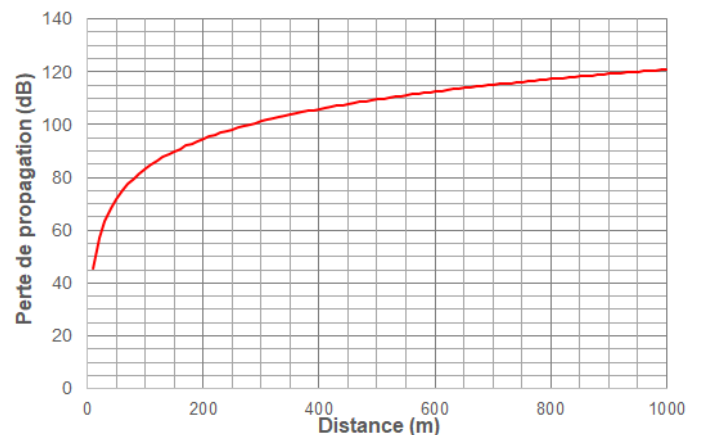
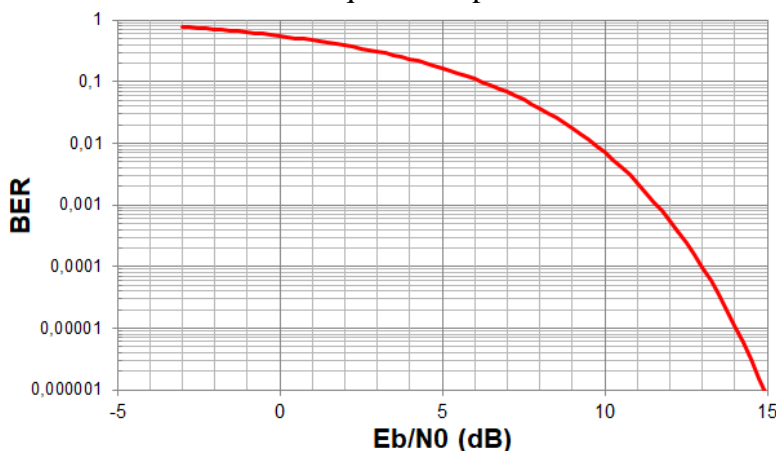


Tous documents autorisés / 35 min

Le barème sur 10 points est donné à titre indicatif.

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

On s'intéresse aux performances d'un système radio. Sa bande passante est de 2 MHz. Il utilise une modulation de type 16-QAM et permet un débit binaire net de 15 Mbits/s. Le facteur de bruit typique d'un récepteur est de 5 dB. Il dispose d'une antenne de 2 dB de gain. Pour assurer une réception de qualité suffisante, le taux d'erreur binaire (BER) doit rester inférieur à 0.2 %. L'évolution du BER en fonction du rapport E_b/N_0 est donnée ci-dessous. La puissance d'émission de l'émetteur (PIRE) est limitée à 14 dBm. On suppose que le canal est AWGN et que la température ambiante est de l'ordre de 27°C.



1. Les valeurs de bande passante et de débit binaire sont-elles cohérentes ? (1 pts)

Critère de Nyquist : avec une bande passante de 2 MHz, on peut théoriquement atteindre un débit de symbole transmis de 4 MBauds. En modulation 16-QAM cela correspond à un débit binaire de 16 Mbits/s, ce qui est légèrement plus que le débit net annoncé. Mais l'ordre de grandeur est le bon.

2. Quel est le rapport signal à bruit minimal (SNR) pour assurer une réception de qualité ? (2 pts)

$$BER < 0.002 \rightarrow E_b/N_0 > 11 \text{ dB}$$

$$SNR > 11 + 10\log(15/2) = 19.8 \text{ dB}$$

3. Calculez la puissance minimale en entrée du récepteur permettant une réception de qualité. (2 pts)

$$\text{Le seuil de bruit est égal à : } N = 10\log(kTB) + NF = -106 \text{ dBm.}$$

$$\text{Le seuil de réception est donc égal à : } S_{min} = N + SNR_{min} = -106 + 19.8 = -86.2 \text{ dBm}$$

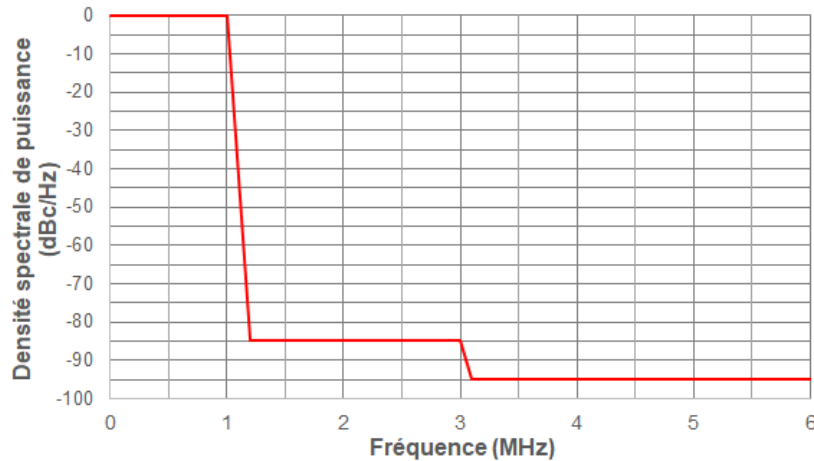
4. Calculez la perte de propagation maximale entre l'émetteur et le récepteur. (1 pt)

$$L_p \text{ max} = PIRE_{max} - S_{min} + Gr = 14 + 86.2 + 2 = 102.2 \text{ dB}$$

5. D'après le modèle de propagation, calculez distance de séparation max. (1 pt)

$$325 \text{ m}$$

6. On considère comme source d'interférence probable un autre émetteur du même système mais fonctionnant sur la bande adjacente. On donne ci-dessous le gabarit d'émission imposé à ce système, sous la forme d'une densité spectrale de puissance relative (dBc/Hz). Celui-ci est placé à une distance de 200 m. On souhaite évaluer le risque d'interférence sur le récepteur étudié précédemment. On prendra comme critère de protection que le rapport I/N (interférence sur seuil de bruit thermique ne doit pas dépasser 0 dB).



a. Calculez la puissance émise par la source d'interférence sur la bande de réception de la victime (en dBm). (1 pt)

Sur la bande adjacente, le gabarit indique une densité spectrale de puissance relative max de -85 dBc/Hz. Avec un PIRE de 14 dBm, la densité spectrale de puissance max est de -71 dBm/Hz. La puissance captée par le récepteur est donc égale à : $-71 + 10\log(2 \cdot 10^6) = -8$ dBm.

b. Calculez le niveau de puissance maximal admissible en entrée d'antenne réceptrice. (1 pt)

$$-106 - 2 = -108 \text{ dBm}$$

c. Des interférences sont-elles à craindre lorsque la source d'interférence est séparée de 200 m du récepteur victime ? (1 pt)

Perte de propag = $-8 + 108 = 100$ dB \rightarrow distance de protection = 290 m.

Oui, les interférences sont à craindre, selon le critère de protection sélectionné.