

# Chapitre III. Caractéristiques de base des antennes

*Antennes et Lignes de transmissions*



Dr. Mounir AMIR

# Table des matières



<b>Introduction</b>	3
<b>I - Caractéristiques de rayonnement</b>	4
1. Surface caractéristique ou surface équivalant d'une antenne .....	4
2. Diagramme de rayonnement .....	4
3. Intensité de rayonnement .....	4
4. Directivité .....	5
5. Rendement .....	5
6. Gain d'une antenne .....	5
7. Puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) .....	6
<b>II - Caractéristiques électriques</b>	7
1. Modèle électrique et comportement fréquentiel .....	7
1.1. <i>Modèle électrique d'une antenne</i> .....	7
2. Adaptation et condition d'adaptation .....	8
3. Bande passante et facteur de qualité .....	9

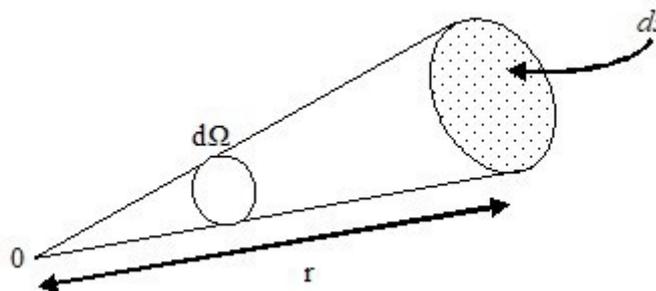
# Introduction



Une antenne est un élément passif permettant le transfert de l'énergie électrique (au sens large) vers l'énergie électromagnétique ou vice-versa.







Rayonnement a une distance 'r'

## 4. Directivité

C'est le rapport entre l'intensité du rayonnement suivant une direction donnée  $\psi(\theta, \varphi)$  et la valeur moyenne des intensités de rayonnement étendue dans tout l'espace.

$$D(\theta, \varphi) = \frac{\psi(\theta, \varphi)}{\frac{1}{4\pi} \iint \psi(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi}$$

 *Remarque : Remarque*

Pour une antenne isotrope:  $D(\theta, \varphi) = 1$

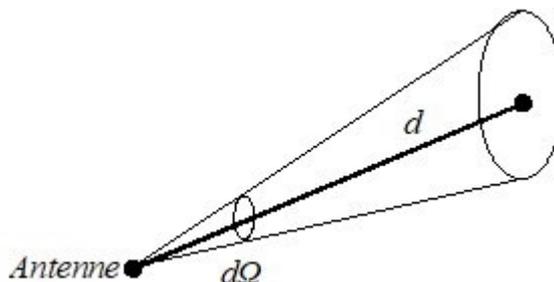
## 5. Rendement

Le rendement  $\eta$  d'une antenne traduit sa capacité à transmettre la puissance électrique en entrée  $P_A$  sous forme de puissance rayonnée  $P_R$ . On le définit comme le rapport entre la puissance totale rayonnée par une antenne et la puissance qui lui est fournie. Le rendement est lié aux pertes dans le réseau de polarisation et dans les éléments rayonnants.

$$P_R = \eta \cdot P_A \Rightarrow G = \eta \cdot D$$

## 6. Gain d'une antenne

C'est le rapport entre la puissance rayonner par unité d'angle solide dans une direction donnée et la puissance rayonnée par l'angle solide( dans toutes les directions) à une distance 'd'



Alors :

$$G_e = \frac{P_1}{P_e / 4\pi d^2}$$

Ou :

$P_1$  : Densité de la puissance rayonnée à la distance  $d$  par unité d'angle solide

$P_2$  : Puissance de l'antenne

Tout l'espace veut dire  $\int_{-\infty}^{+\infty} d\Omega = 4\pi$

## 7. Puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE)

La puissance isotrope rayonnée équivalente d'une antenne (PIRE ou EIRP en anglais) est un terme souvent utilisé en télécommunications (principalement dans les bilans de liaison) qui définit, dans la direction de rayonnement maximal, la puissance électrique qu'il faudrait apporter à une antenne isotrope pour obtenir la même puissance rayonnée dans cette direction. Elle se calcule selon:

$$PIRE = G_e \times P_e$$

# Caractéristiques électriques

II

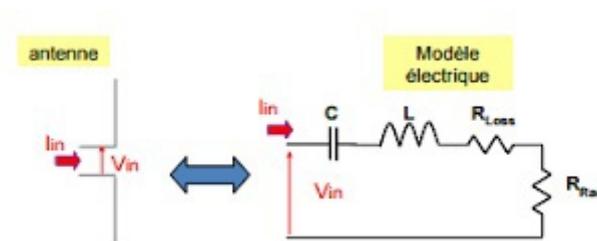
## 1. Modèle électrique et comportement fréquentiel

Une antenne rayonne efficacement sur une bande de fréquence étroite qui correspond à sa fréquence de résonance. Lorsqu'un signal variable excite une antenne, des charges sont mis en mouvement le long de l'antenne donnant naissance à un rayonnement. La résonance correspond à une situation où ces charges sont en oscillation permanente. Pour représenter ce comportement résonant qui varie avec la fréquence, il est possible de modéliser l'antenne par un circuit passif RLC équivalent.

