33.3 cm à 900 MHz
  - 12.25 cm à 2.45 GHz
  - 3 cm à 10 GHz
  - 3 mm à 100 GHz
- **Autres matériaux**: béton, mur de brique, corps humain, ...  
vitesse presque toujours plus petite  
À fréquence donnée :  
longueur d'onde plus petite notamment dans corps humain

- **Énergie** associée à onde : plus élevée si fréquence plus élevée
- Rayonnements **ionisants** : fréquences les plus élevées, supérieures à celles du visible, telles que rayons X
- Rayonnements **non ionisants** : fréquences plus basses, notamment ondes radio, micro-ondes, infrarouge, visible
- **Micro-ondes** (*microwaves*) ou **hyperfréquences** non ionisantes
  - fréquences 100 MHz à 300 GHz (jusqu'à 1 THz)
  - longueurs d'onde 3 m à 1 mm vide (jusqu'à 0.3 mm)
- Micro-ondes : **longueurs d'onde du même ordre de grandeur que dimension objets couramment utilisés**
  - mètre, décimètre, centimètre, millimètre
- Pour cette raison
  - théories, techniques et méthodes de mesure particulières
- Pour cette raison aussi
  - interrogation à propos d'effets particuliers, notamment biologiques



## 2.2 Bioélectricité

- Interaction micro-ondes - tissus biologiques, trois mécanismes :
  1. ***pénétration*** onde et propagation dans système
  2. ***interaction primaire*** onde avec tissus biologiques
  3. ***effets secondaires*** induits par interaction primaire
- Résultats influencés par ***réaction du système vivant***
- Systèmes vivants : capacité ***compenser*** effets d'influences externes

### Compensation ***physiologique***

effort imposé par facteur externe entièrement compensé  
organisme peut fonctionner normalement

### Compensation ***pathologique***

effort imposé induit perturbations dans fonctions de l'organisme  
altérations structurelles peuvent même apparaître

- Source extérieure électromagnétique
  - partie énergie incidente absorbée et transformée dans système
- Donc : il faut étudier séquence **source – rayonnement – récepteur**
- **Lois physiques** électromagnétisme pour étudier et expliquer
  - théorie des champs, réflexion, diffraction, dispersion, interférence, optique, effets quantiques
- Mécanismes bioélectriques naturels
  - responsables fonctionnement nerfs et muscles
- Courants électriques appliqués extérieurement
  - peuvent exciter cellules de nerfs et muscles
- Système nerveux: transmission rapide d'information à travers corps, sous forme de signaux électriques
- Divisé entre système **nerveux central** et **nerveux périphérique**
  - central formé cerveau et moelle épinière
  - périphérique formé des
    - neurones afférents: information vers central
    - neurones efférents: information du central vers corps

- Système efférent divisé entre **somatique** et **autonome**
- Autonome : formé de neurones conduisent impulsions vers tissus musculaires (cœur), glandes
  - en général considéré comme non conscient
  - divisé **sympathique** et **parasympathique**
    - contrôlent effets opposés dans organes variés
    - en général considérés comme antagonistes
    - sympathique** tend à mobiliser en cas d'urgence
    - exemple : sécrétion d'adrénaline
    - parasympathique** concerné par fonctions végétatives
    - exemple : digestion
- Niveaux de stimulation des nerfs généralement de beaucoup inférieurs à ceux nécessités par stimulation directe du muscle

- **Toutes** cellules vivantes présentent phénomènes bioélectriques
- **Seule variété réduite** présente variations de potentiel électrique  
révèlent leur fonction physiologique  
on en déduit enregistrements bioélectriques par électrodes
  - électrocardiogramme (cœur)
  - électromyogramme (muscle)
  - électroencéphalogramme (cerveau)
  - magnétoencéphalogramme (cerveau)
- **Bioélectricité** rôle fondamental dans organismes vivants  
utilité clinique
  - tension électrique extérieure reconstitue os et cartilages
  - courant électrique reconstitue tissus mous
    - et peut-être fibres nerveuses sectionnées
- Prendre sérieusement en considération  
applications médicales micro-ondes  
effets pathogènes éventuels sur êtres humains et animaux

## 2.3 Caractérisation des tissus biologiques

- **Ionisation** : "arracher » électron d'un des atomes constituant  
profondes modifications chimiques  
exemple: rayons X
- Radiofréquences et micro-ondes, même millimétriques  
rayonnement **non ionisant**  
énergie de l'onde insuffisante pour arracher électrons  
Phénomènes produits requièrent moins d'énergie que ionisation  
**dépolarisation** des matériaux
- Parmi ceux-ci, seul effet bien connu : **chauffage**

- **Corps humain presque exclusivement diélectrique**
- Caractérisation classique des matériaux diélectriques
  - suppose matériau de dimensions infinies
  - pas suffisant pour organisme vivant: hétérogène !
  - suppose aussi sollicitation extérieure limitée : linéarité !
  - macroscopique, ne s'applique pas aux systèmes moléculaires
- Trois mécanismes principalement responsables
  - orientation** du dipôle diélectrique
  - polarisation** aux interfaces séparant matériaux différents
  - diffusion** d'ions
- **Théorie classique s'applique mal aux liquides, donc à l'eau**
  - organisme vivant essentiellement constitué d'eau !
  - pertes diélectriques micro-ondes
    - dues à relaxation dipolaire eau contenue dans les tissus !
- Présence de **charges aux interfaces**: diffusion d'ions
  - particules chargées
  - appelée effets de **contre-ions**
- Effets apparaissant principalement aux **très basses fréquences**
  - non aux micro-ondes

