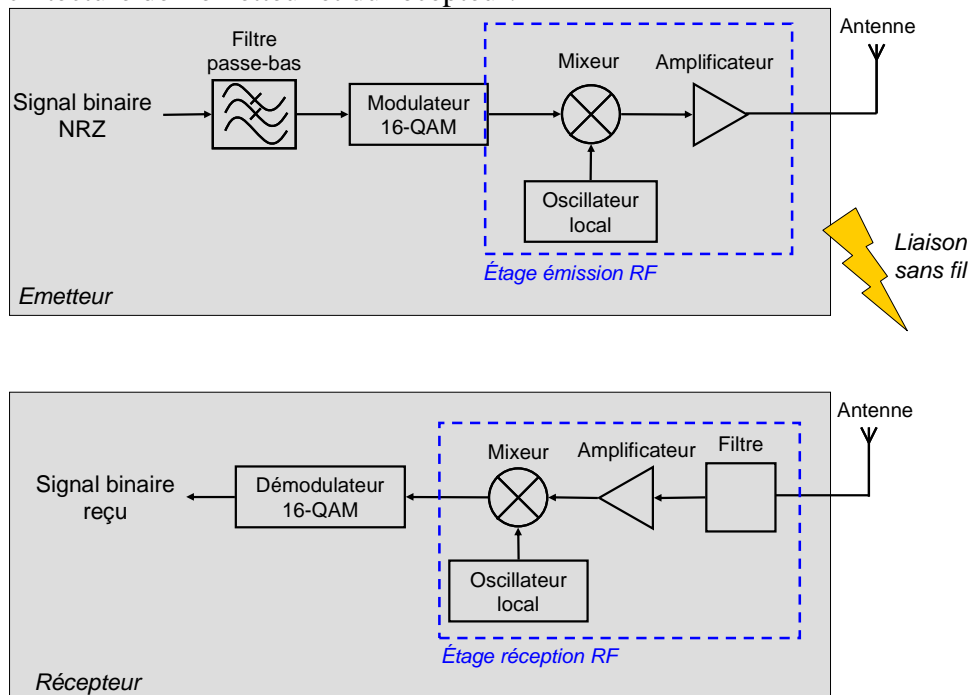


Tous documents autorisés / 35 min

Le barème est donné à titre indicatif.

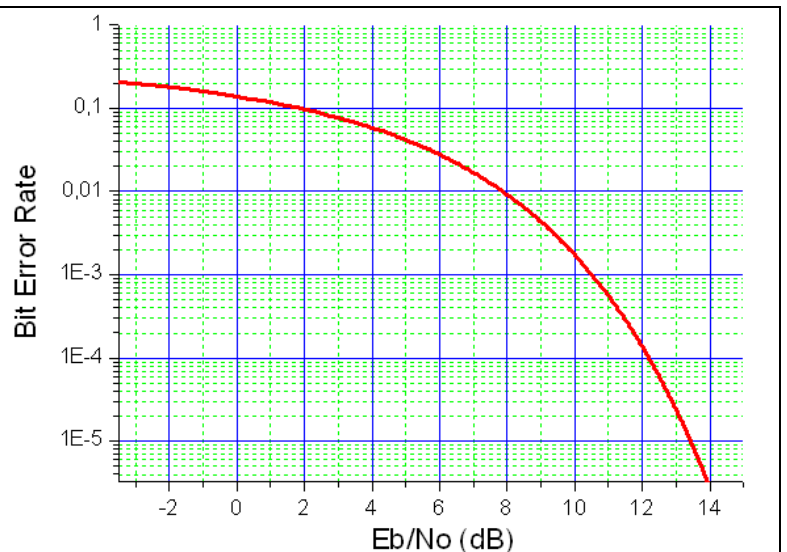
Il sera tenu compte des justifications apportées à chaque réponse, ainsi que de la présentation.

On considère un système de transmission numérique émettant sur la bande de fréquence comprise entre 997 MHz et 1007 MHz. Ce système fonctionne en multiplexage fréquentiel, la bande est divisée en 100 canaux attribués à chaque émetteur. Le schéma-bloc ci-dessous décrit l'architecture de l'émetteur et du récepteur.



Le signal binaire transmis est codé en NRZ. Ce signal est modulé en 16-QAM. L'étage d'émission radiofréquence (RF) se charge de la translation fréquentielle du signal modulé sur la bande 997 – 1007 MHz.

Le système doit être capable d'assurer la transmission d'un débit binaire égal à 100 Kbits/s. A température ambiante (27°C), le récepteur doit être capable de reconstituer un signal binaire affecté de moins d'une erreur binaire pour 1000 bits reçus, lorsque la puissance du signal reçu est de -90 dBm. La figure ci-dessous donne la relation entre le taux d'erreur binaire et le rapport signal à bruit par bit pour une modulation 16-QAM. On considère que le canal de transmission est AWGN.



