

Février 2016

Physique des micro-ondes et Protection

André Vander Vorst
professeur ^{ém} UCL Hyperfréquences

- **longueur d'onde** x fréquence = **constante**
longueur d'onde en mètre, diminue si la fréquence augmente
- **constante** vitesse de phase **dans le milieu considéré**
dans le **vide** : *vitesse de la lumière* = 300.000 km/s
- longueur d'onde dans le vide à 50 Hz **6.000 km**
à 1.000 MHz – 1GHz **30 cm**
- **longueur d'onde plus petite dans corps humain**
facteur 1/9 à 900 MHz

- **micro-ondes (MO)** gamme de fréquence

fréquence 100 MHz à 300 GHz (jusqu'à 1 THz)

longueur d'onde **3 m à 1 mm dans le vide** (jusqu'à 0.3 mm)

*la longueur d'onde des micro-ondes est du même ordre de grandeur
que les objets couramment utilisés
et que nombre d'éléments du corps humain*

mètre, décimètre, centimètre, millimètre

donc : causent-elles des effets biologiques spécifiques?

- champ électrique (E) V/m *se propage*
 champ magnétique (H) A/m *se propage*
 champ électromagnétique (E **et** H) *se propage*
 densité de puissance (S) W/m² *se propage*

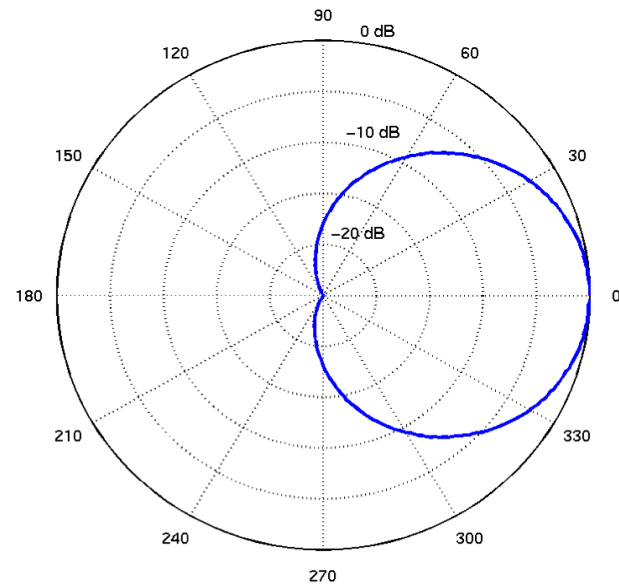
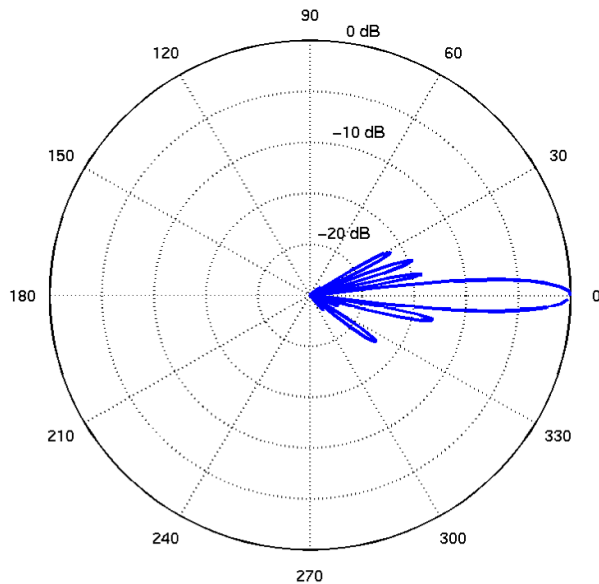
- champ *rayonné* - définition *varie en 1/r*
 densité de puissance rayonnée *varie en 1/r²*
 r = distance à partir de la source

- 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

diagramme de rayonnement $G(\theta, f)$

antenne typique de station de base GSM



- **effet de peau** bien connu en ingénierie
- **seul le champ interne** dans un matériau peut influencer celui-ci
puissance absorbée MO convertie en chaleur
absorbant principal : **eau**
- champ interne diminue **par absorption** lorsque la pénétration augmente
effet caractérisé par la **profondeur de peau δ**
à 3 profondeurs δ : puissance = **1% de la valeur sur la peau**
à 900 MHz : 3 profondeurs $\delta = 5$ cm
organes internes « blindés » par couche externe
(donc moins de protection pour enfants)

- de nombreux **effets thermiques** ont été observés
 - ils dépendent de la distribution spatiale du TAS
- **comportement - fonctions cognitives** : mesure la plus sensible
- **champs pulsés** produisent un effet
 - à un niveau de puissance plus faible que les ondes continues

(Vander Vorst et al, 1996)
- quelques résultats
 - TAS 1 W/kg produit + 1°C dans corps humain (thermorégulation)
 - dommage oculaire (cataractes) observé à 100 mW/cm² au-delà de 1 GHz
 - dommage de la cornée, singes, à 2.6 W/kg et 2.45 GHz
 - même dommage à 0.26-0.5 W/kg **après prétraitement** médicamenteux
 - dommage de la rétine, singes, 4 W/kg et 1.25-2.45 GHz champs pulsés
 - malformations au-delà de 15 W/kg, avec plus de 5°C d'augmentation

le physicien face aux personnes se disant EHS

1/3

- pourquoi êtes-vous venu me trouver?
j'espère une amélioration de ma situation
- je ne suis pas médecin
je sais mais on m'a parlé de vous
- avez-vous vu un médecin?
oui,
il ne me croit pas
il ne croit/sait pas que cela existe
il me recommande d'aller trouver un psychiatre

importance des expositions

- ***téléphone portable GSM***
50 à 100 V/m
- ***DECT, station pour téléphone portable intérieur***
ancien modèle : émet en permanence
capable de gérer 10 communications en parallèle
développé pour milieu industriel, galerie commerçante
7 V/m de crête à 1m50 de distance
- ***babyphone*** : même système
- ***ambiance***
41,2 - 20,6 - 3... V/m Belgique: normes plus exigeantes
- ***Wifi***
borne Wifi n'émet que si on télécharge
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

- **à l'égard du champ extérieur** : se « blinder »
on peut le faire de façon conviviale
le champ extérieur pénètre essentiellement par les fenêtres
placer des rideaux absorbants aux fenêtres
plusieurs fabricants sur le marché
disposer une étoile absorbant sur les épaules
- **à l'égard du champ intérieur aux locaux d'habitation/travail**
éviter de créer des champs intérieurs
éviter DECT/babyphones qui émettent de façon permanente
limiter les communications mobiles à 2-3 minutes
envoyer SMS plutôt que téléphoner : gain distance/rapidité

Merci pour votre attention !