

# Evaluation de l'exposition aux micro-ondes à proximité d'antennes émettrices. Référence aux recommandations existantes.

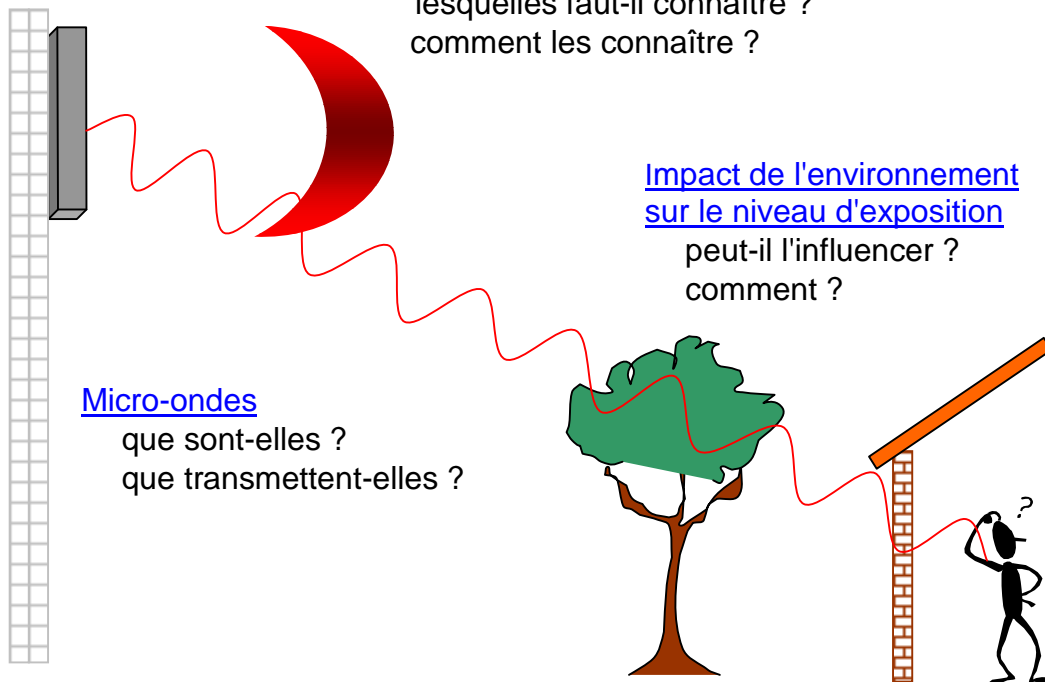
---

## Antenne émettrice de micro-ondes

ou la rechercher ?  
comment l'identifier ?

## Caractéristiques d'antenne déterminant le niveau d'exposition

lesquelles faut-il connaître ?  
comment les connaître ?



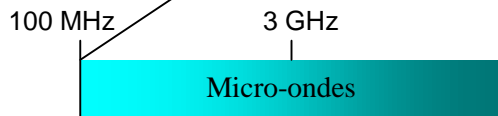
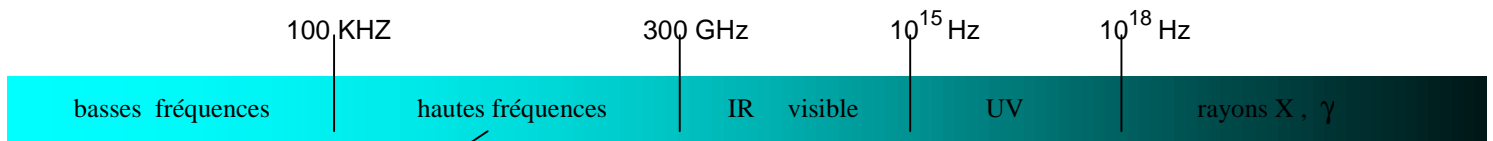
## Applications concrètes exemples typiques

## Niveau d'exposition au rayonnement d'une ou plusieurs antennes en un lieu défini comment l'évaluer ?

## Comparaison du niveau d'exposition aux recommandations existantes est-il "safe" ?

# Micro-ondes

Spectre du rayonnement électromagnétique



Fréquence (MHz)	Application , opérateurs
2300 - 2450	Radioamateur
1900 - 2300	UMTS ou "IMT 2000"
1880 - 1900	Mobilophonie locale "DECT"
1710 - 1880	GSM 1800 ou "DCS" : <i>Orange, Proximus, Mobistar</i>
1240 - 1300	Radio-amateur
(915 et 960)	Mobilophonie locale "CT 1"
890 - 959	Mobilophonie GSM 900 : <i>Proximus, Mobistar</i>
470 - 830	TV UHF(analogique, numérique)
(461 – 465)	Mobilophonie analogique
(430 – 440)	Radioamateur
380 - 470	Mobilophonie Tetra (professionnelle)
390-395	<i>Astrid (services d'urgence)</i>
410-430	<i>Dolphin Telecom</i>
174 - 223	TV VHF (analogique)
146 - 174	Mobilophonie professionnelle
144 - 146	Radioamateur
87,5 - 108	Radio FM

Toutes les applications entre 100 MHz et 3 GHz ne sont pas reprises ici.  
 Le tableau complet d'attribution des fréquences peut être consulté sur le site <http://www.ibpt.be>  
 de l' IBPT (Institut Belge des Services Postaux et des Télécommunications).

Nous nous limitons aux fréquences inférieures du spectre micro-onde, car au-delà 3 GHz, les émissions sont essentiellement le fait d'[antennes paraboliques](#) dont le rayonnement est extrêmement directif et ne présente donc en principe pas de risque d'exposition pour un individu, du moins de façon prolongée.

