

Chapitre 2 : Etude des liaisons en espace libre

Intérêt de l'étude de la propagation des ondes radio

Il est essentiel de comprendre les principes de la propagation des ondes pour pouvoir prédire les conditions d'établissement d'une liaison radio entre deux points de la surface de la Terre ou entre la Terre et un satellite.

Cela permet par exemple :

- Le calcul de la puissance minimale d'un émetteur de radiodiffusion, afin d'assurer une réception confortable sur une zone déterminée ;
- La détermination de la position d'un relais pour la radiotéléphonie mobile ;
- L'étude des phénomènes d'interférence entre émetteurs ;

1-Définition du gain et de la surface équivalente d'une antenne

a) Gain d'antenne :

Dans le calcul d'une liaison, le gain est la caractéristique la plus importante d'une antenne. Il est défini comme étant le rapport de la puissance rayonnée par l'antenne, dans une direction, par unité d'angle solide, sur la puissance rayonnée par une antenne référence par unité d'angle solide. Ce gain est dit absolu si l'antenne référence est isotrope, c'est à dire qu'elle rayonne uniformément dans toutes les directions.

b) Surface équivalente :

A la réception, une antenne capte une puissance égale au produit de la densité de puissance à l'endroit où elle se trouve, par un coefficient caractéristique de l'antenne et homogène à une surface que l'on appelle : surface équivalente.

c) Relation entre le Gain et surface équivalente d'une antenne :

Les notions de gain et d'aire équivalente sont liées: une grande surface d'onde plane rayonnée ou captée correspondra à un gain élevé et réciproquement. En désignant par λ la longueur d'onde dans le vide, le gain est lié à l'aire équivalente S par la relation:

Une même antenne peut être utilisée à l'émission ou à la réception, il doit donc y avoir une relation entre le gain G et la surface S , qui caractérise respectivement son fonctionnement à l'émission et à la réception.

On démontre que cette relation est : $G = \frac{4\pi S}{\lambda^2}$, λ : longueur d'onde dans le vide

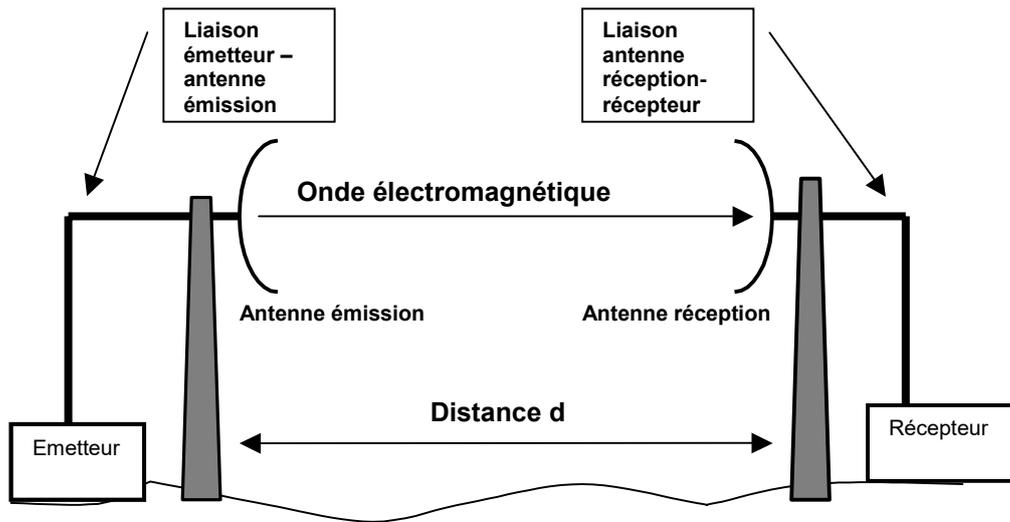
2- Equation des télécoms

2.1 Etablissement d'une liaison en espace libre

L'équation de télécoms nous permet de calculer la puissance reçue au niveau de l'antenne de réception.

- **Schéma de principe d'une liaison hertzienne**

Le schéma de principe d'une liaison hertzienne est dans le cas général le suivant :



- **Emetteur** : Il est caractérisé par sa puissance émise P_e , exprimée en dB_m ou dB_W .
- **Liaison émetteur- antenne émission** : elle est généralement réalisée en câble coaxial. A plus haute fréquence ($>$ quelques GHz), elle peut être réalisée en guide d'onde. Elle est caractérisée par son atténuation L_e , exprimée en dB. Dans les petits systèmes, où tout est intégré (WiFi, téléphone mobile, etc..) cette liaison n'existe pas ($L_e = 0\text{dB}$)
- **Antenne émission** : Elle est caractérisée par son Gain d'antenne G_e , exprimé en dB.
 - **Distance d** : c'est la distance entre l'émetteur et le récepteur, cette distance introduit une atténuation A (dB) donné par : $A = 20 \log \frac{4\pi d}{\lambda}$
- **Liaison antenne réception- récepteur** : comme la liaison émetteur-antenne émission, la liaison antenne réception-récepteur est caractérisée par l'atténuation L_r , en dB.
- **Antenne réception** : Elle est caractérisée par son gain d'antenne G_r , exprimé en dB.
- **Récepteur** : Il est caractérisé par la puissance reçue P_r , exprimée en dB_m ou dB_W .

Remarque:

- L_e et L_r sont nuls si l'émetteur et le récepteur sont reliés directement à leurs antennes.

- **Expression de la puissance reçue :**

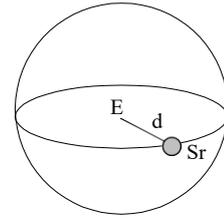
$$Pr = Pe - Le + Ge - Ael + Gr - Lr$$

2.2 Equation des télécommunications (Expression de la puissance reçue démonstration)

Dans un espace homogène assimilable au vide, l'énergie rayonnée par une source radioélectrique isotrope se propage à la vitesse de la lumière et se répartit uniformément à la surface d'une sphère dont le rayon augmente avec le temps.

Soit:

- E la source de rayonnement isotrope
- P_e la puissance (en watts) rayonnée par cette source
- d la distance (en mètres) parcourue par l'onde à l'instant t .



A la distance d , toute la puissance est répartie sur la surface de la sphère (de rayon d) :

La surface de la sphère est :

$$S = 4.\pi.d^2$$

La densité de puissance ou la puissance disponible par unité de surface est égale à:

$$p = \frac{P_e}{4\pi d^2}$$

Pour une antenne d'émission de gain G_e la densité de puissance s'écrit :

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

C'est-à-dire dans la direction du récepteur, l'énergie rayonnée sera, par définition, multipliée par le gain en puissance de l'antenne d'émission (G_e).

En plaçant à la distance d , une antenne de réception dont l'aire équivalente est égale à S_r , la puissance reçue est alors:

$$P_r = p \cdot S_r$$

La puissance reçue peut ainsi s'écrire:

$$P_r = P_e G_e G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2$$

Cette relation est appelée "*équation fondamentale des télécommunications*"