- Effets diélectriques caractérisés par **permittivité** plus particulièrement **permittivité relative**  
compare la permittivité d'un matériau à celle du vide
- Permittivité relative tissu vivant **grande à très basse fréquence**  
1 à 10 millions à 50 Hz, effet contre-ion
- Permittivité relative **élevée aux radiofréquences**  
sang à 3 MHz environ 2.000
- **Micro-ondes** permittivité relative = celle de l'eau  
décroît d'environ 80 à partir de 0.5-1 GHz  
vaut quelques unités aux fréquences millimétriques élevées

## 2.4 Thermodynamique

- L'électromagnétisme ne constitue qu'une manière de caractériser un tissu biologique
- D'autres disciplines sont nécessaires à cet effet, par exemple en ce qui concerne propriétés thermiques et propriétés mécaniques
- Il y a donc lieu de définir formes d'énergie autres que ém
- En particulier : faire intervenir *thermodynamique*



- Théorie classique de la thermodynamique  
Traite des **propriétés moyennes de systèmes**  
contenant grand nombre de particules  
Évite description de mouvements individuels de celles-ci
- Pas de connexion avec structure géométrique du système  
Ignore mécanismes internes  
Ne connaît que quatre paramètres  
**volume, pression, température et entropie**
- Considère interaction du système avec son environnement  
Considère **entropie** et **énergie** à entrée et sortie du système
- Ne traite qu'avec trois types de systèmes
  1. **isolé** : **aucun échange** avec environnement
  2. **fermé** : **échange d'énergie** avec environnement  
peut être le cas de systèmes luminescents
  3. **ouvert** : **échange d'énergie et masse** avec environnement  
peut être le cas de systèmes photochimiques

