

## **Chapitre 3 :**

# **RAYONNEMENTS DES ANTENNES**

### **1. Définitions et Généralités**

Les antennes servent pour communiquer sur des grandes distances. Ce sont des dispositifs qui ont pour fonction de transformer les ondes guidées en ondes se propageant dans l'espace libre et réciproquement, de capter les ondes de l'espace pour les conduire vers les circuits.

*En émission*, l'antenne reçoit un courant et une tension, elle génère un champ électrique et un champ magnétique.

*En réception*, l'antenne reçoit un champ électrique et un champ magnétique, elle génère une tension et un courant.

### **2. Propriétés fondamentales**

#### **2.1. Réciprocité**

Les antennes sont des éléments réciproques. Une antenne peut être utilisée en émission ou en réception.

#### **2.2. Linéarité**

Les antennes sont des éléments linéaires c'est-à-dire qu'on peut additionner en zone lointaine les diagrammes de rayonnement obtenus par des distributions de tensions appliquées soit à la même antenne soit sur des antennes différentes tout en tenant compte des déphasages.

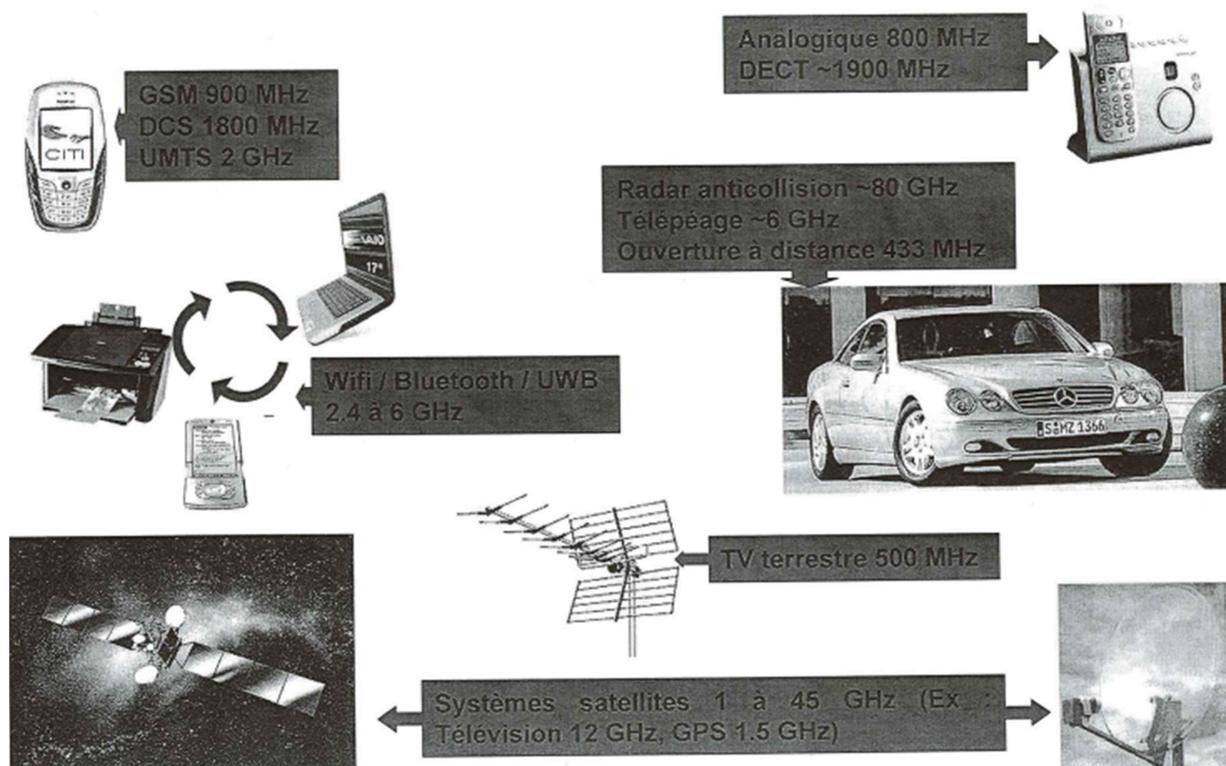
### **3. Différents types d'antennes**

Il existe une multitude de types d'antennes, de tailles et de formes très diverses, aux modes de fonctionnement plus ou moins complexes. Elles sont utilisées dans des gammes de longueur d'onde très différentes pour un très grand nombre d'applications.

Cependant, le rayonnement de toutes les antennes est étudié et caractérisé au moyen de définitions et propriétés communes.

