

Tous documents autorisés

Le barème est donné à titre indicatif.

Il sera tenu compte des justifications apportées à chaque réponse, ainsi que de la présentation.

Une antenne de type boucle est intégrée dans un objet connecté porté par une personne. Cet objet communique avec une station fixe sur une bande ISM à 868 MHz. Le signal transmis par la station fixe est modulé en FSK, avec un débit de 20 kbits/s. La puissance électrique délivrée par la station fixe est de 10 dBm. La station fixe intègre une antenne avec un gain de 3 dB que l'on supposera constant. Le récepteur placée derrière l'antenne boucle présente un seuil de sensibilité de -85 dBm (puissance mesurée en entrée du récepteur pour garantir un BER < 1 %). L'impédance d'entrée du récepteur est de 50 Ω.

La portée en réception de cet objet doit être d'au moins 30 m en extérieur, en condition de visibilité directe.

1. Calculez la longueur d'onde émis par l'antenne de la station fixe ? Peut-on considérer qu'on se situe en champ lointain à 30 m ? (2 pts)

On néglige la modulation et on considère un signal sinusoïdal à 868 MHz → longueur d'onde dans l'air = 34 cm. Les dimensions de l'antenne de la station fixe doivent être de l'ordre de quelques 10 de cms. A 30 m, on se situe à plusieurs longueurs d'onde, donc on peut supposer qu'on est en champ lointain.

2. Une mesure de la portée en réception de l'objet connecté a indiqué qu'elle était inférieure à 30 m. Une mesure du paramètre S11 de l'antenne boucle à 868 MHz a donné le résultat suivant : $S_{11} = -0.76 + j*0.32$. Calculez la perte par désadaptation. Est-elle acceptable ? Peut-elle être à l'origine de la faible portée en réception ? (2 pts)

le module du coef de réflexion = 0.82 → la perte par désadaptation est excessive et à l'origine de la faible portée

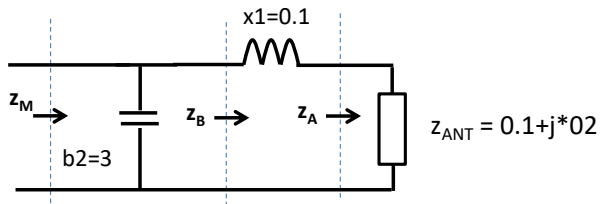
3. Sur le diagramme de Smith qui vous est fourni, placez le point correspondant à la mesure du coefficient de réflexion de l'antenne. Donnez la valeur de l'impédance réduite. (2 pts)

$z_{11} = 0.1 + 0.2i$

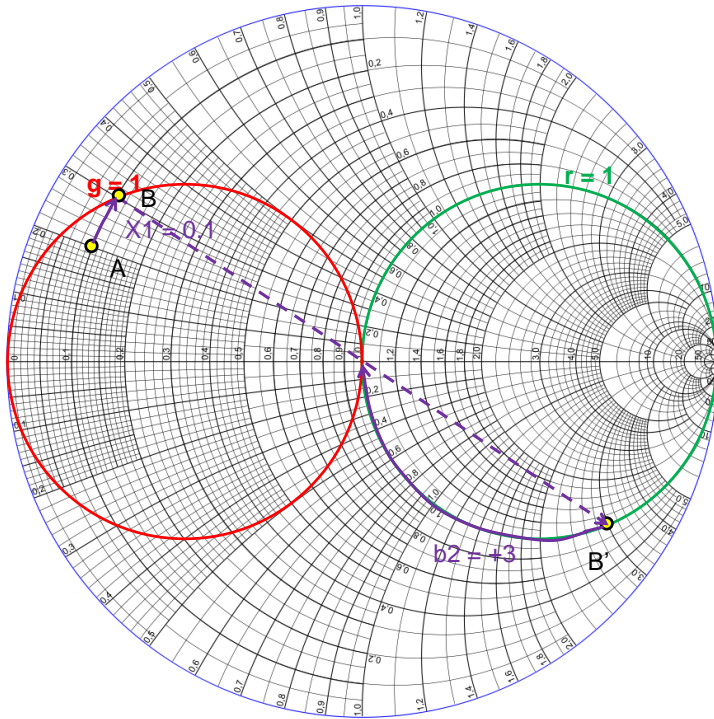
4. En utilisant le diagramme de Smith qui vous est fourni, proposez un réseau d'adaptation réalisé à partir de composants passifs discrets : donnez la structure du réseau et les valeurs des composants. (5 pts)

Deux réseaux possibles :

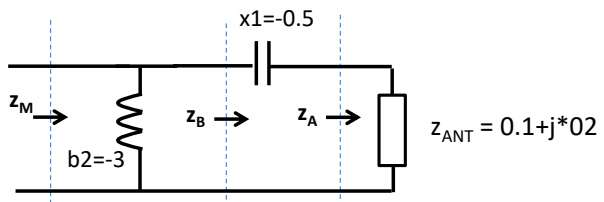
Réseau 1 :



