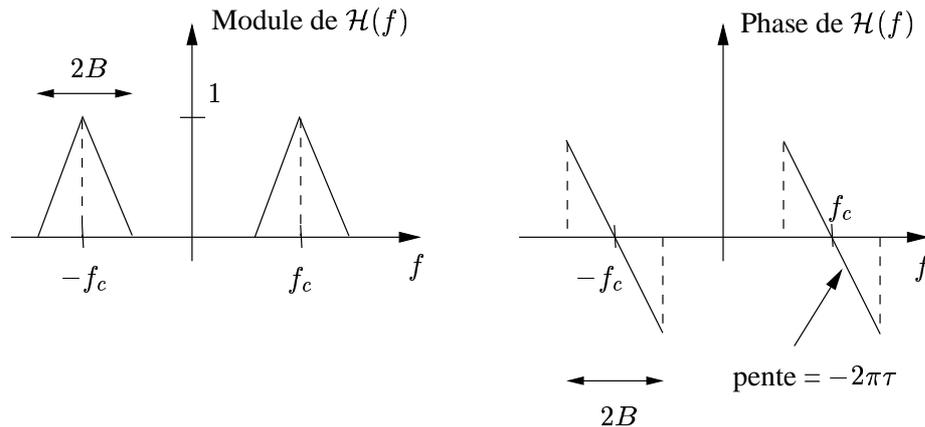


1. On applique le signal

$$x(t) = A \sin(4\pi f_0 t) \cos(2\pi f_0 t) \cos(2\pi f_c t)$$

à l'entrée d'un filtre dont la fonction de transfert $\mathcal{H}(f)$ est donnée en module et en phase par



où $f_c \gg f_0$ et $f_0 < B < 3f_0$.

- Calculez la transformée de HILBERT $\tilde{x}(t)$ de $x(t)$. Déduisez-en son signal analytique $x_a(t)$ et son enveloppe complexe $e_x(t)$.
- Déterminez le signal analytique et l'enveloppe complexe du filtre (graphiquement et analytiquement).
- Déterminez l'expression analytique du signal $y(t)$ à la sortie du filtre.

2. On désire concevoir un système de réseau local sans fil, c'est-à-dire capable d'établir plusieurs communications simultanées à l'intérieur de bâtiments.
 - (a) Quelle technique de modulation conseillez-vous ? Argumentez votre réponse.
 - (b) Quelle(s) technique(s) de multiplexage choisirez-vous ? Argumentez votre réponse.

3. Il s'agit de dimensionner un système de transmission pour des paquets d'une taille de 1500 bytes. On impose que 99 % des paquets soient entièrement corrects (ce qui équivaut à un taux d'erreur sur *paquet* inférieur à 1 %) et l'utilisation d'une modulation de phase numérique à deux états (PSK-2).
- (a) Sachant que la densité de bruit $N_0/2$ vaut $10^{-2} [W/Hz]$, que vaut l'énergie par bit E_b ?
 - (b) Déterminez la valeur théorique maximale de la capacité de canal.
 - (c) Déterminez la valeur réelle de la capacité de canal pour les données de cette question.

Remarque :

