

Tous documents autorisés / 35 min

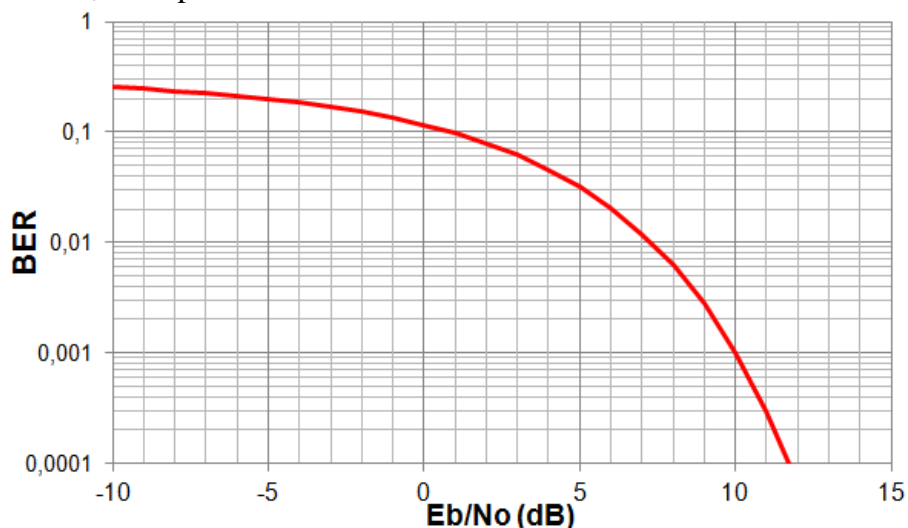
Le barème sur 10 points est donné à titre indicatif.

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

On considère un lien radio entre un émetteur mobile et un récepteur fixe, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Bande de fréquence : bande ISM 868-868.2 MHz (Europe)
- Puissance d'émission max. : 100 mW
- Gain d'antenne typique : 0 dB
- Bande passante : 50 kHz
- Modulation : QPSK
- Débit de symbole : 80 kBauds
- Facteur de bruit typique : 6 dB

Ci-dessous, la relation théorique entre le taux d'erreur binaire et le signal modulé dans le cadre d'un canal AWGN, à température ambiante.



1. Compte tenu de la bande passante, quel serait le débit binaire maximal en théorie ? (2 pts)

Théorème de Nyquist : débit de symbole max $M_{max} = 2 \cdot B = 100$ kBds.

LA modulation utilisée étant une QPSK, 2 bits sont transmis par symbole. Le débit max. devrait être de 200 kBits/s.

2. Calculez le rapport signal à bruit minimum pour garantir un taux d'erreur binaire inférieur à 0,1 % ? (2 pts)

Il est nécessaire de garantir un rapport $E_b/N_0 > 10$ dB.

La bande passante B de la réception étant de 50 kHz, le débit binaire D étant de $2 \cdot 80 \text{ k} = 160$ kbits/s, le rapport signal à bruit minimal est de :

$$SNR_{min} = Eb/No_{min} + 10 \cdot \log(D/B) = 10 + 10 \log(160/50) = 15,1 \text{ dB}$$

3. Calculez la perte de propagation maximale entre l'émetteur et le récepteur. (3 pts)

> *Puissance max émise par le capteur = $20 + 0 = 20$ dBm*

> *Seuil de sensibilité du récepteur : $10 \log(kTB) + NF + SNR_{min} = -127 + 6 + 15 = -106$ dBm*

Puissance min reçue = seuil de sensibilité + gain antenne = -106 dBm

→ perte de propagation max = 20+106 = 126 dB

4. A proximité du récepteur fixe est installé un autre émetteur radio, émettant sur une bande adjacente. La puissance rayonnée par son antenne est de 10 W. Les atténuations apportées par le filtrage des bandes adjacentes de cet émetteur et du récepteur fixe sont estimées à 35 dB chacun. La perte de propagation entre le premier émetteur émetteur et le récepteur fixe est évaluée à 115 dB, tandis qu'elle est de l'ordre de 80 dB entre ce second émetteur et le récepteur fixe.

a. Calculez la puissance reçue par le récepteur fixe de ce deuxième émetteur. (1 pt)

b. Calculez le rapport signal à bruit du signal issu du premier émetteur. (1 pt)

c. Cet émetteur peut-il être considéré comme une source d'interférences sérieuse ? (1 pt)

a. Considérons que ce deuxième émetteur correspond à une source d'interférence, puisqu'elle transmet une puissance non négligeable sur la bande de réception de la liaison étudiée. Notons I la puissance reçue issue de cette source d'interférence ;

$$I = 40 - 2 \cdot 35 - 80 = -110 \text{ dBm} = 10^{-11} \text{ mW}$$

b. La puissance issue de l'émetteur désiré est de ; S = 20-115 = -95 dBm

En tenant compte de l'interférence comme source de bruit, on note le rapport signal à bruit SNIR :

SNIR = S/(N+I), N = 10log(kTB)+NF = -121 dBm = 0.79.10⁻¹³ mW → l'interférence est largement plus importante que le seuil de bruit thermique du récepteur, donc on peut estimer que N+I = I = -110 dBm.

$$\rightarrow \text{SNIR} = -95 + 110 = 15 \text{ dB}$$

c. Sans interférence, le SNR serait de -95 + 121 = 26 dBm, ce qui garantit une transmission sans erreurs (BER < 0.1 %). Avec l'interférence, le SNIR est de 15 dB, ce qui permet juste de garantir la contrainte de BER. Même si cette source d'interférence ne bloque pas le signal, elle commence à dégrader la qualité de la réception.