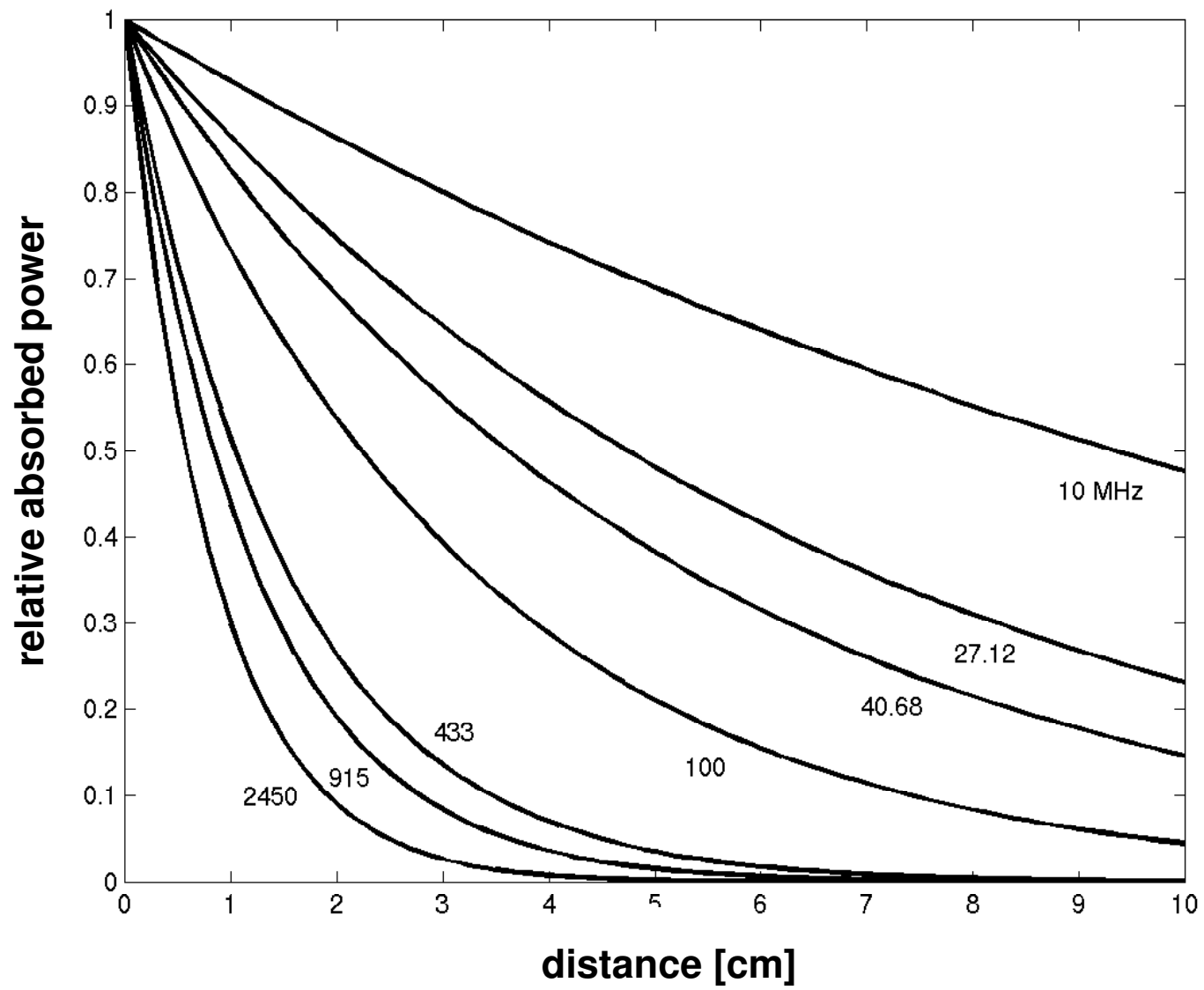
# 3. Effets biologiques

- 3.1 Absorption
  - 3.1.1 Dosimétrie, TAS (*SAR*)
  - 3.1.2 Considérations thermiques
- 3.2 Système nerveux
- 3.3 Cellules, membranes, molécules
- 3.4 Influence de médicaments
- 3.5 Effets microthermiques et isothermes
  - 3.5.1 Effets microthermiques
  - 3.5.1 Effets isothermes  
(température constante)

## 3.1 Absorption

- ***Seul champ intérieur*** à matériau peut influencer celui-ci
- Approche théorique : tâche formidable
  - présence conjointe inhomogénéités et formes compliquées
  - champ interne dépend d'un très grand nombre de paramètres
- ***Distributions très complexes*** de champs peuvent exister
  - à la fois à l'intérieur et à l'extérieur du système biologique
  - D'où champs et consommations locales peu uniformes
- ***Énergie micro-onde*** absorbée
  - plus grande partie convertie en chaleur : ***chauffage***

- Pénétration de l'onde limitée par ***effet de peau***  
 effet caractérisé par ***profondeur de peau***  
 profondeur égale à 1 profondeur de peau  
     intensité de champ = (1/2.72) de valeur sur peau  
 profondeur égale à 3 profondeurs de peau  
     densité de puissance = 1% de valeur sur peau
- En d'autres termes: ***organes intérieurs protégés***, « blindés »  
 du rayonnement externe par couches extérieures du corps
- Expression théorique  $\delta = 1/(\omega\mu\sigma/2)^{1/2}$  mètres  
      $\delta$  profondeur de peau  
      $\omega$  pulsation ( $2\pi$  fois la fréquence)  
      $\mu$  perméabilité (propriétés magnétiques)  
      $\sigma$  conductivité (conduction électrique)
- À fréquence donnée  
     pénétration plus profonde dans os que dans tissu musculaire
- À contenu en eau donné  
     pénétration plus profonde dans tissu à fréquence faible



### 3.1.1 Dosimétrie, TAS (*SAR*)

- ***Dosimétrie***

  - quantifie interactions champs / tissus et effets

- Exposition micro-onde : ***densité de puissance*** onde incidente

- Règle : mesurer celle-ci en ***watts par mètres carré ( $W/m^2$ )***

Mesurée aussi en unités dérivées (confusion !) :

  - milliwatt par centimètre carré ( $mW/cm^2$ )

  - microwatt par cm carré ou millimètre carré ( $\mu W/cm^2$  ou  $\mu W/mm^2$ )

- Évaluation basée sur habitude de ne s'intéresser qu'aux phénomènes d'échauffement : ***effets thermiques***

- Effets autres? on manque d'outils adéquats

Champ électrique, mais à quel endroit du corps l'évaluer?

  - champ vectoriel : ***grandeur*** et ***direction***

- La puissance a double avantage

  - grandeur scalaire : un seul paramètre

  - moyenne sur un volume donné

- Paramètre  
***taux d'absorption spécifique (TAS)***  
en anglais ***Specific Absorption Rate (SAR)***  
exprimé en watts par kilo (W/kg)  
parfois en unités dérivées (!) : mW/kg ou mW/g
- Watts de ***puissance absorbée*** par kilo de ***matière absorbante***  
Matière absorbante : pas totalité du corps humain !  
Seulement couche la plus extérieure du corps  
épaisseur égale à environ 1 profondeur de peau
- Possibilité ***effets non thermiques*** : question controversée  
Ne disposer que du TAS (*SAR*) n'arrange rien  
TAS (*SAR*) peut permettre d'évaluer des effets autres que  
d'absorption : ***direction du champ électrique*** par rapport à  
structure biologique ne doit pas être un paramètre nécessaire !