# Antenne émettrice de micro-ondes


## 1. Comment la reconnaître, où la rechercher ?

Seuls les modèles les plus courants sont présentés ici

### 1.1 Antenne "dipôle" élémentaire

son rayonnement est [omnidirectionnel](#)

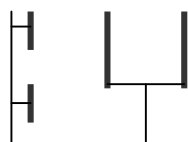
élément métallique linéaire unique

- 
- *Courte* (quelques centimètres) : antenne de téléphone portable, recouverte d'un isolant.
  - *Moyenne* (quelques décimètres) : antenne-relais de [mobilophonie](#): en façade extérieure ("micro-cellule"), ou au plafond de hall, centre commercial, gare, métro (antenne intérieure : "pico-cellule").
  - *Longue* (quelques mètres) : antenne - station de base ou relais pour [applications](#) diverses, sur toit de bâtiment ou sur site propre (au sommet d'un pylône).

### 1.2 Antenne "réseau"

rayonnement [omnidirectionnel](#) ou semi-[sectoriel](#)

Association de plusieurs dipôles



- *Coaxiale* : ce sont 2 à 4 dipôles superposés. Sur toit ou sur site propre, elle transmet la TV (implantation très en hauteur : 100 m et +) ou la mobilophonie.
- *Parallèle* : ce sont 2 dipôles juxtaposés. Sur toit ou sur site propre, elle transmet surtout de la mobilophonie.

### 1.3 Antenne "panneau"

son rayonnement est [sectoriel](#)

caisson ou baffle de couleur grise, blanche ou celle du support (brun pour un mur de briques par exemple). Il s'agit en réalité d'une antenne "réseau" recouverte et équipée d'un réflecteur. Elle transmet la mobilophonie.



- *Petite* (20 à 70 cm de haut) : antenne-relais pour "micro-cellule", située en façade.
- *Grande* (1 m à 2,6 m de haut) : antenne - station de base ou relais, située autour de 20 à 30 m de haut, sur pylône, sur toit ou en façade de tout bâtiment (immeuble, clocher, château d'eau,...). Groupée par 3 ou 4 pour couvrir 360° d'azimut. Parfois plus que 4 (partage de site).

### 1.4 Antenne "patch"

son rayonnement est [sectoriel](#)



plafonnier de forme arrondie et de 10 à 20 cm de diamètre. C'est une antenne-relais intérieure ("pico-cellule") pour la mobilophonie.

### 1.5 Antenne parabolique

son rayonnement est [sectoriel](#)



Elle est utilisée pour les transmissions par satellite (TV, radio) et pour des transmissions terrestres (mobilophonie,...) par faisceaux dits "hertziens".

Nous l'écartons d'emblée du débat car son rayonnement est extrêmement directif : on n'y est jamais exposé à moins de résider dans l'axe de l'antenne ou à proximité immédiate.

Le [radar](#) est une antenne parabolique d'un type particulier. A proximité d'un aéroport, il existe une exposition non nulle à son rayonnement, mais périodique puisque le radar tourne en permanence.

## 2. Comment s'assurer qu'elle émet bien des micro-ondes ?

C'est à dire qu'elle ne soit pas

1. Uniquement réceptrice
2. Emettrice dans d'autres fréquences que les micro-ondes

voir pour cela : [connaître les caractéristiques d'antenne](#)

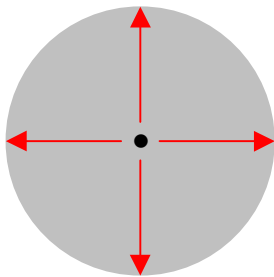
## 3. Comment rayonne-t-elle sa puissance ?

Considérons une antenne placée verticalement

### 3.1 Dans le plan horizontal

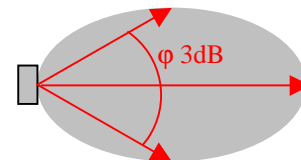
Perpendiculairement à l'axe de l'antenne (vue du haut)

Antenne **omnidirectionnelle**



Elle rayonne sa puissance de façon uniforme "tout autour" d'elle-même.

Antenne **sectorielle**



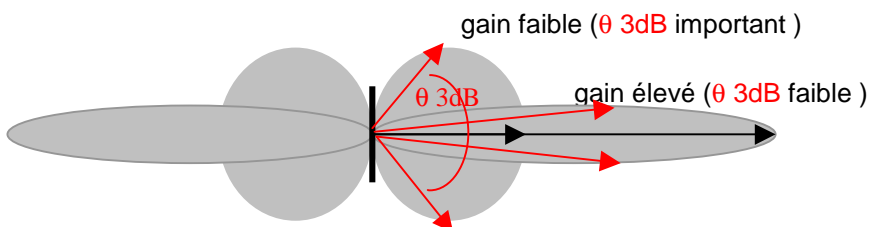
Elle rayonne sa puissance dans un secteur angulaire "face" à elle. Ce secteur est d'autant plus étroit que son gain est important.

### 3.2 Dans le plan vertical

Parallèlement à l'axe de l'antenne (vue de côté)

Une antenne concentre plus ou moins sa puissance dans une certaine direction selon que son [gain](#) est plus ou moins important.

Antenne **omnidirectionnelle**



Antenne **sectorielle**



$\theta$  3dB et  $\phi$  3dB sont les angles d'[ouverture à mi-puissance](#) du faisceau ou lobe principal de rayonnement.

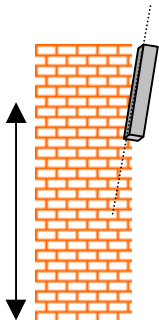
⚠ Une petite partie de la puissance est toujours "perdue" et rayonnée dans d'autres directions, dénommées lobes secondaires ou *side lobe*, mais aussi vers l'arrière des antennes panneau notamment.

# Caractéristiques d'antenne déterminant le niveau d'exposition

[comment les connaître](#)

Voici les paramètres ou caractéristiques d'antenne à obtenir pour pouvoir évaluer le niveau d'[exposition par calcul](#).

## 1. Caractéristiques d'implantation de l'antenne

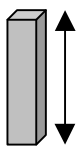


- **hauteur d'implantation de l'antenne**,  $H$  (en mètres), calculée depuis le sol jusqu'au niveau correspondant à la mi-hauteur de l'antenne.

