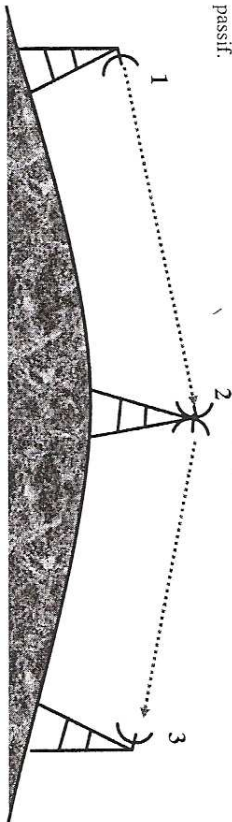


DS TC2 - ANTENNES

3h00 - Formulaire fourni autorisé uniquement – Calculatrice autorisée

I - Etude d'une liaison par répéteur passif

On va réaliser une transmission unidirectionnelle qui passe par l'intermédiaire d'un répéteur passif.



L'émetteur (1) possède une puissance d'émission de 18 dBm, une antenne avec un gain dans la direction du relais de 1,5 dBi, et émet à une fréquence de 41,5 GHz.
Le relais (2) est constitué de deux paraboles reliées par un câble sans pertes. Ces deux paraboles sont identiques, parfaitement alignées, et de gain maximum 51,6 dBi.
L'antenne finale de réception (3) possède un gain maximum de 31 dBi. Les deux distances (1-2) et (2-3) sont égales à 400m.
Le seuil de réception du système est de 174,8 dBm.

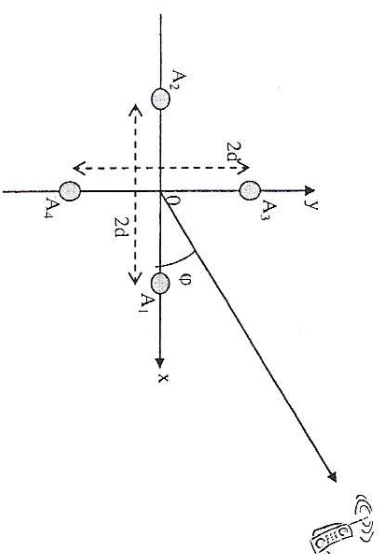
- 1.1 En supposant que la surface des paraboles est égale à la surface effective, calculez la taille des paraboles utilisées pour le répéteur.
- 1.2 Donnez la valeur de l'atténuation totale du signal entre l'émetteur et le récepteur (3).
- 1.3 Donnez alors le niveau de puissance reçue, et discutez.
- 1.4 En supposant que les caractéristiques des antennes restent constantes, jusqu'à quelle fréquence pourrait-on monter tout en respectant le seuil de réception de ce système.
- 1.5 En gardant la fréquence de 41,5 GHz, si toutes les antennes sont à polarisation rectiligne, quel est l'angle de dépolarisation maximal que l'on peut se permettre en réception si le seuil du système est parfait ?

II - Etude d'un réseau d'antennes adaptatives

On utilise 4 antennes dipôles $\lambda/2$ verticales que l'on espace dans le plan horizontal d'une distance $2d$ (voir schéma). On va étudier le rayonnement de l'ensemble uniquement dans le plan horizontal.

La distance d est fixée à $\lambda/4$, les antennes sont alimentées avec la même amplitude mais avec des phases variables.

Le système est prévu pour une communication à 2,45 GHz avec des utilisateurs mobiles dont le terminal est équipé d'une antenne supposée isotrope (gain 0 dBi) que l'on dirige dans la direction.



- 2.1 Rappelez l'allure du rayonnement d'une seule antenne dipôle $\lambda/2$ dans le plan horizontal.
- 2.2 Calculez la fonction caractéristique $F(\phi)$ dans le plan xOy , de ce groupement d'antennes, en fonction de βd et des phases des courants. Rappelez l'expression du gain d'antenne en fonction de $F(\phi)$.

Rem : utilisez comme repère le point central. Ne cherchez pas à simplifier cette expression.

- 2.3 Déterminez les conditions à imposer aux phases des courants (en fonction de β et de d) permettant d'avoir une puissance maximale dans une direction particulière ϕ_0 .

Rem : on rappelle le résultat suivant :

$$\max \left| e^{j\theta_1} + e^{j\theta_2} + \dots + e^{j\theta_n} \right| = n \quad ; \text{ obtenu pour } \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_n.$$

- 2.4 Calculez les phases à imposer pour que le maximum de rayonnement soit orienté pour un utilisateur dans la direction $\phi = 0$ et pour $\phi = 45^\circ$. Tracez les diagrammes correspondants.
- 2.5 Dans les deux cas précédents, déterminez quel est le gain maximum théorique de ce réseau.
- 2.6 Pour une puissance d'émission de 10 dBm, un seuil de réception de -80 dBm, donnez les portées obtenues dans ces deux cas.

