

Mai 2014

GSM, WiFi, Bluetooth, Micro-ondes

Tour d'horizon des risques pour la santé

André Vander Vorst
professeur ^{ém} UCL Hyperfréquences

Sommaire

1. Grandeurs physiques
2. Effets pris en compte dans les normes et autres
3. Récapitulatif et historique
4. Où va-t-on?
5. Trois bonnes questions

- ***micro-ondes (microwaves) ou hyperfréquences***

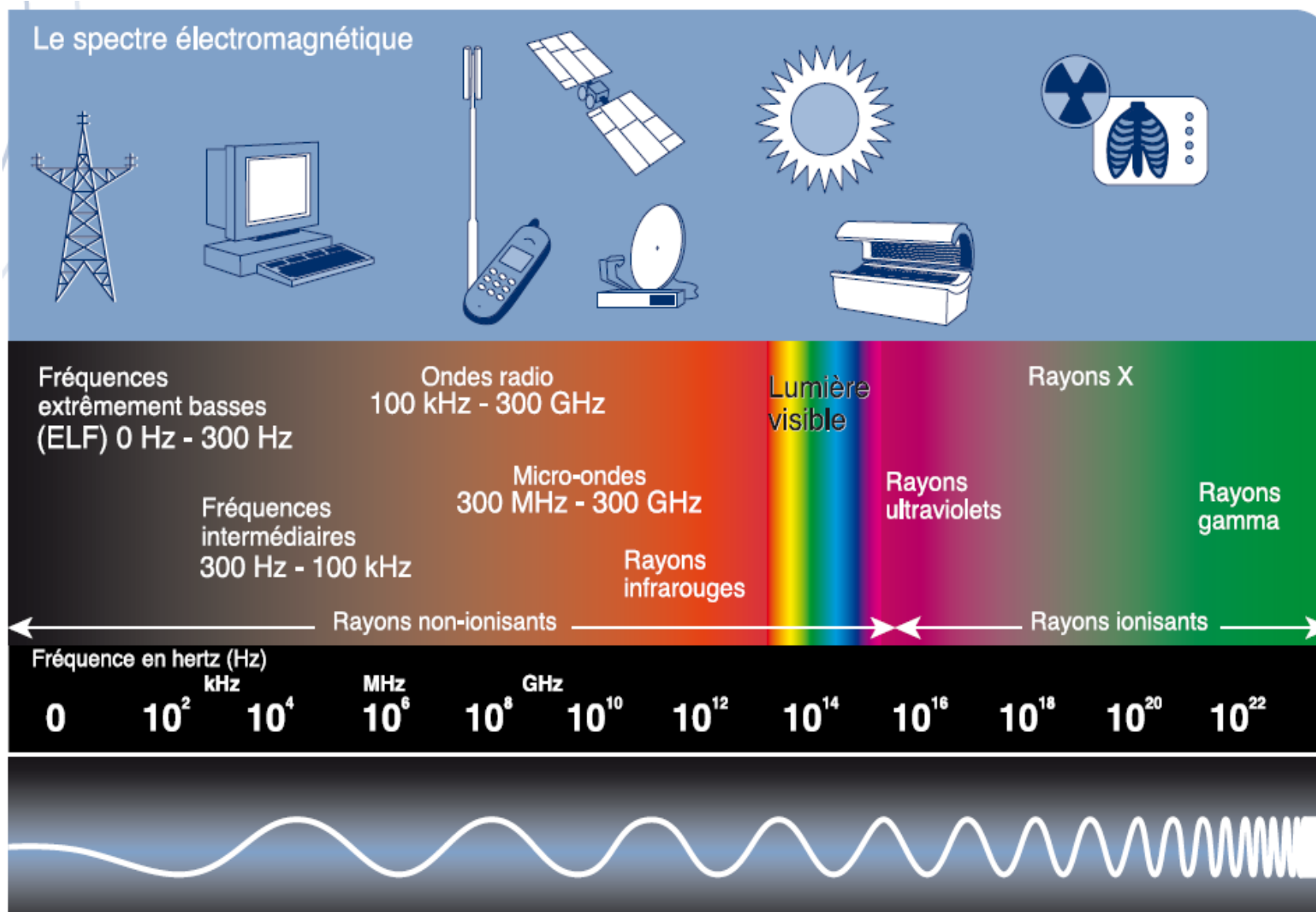
(il ne s'agit pas des fours mais bien d'une bande de fréquences)