Fréquences	Type d'onde	Ex. d'utilisation	Type d'antenne
30 kHz – 3 MHz	Ondes kilométriques et hectométriques	Radiodiffusion AM Liaisons sous-marine	Pylônes verticaux
3 MHz – 30 MHz	Ondes décamétriques	Liaisons radio continentales (CB) Liaisons maritime	Long fils obliques ou horizontaux
30 MHz – 300 MHz	Ondes métriques	Radiodiffusion FM Télévision hertzienne	Monopôles ou dipôles (yagi)
300 MHz – 3 GHz	Ondes décimétriques	Téléphonie mobile (GSM, UMTS) Téléphonie fixe (sans fil) Télécommande - Radar - GPS	Monopôles, dipôles Antennes à hélices Antennes imprimées
3 GHz – 30 GHz	Ondes centimétriques	Radio et Télévision par satellite Liaisons spatiales (satellites, sondes) Wifi, bluetooth	Réflecteurs Antennes imprimées Antennes boucles
30 GHz – 300 GHz	Ondes millimétriques	Radio-astronomie Radars	Réflecteurs Antennes imprimées Fentes rayonnantes

### Quelques exemples au quotidien



#### 4. Mécanisme de rayonnement

Deux points importants :

- La plupart des antennes sont métallique
- La grande majorité est de type antennes résonantes

Dans un métal, les électrons libres se déplacent par défaut de façon aléatoire. Quand on crée une différence de potentiel (sinusoïdale par exemple), le champ interne commande alors la répartition de ces charges.

Courants et charges créés sont alors autant de sources élémentaires de champ électromagnétique.

Mais selon leur répartition et leurs phases relatives, le champ global délivré par un élément métallique est la somme de toutes les contributions de ces sources élémentaires.

Des charges transitant sur un métal droit à vitesse constante ne produisent pas de rayonnement.



Si les charges rencontrent une discontinuité (rupture, courbure...) leur vitesse change, il y a alors rayonnement.



Dans une structure en résonance, les charges oscillent en permanence, créant un flux de rayonnement continu.



Le rayonnement ainsi produit par une antenne, varie en fonction de la distance à l'antenne. On définit ainsi 3 zones de rayonnement:

##### a) Zone de Rayleigh

Dans cette **zone de champ proche** (ou zone de Rayleigh), il y a échange d'énergie réactive entre l'antenne et le milieu extérieur. A courte distance (par rapport à la longueur d'onde),  $r < \frac{D^2}{2\lambda}$  la densité de puissance est quasi constante.

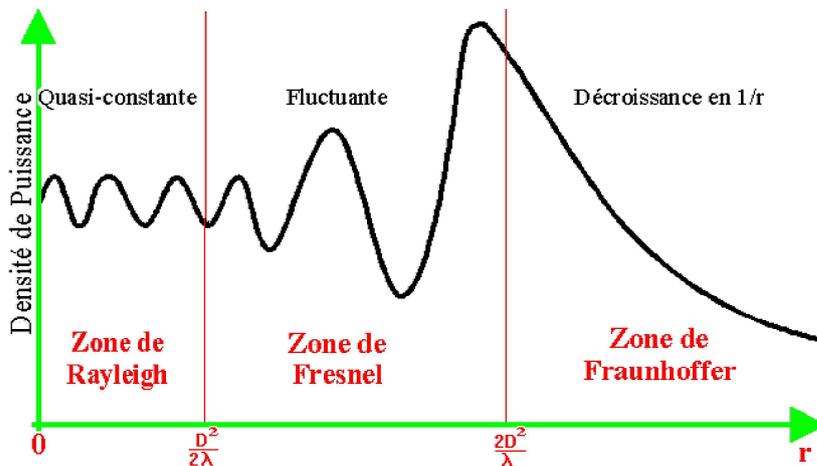
## b) Zone de Fresnel

Dans une seconde zone  $\frac{.D^2}{2.\lambda} < r < \frac{2.D^2}{\lambda}$  la densité de puissance est fluctuante.

## c) Zone de Fraunhofer

Dans la **zone de champ lointain** (ou de Fraunhofer), à grande distance (par rapport à la longueur d'onde), les champs sont rayonnés sous la forme d'onde (*quasiment*) plane.

Si  $r$  est la distance à l'antenne, dans cette zone  $r > \frac{2.D^2}{\lambda}$  la densité de puissance décroît en  $1/r$ .



