

ANTENNES VERTICALES

VERTICAL ANTENNAS

**HOUA AMIRA
AFRAH***

Universite Djelfa

amiraafrahoua@gmail.com

Abstract:

Commercial and long-haul aircraft include multiple navigation and communication systems operating over a wide frequency band. Antennae placed on the outside of the aircraft are necessary to establish the link between the embedded systems and the outside world. VHF antennas and those operating in the L-band are particularly problematic. The VHF antennas have large dimensions and those of the L-band are very numerous because several instruments use this frequency band. The most common instruments in civil air navigation are the Distance Measuring Equipment (DME) system

Keywords: VHF antennas, the embedded systems, the Distance Measuring Equipment (DME).

Résumé:

تشمل الطائرات التجارية والطويلة المدى أنظمة ملاحية وتواصل متعددة تعمل عبر نطاق ترددي واسع. الهوائيات الموضوعية على السطح الخارجي للطائرة ضرورية لإرساء الصلة بين الأنظمة المدمجة والعالم الخارجي. والهوائيات VHF وتلك العاملة في النطاق L هي إشكالية خاصة. إن للهوائيات VHF أبعاداً كبيرة، كما أن أبعاد النطاق L هي كثيرة جداً لأن العديد من الأجهزة تستعمل هذا النطاق الترددي. الأدوات الأكثر شيوعاً في الملاحة الجوية المدنية هي نظام معدات قياس المسافة (DME)

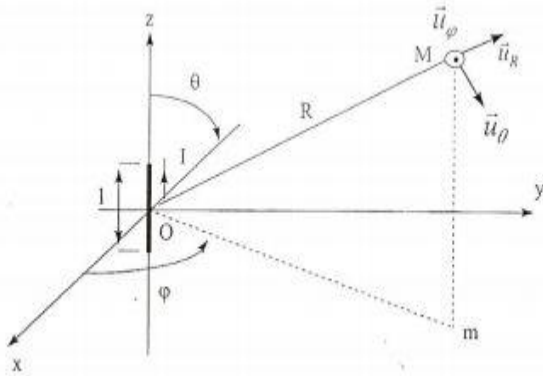
الكلمات المفتاحية: للهوائيات VHF, بين الأنظمة المدمجة, نظام معدات قياس المسافة (DME)

I. DOUBLET DE HERTZ

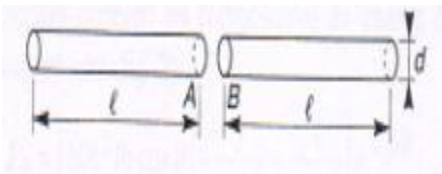
I.1 DEFINITION

• Le doublet de Hertz est une antenne filaire de longueur l très faible devant la longueur d'onde λ et donc parcourue par un courant constant.

• Cette antenne élémentaire est généralement considérée pour calculer le rayonnement d'une antenne de longueur quelconque considérée comme la succession de plusieurs éléments dont chacun constitue un doublet de Hertz.



• On utilise surtout des dipôles demi-onde pour lesquels $2\lambda = \lambda / 2$ et onde entière pour lesquels $2\lambda = \lambda$. Lorsque la longueur 2λ est très inférieure à la longueur d'onde ($2\lambda < \lambda/10$), on dit qu'il s'agit d'un dipôle infinitésimal ou doublet



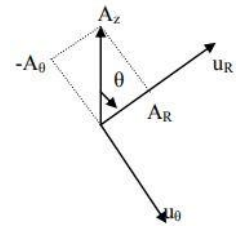
Dipôle rayonnant constitué de 2 tiges de longueur λ et de diamètre $d = 2a$

I.2 Rayonnement du doublet

• A partir du potentiel vecteur $\vec{A}(M, t)$ dû au doublet, on détermine le champ magnétique \vec{H} puis le champ électrique \vec{E} .

$$\begin{cases} \vec{A}(M, t) = \frac{\mu_0 l}{4\pi R} I e^{-j2\pi \frac{R}{\lambda} Z} \\ \vec{H} = \frac{1}{\mu} \vec{\nabla} \wedge \vec{A}, \vec{E} = \frac{1}{j\omega \epsilon} \vec{\nabla} \wedge \vec{H} \end{cases}$$