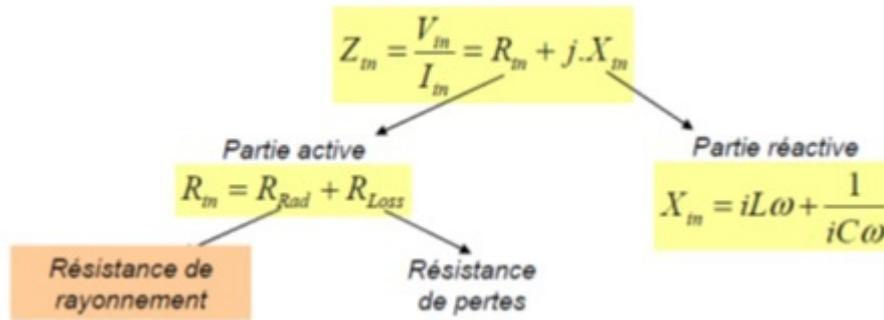
La connaissance de ce modèle est cruciale pour déterminer comment l'antenne va convertir la puissance électrique incidente en puissance rayonnée. Afin d'éviter toute perte liée à la désadaptation entre la source électrique et l'antenne, il est nécessaire d'assurer les conditions d'adaptation

### 1.1. Modèle électrique d'une antenne

On peut résumer le comportement de l'antenne passive (qui présente un comportement linéaire) ainsi : une antenne stocke des charges (comportement capacitif = stockage sous forme d'énergie électrique), s'oppose aux variations des courants qui y circulent (comportement inductif = stockage sous forme d'énergie magnétique) et dissipe une partie de l'énergie (pertes ohmiques et par rayonnement) [Dobkin]. D'un point de vue électrique, une antenne passive peut donc être modélisée par un circuit équivalent RLC et l'impédance  $Z_{in}$  vue à l'entrée de l'antenne est donnée par l'équation  $Z_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = R_{in} + jX_{in}$ . A noter que les valeurs du modèle ne sont valides que sur des bandes étroites.

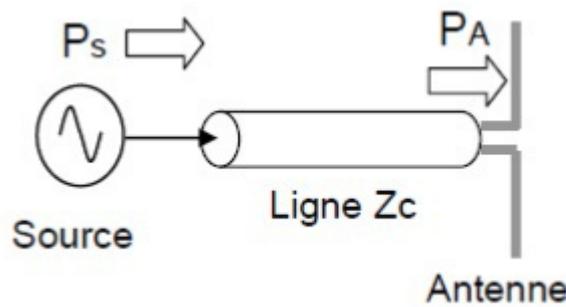


*Modèle d'impédance complexe d'une antenne*



## 2. Adaptation et condition d'adaptation

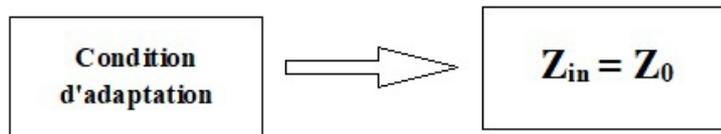
Une antenne est reliée à la source par une ligne de transmission d'impédance caractéristique  $Z_0$  (en général,  $Z_0 = 50\Omega$ ). Pour assurer un transfert maximal de puissance entre l'alimentation et l'antenne, il est nécessaire d'assurer une adaptation d'impédance. L'adaptation permet d'annuler le coefficient de réflexion  $\Gamma_{in}$  à l'entrée de l'antenne.



Le coefficient de réflexion est le rapport entre l'onde réfléchiée en entrée de l'antenne et l'onde incidente. Il dépend de l'impédance d'entrée de l'antenne et de l'impédance caractéristique.

$$P_A = P_S(1 - |\Gamma_{in}|^2) \tag{1}$$

$$\Gamma_{in} = S_{11} = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \tag{2}$$

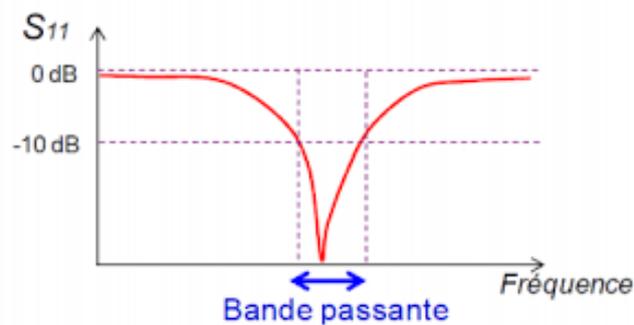


Si l'adaptation n'est pas assurée, une partie de la puissance ( $P_{\text{mismatch}} = \Gamma^2 \cdot P_A$ ) est renvoyée vers la source (ou re-rayonnée par l'antenne dans le cas de la réception). En pratique, soit on cherchera à concevoir l'antenne de telle manière à ce qu'elle présente une impédance égale à  $Z_0$  à la fréquence de travail, soit on disposera en entrée de l'antenne un circuit de transformation d'impédance qui modifiera l'impédance d'entrée de l'antenne vue depuis la source et assurera l'adaptation d'impédance. Ce réseau est composé d'éléments passifs (filtres à base d'inductances et de capacités) ou de lignes de transmission (à haute fréquence).

### 3. Bande passante et facteur de qualité

La bande passante d'une antenne correspond à la bande de fréquence où le transfert d'énergie de l'alimentation vers l'antenne (ou de l'antenne vers le récepteur) est maximale. La bande passante peut être définie en fonction du coefficient de réflexion, à condition que le diagramme de rayonnement ne change pas sur cette bande. Il n'y a pas de critères précis pour la limite du coefficient de réflexion.

Un critère typique d'avoir un coefficient de réflexion inférieure à -10 dB ou -15 dB sur la bande passante.



*Bande passante et coefficient de réflexion*