Fréquence	100 MHz à 300 GHz	(jusqu'à 1 THz)
longueur d'onde	3 m à 1 mm <i>dans le vide</i>	(jusqu'à 0.3 mm)

*longueur d'onde du même ordre de grandeur que
dimension objets couramment utilisés*
mètre, décimètre, centimètre, millimètre

et donc : effets particuliers, notamment biologiques ?

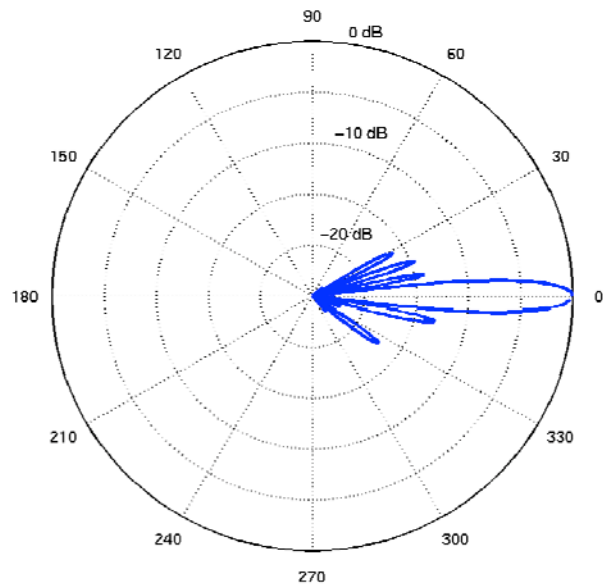
CRIB centre d'informatique pour la Région Bruxelloise



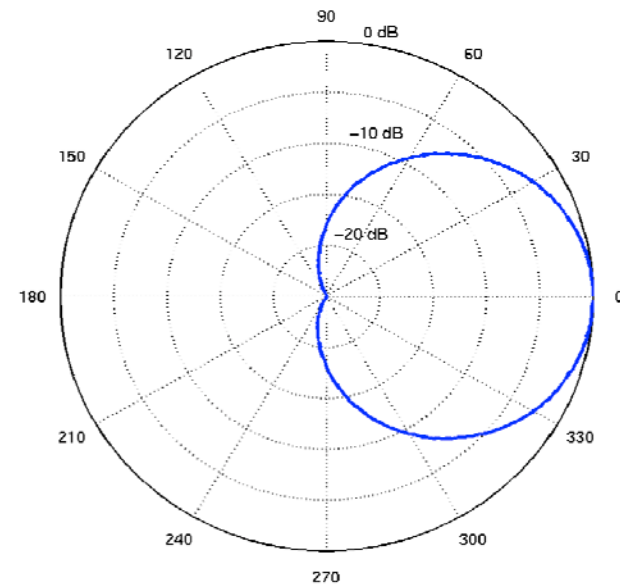
- les champs **se propagent**
 électrique (V/m), magnétique (A/m), électromagnétique (E et H)
 densité de puissance (W/m²)
- champ **rayonné** : **définition** **varie en 1/r**
 densité de puissance **rayonnée** **varie en 1/r²**
r = distance à partir de la source
- pour rayonner **antenne**
 rayonnement d'autant plus efficace que fréquence élevée
- **gain d'antenne** **dépend de la direction**
 diagramme de rayonnement **G(θ,φ)**
 normalisé : rapport densité de puissance émise / répartition isotrope

diagrammes de rayonnement $G(\theta, \phi)$
antenne typique de station de base GSM

