Introduction aux microondes et antennes

Série 9

Problème1
Trois antennes sans pertes *A*, *B* et *C*, opérant à 10 GHz, ont des directivités inconnues que l'on souhaite déterminer. On réalise de ce fait un système de transmission sur une distance de 1 m avec une puissance à l'émission de 1 W, et on teste différentes combinaisons émetteur-récepteur. Les puissances mesurées en réception sont :

Pr = 6 mW pour une transmission entre *A* et *B*,

Pr = 10 mW pour une transmission entre *A* et *C*,

Pr = 1 mW pour une transmission entre *B* et *C*.

Quelle est la directivité maximale de chaque antenne ?

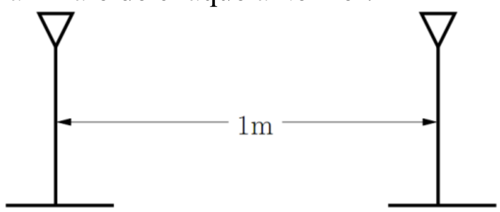


Figure 1. Scène énoncée.

Solution:

De nouveau, on utilise la formule de transmission de Friis

$$\frac{P_{av-r}}{P_e} = \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 D_1 D_2 = kD_1 D_2, \quad k = \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2$$

Dans le cas d'une orientation optimale des antennes on obtient les coefficients de transmission suivants

$$\eta_{AB} = \frac{P_{av-r}^A}{P_e^B} = kD_A D_B = 6x10^{-3}$$

$$\eta_{AC} = \frac{P^A_{av-r}}{P^C_e} = kD_A D_C = 10x10^{-3}$$

$$\eta_{BC} = \frac{P^B_{av-r}}{P^C_e} = kD_B D_C = 1x10^{-3}$$

Ces trois expressions constituent un système non linéaire de trois équations avec trois inconnues, dont les solutions sont les directivités maximales des trois antennes.

$$D_A = \sqrt{\frac{\eta_{AB}\eta_{AC}}{k\eta_{BC}}} = 102.6$$

$$D_B = \sqrt{\frac{\eta_{AB}\eta_{BC}}{k\eta_{AC}}} = 10.26$$

$$D_C = \sqrt{\frac{\eta_{AC}\eta_{BC}}{k\eta_{AB}}} = 17.1$$

Problème 2

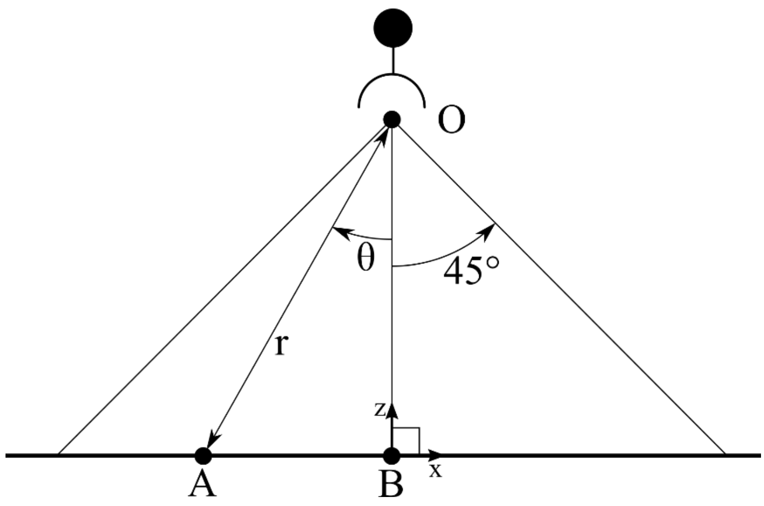
Un avion volant à une hauteur de 2 km possède une antenne dans la partie inférieure de son fuselage. Cette antenne doit fournir une densité de puissance constante sur le terrain se trouvant à l'intérieur d'un cône dont le sommet est l'antenne, l'axe de révolution est la ligne verticale allant de l'antenne au sol et l'angle d'ouverture par rapport à l'axe mesure 45^{O}. L'antenne ne doit pas émettre en dehors de ce cône. Considérer la surface du sol comme parfaitement plane.

1) Trouver l'expression du diagramme de rayonnement en fonction de l'angle θ mesuré par rapport à l'axe du cône.

2) Quelle serait la directivité d'une telle antenne ?

Solution :

Le problème est bien réel. On sait en effet que la puissance décroit en $1/r^2$. Comme le trajet OB est plus court que OA, il y aura a priori plus de puissance en B qu'en A. Ce déséquilibre peut être compensé par le diagramme de rayonnement. L'antenne devra émettre préférentiellement vers A.



On sait que la densité de puissance vaut :

$$p(r,\theta,\varphi) = \frac{C}{r^2} D_p(\theta,\varphi)\left[W/m^2\right]$$

Pour calculer $D_p(\theta,\varphi)$ tel que p=cte, il faut exprimer r en fonction de θ:

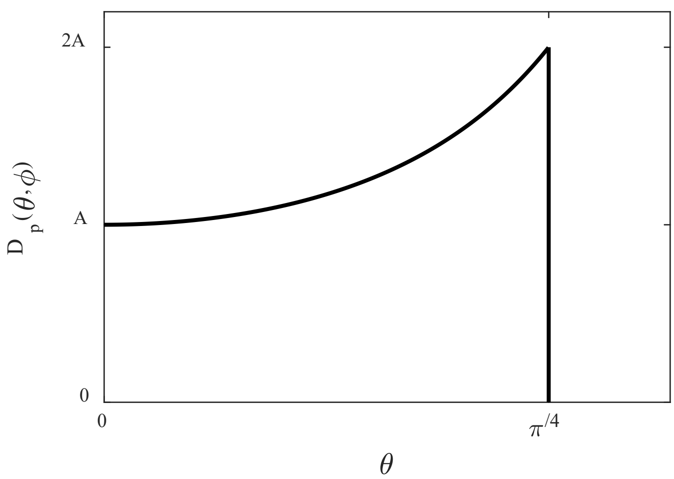
$$r = \frac{h}{\cos\theta}$$

D'où

$$p = \frac{\cos^2\theta}{h^2} D_p(\theta,\varphi) = cte \quad \rightarrow$$

$$D_p(\theta,\varphi) = \frac{A}{\cos^2\theta} \quad \theta < \frac{\pi}{4}$$

Où A est une constante indépendante de θ et φ. Le diagramme de rayonnement prend donc la forme suivante :



Qui peut être normalisé en divisant par 2A. La directivité est donnée par:

$$D = 4\pi r^2 \frac{p(r,\theta,\varphi)}{P_{rad}} = 4\pi \frac{\frac{1}{\cos^2\theta}}{\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi/4} d\theta \frac{1}{\cos^2\theta}\sin\theta} = \frac{2}{\sqrt{2}-1}\frac{1}{\cos^2\theta}$$

Dont la valeur maximale est

$$D_{\max} = D(\theta = \pi/4) = \frac{4}{\sqrt{2}-1} = 9.66 = 9.85dB$$