Pour une [antenne panneau](#), orientation de l'antenne dans les 2 plans :

- **Inclinaison** éventuelle dans le plan vertical,
- **azimut** dans le plan horizontal.

## 2. Caractéristiques techniques de l'antenne



- **plus grande dimension de l'antenne**,  $D$  (en mètres)

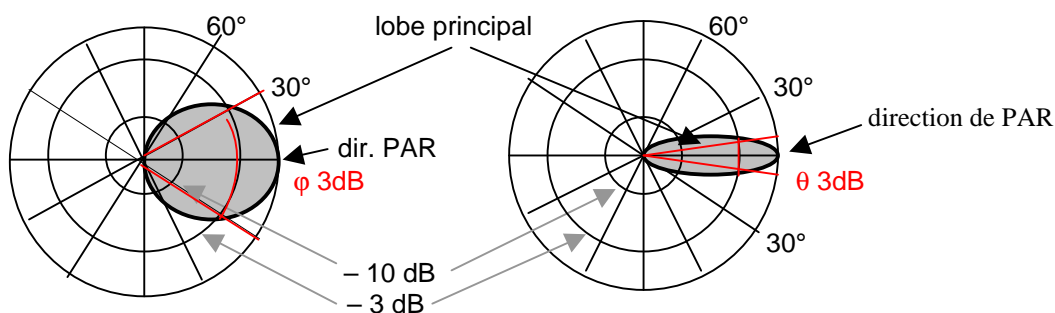
- **Gain maximum** (en [décibels isotrope ou dBi](#)) : Il rend compte de la concentration de la puissance d'émission dans une direction préférentielle, principale. La puissance émise dans cette direction est appelée **puissance apparente rayonnée** ou PAR.

- **pattern ou diagramme de rayonnement**

Il permet une [évaluation graphique du gain](#) dans toute direction et dans les deux plans.

dans le plan horizontal

dans le plan vertical



- **ouverture à mi-puissance** ou à **- 3 dB** ou **half power beam width** (en °).

Nous l'appelons  $\phi$  3dB dans le plan horizontal et  $\theta$  3dB dans le plan vertical. Il témoigne de l'ouverture du faisceau ou lobe principal de rayonnement. Dans les directions correspondant aux limites de celle-ci, la puissance rayonnée vaut la moitié de la PAR. Plus on se rapproche de la direction principale de rayonnement, plus la puissance rayonnée se rapproche de la PAR.

Dans l'exemple ci-dessus, l'ouverture à - 3 dB vaut 60° dans le plan horizontal et 10° dans le plan vertical.

- **Atténuation pour le 1° lobe secondaire** (en [décibels ou dB](#)) ou **first side lobe suppression**. Elle témoigne du gain résiduel "perdu" dans les directions accessoires.

### 3. Caractéristiques dépendant de l'opérateur

et choisies selon les possibilités offertes par l'antenne

- **puissance d'émission** =  $P$  ( en watts ou [dBm](#) ) =  $P$  fournie à l'antenne – pertes ( en dB )  
P peut varier dans le temps (mobilophonie) ou être constante (certaines émissions TV ou radio).  
L'opérateur peut éventuellement modifier la puissance d'émission selon ses besoins.  
→ on choisira la P maximale annoncée par l'opérateur, ceci en vue d'une "surestimation raisonnable"  
(cfr Ir Dr Benoît Stockbroeckx)
- **longueur d'onde** du rayonnement =  $\lambda$  ( en mètres )

Uniquement pour [antenne réseau](#) coaxiale ou panneau :

- **tilt électrique** ( en ° ) = inclinaison éventuelle du faisceau de rayonnement par rapport à l'axe ou au plan de l'antenne elle-même

### 4. Comment connaître ces caractéristiques ?

#### 1° ligne

Demander au propriétaire du site d'implantation de l'antenne :

- Soit il loue l'emplacement à un [opérateur](#) : il a alors accès, sur demande à l'opérateur, à toutes les caractéristiques nécessaires à une évaluation de l'exposition.
- Soit il est lui-même l'opérateur : il peut directement fournir les caractéristiques.

#### 2° ligne

Le propriétaire du site d'implantation ne peut ou ne veut pas fournir les données :

→ noter l'adresse de l'emplacement et s'adresser à l'IBPT pour connaître l'identité de l'opérateur :

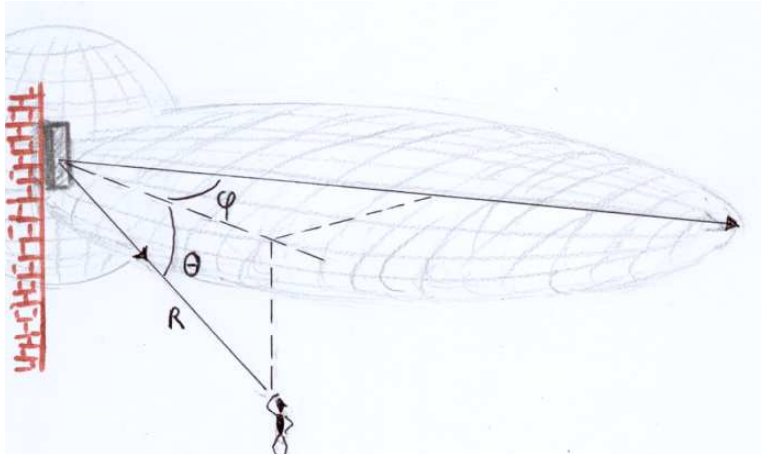
IBPT (Institut Belge des Services Postaux et Télécommunication. Av. Astronomie, 14/21 à 1210 Bruxelles)

- Soit l'opérateur émet de la radiodiffusion, de la TV ou de la mobilophonie publique : il a en principe l'obligation de fournir ces données si on les lui demande
- Soit l'opérateur émet à titre privé ou professionnel : l'IBPT ne donnera sans doute pas son identité. Si oui, cet opérateur n'a cependant pas toujours l'obligation de fournir ces données.