plan vertical



plan horizontal



2. Effets pris en compte dans normes et autres

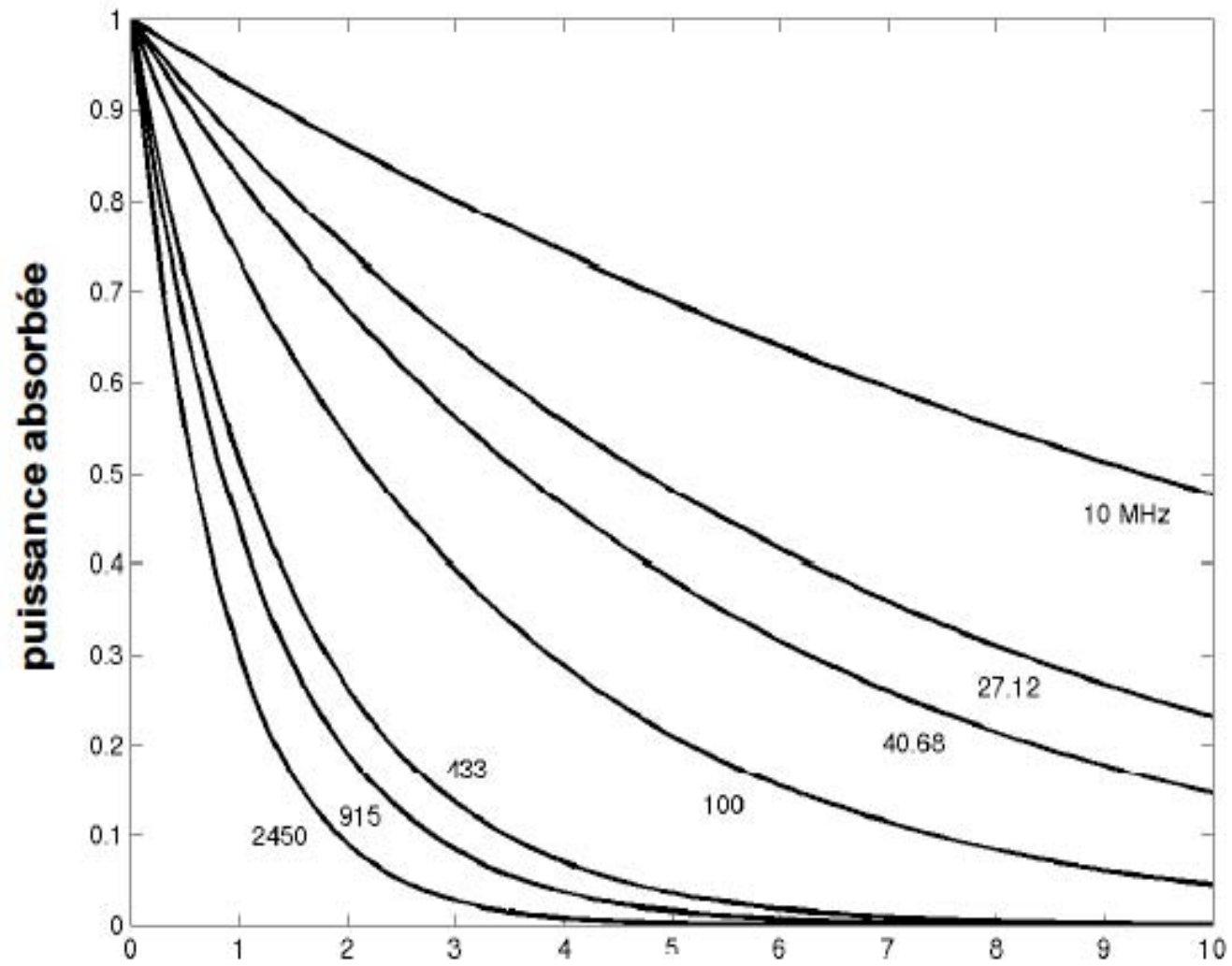
- **normes basées uniquement sur effet thermique**
addition de puissances dans bande de fréquences donnée
en général exprimées en **champ E équivalent à 900 MHz**
- **absorption** : chauffage *interne* **bien connu**
débit d'absorption spécifique **DAS** W/kg
taux d'absorption spécifique TAS specific absorption rate SAR

watts de **puissance absorbée** par kilo de **matière absorbante**
! couche superficielle du corps (*effet de peau*)
- **pourtant** :
effets comportementaux / fonctions cognitives
perte de mémoire : on n'en parle pas !
détectables à niveau d'exposition plus faible que effets thermiques
ondes modulées de façon numérique
détectables à niveau plus faible que ondes à caractère continu
hypersensibilité de certains !