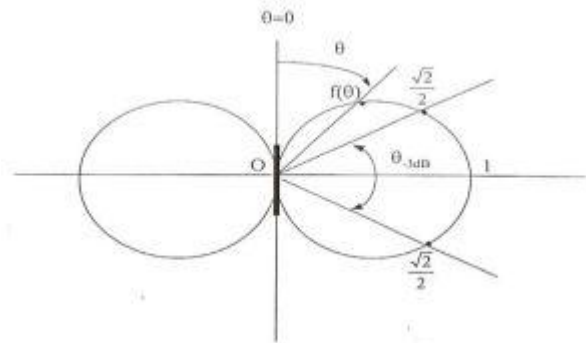
• Le potentiel vecteur A ρ peut aussi s'écrire sous la forme suivante :



$$\vec{A} = A_z \vec{z} = A_R \vec{U}_R + A_\theta \vec{U}_\theta,$$

I.3 Diagramme de rayonnement

Le champ électromagnétique varie comme $\sin\theta$. Le diagramme de rayonnement en champ du doublet est donné par : $f(\theta) = |\sin\theta|$, car les amplitudes du champ sont proportionnelles à $\sin\theta$. Donc, il est maximal à $\theta = \frac{\pi}{2}$, et s'annule le long de l'axe du dipôle



L'ouverture à -3dB, notée $\theta_{-3db} = \frac{\pi}{2}$. Il s'agit alors d'une antenne très peu directive.

Remarque : $\frac{P(\theta, \varphi)}{P_{max}} = \frac{1}{2}$ en rapport de puissance, $|f(\theta)|^2 = \frac{1}{2}$

Donc, $|f(\theta)| = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ en rapport de champs

.4 Gain et résistance de rayonnement

Le gain du doublet est calculé à partir de la relation suivante :

$$G = \frac{4\pi R^2 P_{max}}{\iint p(\theta, \varphi) ds}$$

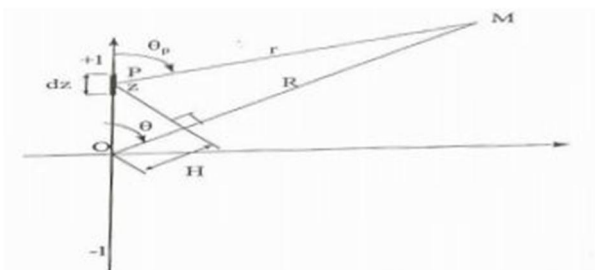
En considérant la surface d'intégration comme une sphère de rayon R, le doublet étant placé au centre, nous montrons que le gain du doublet est : $G = \frac{3}{2}$

Soit pour une longueur $= \frac{\lambda}{10}$, la résistance du rayonnement du doublet est égale à 8Ω . Nous remarquons qu'il s'agit d'une antenne à faible gain et peu directive, d'autre part sa résistance de rayonnement est faible, d'où la nécessité d'une adaptation à l'équipement radioélectrique.

II. ANTENNE DIPOLE

Soit un dipôle de longueur $2l$ orienté selon l'axe Oz. Son rayonnement est calculé en considérant qu'il est composé d'une infinité de doublets alignés et de longueur élémentaire dz donc très faible devant la longueur d'onde λ .

Chaque doublet placé au point de côte z est parcouru par un courant $I(z)$ supposé constant le long du doublet.



r et R désignent respectivement les distances PM et OM.

O : l'origine de l'espace

P : le centre de l'antenne, point où se trouve la source élémentaire ou encore le doublet

M : le point d'observation où sera calculé le champ rayonné à grande distance. R et r seront alors considérés très grands devant la longueur d'onde λ .

Il s'agit bien dans ce cas d'une onde sphérique dont le centre de phase se trouve au centre géométrique de l'antenne. Comme r et R sont reliés entre eux par la relation suivante :

$$r^2 = R^2 + z^2 - 2Rz \cos \theta$$

Dans la fonction à intégrer pour le calcul du champ total rayonné par le dipôle, l'erreur maximale en confondant r à R dans le terme $\frac{1}{r}$ est $\frac{1}{R}$. Dès que R est supérieur à 10 fois la longueur de l'antenne $2l$, cette erreur est inférieure à $1/20$.

Dans le terme de phase e^{-jkr} , l'erreur commise doit être négligeable devant λ . Nous écrivons dans ce cas : $r = R - z \cos \theta$; et l'erreur maximale sur la phase est alors donnée par $\frac{2\pi l^2}{\lambda 2R}$.

Si l'on suppose que cette erreur est négligeable tant qu'elle reste inférieure à $\frac{\pi}{8}$, la distance R doit être telle que : $R > 8 \frac{l^2}{\lambda}$. Cette distance correspond à la limite de la zone de rayonnement à grande distance. Compte tenu de ces différentes approximations relatives au rayonnement à grande distance, le champ total rayonné par le dipôle est alors donné par :

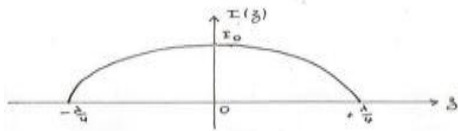
$$\vec{E}_M(\theta) = \vec{E}_M(\theta) \vec{U}_\theta$$