# Evaluation du niveau d'exposition à une ou plusieurs antennes

Pour la définition des paramètres utilisés, voir la page [caractéristiques d'antenne](#)  
Des [exemples concrets, appliqués à des situations courantes](#), sont donnés plus loin.

## 1. Exposition à une seule antenne



### 1.1 A quelle distance R se trouve-t-on ?

Connaissant H et la distance horizontale, la [définition de R](#) se fait par un simple calcul

### 1.2 Dans quelle zone de champs se trouve-t-on dès lors ?

La [limite des zones](#) dépend de la dimension relative de l'antenne ( $D / \lambda$ )

- Soit  $R > 2 D^2 / \lambda$  → OK pour la méthode par calcul : on continue le raisonnement
- Soit  $R < D^2 / 2 \lambda$  → seule une [mesure](#) est valable : on arrête ici
- Entre les 2 → calcul possible mais avec un risque d'erreur non négligeable

### 1.3 Quel est le gain en puissance dans notre direction ?

- 1) Connaissant l'orientation de l'antenne et de son rayonnement, un report sur plan des positions respectives de l'antenne et de notre situation permet de déterminer les [angles  \$\theta\$  et  \$\varphi\$](#)  de décalage angulaire, dans les 2 plans, par rapport à la direction principale de rayonnement (direction de la PAR).
- 2) Ensuite, par méthode graphique ou par calcul, on définit la [perte angulaire](#) (en dB) dans chaque plan.

le gain dans notre direction est :  $G = \text{gain maximum} - \text{perte}(\theta) - \text{perte}(\varphi)$

### 1.4 A quelle intensité de rayonnement sommes-nous exposés ?

Cette intensité peut s'exprimer selon 2 réalités physiques [liées l'une à l'autre](#)

En densité de puissance (S) :  $S \text{ (en W/m}^2\text{)} = 0,08 \times P / R^2 \times 10^{G/10}$

En champ électrique (E) :  $E \text{ (en V/m)} = 5,5 / R \times 10^{G/20} \times \sqrt{P}$

### 1.5 Quel est l'impact de l'environnement ?

Une atténuation de l'intensité d'exposition existe selon le type d'élément interposé : voir [tableau](#) ci-après

## 2. Exposition à plusieurs antennes

1) Obtenir pour chacune l'exposition en  $W/m^2$  (densité de puissance)

2) Faire la somme des différentes densités de puissance obtenues  $S (W/m^2) = \Sigma S$

3) La valeur en champ électrique s'obtient par la formule suivante  $E (V/m) = 19,4 \times \sqrt{S}$

## 3. Quelles sont les sources d'erreur de la méthode par calcul ?

### 3.1. Distance par rapport à l'antenne

#### Risque de surestimation

Si l'on se situe à une distance inférieure à la limite de la zone des champs éloignés

### 3.2. Puissance d'émission

#### Risque de surestimation

- La puissance d'émission peut varier et n'est pas toujours maximale en permanence (mobilité)
- Pertes dues au réseau d'alimentation de l'antenne (câbles et connexions) : sont-elles prises en compte ?

#### Risque de sur ou de sous-estimation

- La puissance annoncée par l'opérateur n'a-t-elle pas été modifiée entre temps ?

### 3.3. Environnement

#### Risque de surestimation

mais aussi éventuellement de sous-estimation si on n'en tient pas compte.

En cas de doute, on peut avoir recours aux [mesures](#), mais celles-ci ne sont pas non plus exemptes de risque d'erreur.

#### Références:

A. Gérin, B. Stokbroeckx et A. Vander Vorst. *Champs micro-ondes et Santé*. Hyperfréquences UCL, 1999.  
CENELEC Committee Draft – IEC TC85 WG15 octobre 2000



# Exemples appliqués

## 1. Distances à 3 V/m pour quelques émetteurs courants

Type	dipôle			coaxiale	Antenne panneau			
Application	Tel. sans fil	Mobilophone	relais GSM indoor	TV	Tetra	GSM 900	GSM 1800	UMTS
<b>Caractéristiques typiques</b>								
hauteur			Au plafond	> 50 m	20 à 30 m			20 m
D	quelques cm		20 cm		2 m	2,3 m	1,3 m	1 m
Gain max	< 2 dBi	< 2 dBi	2 dBi	16 dBi	13 dBi	17 dBi	18 dBi	17 dBi
$\theta$ 3dB	150°	150°	120°		20°	8°	8°	10°
$\phi$ 3dB					90°	60°	60°	65°
Tilt élec.				?	- 8°	- 6°	- 6°	- 6°
P max (moy *)	0,25 W (10 mW)	1 à 2 W (125-250 mW)	1 W	125 W	40 W	16 W	8 W	2 W
Limite des <u>Champs éloignés</u> (calcul valable au-delà)								
		0,5m	1 m		10 m	24 m	20 m	13 m
Distances approximatives pour 3 V/m et à puissance maximale								
Direction de <u>PAR</u>	1 m	2 m	2,3 m	130 m	50 m	52 m	40 m	18 m
Pour $\theta, \phi$ à <u>- 3 dB</u>	0,5 m	1,5 m	1,65 m	90 m	35 m	37 m	28 m	13 m

\* Puissance maximale moyennée dans le temps

### Remarques concernant la TV :

- Puissance communiquée en PAR par les opérateurs (varie entre 2 et 1000 kilowatts). Pour obtenir la puissance d'émission, il faut donc diviser celle-ci par  $10^{G/10}$ .
- Puissance d'émission maximale continue pour les émissions 24h/24
- Hauteur d'implantation telle que l'exposition ne dépasse pratiquement jamais les 3V/m.

### Remarques concernant la mobilophonie :

- P max varie selon les sites entre 25 et 75 W (Astrid), 8 et 24 W (GSM 900) et 4 et 16 W (GSM 1800).
- Circonstances d'émission à puissance maximale :
  - Téléphone cellulaire : uniquement en tout début d'appel (émis ou reçu), ou en cours de communication dans de très mauvaises conditions de transmission (en voiture sans antenne extérieure,...).
  - Station de base ou relais : durant les heures de pointe du trafic téléphonique (varient selon quartier)
- En dehors de ces circonstances, la puissance peut tomber au dixième de P max : les distances mentionnées ci-dessus doivent alors être divisées par trois.