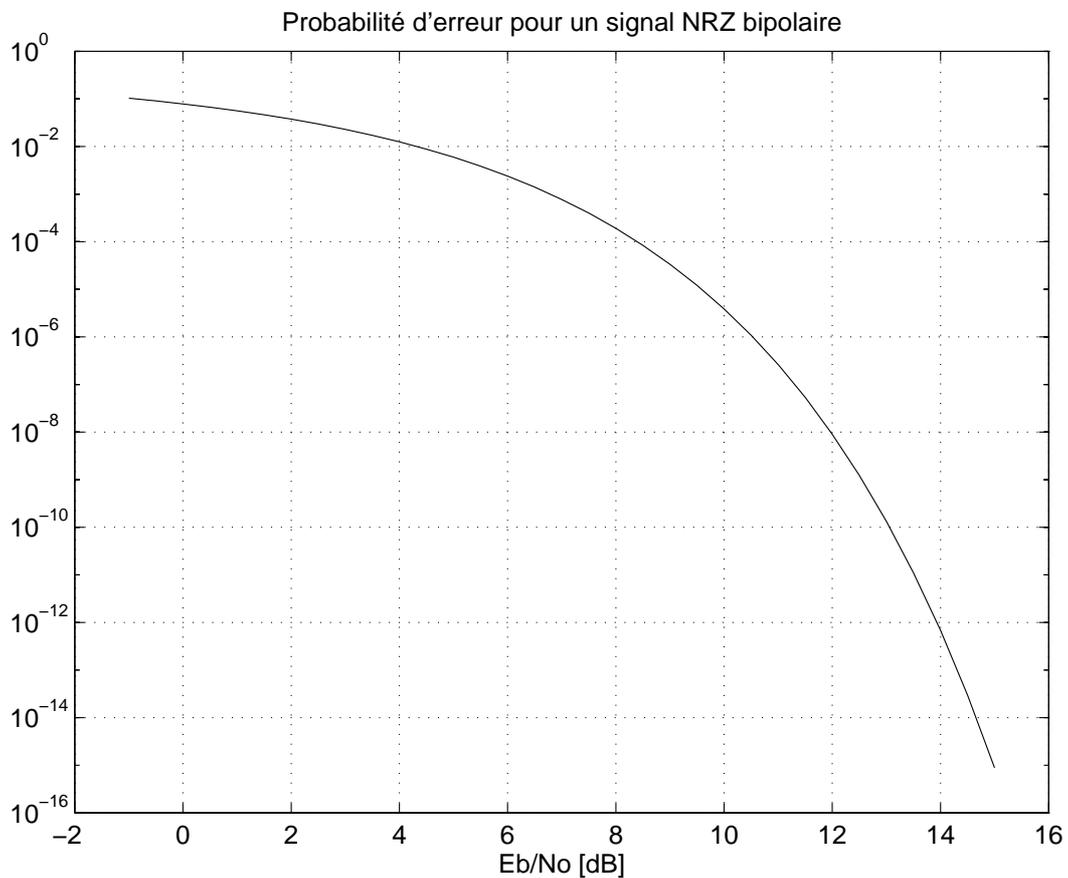


FIG. 1 – Taux d'erreur pour un codage en ligne de type NRZ bipolaire.

4. Un opérateur GSM désire couvrir une ville de taille moyenne et sur une surface de 20 [km²] à l'aide d'un nombre N d'antennes omnidirectionnelles de puissance égale à 80 [W], de gain égal à 5 [dB] et de hauteur égale à 40 [m].
Cet opérateur impose une couverture en *deep indoor* avec un pourcentage de couverture égal à 90 %.
- (a) Quelle est l'efficacité spectrale d'un système GSM ?
 - (b) Déterminez, à 900 [MHz], le nombre minimum N d'antennes nécessaires pour couvrir la surface mentionnée si l'on suppose que ces antennes couvrent la totalité de la surface sans trou ni recouvrement. On suppose que les pertes dues au corps humain valent 3 dB et on utilisera le modèle COST 231-HATA en négligeant les effets dépendant de la hauteur du mobile.
 - (c) Comparez le résultat obtenu ci-dessus à celui obtenu à la fréquence $f = 1800$ [MHz]. Commentez votre réponse.
 - (d) Si les antennes omnidirectionnelles sont remplacées par des antennes trisectorielles de gain maximum égal à celui des antennes omnidirectionnelles, peut-on placer plus d'antennes ? Quel en seraient les avantages ?

Remarques :

- L'antenne de réception est supposée isotrope.
- Les valeurs des marges seront prises identiques à 900 et 1800 [MHz].
- Suivant le modèle COST 231-HATA, l'affaiblissement L_u en milieu urbain vaut, en [dB],

$$L_u = 46,33 + 33,9 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + [44,9 - 6,55 \log(h_b)] \log d + C_m \quad (1)$$

avec

- f la fréquence, d la distance, h_b , h_m , des hauteurs ; ces grandeurs sont exprimées respectivement en [MHz], [km] et [m].
- $a(h_m) = (1,1 \log(f) - 0,7)h_m - (1,56 \log(f) - 0,8)$ pour une ville de taille moyenne ; ce facteur de correction dépend de la hauteur de l'antenne du mobile mais également du type d'environnement.
- $C_m = 0$ [dB] pour les villes de taille moyenne et les banlieues, et $C_m = 3$ [dB] pour les grands centres métropolitains.