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 δ***
 - à 3 profondeurs δ : densité de puissance = 1% de valeur sur peau
 - organes intérieurs « blindés »*** par couche extérieure
 - moins efficace chez enfants

absorption : profondeur de peau



perte de mémoire chez rat

- nombreuses études sur rats
manifestent perte de mémoire chez rats ayant été exposés
curieux : on n'en parle pas !
longévité : rat 30 mois, humain 90 ans
1 mois exposition rat : 3 années exposition humain
- confirmation : thèse Dirk Adang (UCL, 2008)
scène : cage et 2 objets
exploratoire : 2 objets inconnus, identiques 3 minutes
intervalle de rétention 15 minutes
reconnaissance : 1 objet remplacé 3 minutes

perte de mémoire chez rat : résultats

- 32 rats **non exposés**

expérience répétée 5 fois sur chaque rat

comportement identique chaque fois chez chaque rat

exploratoire pas de différence entre 2 objets identiques

reconnaissance **différence entre objet familier et inconnu**

- 32 rats **exposés 15 mois**

2 h/jour, 7 jours/semaine

expérience répétée 5 fois sur chaque rat

comportement identique chaque fois chez chaque rat

exploratoire pas de différence entre 2 objets identiques

reconnaissance pas de différence entre objet familier et inconnu

ne reconnaissent plus l'objet reconnu antérieurement

hypersensibilité

certaines personnes sont sensibles à des champs très faibles

on distingue (Suisse, 2005) deux phénomènes indépendants

- **électrosensitivité**

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

- **électrosensibilité**

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

influence de médicaments

- dommages à cornée observés à SAR 2.6 W/kg, 2.45 GHz sur singes
après **prétraitement médicamenteux** opioïdes :
mêmes dommages observés à SAR **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.
- d'où question :
certains traitements médicamenteux peuvent-ils accentuer la sensibilité 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 ?

effets micro-thermiques et isothermes

- **effets "non thermiques" micro-ondes** : vieille controverse
la question n'est pas seulement **scientifique**
elle est aussi **politique et commerciale** :
 - accepter existence effets non thermiques
 - implique possibilité effets **exposition à très faible niveau**

(1965 : normes soviétiques 1.000 fois plus rigoureuses que les occidentales)

- en 1971 déjà Michelson :
 - différence entre les vues soviétique et occidentale :**
 - exposition maximum permissible basée sur**
 - l'acceptation ou la réjection des effets non thermiques**

études épidémiologiques

- 1996 : exposition **TV/FM**
deux études/quatre : doublement taux leucémie de 2 à 4 V/m
- 2004 : **TNO** étude effets GSM sur comportement
résultat positif, à approfondir, échantillon trop petit
- 2004 : **Reflex** étude européenne sur cellule vivante
effets positifs sur ADN
- 2005 : étude **danoise** sur cancer
plus de 1.000 personnes, négatif quant à usage accentué de GSM
- 2005 : étude **suédoise** sur cancer
1.400 personnes à tumeur et 1.400 personnes saines
risque, plus élevé à la campagne
- 2007 : étude **suisse** effet UMTS sur comportement
expositions espacées d'une semaine : résultat négatif
- 2010 (2000-2004-2008) : étude **Interphone**, dans 13 pays
- 2011 : mise à jour de l'étude **danoise** sur cancer

Classement OMS 2011 : catégorie 2b « cancérigène possible »
articles scientifiques rapportant risque accru de 40-200%
pour gliomes et neuromes acoustiques si usage accentué

étude danoise 2011

bon cas d'école !