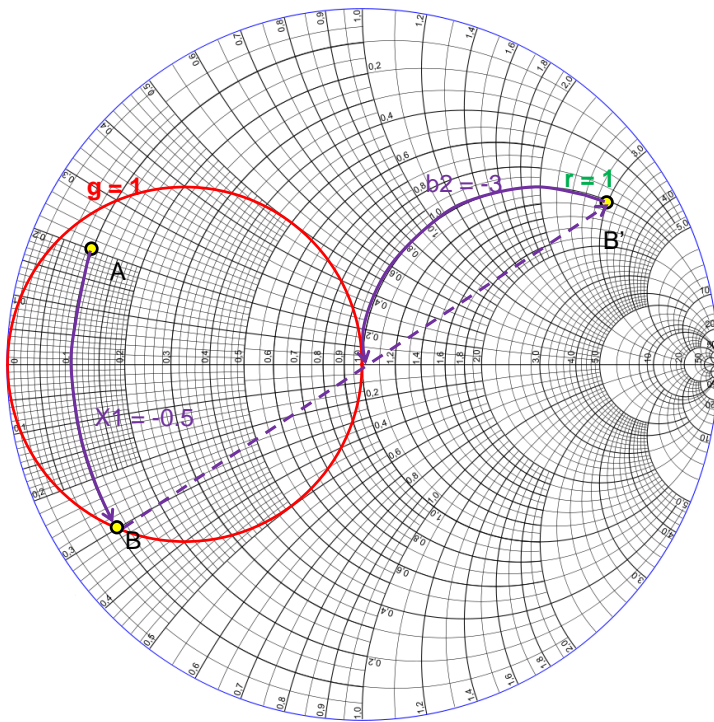
L1 = 0.92 nH et C2 = 11 pF



Réseau 2 :



C1 = 7.33 pF et L2 = 3.1 nH



5. L'antenne boucle est-elle directive ? Si oui, est-ce une bonne propriété pour l'application visée ? (3 pts)

Une antenne boucle est quasi omnidirectionnelle. La position et l'orientation de cette antenne étant aléatoire, il est préférable de ne pas avoir une antenne directive pour éviter des pertes puissance selon sa position et son orientation.

6. Une mesure de gain de cette antenne après adaptation a donné la valeur suivante : selon la direction considérée, le gain évolue entre -22 et -16 dB. En négligeant les pertes supplémentaires de l'antenne et en supposant qu'elle est parfaitement adaptée, quelle est la puissance électrique reçue en sortie de l'antenne boucle, lorsque l'objet est placée à 3 m de la station fixe, dans un environnement extérieur, en visibilité directe ? La connexion entre la station fixe et l'objet connecté devrait-elle être assurée ? (3 pts)

On peut utiliser la formule de Friis, car espace libre et champ lointain. La puissance électrique en sortie d'antenne est donnée par :

$$Pr = Pe * Ge * Gr / (4 * \pi * d / \lambda)^2 \Rightarrow Pr \text{ min } (Gr = -22 \text{ dB}) = 10 \text{ mW} * 4 * 0.006 / (4 * \pi * 3 / 0.34)^2 = 0.02 \mu \text{ W soit } -47 \text{ dBm}$$

$$\Rightarrow Pr \text{ max } (Gr = -16 \text{ dB}) = 10 \text{ mW} * 4 * 0.025 / (4 * \pi * 3 / 0.34)^2 = 0.08 \mu \text{ W soit } -41 \text{ dBm.}$$

A partir de ce modèle, on est largement au-dessus du seuil de sensibilité du récepteur, on garantit un BER < 1 % → la connexion est assurée.

7. En considérant le même environnement et en supposant une visibilité directe entre la station fixe et l'objet connecté, une portée en réception de 30 m est-elle envisageable ? Quelle est la portée en réception maximale ? (3 pts)

La puissance minimale en sortie d'antenne est de -85 dBm (seuil de réception du récepteur). En prenant en compte le gain variable de l'antenne boucle selon son orientation, la perte de propagation max entre la station fixe et l'objet connectée est comprise entre les 2 valeurs suivantes :

$$Lp = Pe + Ge + Gr - Pr \Rightarrow Lp \text{ min} = Pe + Ge + Gr_{\text{min}} - Pr = 10 \text{ dBm} + 3 \text{ dB} - 22 \text{ dB} + 85 \text{ dBm} = 76 \text{ dB}$$

$$\Rightarrow Lp \text{ max} = 10 \text{ dBm} + 3 \text{ dB} - 16 \text{ dB} + 85 \text{ dBm} = 82 \text{ dB}$$

A partir du modèle de Friis, on en déduit une portée en réception max comprise entre les 2 valeurs suivantes :

$$20 \log(d(\text{km})) = L_p - 32.4 - 20 \log(f(\text{MHz})) \rightarrow d \text{ compris entre } 174 \text{ m et } 348 \text{ m}$$

La portée en réception max attendue est de 30 m en environnement extérieur et en visibilité directe → cette portée est largement assurée.