## 3.1.2 Considérations thermiques

- **Effets thermiques** étudiés depuis longtemps  
notamment corps humain
- Exemple : nous avons mesuré **élévation de température du visage** exposé à émission téléphone portable GSM, par caméra infrarouge mesurant plus de 10.000 points du visage pour déterminer des températures moyennes par zone du visage
- Mesures faites à divers endroits bâtiment
- Notamment dans cave où GSM émet davantage  
contrebalancer mauvais environnement
- Excluant l'oreille, qui s'échauffe davantage, on a constaté un **échauffement progressif, atteignant 0.7°C après 10 minutes** ensuite constant par thermorégulation due à circulation du sang
- Visage refroidi par l'air ambiant  
estimation : partie intérieure tête s'échauffe environ 0.8-0.9°C  
à proximité surface de celle-ci



- **Grand nombre d'effets thermiques observés**
- Dépendent évidemment de distribution spatiale du TAS (*SAR*) et du niveau de celui-ci :
  1. on estime qu'un TAS (*SAR*) de **1 W/kg** produit une élévation de température du corps humain **de l'ordre de 1°C** prenant en considération la thermorégulation du corps
  2. **dommages oculaires** (cataracte) observés à 100 mW/cm<sup>2</sup> et davantage, au-delà de 1GHz
  3. **dommages à cornée** observés sur singes pour TAS (*SAR*) de 2.6 W.kg, à 2.45 GHz
  4. **dommages à rétine** observés sur singes pour TAS (*SAR*) de 4 W/kg, à 1.25-2.45 GHz

- Notion importante : **dimension du volume** sur lequel on détermine valeur de TAS (*SAR*) à ne pas dépasser  
plus volume petit, plus norme contraignante  
Imposer valeur à ne pas dépasser pour tout volume correspondant à **1 g** matière vivante est plus contraignant que ne pas dépasser même valeur pour tout volume de **10 g**
- Il semble que **effets comportementaux** peuvent être détectés à niveau d'exposition plus faible que effets thermiques classiques
- De même, il semble que **ondes pulsées** de façon diverse produisent effets détectables à niveau plus faible que ondes présentant un caractère continu

## 3.2 Système nerveux

- Système nerveux : **trois fonctions**
  - percevoir variations dans corps et à l'extérieur
  - interpréter et intégrer ces variations
  - répondre en initiant des actions: contractions ou sécrétions
- **Système sensoriel** compte millions d'organes senseurs
  - fonctions de base : rassembler l'information

Exemple : nerfs sensoriels de la **peau**

transmettent impulsions au système nerveux central  
signaux interprétés en sensation

pression, douleur, température, vibration

De tels systèmes existent aussi pour **ouïe, goût, odorat**

- Beaucoup de fonctions système autonome contrôlées par **hypothalamus**, cerveau
  - Affecte notamment système cardiovasculaire, température du corps, appétit, système endocrinien
- Température corps, fonctions endocrines : **influence champs ém**

## 3.3 Cellules, membranes, molécules

- Membranes cellulaires : site primaire interaction **champs BF**  
amplification signaux faibles associés à divers mécanismes  
flux ions (Ca) jouent rôle primordial dans amplification stimulus  
gradient potentiel de membrane  $10^7$  V/m  
champs millions de fois plus petits peuvent moduler réponse  
de cellules en surface
- Analyse de l'effet de micro-ondes sur molécules diverses  
accent particulier sur questions relatives à l'acide ADN  
cellules exposées à fréquences, niveaux d'exposition, durées  
lésions chromosomiques plus nombreuses
- Modèle théorique : propriétés diélectriques du **noyau cellulaire**  
entre 0.3 et 3 GHz en fonction des acides nucléiques  
TAS (*SAR*) à endroits proches (*nm*) peuvent différer  
 $W/m^3$  10 à 100 fois supérieure à environnement  
Soulève question d'effet biologique dû à production de chaleur  
préférentielle, non négligeable à l'endroit des noyaux cellulaires

## 3.4 Influence de médicaments

- (3.1.2) dommages à cornée observés à TAS 2.6 W.kg, 2.45 GHz  
Constaté ***après prétraitement médicamenteux opioïdes***  
***mêmes dommages observés à TAS dix fois plus faible***  
Opioïdes endogènes peuvent jouer rôle dans effets neurologiques  
Ainsi : micro-ondes ***peuvent accentuer*** effets médicamenteux  
Mesuré sur rats : accentuation de catalepsie, hyperthermie, etc.
- Actuellement : pas démontré que exposition répétée micro-ondes à faible niveau peut induire effets neurologiques irréversibles
- Question : ***certains traitements médicamenteux peuvent-ils accentuer sensibilité de certains aux micro-ondes?***  
***Si*** quelqu'un se sent particulièrement sensible  
***Si*** absorbe médicament contenant opioïdes (réduire stress)  
***Possible*** que celui-ci accentue sensibilité aux micro-ondes

## 3.5 Effets microthermiques et isothermes

- Effets *non thermiques micro-ondes* : question controversée
- Question *pas seulement scientifique* : politique et commerciale  
Accepter existence effets non thermiques implique possibilité effets *exposition à très faible niveau* ce qui n'est pas accepté
- **1971** deux auteurs très respectés pour leurs travaux sur effets biologiques micro-ondes écrivaient :

*"L'importance de la différence entre les vues soviétique et occidentale apparaît dès qu'on réalise que la signification pratique de l'exposition maximum permissible est basée sur l'acceptation ou la réjection des effets non thermiques comme biologiquement significatifs"*

- Ensemble de données obtenues quant aux effets constitue un ensemble hétérogène  
***malaisé classer entre "thermiques" et "non thermiques"***
- ***À éviter : le mot "non thermique" »***  
une définition négative n'est pas une définition  
(remarque identique à propos de « ***non ionisant*** »)
- Recommandation : utiliser *microthermiques* ou ***isothermes*** selon le cas, précisé plus loin
- Se souvenir : effets biologiques ***pas nécessairement pathogènes***
- Lorsqu'on étudie effets micro-thermiques ou isothermes considérer toutes les composantes de puissance  
pouvoir faire distinction par rapport à effets thermiques !