contexte des dizaines d'études par an (ici : 723 421 personnes)
2ème remise à jour d'une étude de 1995

on y trouve téléphone
adultes : 30 ou davantage en 1995
suivi depuis 1995 : 358 403 utilisateurs (303 335 éliminés)
pas de risque accru de tumeurs du Système Nerveux Central

on n'y trouve pas effet des champs ambiants
durée d'utilisation par jour
enfants et adolescents
éliminés comme usagers : 200 507 téléphones de société
traités comme non-utilisateurs : ⇒ groupe contrôle !
raison donnée: noms inconnus
souscripteurs ≥ 1996 : ***traités comme non-utilisateurs*** !
usage croissant de sms

littérature scientifique

- particulièrement abondante
- <http://www.powerwatch.org.uk/science/studies.asp#masts>

124 pages

12 titres par page

nombre de titres $12 \times 124 =$ environ 1.500

deux tiers font état d'effets biologiques

pas nécessairement pathogènes

le mot « rat » se trouve dans 87 titres

- publié

Interphone (13 pays) porte sur 2000-2004

40% augmentation cancer « gros » utilisateurs (1/2h/j)

4 études mettant en évidence neurome acoustique

(tumeur du nerf auditif)

nombreuses études sur rats faible niveau longue durée

(15 à 25 mois soit 45 à 75 ans pour humain)

perte de mémoire

certaines : mortalité accrue

3. Récapitulatif et historique

(V/m équivalent à 900 MHz)

- (1) OMS, ICNIRP, Union européenne : 41.2 V/m
- (2) certains gouvernements européens plus exigeants
 - Belgique : 20.6 V/m (réduit le " ΔT " à 0.02° C)
 - Italie : 20 V/m ou 6 V/m, d'après la durée d'exposition
 - Suisse : 6 V/m ou 4 V/m, d'après la durée d'exposition
 - Luxembourg : 3 V/m, par antenne
 - Liechtenstein (?) : 0.6 V/m
- (3) juin 2000, Ville de Salzbourg : 0.6 V/m
 - initialement valeur moyenne par an, ne porte que sur GSM (UMTS?)
- (4) 2001 et 2006, CSH/CSS belge : 3 V/m + ALARA en 2006
 - effets autres que thermiques (" ΔT " réduit de 0.02° C à 0.0004° C)
 - valeur maximum, tient compte de toutes émissions 10 MHz - 10 GHz
- (5) février 2003, Ville de Paris : de 1 à 2 V/m (accord Ville - opérateurs)
 - valeur moyenne par jour, ne porte que sur GSM
- (6) 2007-2009, Bruxelles : ordonnance 3 V/m
 - exclut TV/FM, très large bande, valeur maximum
- (7) 2009 décret wallon et 2011 décret flamand

historique OMS - ICNIRP

1993 Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

- texte (p. 21 1.1.6.1) (GSM: 01/01/1994)

*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***

“This is not to be considered as dangerous”

- établit **safety factor** de **50 pour grand public** (p. 23, 1.1.7.1)
calculé à partir de 4 W/kg et non 1 W/kg : **incorrect !**
- de plus, **facteur de 5 entre travailleurs et public**
il est de **20** en Belgique pour rayonnements **ionisants**

1998 ICNIRP

- maintient cette recommandation pour
exposition **24 h/24** et non 30 minutes
tout être humain et non seulement adulte en bonne santé

1998+ OMS a avalisé recommandations ICNIRP

4. Où va-t-on ?

© 2006 - ANPI



Evolution du niveau EM ambient

Evolution à venir

Relativement hasardeux

- Quelle sera la croissance de la demande en capacité des utilisateurs?
- Les nouveaux systèmes sont-ils plus efficaces que le GSM?
- Quand le GSM aura-t-il totalement disparu au profit de l'UMTS?
- Quelle sera la demande en capacité UMTS dans 2 à 5 ans?
- A quelle vitesse la 4G va-t-elle être déployée?

