

Tous documents autorisés / 35 min

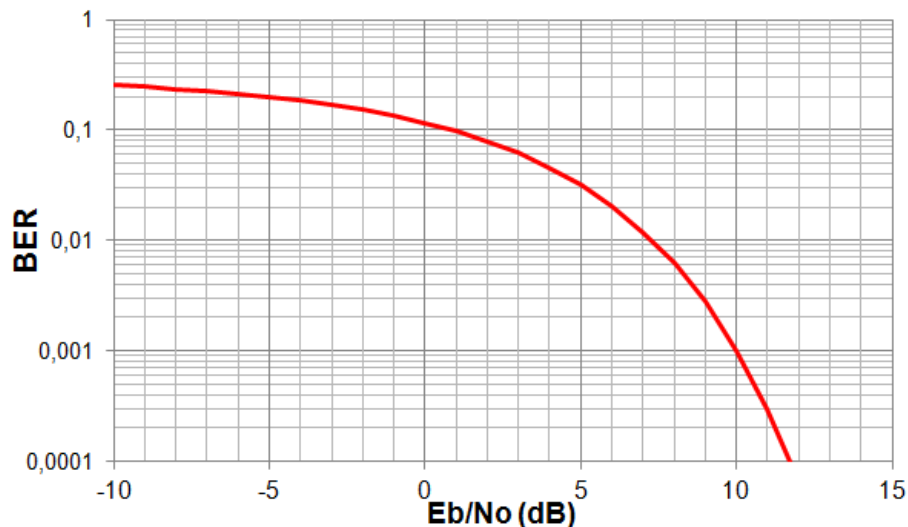
Le barème sur 10 points est donné à titre indicatif.

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

On dispose d'un circuit émetteur-récepteur de type Ultra Narrow Band (UNB) dédié à des applications Machine-to-Machine (M2M), pour des collectes d'informations via un réseau bas débit de capteurs. On s'intéresse ici aux caractéristiques physiques de ce circuit émetteur-récepteur, décrites ci-dessous :

- Bande de fréquence : bande ISM 868-868.2 MHz (Europe)
- Puissance d'émission max. : 25 mW
- Gain antenne typique : 0 dB
- Débit typique : 100 bits/s
- Durée transmission max. : 2 s
- Communication bidirectionnelle
- Bande passante : 200 Hz
- Modulation : BPSK
- Facteur de bruit typique : 5 dB

Ci-dessous, la relation théorique entre le taux d'erreur binaire et le signal modulé.



1. Pourquoi disposer d'une bande passante très étroite est un avantage pour cette application ? (2 pts)

*Entre autres : lorsqu'un capteur communique, il n'a pas besoin d'une grande bande passante (débit faible). Cela permet :*

- 1. d'améliorer le seuil de sensibilité du récepteur → d'accroître la portée du réseau de capteur*
- 2. de disposer de plus de canaux → de limiter l'interférences entre les capteurs*

2. La bande passante vous semble t-elle raisonnable ? Pourquoi ? (2 pts)

*Signal modulé en BPSK → débit de moment = 100 Bds. D'après le théorème de Nyquist, il faut une bande passante minimale de 50 Hz pour limiter l'interférence intersymbole. Le choix d'une bande passante de 200 Hz est donc convenable.*

3. Calculez le rapport signal à bruit minimum requis au niveau du récepteur pour garantir une communication de qualité (BER < 0.1 %). Exprimez ce rapport en dB. (2 pts)

*$E_b/N_0 > 10 \text{ dB}$ , donc  $SNR > E_b/N_0 + 10\log(D) - 10\log(B) = 10 + 10\log(100) - 10\log(200) = 7 \text{ dB}$*

4. En déduire la sensibilité du récepteur à température ambiante. (2 pts)

*seuil de bruit thermique  $N = -174 + 10\log(200) = -151 \text{ dBm}$*

*seuil de sensibilité =  $N + SNR_{min} + NF = -151 + 7 + 5 = -139 \text{ dBm}$*

5. Calculez la perte de propagation maximale dans le canal de transmission dans le sens capteur - station de base. (2 pts)

*On néglige les pertes liées aux émetteurs-récepteurs.*

*Puissance max émise par le capteur =  $14 \text{ dBm}$*

*Puissance min reçue = seuil de sensibilité + gain antenne =  $-139 \text{ dBm}$*

*→ perte de propagation max =  $14 + 139 = 153 \text{ dB}$*