- **Température : pas un paramètre électromagnétique**  
**conséquence** d'absorption énergie micro-onde
- Électromagnétisme : ne possède pas l'outil mathématique permettant d'imposer une température constante  
**pas possible d'étudier effets autres que thermiques en n'utilisant que l'électromagnétisme**
- Il faut donc joindre à l'électromagnétisme une autre discipline pour laquelle la température est un paramètre
- Il s'agit de la **thermodynamique** (3.1.2)  
Elle permet :
  - travailler à température constante
  - et donc étudier effets **isothermes**



## 3.5.1 Effets microthermiques

- Effets microthermiques:  
*champ ém très faible peut créer effet biologique significatif jouant le rôle de "gâchette" (trigger)*
- Systèmes biologiques font parfois preuve de propriétés semblables à celles d'équipements électroniques les plus raffinés  
on ne comprend pas encore très bien comment
- Exemple : système visuel, sensibilité proche de limite théorique  
Entre énergie d'un quantum de lumière et celle d'une impulsion nerveuse, on trouve **gain de plus d'un million**  
Quantum de lumière agit comme une gâchette pour impulsion nerveuse, énergie de celle-ci fournie par le système biologique
- Théorie : possibilité de déclencher des **excitations cohérentes** puissantes de membranes cellulaires, sous l'effet d'actions non cohérentes, faibles, lorsque certaines conditions sont réunies

- Permet d'évoquer ***action de micro-ondes à faible niveau***  
délivrent énergie au matériau  
réponse linéaire proportionnelle à intensité du rayonnement  
amplitude et phase déterminées par permittivité complexe
- Action sur ***mouvement thermique des dipôles électriques***  
mouvement seulement légèrement perturbé  
provoque légère augmentation locale de température  
transmis aux régions avoisinantes  
provoque légère diminution de température  
compensant la précédente  
En régime stationnaire, température à peu près constante
- ***Pas d'évidence indiscutable*** d'excitation cohérente  
sinon il n'y aurait plus de controverse
- Nombre de ***résultats expérimentaux*** supportent cette théorie  
essentiellement aux ondes millimétriques

## ***Argument très général en faveur de ces théories***

- Effets produits aux ***très basses fréquences*** (50 Hz)  
en termes de champ magnétique
- De même, effets dus aux ***radiofréquences***  
essentiellement en termes de champ électrique, courants induits
- ***Micro-ondes*** : on ne considère que échauffement, dû à puissance  
on n'envisage pas effets directement dus aux champs
- ***Fréquences optiques***, une grande caractéristique biologique :  
énergie solaire utilisée en partie pour constituer et maintenir  
organisation très complexe dans systèmes biologiques végétaux

***Le soleil chauffe effectivement les plantes***

***Pourtant, personne ne dit que l'action du soleil sur les plantes  
est exclusivement thermique***

## 3.5.2 Effets isothermes (température constante)

- Thermodynamique, notamment le concept d'**entropie**  
nécessaire pour évaluer certains phénomènes en électronique
- Exemple : **luminescence**  
chaleur convertie en rayonnement lumineux  
vient de l'énergie thermique du cristal luminescent  
Énergie lumineuse : peut être plus grande que énergie  
d'excitation absorbée, aux dépens de énergie thermique matériau  
Il en résulte **refroidissement du matériau**  
car énergie d'excitation transformée en énergie lumineuse  
moins ordonnée  
souvent appelé refroidissement optique
- Phénomène semblable sur systèmes biologiques vivants  
**luciole** émet de énergie lumineuse dans le noir  
par transformation de l'énergie lumineuse reçue de jour

## ***Sur systèmes biologiques***

- ***Luminescence*** démontrée lors d'exposition interface air-eau  
mesures faites sur eau diversement salée  
aussi sur interface air - tissu humain

Interface exposée à faisceau incliné

ondes millimétriques, de 48 à 120 GHz

***Interface réémet*** rayonnement aux ondes décimétriques

***dans plan différent du plan incident***

mesuré à 0.4 et 1 GHz (figure)

Densité puissance incidente  $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , soit  $10 \text{ mW}/\text{m}^2$

***mille fois inférieur*** à niveau limite admis par OMS

au-delà de 2 GHz pour être humain

On ne voit pas comment expliquer par raisonnement thermique

- Il n'est pas prouvé que ce soit pathogène ou non pour l'être humain

QuickTime™ et un  
décompresseur TIFF (LZW)  
sont requis pour visionner cette image.