## 2. Extrapolation des données du tableau à d'autres situations

### 2.1. Distances à 3V/m pour une autre P maximale

Soit que l'émetteur ait une puissance différente, soit qu'il y ait plusieurs émetteurs ( ? pour autant qu'ils aient même orientation et semblables caractéristiques de gain ) :

1. Définir la nouvelle puissance **P** (somme des puissances dans le cas d'antennes multiples)
2. Faire le rapport de cette puissance avec celle mentionnée dans le tableau ci-dessus :  $P/P$
3. Multiplier les distances mentionnées dans le tableau par la racine carrée de ce rapport :  $\sqrt{P/P}$

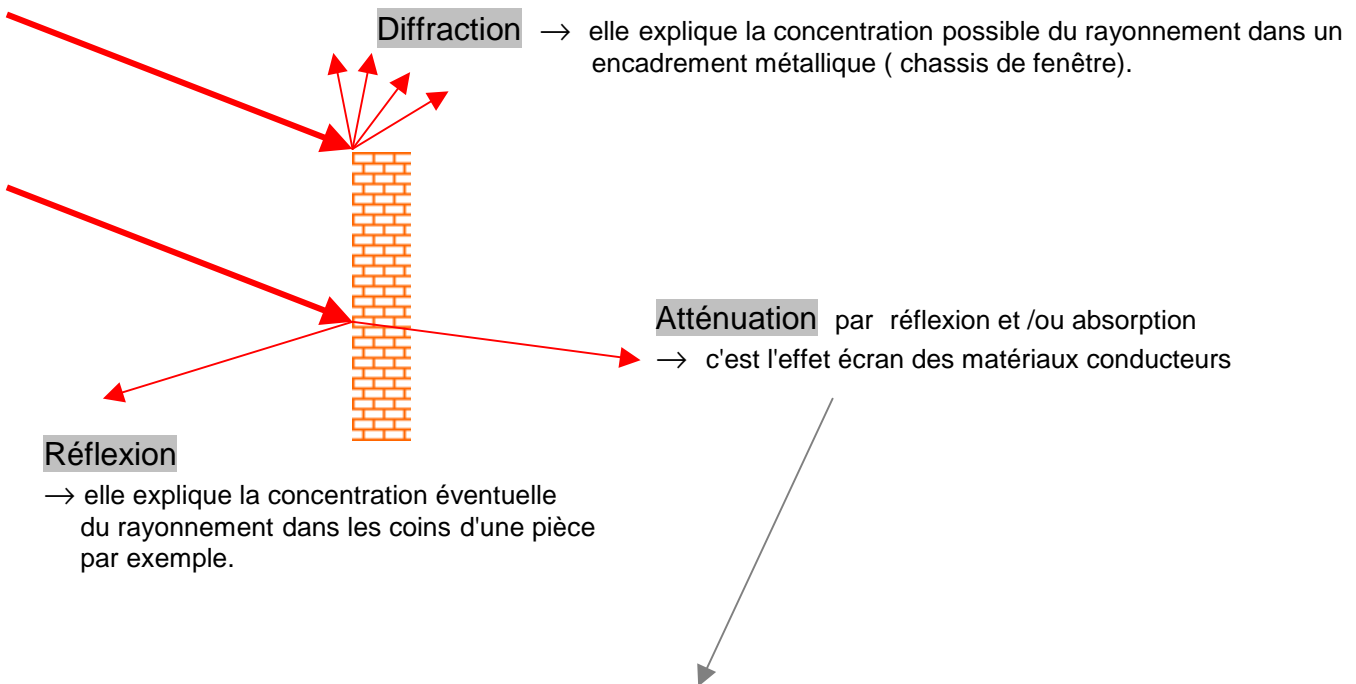
### 2.2. Distances pour d'autres valeurs de champ

1. Soit le choix d'un champ = **n** V/m
2. Multiplier les distances par le rapport  $3/n$
- Endéans la limite des champs lointains, la valeur du champ E une indication relative et aléatoire.

Référence : convention IBGE-BIM / UCL n°584 / 2, e t données fournies par opérateurs.

# Impact de l'environnement

Les effets décrits ici sont d'autant plus prononcés que le matériau envisagé est conducteur et épais.



Élément interposé	Facteur par lequel il faut diviser la <b>densité de puissance</b>	
	à 900 MHz	à 1800 MHz
Baie vitrée	1,6	1,6
Cloison en blocs allégés (10 à 20 cm)	1,6 à 2	2,5 à 4
Mur en briques (20 à 30 cm)	1,6 à 2,5	3 à 10
Cloison mince + armoires métalliques juxtaposées	4	40
Mur en blocs allégés comportant des placards (30 cm)	4 à 6	6 à 10
Plafond en béton	4	6
Double plafond (béton + dalles d'hennuyères)	10	10
Végétation : feuillage d'épaisseur = 2 m	1,5	1,7
4 m	2	2,2
10 m	3	4

Ainsi, on considère qu'une antenne posée **sur un toit en béton armé** n'expose que très peu les individus situés par exemple au dernier étage du bâtiment.