Si nous considérons que le dipôle de longueur $2l$ est parcouru par un courant identique à celui sur une ligne ouverte

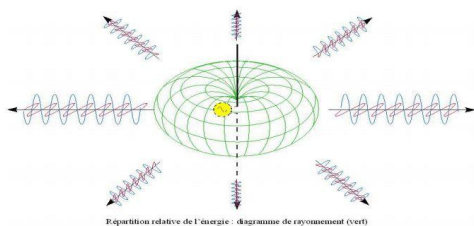
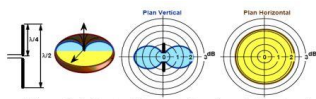
sans pertes, ce courant est alors donné par : $I(z) = I \sin[k(l - |z|)]$

Cas du dipôle demi-onde

La longueur du fil est $2l = \frac{\lambda}{2}$ et la répartition du courant est la suivante :



En un point la densité d'énergie électromagnétique est donnée par le produit de E et H. Cette densité d'énergie sera exprimée en VA/m² c'est à dire en W/m². Si l'on tente de représenter en 3 dimensions la répartition relative de l'énergie (sans unités donc), on obtient ce que l'on appelle le diagramme de rayonnement en traits verts. Pour simplifier on peut dire qu'il ressemble à une « pomme », la queue du fruit matérialisant l'antenne $\lambda/2$.



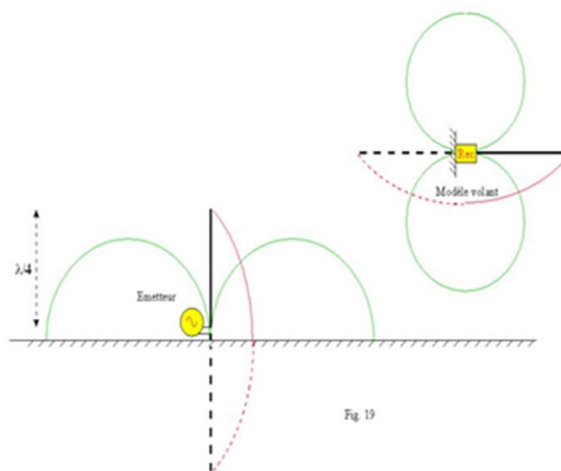
III. ANTENNE MONOPOLE

L'antenne « monopôle » ou « quart d'onde » est constituée d'un élément de longueur égale au quart de longueur d'onde, perpendiculaire à un plan conducteur. Elle se comporte comme un demi dipôle, le plan conducteur agissant en miroir.

- Alimenter l'antenne $\lambda/2$ au centre n'est pas toujours facile, donc il existe une astuce qui consiste à remplacer le brin inférieur $\lambda/4$ par un plan de masse (en théorie de dimension infinies) lequel est

capable de remplacer le brin manquant. Voir fig. 19. Cette antenne « monopôle $\lambda/4$ » est aussi appelée « antenne fouet » ou « verticale au sol ». Ce plan de masse est parfois appelé « contrepoids d'antenne ». Dans nos émetteurs RC ce plan de masse est constitué :

- La figure ci-dessous représente en vert les diagrammes d'émission et de réception théoriques. L'amplitude des courants dans les antennes est visualisée en trait rouge.



CAS D'UNE ANTENNE FILAIRE PLACEE AU-DESSUS D'UN PLAN CONDUCTEUR

On considère une antenne placée à une hauteur H au-dessus d'un plan infini parfaitement. Soit f₀(θ) son diagramme de rayonnement. Suivant que la polarisation de la source soit verticale ou horizontale, l'image est en phase ou en opposition de phase avec la source réelle et nous montrons que le diagramme de rayonnement de l'ensemble antenne-image ou encore antenneplan conducteur est donné par les fonctions caractéristiques suivantes :

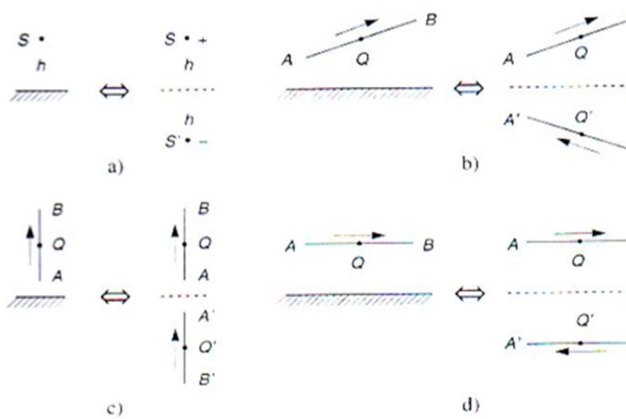
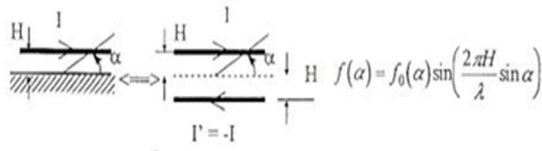
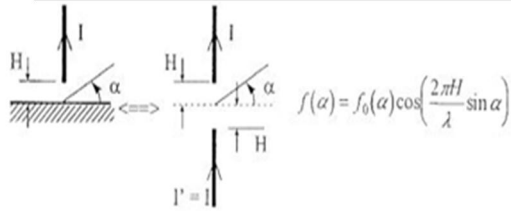