Croissance de la demande en capacité

sur base d'analyses publiées du marché :
x 15 000 en 20 ans
soit doublement tous les 18 mois

Année	Demande par station de base [kbits/s]
2005	461
2010	4 645
2015	46 814
2020	471 859
2025	4 756 043

1^{er} décembre 2011

Evolution du niveau EM ambiant

Amélioration de l'efficacité des systèmes

Efficacité = débit binaire offert par watt de puissance émise

Service	Débit maximum par utilisateur	Nombre d'utilisateurs	Puissance de crête [W]	Efficacité [kbits/s/W]
GSM de base (2G)	9.6 kbits/s	48	60	7.7
GSM étendu (2.5G)	384 kbits/s	6	60	38.4
UMTS (3.5G)	7.2 Mbits/s	8	60	960.0
4G (LTE-Advanced)	1 Gbits/s	8	60	133 000.0

=> amélioration exponentielle de l'efficacité des systèmes

Le GSM de base apparaît désormais clairement comme une technologie très peu efficace (vieillot) en comparaison avec les générations suivantes.

Conclusion hypothétique (pour donner une image) :

si aujourd'hui on remplace toutes les stations de base GSM par des stations de base UMTS et si les utilisateurs n'augmentent pas leur utilisation du système,

le niveau ambiant diminue d'un facteur 25 (champ E divisé par 5) = $960/38.4$

5. trois bonnes questions

5.1 protection moins bonne si le corps est petit : enfants

- ***effet de peau***

3 profondeurs de peau à 900 MHz : 5 cm des deux côtés soit 10 cm sur torse enfant de 20 cm au lieu de 40 cm adulte

donc : ***davantage d'organes internes exposés chez l'enfant***

- ***cellules plus jeunes davantage influencées par champs ?***

voir médecin, physiologiste, biologiste

- ***taille*** exemple : conserver la chaleur / acquérir ou perdre la chaleur

effet utile : propriété du volume, mètres cubes, ***m³***

effet pervers : propriété de la surface du corps, mètres carrés, ***m²***

rapport effet utile/effet pervers

$m^3/m^2 =$ dimension, longueur, taille, ***mètre***

échauffement micro-onde : affecte température interne, chaleur

acquis par la surface : grandeur fondamentale W/m^2

donc : échauffement plus marqué sur humains de petite taille

5.2 importance des expositions

- ***téléphone portable GSM***
50 à 100 V/m
- ***DECT, station pour téléphone portable intérieur***
émet en permanence
capable de gérer 10 communications en parallèle
développé pour milieu industriel, galerie commerçante
7 V/m de crête à 1m50, 10% du temps
babyphone : même système
- ***ambiance***
41,2 - 20,6 - 3... V/m
- ***Wifi***
borne Wifi n'émet pas en permanence
sans connexion ni transfert de données : émission quasi nulle
à proximité d'un pc émetteur : champ surtout dû au pc
à 1m de la borne et de 3 pc en téléchargement : $E_{max} \approx 1$ V/m

5.3 « scientifique » ? ou « expert » ?

- qu'est-ce qu'un expert scientifique?
- on interviewe un scientifique qui joue alors le rôle d'expert
- l'énoncé scientifique fonctionne alors dans une **décision**
hors du domaine scientifique, p. ex. le domaine judiciaire
il est devenu une **expertise**
- l'expertise va plus loin que la science
penser que n'est pas ***savoir***
- il faut repérer *le saut au-delà du savoir* caractéristique de l'expertise
- groupes d'experts nommés par un exécutif : ICNIRP, SCENHIR

Nadine Delrue, *Réfléchir les sciences*, Erasme, 1998

SCENHIR Europe

Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks

The Committee provides opinions on emerging or newly-identified health and environmental risks and on broad, complex or multidisciplinary issues requiring a comprehensive assessment of risks to consumer safety or public health and related issues not covered by other Community risk assessment bodies.

14 members appointed by Commission EU 11 Mar 2013

Potential areas of activity include :

- antimicrobial resistance
- new technologies (e.g. nanotechnologies)
- medical devices including those incorporating substances of animal/human origin
- physical hazards (e.g. noise, electromagnetic fields)
- tissue engineering
- blood products
- fertility reduction
- cancer of endocrine organs
- interaction of risk factors, synergic effects, cumulative effects
- methodologies for assessing new risks