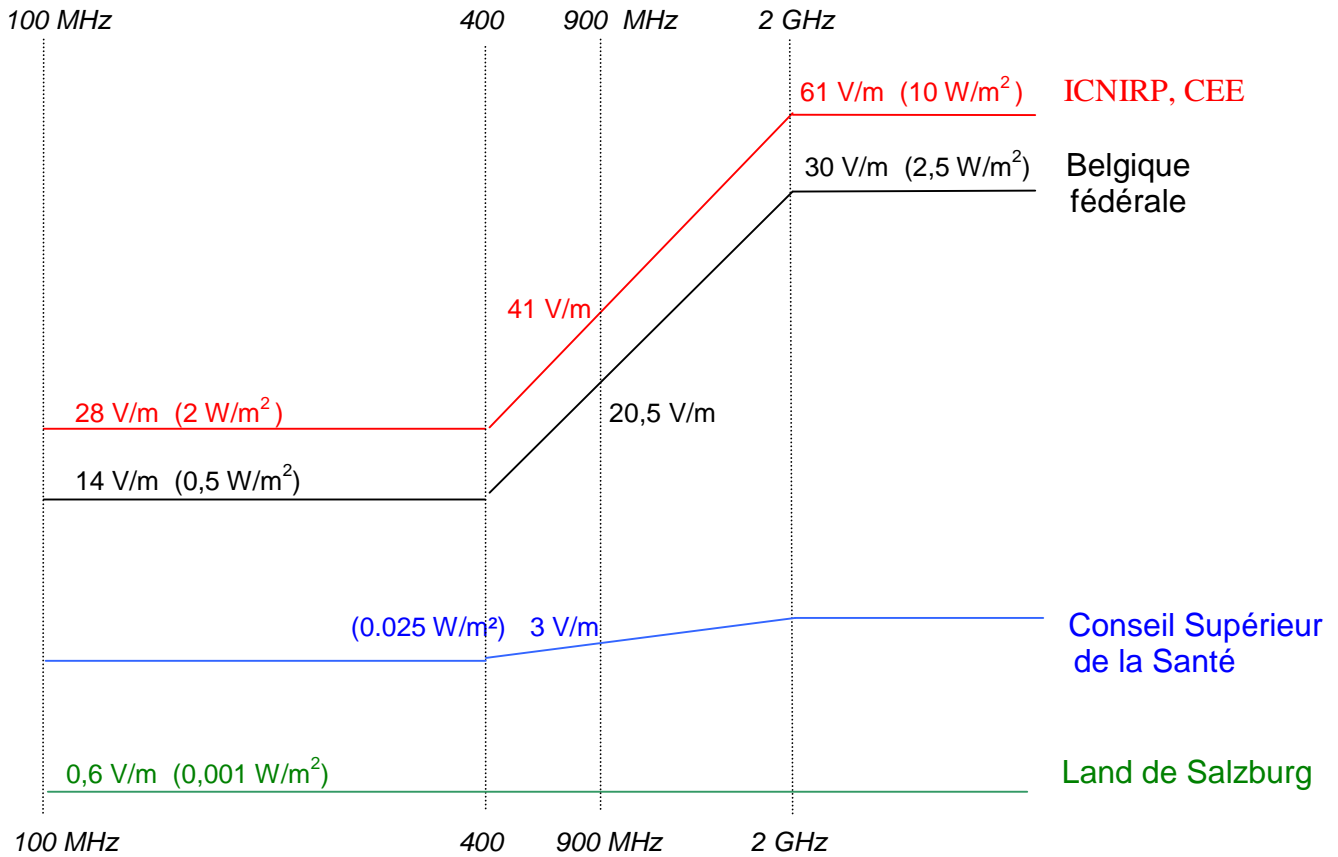
❗ Par contre, une antenne implantée **en façade** d'un immeuble expose bel et bien les individus situés dans la pièce adjacente pour autant que la façade en question soit au moins partiellement vitrée.

## Références :

- Atténuation par les matériaux : ISSEP, Institut Scientifique des Services Publics, rue du Chéra, 200 à 4000 Liège.
- Atténuation par la végétation : application de la loi ITU-R n°236-6
- W Pirard. *Champs électromagnétiques à proximité des antennes-relais de mobilophonie*. ISSEP. Mai 2000
- B Gérin, B Stockbroeckx. *Rapport de mesures à proximité des antennes-relais de mobilophonie*. A la demande de la ville de Namur. 1999.

# Recommandations existantes

Il est utile de comparer la valeur obtenue aux diverses recommandations existantes en matière d'exposition prolongée de la population générale aux micro-ondes.



**ICNIRP** : International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection de l'OMS.  
 Entre 400 MHz et 2GHz :  $E \text{ (V/m)} \leq (1,375 \times \sqrt{f})$  avec  $f$  = fréquence en MHz

## Références :

ICNIRP : *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. Health Physics. 74 (4) : 494-522. Apr 1998.

OMS : <http://www.who.int/peh-emf>

CEE : Council Recommendation of 12 July 1999 (1999/519/EC)

Conseil Supérieur de la Santé: avis n°6.605 du 16/10/2000.

# Annexes

## 1. Fréquence

L'unité de **fréquence** est le hertz (Hz). 1 hertz = 1 cycle / seconde ( $\text{sec}^{-1}$ ).

kilohertz (KHz) =  $10^3$  Hz, 1 mégahertz (MHz) =  $10^6$  Hz, 1 gigahertz (GHz) =  $10^9$  H

## 2. Longueur d'onde

**fréquence** ( $\nu$ ) et **longueur d'onde** ( $\lambda$ ) sont liées par la vitesse de la lumière ( $c$ ) selon la loi suivante :

$\lambda = c / \nu$  ( $\lambda$  en mètres,  $c = 3 \times 10^8$  m/s,  $\nu$  en Hz, ou  $\lambda = 300 / f$  avec  $f$  = fréquence en MHz

Fréquence	Longueur d'onde
100 MHz	3 m
200 MHz	1,5 m
300 MHz	1 m
400 MHz	0,75 m
500 MHz	0,6 m
750 MHz	0,4 m
900 MHz	0,33 m
1000 MHz	0,3 m
1800 MHz	0,166 m

## 3. Décibel

Le **décibel** ou **dB** est une unité de gain ou de puissance relative, exprimée en valeur logarithmique

$1 \text{ dB} = 10 \times \log_{10} (P / P \text{ de référence})$

→ rajouter  $n$  dB revient à multiplier  $P$  par  $10^{n/10}$

→ soustraire  $n$  dB revient à diviser  $P$  par  $10^{n/10}$

Le **dB<sub>i</sub>** ou **décibel isotrope** exprime le gain obtenu en puissance émise par une antenne dans une certaine direction, comparativement à la puissance émise dans cette même direction par une source " isotrope ", c à d qui émettrait sa puissance de façon identique dans toute direction.