1. Quelle est la bande passante attribuée à chaque émetteur ? (1 point)

$$B = \text{Largeur Bande} / \text{Nb de canaux} = 10\text{MHz}/100 = 100 \text{ KHz}$$

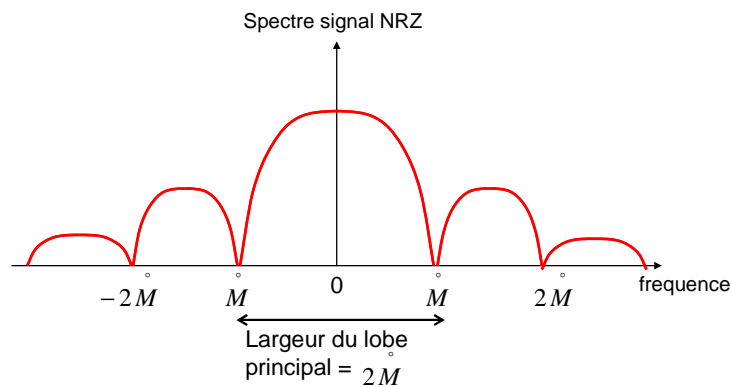
2. La largeur de la bande passante est-elle suffisante pour transmettre sans erreurs le signal ? Si oui, quelle serait la valeur minimale théorique pour la bande passante ? (2 points)

Le débit binaire étant de 100 Kbits/s, la modulation étant 16-QAM, le débit de symbole est de $100\,000 / 4 = 25 \text{ KBauds}$.

D'après le critère de Nyquist, il faut : $M < 2.B$. Comme la bande passante est de 100 KHz, on a largement la bande suffisante pour transmettre le signal sans risque d'interférences intersymboles.

En considérant le critère de Nyquist, la valeur min de la bande passante serait égal à $B_{\min} = 25/4 = 6.25 \text{ KHz}$.

3. Tracer qualitativement le spectre du signal modulé en indiquant les fréquences les plus significatives. Pourquoi place t-on un filtre passe bas entre le signal binaire d'entrée et l'entrée du modulateur ? Quelle doit être la fréquence de coupure de ce filtre ? (1 point)



On filtre le signal NRZ afin de réduire son occupation spectrale du signal binaire et donc celle du signal modulé. On ne conserve que le lobe principal du spectre du signal binaire. La largeur du lobe = $2M = 50\text{KHz}$. On prend donc une fréquence de coupure = 25 KHz pour s'assurer qu'on ne conserve que le lobe principal et que le spectre restant ne sorte pas de la bande de fréquence allouée au canal ($B = 50 \text{ KHz}$).

4. A quoi sert le filtre en entrée du récepteur ? Quelle est sa nature ? Proposer une valeur judicieuse pour sa bande passante ? (1 point)

A supprimer tous les parasites hors bande reçus par l'antenne de réception. Il s'agit d'un filtre passe bande de 10 MHz de bande passante et centré sur 1002 MHz.

5. Calculer le rapport signal à bruit minimal SNR_{\min} . Exprimez-le en dB (1 point)

$$Eb/No > 10.5 \text{ dB pour assurer } BER < 0.001 \rightarrow SNR_{\min} = 10 \cdot \log \left(\frac{Eb}{No} \cdot \frac{D}{B} \right) = 10.5 \text{ dB}$$

6. La chaîne de réception présente un facteur de bruit de 7 dB. Donnez la définition du facteur de bruit. Quel est le niveau de bruit en sortie de la chaîne de réception ? (2 points)

$$\text{Densité spectrale de bruit : } N(f) = 10 \cdot \log(k.T) + 30 = -174 \text{ dBm} / \text{Hz}$$

$$\text{Puissance de bruit par canal : } B = 100\text{KHz} \Rightarrow No = 10 \cdot \log(k.TB) = -124 \text{ dBm}$$

$$NF = 7 \text{ dB} = N_{out} - N_o \rightarrow N_{out} = -117 \text{ dBm}$$

7. Quel doit être le gain minimal apporté par la chaîne de réception ? (2 points)

$N_{out} = -117 \text{ dBm}$ et $SNR_{min} = 10.5 \text{ dBm} \rightarrow S_{out} > SNR_{min} + N_{out} = -107 \text{ dBm}$. Le signal d'entrée minimum = $-90 \text{ dBm} \rightarrow G > S_{out_{min}} - S_{in_{min}} = -17 \text{ dB}$. A priori, pas besoin de gain pour atteindre la spécification.