## 3.6 Études épidémiologiques

- Difficulté : établir ***relation de cause à effet***  
étude épidémiologique n'égale pas lien cause - effet !
- À ce jour : études n'établissent pas clairement risque de cancer même si installations n'induisaient pas de cancer  
milliers d'utilisateurs développeraient cancer chaque année  
car centaines de millions d'utilisateurs dans monde
- Après apparition d'une nouvelle cause possible de cancer  
il faut au moins ...10...15... 20 ans pour tumeurs décelables
- GSM introduit dans nos pays 01.01.1994 et développé 1997-1999  
***attendre 2015-2020 pour constater phénomène éventuel***
- Normes aujourd'hui ne doivent pas viser à protéger d'un effet connu  
***elles doivent protéger d'un effet éventuel***  
***dont on ne connaîtra résultats que vers 2015-2020 pour cancer***

- Novembre 2004 : **TNO** étude effets signaux GSM sur comportement jugée fort intéressante, à approfondir, car échantillon trop petit
- Décembre 2004 : **Reflex** étude européenne sur cellule vivante a montré effets positifs sur ADN résultats non directement généralisables à être humain
- Avril 2005 : étude **danoise** sur cancer plus de 1.000 personnes résultat négatif quant à usage accentué de GSM

Auteurs précisent : il faut durée d'étude plus longue, il est préférable de limiter usage du GSM par enfants et utiliser oreillette

- Mai 2005 : étude **suédoise** sur cancer 1.400 personnes à tumeur et 1.400 personnes saines risque plus élevé à la campagne

Lie ce risque à antennes plus disséminées, impliquant usage de puissances plus élevées