$P \text{ rayonnée} = P \text{ émise} \times 10^{G(\text{dB}_i)/10}$

Le **dB<sub>m</sub>** ou **décibel milliwatt** exprime la puissance d'une antenne en comparaison avec une antenne de 1 milliwatt. C'est simplement une autre expression de la puissance.

$P \text{ (watt)} = 10^{P(\text{dB}_m)/10} / 1000$

Rajouter Soustraire	revient à Multiplier Diviser P par
1 dB	1,26
2 dB	1,6
3 dB	2
4 dB	2,5
5 dB	3
6 dB	4
7 dB	5
8 dB	6,3
9 dB	8
10 dB	10
11 dB	12,5
12 dB	16
13 dB	20
14 dB	25
15 dB	32
16 dB	40
17 dB	50
18 dB	63
20 dB	100

## 4. Limites des zones de champ

tout dépend de la dimension relative de l'antenne, c à d de sa plus grande dimension  $D$  par rapport à la longueur d'onde  $\lambda$  du rayonnement :

si  $D < 0,3 \lambda$  →  $1,6 \lambda$        $\lambda/4$

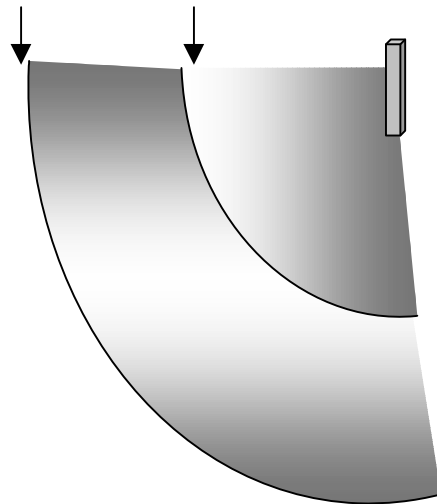
si  $D = 0,3$  à  $2,5 \lambda$  →  $5 D$

si  $D > 2,5 \lambda$  →  $2 D^2/\lambda$        $D^2/2 \lambda$

sont les limites de zone

- tout autour de l'antenne (Prof. Vander Vorst, UCL)
- dans les directions de rayonnement (Prof. Delogne, UCL)

Au-delà de ces limites :  
Champs lointains  
→ calcul **valable**

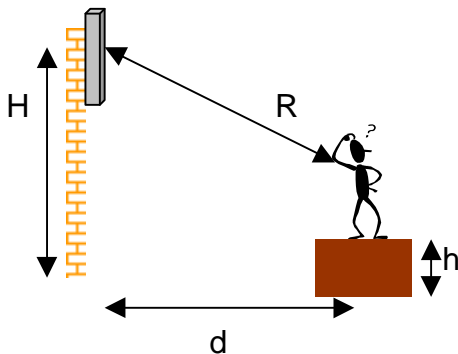


Champs proches → calcul **non** valable  
Il faut une **mesure**

Champs "intermédiaires"  
→ calcul possible mais avec risque  
d' **erreur** majoré

## 5. Calcul des angles et distances

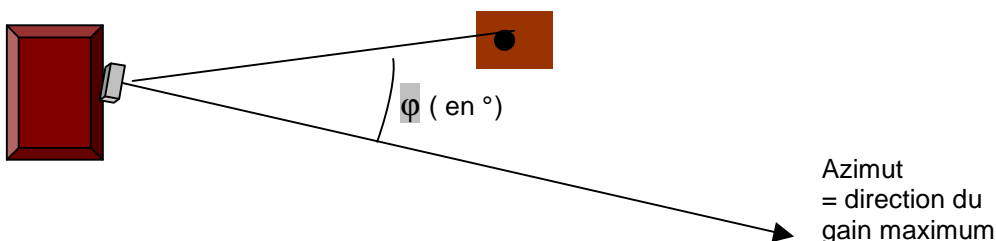
### 5.1. A quelle distance $R$ se trouve-t-on par rapport à l'antenne ?



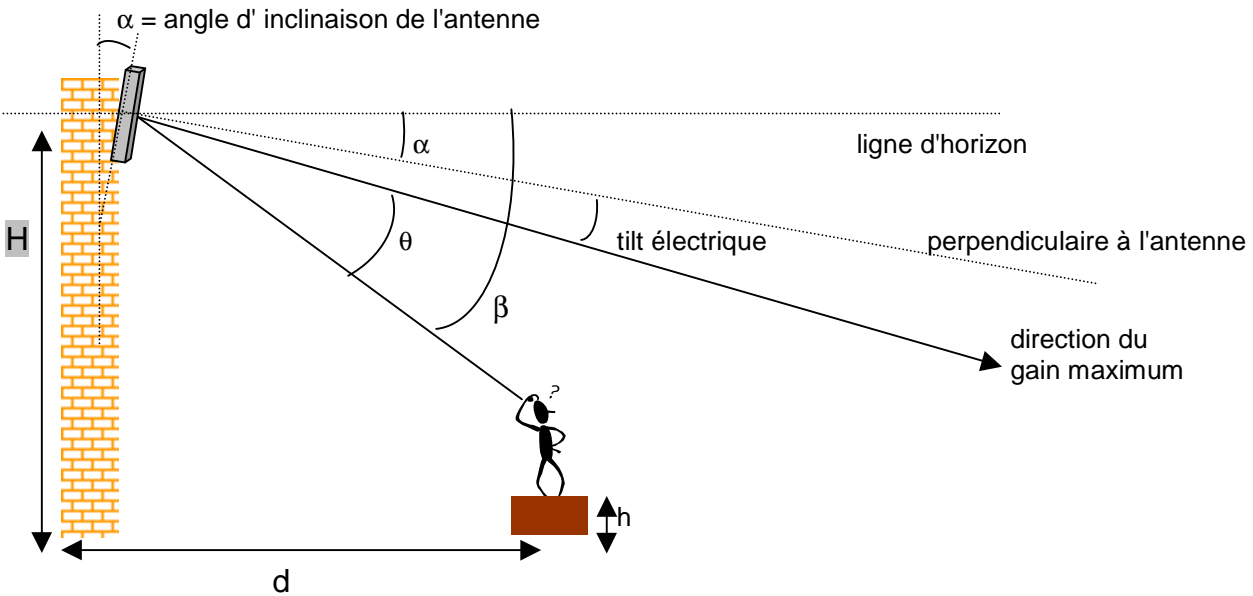
$$R = \sqrt{d^2 + (H-h)^2}$$

### 5.2. Quel est le décalage angulaire $\phi$ dans le plan horizontal ?

Ceci est nécessaire uniquement dans le cas [d'antennes sectorielles](#) (panneau)