III - Questions diverses

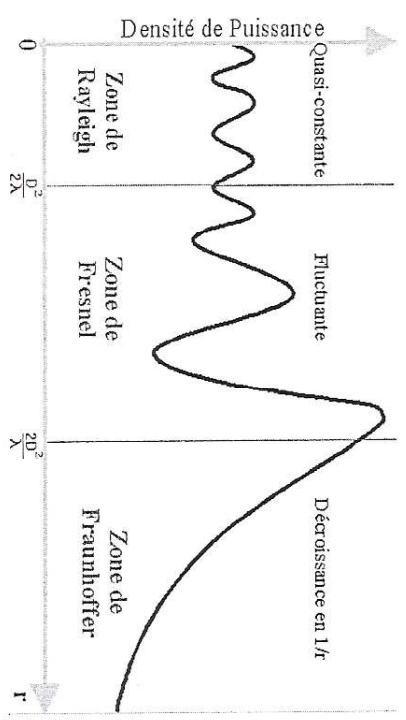
- 4.1 Calculez la perte de puissance que l'on obtient dans une liaison entre deux antennes à polarisation rectiligne parfaitement orientées, si l'on remplace l'une des deux par une antenne à polarisation circulaire.
- 4.2 Décrivez la démarche à suivre pour concevoir une antenne de type patch (matériaux, dimensions, alimentation...) en fonction d'un cahier des charges de votre choix.
- 4.3 Expliquez le principe de réalisation d'un monopôle quart d'onde et ses caractéristiques principales.
- 4.4 Pourquoi un dipôle de taille très petite par rapport à la longueur d'onde n est en pratique pas utilisé ?

FORMULAIRE ANTENNES

Doublet électrique élémentaire :

$$\begin{cases} H_\varphi = \frac{1}{4\pi} \cdot I_m \cdot dl \cdot \sin \theta \cdot e^{-j\beta r} \left[\frac{j\beta}{r} + \frac{1}{r^2} \right] \\ E_r = \frac{1}{2\pi} \cdot I_m \cdot dl \cdot \cos \theta \cdot e^{-j\beta r} \left[\frac{\eta}{r^2} + \frac{1}{j\omega \epsilon r^3} \right] \\ E_\theta = \frac{1}{4\pi} \cdot I_m \cdot dl \cdot \sin \theta \cdot e^{-j\beta r} \left[\frac{j\omega \mu}{r} + \frac{\eta}{r^2} + \frac{1}{j\omega \epsilon r^3} \right] \\ H_\varphi(r, t) = \frac{j}{2\lambda r} \cdot I \cdot dl \cdot \sin \theta \cdot e^{j(\omega t - \beta r)} \\ E_\theta(r, t) = \frac{j}{2\lambda r} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \cdot I \cdot dl \cdot \sin \theta \cdot e^{j(\omega t - \beta r)} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \sin(2x) &= 2 \cdot \sin(x) \cdot \cos(x) \\ \cos(2x) &= 2 \cdot \cos^2(x) - 1 \end{aligned}$$



Exemple de mise en réseau : $F_g(\theta, \varphi) = F(\theta, \varphi) |1 + e^{-j\beta d \sin \theta} + e^{-j2\beta d \sin \theta} + e^{-j3\beta d \sin \theta} + \dots + e^{-j(n-1)\beta d \sin \theta}|$

Adaptation : $Ze = R + jX$ $|S_{11}|_{dB} = 20 \log |S_{11}|$ $|S_{11}|^2 = \frac{P_r}{P_i}$

$$Ze = Z_c \cdot \frac{1 + S_{11}}{1 - S_{11}} \quad VSWR = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|} \quad \text{Demi-onde : } Z = 73 + j42 \text{ ohms}$$

Caractéristiques de rayonnement : $F(\theta, \varphi) = \frac{r \cdot |E(r, \theta, \varphi)|}{60 I_M}$

$$U(\theta, \Psi) = \frac{15 I^2}{\pi} F^2(\theta, \varphi) \quad \Delta P = \frac{|E|^2}{2\eta} \quad G(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{F^2(\theta, \varphi)}{\iint_{\Omega} F^2(\theta, \varphi) d\Omega}$$

$$P = \iint_{\Omega} U(\theta, \varphi) d\Omega \quad D(\theta, \varphi) = \frac{U(\theta, \varphi)}{\frac{P_r}{4\pi}} \quad G(\theta, \varphi) = 120 \frac{F^2(\theta, \varphi)}{R_r}$$

Dipôle $\lambda/2$ sur l'axe vertical: $F(\theta) = \left| \frac{\cos(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta} \right| \quad G_{max} = 2.15 \text{ dBi}$

Liaison : $S(\theta, \varphi) = \frac{P_d}{\Delta P_s} \quad S(\theta, \varphi) = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_A(\theta, \varphi)$

$$P_r = \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 G_e(\theta, \varphi) G_r(\theta, \varphi) P_e \quad \text{PIRE} = P_e \cdot G_e$$

$$P_{bruit} = k \cdot T \cdot B \quad \text{avec } k = 1,379 \cdot 10^{-23} \text{ W / K / Hz} \quad T = 290 \text{ K}$$