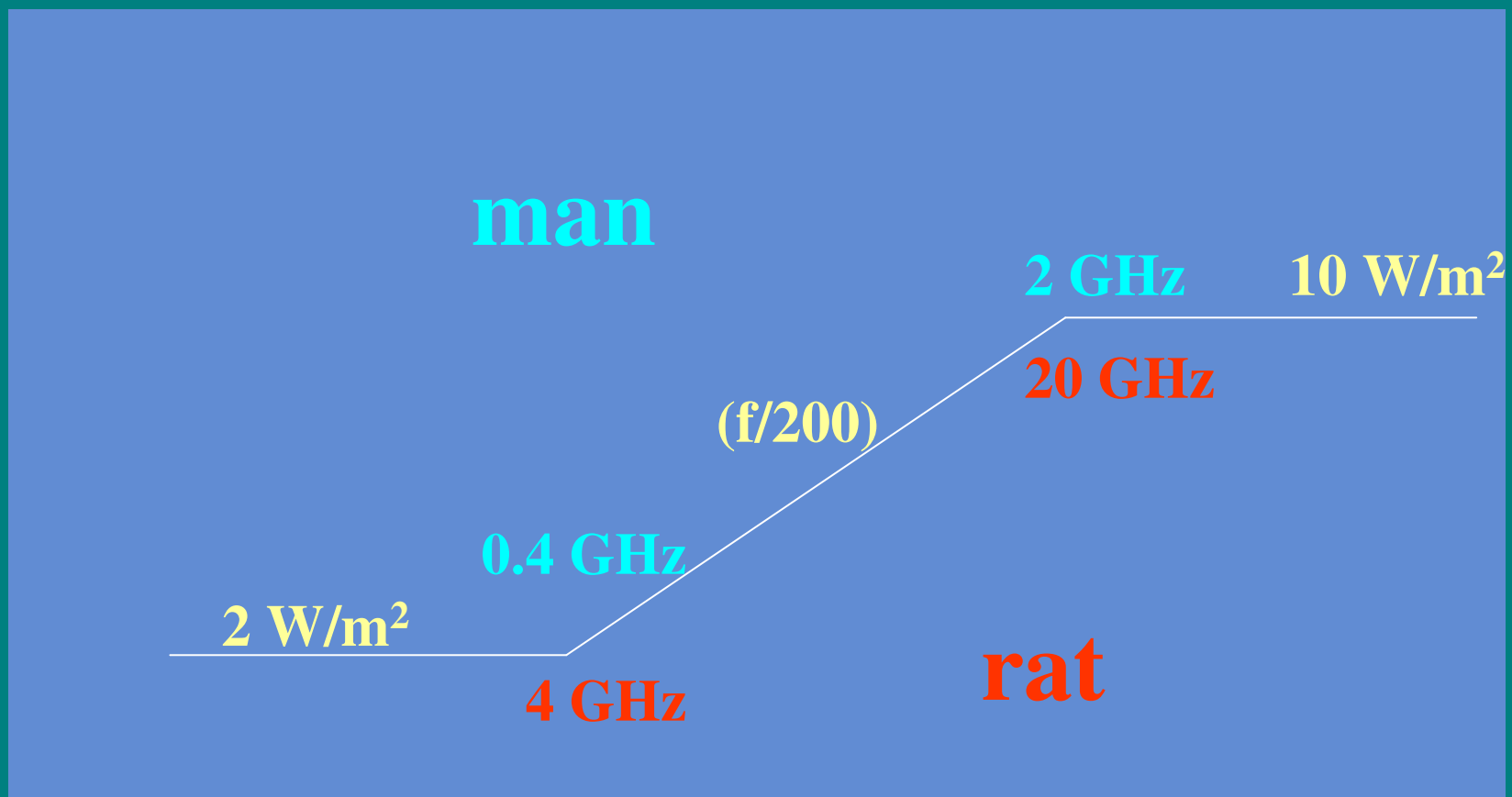


- **Étude épidémiologique sur rats** se termine à UCL, Belgique
  - grande amplitude : 124 rats
  - longue durée : 21 mois
  - faible niveau d'exposition : « OMS pour rats » (figure)
  - exposition diversifiée 4 groupes de 31 rats
    - 1 GHz CW, 1 GHz « radar » 10%, 10 GHz CW, témoin
- Modalités décrites dans littérature
  - rats exposés 2 heures par jour pendant 21 mois
  - correspond à environ à 70% de leur durée de vie (1 mois rat = 3 ans humain)
- Premiers résultats bientôt publiés
  - comparent résultats groupes exposés à groupe témoin

# Microwave exposure in 4 units



# Adaptation to **rat** of ICNIRP for **man**



# 4. Appréhensions

- 4.1 Exposition de longue durée à faible niveau et modulation numérique
- 4.2 Hypersensibilité électromagnétique
- 4.3 Barrière sang-cerveau (*BBB*)  
(barrière hémato-encéphalique)
- 4.4 Critique du texte initial de l'OMS

## 4.1 Exposition de longue durée à faible niveau et modulation numérique

- Exposition ***micro-ondes pulsées faible niveau*** affecte neurochimie du cerveau d'une manière semblable au ***stress***
  - activité cholinergique de l'avant du cerveau
  - répétition : compensation concentration récepteurs cholinergiques
- Prétraitement avec antagonistes narcotiques bloque les effets
  - donne un rôle à l'implication ***opioïdes*** endogènes
- Similitude effets micro-ondes avec sources établies de stress
  - spéculation sur exposition micro-onde comme facteur de stress
- Conclusion importante des recherches dans ce domaine : conséquences à long terme exposition répétée dépendent des ***paramètres d'exposition***
- Actuellement : pas d'évidence qu'exposition répétée micro-ondes à faible niveau entraîne effets neurologiques irréversibles

- Développement mobilophonie sans fil
  - signaux très spécifiques, dits *numériques*
  - en particulier signaux système **GSM**
- Signal à porteuse micro-onde
  - modulation par *impulsions*
  - modulation contient fréquences très basses**
    - 217 Hz permanent et 8.3 Hz certaines conditions
- GSM transmet micro-ondes en "paquets" (*bursts*)
  - pas le cas pour modulation amplitude ou fréquence, dits *analogiques*
- Ce type de développement pose la question

***"paquets" micro-ondes et très basses fréquences  
dans la modulation sont-ils susceptibles d'exercer  
influence négative sur tissus humains et/ou sur cerveau  
en induisant des effets non thermiques ?***

## 4.2 Hypersensibilité électromagnétique

- Certaines personnes se plaignent de troubles divers qu'elles attribuent à exposition ém, notamment micro-onde, **niveaux bien inférieurs** à effets nocifs connus et normes/recommandations

Certaines relient leurs troubles

davantage à exposition à très basse fréquence

ou à antennes micro-ondes, essentiellement GSM

ou aux deux sources

- Certaines sont tellement affectées qu'elles s'isolent, cessent le travail, changent leur style de vie

D'autres rapportent symptômes moins sévères

évitement de certaines sources de champ ém

- Plupart des recherches scandinaves : plaintes **dermatologiques**  
rougeurs, picotements, sensations de brûlure, etc.

- ***Nombre croissant***

personnes présentant symptômes neurasthéniques et végétatifs  
fatigue, céphalées, concentration, vertiges, nausées, palpitations

- Constaté : perturbations psychophysiologiques

hyper-réactivité du système nerveux central

déséquilibre au niveau du système nerveux autonome

S'agit de facteurs prédisposant ou d'une conséquence de la souffrance de ces personnes ?

- ***Symptômes réels*** (CSH) même s'ils ne peuvent être « objectivement » attribués aux champs ém

- Type de symptômes proche de ce qu'on a appelé dès 1960 ***syndrome micro-onde*** après exposition à faible niveau ambassade U.S.A. Moscou par Soviétiques



## ***Pour notre part***

contact avec trentaine personnes, rencontré vingtaine

- La plupart explicitent de façon très précise ce dont elles souffrent, à quels endroits et sous quelles formes cela se manifeste
- Nous nous sommes souvent demandés : y a-t-il eu ***effet exacerbé par médicaments divers ?***
- Depuis peu, hypothèse personnelle de travail :
  - lien cause-effet entre exposition micro-onde et troubles décrits
- Exposés techniques sur façon de se protéger, « se blinder »
  - sans guère de difficultés
  - sans trop de frais
  - de façon relativement conviviale
- A débouché dans quelques cas sur accès à vie plus normale

## 4.3 Barrière sang-cerveau (*BBB*)

(barrière hémato-encéphalique)

- Protège cerveau des mammifères de composants potentiellement dangereux qui se trouveraient dans le sang
- Défense naturelle, « barrière » perméable de façon sélective
- Peut causer oedèmes cérébraux, augmentation de pression intracrânienne, voire dommage cérébral irréversible
- 30 investigations expérimentales sur rats rapportées fin 2001  
Réparties par moitié entre effets positifs et effets négatifs  
Certains effets positifs - transfert de sérum d'albumine - observés à TAS (*SAR*) de 0.016 W/kg, soit 5 fois plus bas que niveau OMS
- Question :