### 5.3 Quel est le décalage angulaire $\theta$ dans le plan vertical ?



1. Connaissant  $d$  et  $H$ , on détermine le décalage angulaire par rapport à l'horizontale :  $\beta = \text{arc tg} (H-h / d)$
2. Connaissant  $\beta$ , on détermine  $\theta = \beta - (\text{inclinaison} + \text{tilt électrique})$  (en  $^\circ$ )

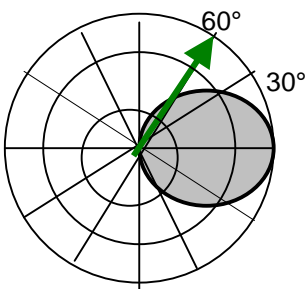
## 6. Evaluation de la perte angulaire de gain

### 6.1. Méthode graphique

Si l'on dispose du [pattern de rayonnement](#), mais risque d'imprécision.

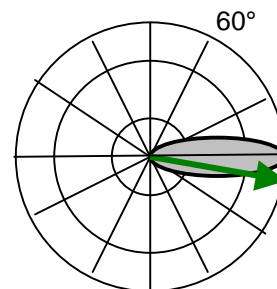
Soit un angle  $\varphi = 60^\circ$  et un angle  $\theta = 10^\circ$

dans le plan horizontal



La direction selon  $\varphi$  croise la limite du lobe principal au niveau du cercle des  $-10$  dB

dans le plan vertical



La direction selon  $\theta$  croise la limite au niveau du cercle des  $-3$  dB

La perte angulaire totale sera donc de :  $10 + 3 = 13$  dB qu'il faudra soustraire au gain maximum

⚠ La perte sera en tout cas toujours être égale ou supérieure à celle du 1<sup>er</sup> lobe secondaire, quelle que soit la méthode utilisée (mesure de précaution proposée par le Dr Ir Benoît Stockbroeckx).

### 6.2. Méthode par calcul (du Dr Ir Benoît Stockbroeckx)

Méthode plus précise.

1. Perte ( en dB) dans le plan horizontal =  $a \times \theta^2$  avec  $a = 12 / (\theta_{3dB})^2$

2. Perte ( en dB) dans le plan vertical =  $a \times \varphi^2$  avec  $a = 12 / (\varphi_{3dB})^2$

Avec  $\theta_{3dB}$  et  $\varphi_{3dB}$  = ouverture à mi-puissance dans chaque plan  
Tous angles exprimés en radians ( 1 radian =  $57,3^\circ$  )

## 7. Equivalence S – E

L'intensité d'exposition au rayonnement électromagnétique peut s'exprimer en **densité de puissance** (S) ou en **champ électrique** (E)  
Les deux sont liés dans le vide (dans l'air) et en champ éloigné uniquement par

$$S = E^2 / 377 \quad E = 19,4 \times \sqrt{S}$$

Avec E en volts / mètre (V/m) , S en watts / m<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>) , et 377 = impédance du vide

Correspondances entre valeurs de E et de S	
Densité de puissance	Champ électrique
0,001 W/m <sup>2</sup>	0,614 V/m
0,01 W/m <sup>2</sup>	1,94 V/m
0,024 W/m <sup>2</sup>	3 V/m
0,042 W/m <sup>2</sup>	4 V/m
0,95 W/m <sup>2</sup>	6 V/m
0,3 W/m <sup>2</sup>	10,63 V/m
0,5 W/m <sup>2</sup>	13,73 V/m
2 W/m <sup>2</sup>	28 V/m
10 W/m <sup>2</sup>	61,4 V/m

$$1 \text{ W/m}^2 = 1000 \text{ mW/m}^2 = 100 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$$

## 8. Mesure de l'intensité d'exposition

Toute mesure Nécessite :

- Appareillage fiable ( coûteux ! ) : sensibilité, sélectivité,...
- Opérateur averti
- Mesure suffisamment étendue et durable  
(pour obtenir les moyennes spatiales et temporelles)

### 8.1 Mesures à " large bande "

= mesure de l'exposition à toutes fréquences confondues dans une certaine bande de fréquences  
(ex: 100 KHz à 1 GHz)

- Opérateur : nombreux indépendants
- renseignements disponibles auprès de :  
Francine Delvaux Tel : 04.384.50.63  
Rue du Chalet, 22 à 4920 Aywaille

### 8.2 Mesures à " bande étroite "

= mesure de l'exposition à une fréquence précise (indispensable pour identifier avec certitude une source prédominante)

- Opérateur : quelques services publics, universités
- IBPT (Institut Belge des Services Postaux et Télécommunications)  
av. Astronomie, 14 / 21 à 1210 Bruxelles
- ISSEP (Institut Scientifique des Services Publics)  
rue du Chéra, 200 à 4000 Liège

**NB:** la seule mesure du champ électrique (E) expose au risque de la mésestimation (en champ proche) ou de la surestimation (cas de sources multiples) de la densité de puissance. Or c'est c' est de cette dernière valeur que dépend in fine la puissance qu' absorbe un individu.

Référence:

C Olivier, L Martens. *Studie over "standaardprocedure voor elektromagnetische veldmetingen"*. Etude effectuée à la demande de l' IBGE. INTEC, Universiteit Gent. Novembre 2000.