Figure 10. Illustration du principe des images :
 a. pour une source ponctuelle. b. pour une antenne oblique
 c. verticale. d. horizontale.

• Le principe des images permet de tenir compte d'une manière très simple de la présence du sol au voisinage d'une antenne. Le champ produit en un point P de l'espace par une source S située à une hauteur h au dessus du sol est le même que celui qui serait produit en l'absence du sol, par cette source S et une source S' symétrique de S, appelée source image. Le champ rayonné par S' est affecté d'un facteur de pondération égal au coefficient de réflexion sur le sol.

• Dans le cas d'une surface plane parfaitement conductrice, ce coefficient est égal à -1 et l'on doit donc considérer que la phase de S' est opposée à celle de S (fig.10a). Par conséquent, le champ rayonné par une antenne A B oblique au dessus d'un plan métallique (fig.10b) est le même que le champ rayonné, en

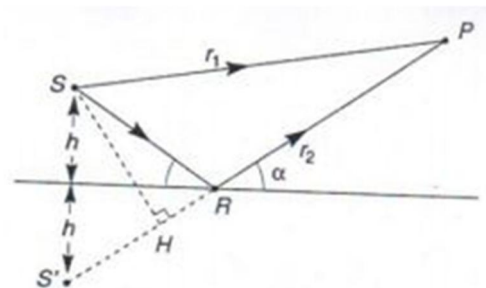
l'absence de plan métallique, par cette même antenne A B et l'antenne symétrique A' B' , à condition de considérer que les courants en un point Q de l'antenne A B et en un point Q' de l'antenne A' B' sont en sens inverses.

• Les modélisations pour le cas d'une antenne verticale ou d'une antenne horizontale sont représentées sur les figures 10c et 10b qui se déduisent de la figure 10b par continuité.

• Ce principe des images est très utile : ainsi, le rayonnement d'un dipôle isolé, dans l'espace, de longueur 2λ (fig.11) sur lequel on a représenté la répartition du courant (dans le cas où $\lambda/4 < \lambda < \lambda/2$), est le même que le rayonnement d'un monopôle de longueur λ situé verticalement au dessus d'un plan conducteur, ce qui est le cas, notamment, des antennes utilisées sur les véhicules automobiles pour la réception en radiodiffusion F.M

RAYONNEMENT D'UN DIPOLE EN PRESENCE D'UN PLAN CONDUCTEUR

Nous allons calculer le champ rayonné en un point P par un dipôle placé en S à une hauteur h au dessus d'un plan métallique. La géométrie du problème est indiquée sur la figure 11 et nous utiliserons le principe des images qui conduit à introduire S' symétrique de S.



$$r_1 = \square SP, r_1 = SR \square RP$$

S source réelle, S' source virtuelle, $SS' = 2h$

Source S et point D'observation P au-dessus d'un plan métallique ; géométrie du problème. Nous devons considérer les trois cas principaux suivants :

- le dipôle est perpendiculaire au plan de la figure et, par conséquent, parallèle au plan métallique ;
- le dipôle est dans le plan de la figure et parallèle au plan métallique ;
- le dipôle est dans le plan de la figure et perpendiculaire au plan métallique. Dans les deux premiers cas, qui correspondent à un coefficient de réflexion égal à -1, la source image est en opposition de phase avec la source réelle (Principe des images, § 10.8). Dans le troisième cas, qui correspond à un coefficient de réflexion égal à +1, la source image est en phase avec la source réelle

Références

- [1] A. Eklo, Méthode d'identification en virgule fixe d'un modèle non linéaire basé sur les algorithmes génétiques, Thèse de Doctorat, Université du Québec, 2008.
- [2] J. Haus, V. Haus, Practical Algorithms, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., 2017.
- [3] K. F. Talk, Algorithm for the design of a class of controllers : an alternative approach, IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. 18, no. 2, Aug. 2016, pp. 198-205.
- [4] R. Haupt, S. Haupt, A new hybrid controller for superconducting system, in: Proceedings of the 24th Int. Conf. on Elect. Eng., (EEIC2007), 10-12 May 2007, Paris, France, pp.454-458.