***sous effet de téléphones portables, albumine ou autres molécules toxiques peuvent-elles se porter au cerveau et s'y accumuler ?***

## 4.4 Critique du texte initial de l'OMS

- Pourquoi controverse actuelle risques éventuels micro-ondes ?  
première recommandation OMS publiée en 1993  
avant implantation du GSM, 1<sup>er</sup> janvier 1994  
plusieurs années avant son développement massif 1997-99
- Recommandation particulièrement ambiguë
- Surtout :

***maintenue telle quelle en 1998 par l'International Commission  
for Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) 1998***

Texte initial OMS p.21, 1.1.6.1

*In normal thermal environments, an SAR of 1-4 W/kg for 30 minutes produces average body temperature increases of less than 1 °C for healthy adults*

Établit facteurs sécurité population, p.23, 1.1.7.1

*A safety factor of 10 is introduced, in order to allow for unfavourable, thermal, environmental, and possible long-term effects, and other variables, thus arriving at the basic limit of 0.4 W/kg*

*An additional safety factor should be introduced for the general population, which includes persons with different sensitivities to RF exposure. A basic limit of 0.08 W/kg, corresponding to a further safety factor of 5, is generally recommended for a public at large*

TAS (SAR) 0.08 W/kg correspond à champ électrique 41.2 V/m à 900 MHz

Safety factor = **facteur de sécurité**, à l'égard effet connu

Rien à voir avec **facteur de précaution**, à l'égard effet non connu

Norme fédérale belge plus exigeante : limite 20.6 V/m à 900 MHz  
2 en champ électrique, 4 en puissance et TAS (SAR)

## 1-4 W/kg

facteur 10 à partir de **4 W/kg**, menant à 0.4 W/kg

Si effet à partir de **1 W/kg**, facteur menant à 0,1 W/kg d'où facteur 4

## 30 minutes

exposition permanente !

il faut facteur pour différence 24 heures/24 - 30 minutes

## less than 1 °C

il faut facteur pour élévation permanente de température admise

## healthy adults

tous ne sont pas adultes, facteur?

tous ne sont pas en bonne santé, facteur?

certaines ni adultes ni bonne santé, facteur?

Enfin, facteur entre travailleurs secteur et public est 5

il est 20 en Belgique pour rayonnements ionisants: 4!

***Ne pas s'étonner si certains estiment que les recommandations  
OMS ne sont pas assez exigeantes***

# 5. Conclusions

- Controverse au sujet des normes et recommandations aussi alimentée par le fait que les mécanismes de **chauffage diélectrique** sont très bien connus, ce qui n'est pas le cas des mécanismes autres que le chauffage
- En d'autres termes : il n'existe pas ou **guère de valeurs chiffrées** concernant ces autres effets
- Fixation des normes locales dépend donc surtout de la **sensibilité des populations** à l'ensemble de la problématique et de **l'attention que les politiques** locaux portent aux préoccupations de leurs populations

# Tableau de normes et recommandations

***Grande variété, valeurs pour le grand public, exprimées en V/m à 900 MHz***

- (1) OMS, ICNIRP et Union européenne  
ne pas dépasser 41.2 V/m
- (2) Plusieurs gouvernements européens normes plus exigeantes
  - Belgique : 20.6 V/m
  - Italie : 20 V/m, et 6 V/m pour exposition > 4 heures
  - Suisse : 6 ou 4 V/m
  - Luxembourg : 3 V/m
- (3) Effets sur barrière sang-cerveau (*BBB*)
  - effets positifs dans 50% des études (sur rats)
  - certaines effets positifs observés à 0.016 W/kg, soit 18 V/m

- (4) Effets *isothermes* ou *microthermiques*  
au moins 100 (en puissance), soit maximum 4 V/m
  
- (5) Etudes épidémiologiques exposition TV/FM  
deux études/quatre : doublement taux leucémie, de 2 à 4 V/m
  
- (6) Conseil Supérieur d'Hygiène belge  
facteur supplémentaire de 200, soit 3 V/m  
il s'agit d'une valeur maximum  
tient compte de toutes émissions 10 MHz - 10 GHz
  
- (7) Notre recommandation a été : 3 V/m  
Région wallonne, Région bruxelloise  
il s'agit d'une valeur maximum  
tient compte de toutes émissions 10 MHz - 10 GHz



(8) Février 2003, Ville de Paris : de 1 à 2 V/m  
il s'agit d'une ***valeur moyenne par jour***  
***ne porte que sur GSM***  
(accord entre Ville et opérateurs)

(9) Juin 2000, Ville de Salzbourg : 0.6 V/m  
il s'agit d'une ***valeur moyenne par an***  
***ne porte que sur GSM***

Rapport entre valeurs extrêmes de champ électrique

$$41.2/0.6 = 68.67$$

Rapport entre valeurs extrêmes de puissance

$$(41.2/0.6)^2 = 4720$$