$D$  est le diamètre de la surface équivalente de l'antenne,  $r$  la distance de l'antenne

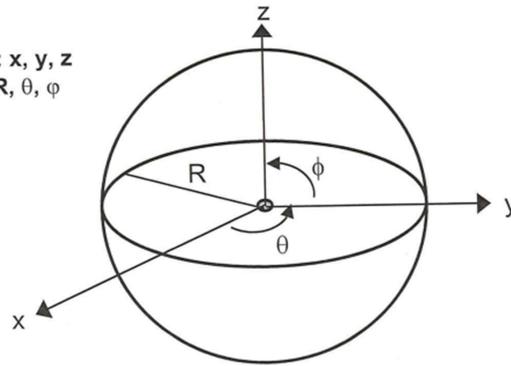
Le rayonnement d'une antenne **dépend de ses caractéristiques géométriques** et physiques. Les "**Paramètres Caractéristiques des Antennes**" définissent le rayonnement d'une antenne et permettent la comparaison d'antennes différentes.

## 5. Antenne de référence : la source isotrope

C'est une antenne fictive (irréalisable en pratique), constituée par une source ponctuelle rayonnant sa puissance de façon identique dans toutes les directions (source omnidirectionnelle).

Son diagramme de rayonnement est donc une sphère centrée sur cette source.

Coordonnées cartésiennes :  $x, y, z$   
Coordonnées sphériques :  $R, \theta, \varphi$



Soit une antenne isotrope alimentée par une puissance  $P_a$ , sa densité de puissance rayonnée par unité de surface ou densité de puissance surfacique s'exprime par :

$$p(R, \theta, \varphi) = \frac{P_a}{4\pi R^2} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

## 6. Paramètres caractéristiques d'une antenne

Toute antenne peut-être caractérisée par plusieurs paramètres fondamentaux. Les principaux sont :

### 6.1. Le diagramme de rayonnement

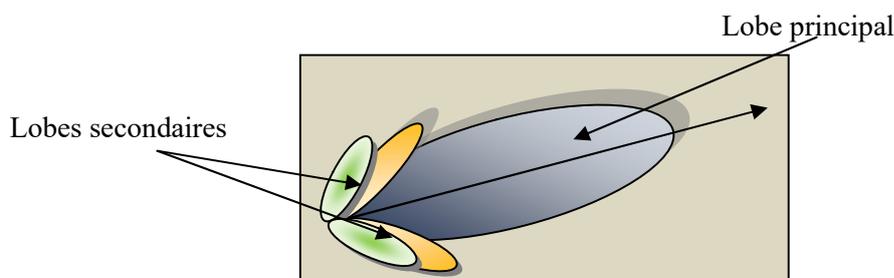
Il représente les variations de la puissance rayonnée par l'antenne dans les différentes directions de l'espace, il indique les directions dans lesquelles la puissance rayonnée est maximale.

Le diagramme illustre la répartition spatiale de l'énergie électromagnétique d'une antenne, il montre le *lobe principal* qui correspond à la direction privilégiée de rayonnement

### 6.2. La directivité

La directivité est un paramètre difficilement dissociable du gain. Elle représente la capacité de l'antenne à envoyer ou recevoir les ondes dans une zone précise et non dans toutes les directions.

On dira donc qu'une antenne est directive si elle possède un ou deux lobes nettement plus importants que les autres qu'on nomme lobes principaux. Elle comporte également des lobes secondaires que l'on tente de minimiser. Elle sera d'autant plus directive que le lobe le plus important sera étroit comme ci indiqué sur le schéma en dessous.



### **6.3. Le Gain**

Le gain d'une antenne,  $G$ , est le rapport de deux puissances : la puissance émise par une antenne dans une direction donnée sur le maximum de puissance rayonnée par une antenne de référence à puissance d'alimentation identique.

Remarque : Dans une antenne idéale toute la puissance injectée est rayonnée, le gain et la directivité seront confondus.

### **6.4. L'Angle d'ouverture**

Elle caractérise la largeur du lobe principal : c'est l'angle de direction pour lequel la puissance rayonnée est la moitié (-3dB) de la puissance rayonnée dans la direction la plus favorable.

### **6.5. L'impédance**

Pour acheminer vers l'antenne l'énergie à haute fréquence fournie par l'émetteur ou en sens inverse amener le signal capté par l'antenne jusqu'à l'entrée du récepteur, on utilise une ligne bifilaire ou un câble coaxial.

Afin d'optimiser la réception (l'émission), il faut que la liaison antenne/ module réception (émission) soit réalisée par une ligne d'alimentation dont l'impédance caractéristique est égale à celle de l'antenne.

### **6.6. Polarisation d'une antenne**

La polarisation définit le sens dans lequel l'antenne émet des ondes. Les ondes sont émises parallèlement au sol lorsqu'il s'agit de polarisation verticale et perpendiculairement au sol lorsqu'il s'agit d'une polarisation horizontale.

Tout rayonnement électromagnétique est polarisé. La polarisation d'une antenne décrit l'orientation de son champ électrique.