Formulaire

Relations trigonométriques

$$\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B \tag{1}$$

$$\sin(A \pm B) = \sin A \cos B \pm \cos A \sin B \tag{2}$$

$$\cos A \cos B = \frac{1}{2}(\cos(A - B) + \cos(A + B)) \tag{3}$$

$$\sin A \cos B = \frac{1}{2}(\sin(A - B) + \sin(A + B)) \tag{4}$$

$$\sin A \sin B = \frac{1}{2}(\cos(A - B) - \cos(A + B)) \tag{5}$$

Transformées de Fourier

$rect(\frac{t}{T})$	$T\,sinc(fT)$	(6)
$sinc(2Wt)$	$\frac{1}{2W}rect(\frac{f}{2W})$	(7)
$e^{-at}u(t),\ a > 0$	$\frac{1}{a+2\pi jf}$	(8)
$e^{-a\lvert t\rvert},\ a > 0$	$\frac{2a}{a^2+(2\pi f)^2}$	(9)
$e^{-\pi t^2}$	$e^{-\pi f^2}$	(10)
$\delta(t)$	1	(11)
1	$\delta(f)$	(12)
$\delta(t - t_0)$	$e^{-2\pi jft_0}$	(13)
$e^{2\pi jf_ct}$	$\delta(f - f_c)$	(14)
$\cos(2\pi f_ct)$	$\frac{1}{2}[\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)]$	(15)
$\sin(2\pi f_ct)$	$\frac{1}{2j}[\delta(f - f_c) - \delta(f + f_c)]$	(16)
$sgn(t)$	$\frac{1}{\pi jf}$	(17)
$\frac{1}{\pi t}$	$-jsgn(f)$	(18)
$u(t)$	$\frac{1}{2}\delta(f) + \frac{1}{2\pi jf}$	(19)
$\sum_{i=-\infty}^{+\infty} \delta(t - iT_0)$	$\frac{1}{T_0}\sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(f - \frac{n}{T_0})$	(20)

1. À partir du signal analogique $m(t)$ de bande passante W, on a généré le signal modulé suivant

$$s(t) = A\, m(t)\, \cos^2(2\pi f_c t) + B\, \cos(4\pi f_c t) + C\, m(t)$$

Après transmission, on désire démoduler $s(t)$ grâce à un circuit non-linéaire dont la fonction de transfert est donnée par

$$V_{out}(t) = aV_{in}^2(t) + bV_{in}$$

(a) Déterminez le paramètre constant C de telle sorte que $s(t)$ corresponde à une modulation d'amplitude classique.

(b) Déterminez les conditions sur $m(t)$, A, B, a et b pour que le procédé de démodulation proposé soit acceptable. On suppose que $f_c \gg W$. Un autre composant électronique est-il nécessaire ? Si oui, lequel ?

2. On considère la transmission d'un signal analogique en bande de base égale à W sur un canal affecté de distorsion selon la fonction de transfert

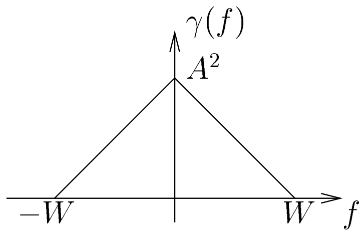
$$H_{\text{canal}}(f) = \frac{1}{1 + \frac{f}{W}j}$$

À l'entrée du récepteur, un bruit blanc de densité spectrale de puissance égale à $N_0/2$ vient s'ajouter au signal utile. La distorsion introduite par le canal est corrigée par un filtre du récepteur (appelé aussi égaliseur).

(a) Dessinez la courbe du module de $H_{\text{canal}}(f)$. La transmittance $H_{\text{canal}}(f)$ est-elle celle d'un canal idéal ?

(b) Déterminez la fonction de transfert de l'égaliseur permettant de corriger la distorsion du canal sur la bande de base W.

(c) Le rapport signal-bruit (S/N) en un point d'un système est défini comme étant égal au rapport entre la puissance S du signal utile et la puissance N du bruit en ce point. La densité spectrale de puissance du signal utile à l'entrée du canal est donnée par

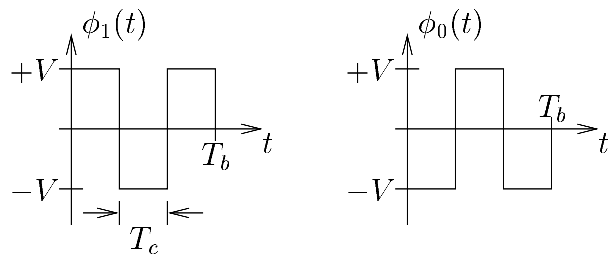


Calculez le rapport signal-bruit à la sortie de l'égaliseur.

3. Considérez une transmission en bande de base du type NRZ bipolaire pour laquelle l'impulsion de mise en forme est rectangulaire et d'amplitude V volts. Pour une durée d'un bit égale à T_b, la densité spectrale de puissance du signal NRZ est donnée par

$$\gamma_{\mathrm{NRZ}}(f) = V^2 T_b \, sinc^2(f T_b)$$

si les symboles sont équiprobables et non-corrélés.
La technique de modulation à spectre étalé consiste à multiplier chaque bit du signal NRZ par un code d'étalement, ce qui revient, en fait, à utiliser les mises en forme suivantes pour un 1 et un 0 :



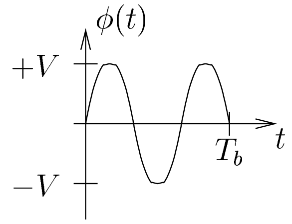
pour un code d'étalement égal à 101 dans cet exemple. On définit le gain d'étalement par le rapport T_b/T_c, où T_c est la période d'un *chip*.
En supposant que tous les symboles sont équiprobables et non-corrélés,

(a) Déterminez la densité spectrale de puissance du signal après étalement.

(b) Dessinez (essentiellement zéros et maxima) les densités spectrales de puissance du signal à spectre étalé et du signal NRZ.

(c) Calculez le rapport entre les bandes de base du signal précédent et du signal NRZ. Trouvez le lien existant entre ce rapport et le gain d'étalement.

(d) Comparez la densité spectrale de puissance du signal à spectre étalé à celle d'un signal numérique ASK-2 pour lequel l'impulsion de mise en forme serait la suivante :



4. Une antenne montée sur un satellite géostationnaire (40.000 km) est alimentée par une puissance de $10\,[dBW]$. La fréquence de la porteuse est égale à $12\,[GHz]$ tandis que l'antenne émet dans un faisceau angulaire égal à $\theta_{3[dB]} = 2$ degrés. Pour rappel,

$$\theta_{3[dB]} = 70\frac{\lambda}{D}$$

où $\theta_{3[dB]}$ s'exprime en degré, λ est la longueur d'onde utilisée et D le diamètre de l'antenne. L'antenne montée à bord du satellite présente un défaut d'alignement égal à $\alpha_T = 0,1$ degré tandis que l'antenne terrestre de réception est en parfait alignement avec l'antenne d'émission. L'efficacité de l'antenne d'émission est égale à 0,55.

(a) Définissez le PIRE ?

(b) Donnez la relation liant le gain d'une antenne à son aire effective.

(c) Calculez le PIRE en tenant compte du défaut d'alignement de l'antenne d'émission.

(d) Calculez la densité du flux de puissance reçue ϕ au niveau de l'antenne de réception. Précisez l'unité utilisée.

(e) Calculez le gain minimum de l'antenne terrestre pour que la puissance reçue soit au moins égale à $-100\,[dBW]$.