

Tous documents autorisés / 35 min

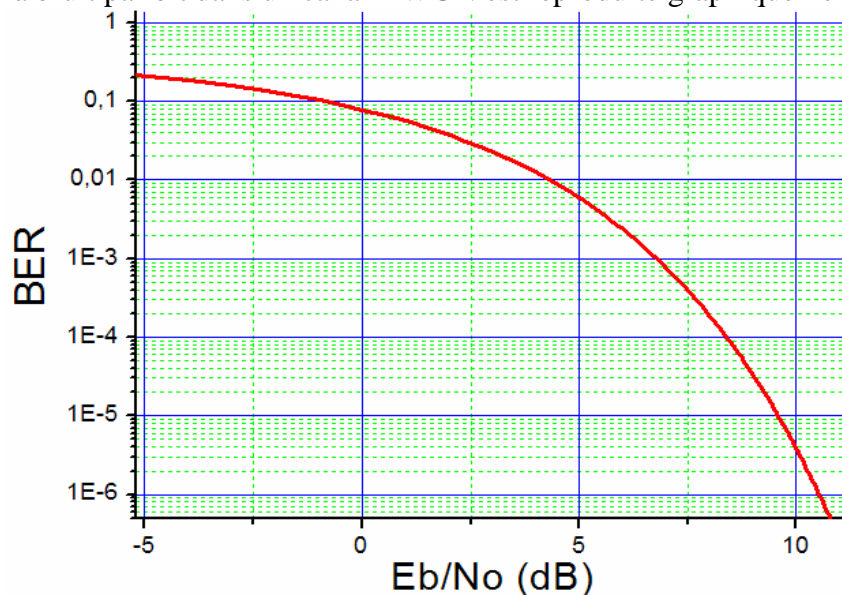
Le barème est donné à titre indicatif.

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

On dispose d'un émetteur-récepteur radio dont les caractéristiques techniques ont été fournies par le constructeur :

- Fréquence d'émission/réception : 865 - 870 MHz
- Largeur canal : 50 kHz
- Modulation QPSK
- Débit binaire : 70 kbits/s
- Puissance d'émission de l'amplificateur de puissance : 0 dBm
- Perte émetteur / récepteur : 0 dB
- Gain antenne émission / réception : 2 dB
- Noise Figure : 8 dB
- BER maximal : 0.1 %
- SNR minimal : 7 dB

On suppose que l'environnement d'utilisation introduit une augmentation du seuil de bruit de 10 dB et que le système fonctionne à température ambiante. On considère que le canal de transmission est AWGN. Ci-dessous, la relation théorique entre le taux d'erreur binaire et le rapport signal à bruit par bit dans un canal AWGN est reproduite graphiquement.



1. Quel serait le débit binaire théorique maximal de ce système ? (1 pt)

*Nyquist (canal AWGN passe-bas idéal) : Débit de symbole  $< 2 * \text{bande passante } B = 100 \text{ KBds}$*

*Modulation QPSK  $\rightarrow$  débit binaire  $D = 2 * \text{débit de symbole} = 200 \text{ kbits/s}$*

*On peut utiliser la formule de la capacité de canal, en se plaçant dans les pires conditions de réception (SNR min) :  $C = B * \log_2(1 + S/N)$ . Avec  $S/N = 7 \text{ dB} \rightarrow 5$ , on obtient  $C = 129 \text{ kBits/s}$*

2. Le constructeur annonce un rapport signal à bruit (SNR) minimal de 7 dB pour assurer un BER < 0.1 %. Est-ce que cela vous semble cohérent ? (2 pts)

$BER < 0.1 \% \rightarrow E_b/N_o > 7 \text{ dB} \rightarrow SNR = E_b/N_o + 10\log(D/B) = 7 + 10\log(70/50) = 8.5 \text{ dB}$ .

*Cohérent avec la valeur du constructeur. L'aspect codage peut modifier cette valeur.*

3. Compléter le bilan de liaison ci-dessous et donnez la perte de propagation maximum. La colonne Justifications indique le calcul employé. (6 pts)

	Valeurs	Justifications
<b>Émetteur</b>		
Puissance électrique $P_e$ (dBm)	0	
Gain antenne émettrice $G_e$ (dB)	2	
Pertes émetteur $L_e$ (dB)	0	
PIRE (dBm)	2	$P_e + G_e - L_e$

	Valeurs	Justifications
<b>Récepteur</b>		
Densité de bruit thermique $n_o$ (dBm/Hz)	-174	$k \cdot T$ pour $T = 300 \text{ K}$
Noise Figure NF (dB)	8	
Seuil de bruit récepteur $N_o$ (dBm)	-119	$N_o + 10 \cdot \log(B) + NF$
SNR (dB) (BER < 0.1 %)	8.5	
Gain antenne réception $G_r$ (dB)	2	
Pertes récepteur $L_r$ (dB)	0	
Seuil de réception $P_{min}$ (dBm)	-112.5	$N_o + SNR - G_r + L_r$
<b>Pertes de propagation max. <math>L_{max}</math> (dB)</b>	114.5	$PIRE - P_{min}$
Marges $M$ (dB)	10	Marge de bruit
<b>Pertes de propagation <math>L_p</math> (dB)</b>	104.5	$L_{mx} - M$

4. Une mesure sur site a montré que le niveau de signal reçu variait aléatoirement de 7 dB. Proposez une marge permettant de compenser ce problème. Quel est alors la valeur de la perte de propagation  $L_p$  ? (1 pt)

*On peut ajouter une marge supplémentaire de 7 dB. La perte de propagation  $L_p = 104.5 - 7 = 97.5 \text{ dB}$*