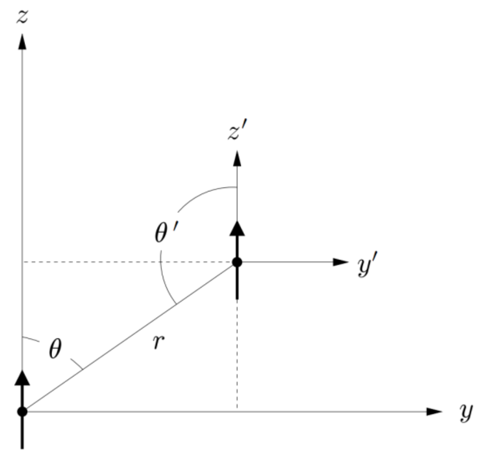
Introduction aux microondes et antennes

Série 11

Problème 1
On réalise une transmission entre deux dipôles de Hertz idéaux. L'un des deux est fixé à l'origine et est dirigé selon l'axe z ; l'autre est aussi dirigé selon z, situé quelque part (en dehors de l'origine) dans le plan défini par $(r,\theta,\varphi = 90°)$ $r \geq 0$, $0° \leq \theta \leq 180°$, (le demi-plan droite *yz*) et se trouve dans le champ lointain du premier (voir image ci-dessous).



Trouver la dépendance du rapport de la puissance reçue à la puissance émise en fonction l'angle θ.
Indication: Se rappeler que le dipôle de Hertz est sans pertes, et que par conséquent son gain est égal à sa directivité.

Solution:

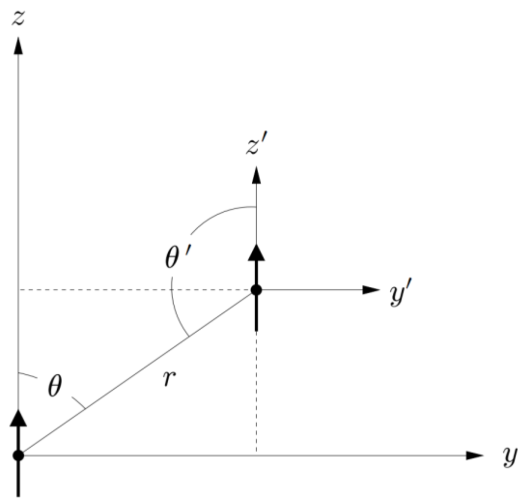


Figure 1. Scène énoncée.

Le rapport des puissances reçue et émise se calcule avec la formule de Friis en tenant compte des états de polarisation des deux antennes (introduction du facteur dépolarisant FDP).

$$\frac{P_r}{P_e} = \mathrm{FDP} \cdot D_1 D_2 \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2$$

Les deux dipôles sont situés dans le même plan -le plan yz- et sont orientés dans la même direction ($\vec{e}_z$). L'état de polarisation des deux éléments est donc le même et le facteur dépolarisant vaut alors $\mathrm{FDP} = 1$.

En regardant la figure ci-dessus on constate que les angles θ' et θ sont supplémentaires :

$$\theta' = \pi - \theta, \qquad 0 \leq \theta \leq \pi$$

Les directivités des deux dipôles de Hertz sont

$$D_1(\theta) = \frac{3}{2}\sin^2\theta$$

$$D_2(\theta') = \frac{3}{2}\sin^2\theta' = \frac{3}{2}\sin^2\theta = D_1(\theta)$$

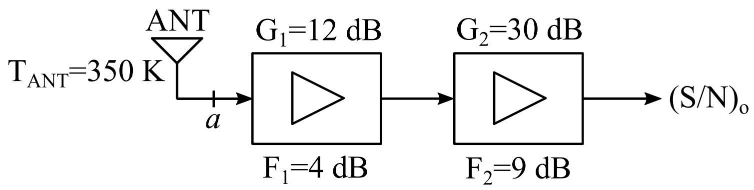
La dépendance du rapport P_r/P_e avec l'angle θ est alors donnée par le produit des directivités des deux dipôles

$$\frac{P_r}{P_e}(\theta) \propto D_1(\theta) D_2(\theta) \propto \sin^4\theta$$

car les autres facteurs dans la formule de Friis sont indépendants de θ.

Problème 2

Un système récepteur est compose d'une antenne ayant une température équivalente de bruit T_{ANT}=350 K et de deux amplificateurs ayant les paramètres indiqués sur la figure. Calculer la puissance du signal requis immédiatement après l'antenne (point a) pour assurer un rapport signal sur bruit SNR=45 dB à la sortie du système. La bande passante est de B=19 MHz.



Solution:
Le rapport signal sur bruit à la sortie doit être SNR=45 dB:

$$SNR_o = \frac{SNR_a}{F_{TOT}}, \qquad F_{TOT} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1}$$

Pour calculer F_{TOT}, on passe tous les facteurs de bruit en linéaire:

$$F_1 = 4\ dB = 2.51, \qquad F_2 = 9\ dB = 7.94, \qquad G_1 = 12\ dB = 15.85$$

$$F_{TOT} = 2.51 + \frac{7.94 - 1}{15.85} \approx 2.95$$

Le rapport signal sur bruit au point a est égal à :

$$SNR_o = 45\ \text{dB} \ \Rightarrow SNR_a[\text{dB}] - 10\log_{10} F_{TOT} = 45\ \text{dB}$$

$$SNR_a[\text{dB}] = 45 + 4.7 = 49.7\ \text{dB}$$

Mais nous avons aussi:

$$SNR_a[\text{dB}] = 10\log_{10}\left(\frac{P_a}{kT_{ANT}B}\right)$$

où Pr est la puissance requise du signal. Finalement:

$$P_a[\text{dB}] = 49.7 + 10\log_{10}(kT_{ANT}B) = -80.67\ \text{dBW} = 8.56 * 10^{-9}\ \text{W}$$

Problème 3
On considère une antenne ayant un gain de 28.5 dBi et une température équivalente de bruit (Antenna + étage d'entrée du récepteur) de 100K. De combien le rapport G/T de cette antenne va-t'il augmenter si les pertes du câble reliant l'antenne au récepteur diminuent de 0.1dB? On considère une température ambiante de 20°C, ce qui correspond à 293K.
Solution:
Le G/T du système ayant une température équivalente de bruit de 100K est donné par

$$\left(\frac{G}{T}\right)_{dB} = G_{dB} - T_{dB/K} = 28.5dB - 20dB/K = 8.5dB/K\ .$$

On peut calculer la température équivalente de bruit d'un quadripôle passif (atténuateur, câble, etc.) selon la formule suivante :

$$T_e = (L-1)T_{amb}\ .$$

Alors un câble avec des pertes de L= 0.1 dB représente une température équivalente de bruit de

$$T_{loss,cable} = (L-1)T_{amb} = \left(10^{\frac{0.1}{10}} - 1\right)293K = 6.82\,\mathrm{K}.$$

Donc, si on diminue les pertes du câble par 0.1dB, le G/T devient

$$\left(\frac{G}{T}\right)_{dB} = G_{dB} - \left(T - T_{loss}\right)_{dB} = 28.5 - 10\log(100 - 6.82) = 28.5 - 19.7 = 8.8 dB/K.$$

Le rapport G/T va augmenter 0.3 dB/K.