

## Formulaire

### Relations trigonométriques

$$\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B \quad (1)$$

$$\sin(A \pm B) = \sin A \cos B \pm \cos A \sin B \quad (2)$$

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

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

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

### Transformées de FOURIER

$$\text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) \quad T \text{sinc}(fT) \quad (6)$$

$$\text{sinc}(2Wt) \quad \frac{1}{2W} \text{rect}\left(\frac{f}{2W}\right) \quad (7)$$

$$e^{-at}u(t), a > 0 \quad \frac{1}{a+2\pi jf} \quad (8)$$

$$e^{-a|t|}, a > 0 \quad \frac{2a}{a^2+(2\pi f)^2} \quad (9)$$

$$e^{-\pi t^2} \quad e^{-\pi f^2} \quad (10)$$

$$\delta(t) \quad 1 \quad (11)$$

$$1 \quad \delta(f) \quad (12)$$

$$\delta(t - t_0) \quad e^{-2\pi jft_0} \quad (13)$$

$$e^{2\pi jfct} \quad \delta(f - f_c) \quad (14)$$

$$\cos(2\pi fct) \quad \frac{1}{2}[\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)] \quad (15)$$

$$\sin(2\pi fct) \quad \frac{1}{2j}[\delta(f - f_c) - \delta(f + f_c)] \quad (16)$$

$$\text{sgn}(t) \quad \frac{1}{\pi jf} \quad (17)$$

$$\frac{1}{\pi t} \quad -j \text{sgn}(f) \quad (18)$$

$$u(t) \quad \frac{1}{2}\delta(f) + \frac{1}{2\pi jf} \quad (19)$$

$$\sum_{i=-\infty}^{+\infty} \delta(t - iT_0) \quad \frac{1}{T_0} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta\left(f - \frac{n}{T_0}\right) \quad (20)$$

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

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

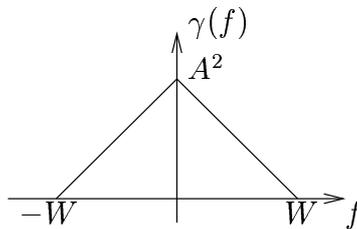
- (a) Déterminez le paramètre constant  $C$  de telle sorte que  $s(t)$  corresponde à une modulation d'amplitude classique.
- (b) Déterminez les conditions sur  $m(t)$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $a$  et  $b$  pour que le procédé de démodulation proposé soit acceptable. On suppose que  $f_c \gg W$ . Un autre composant 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).

- Dessinez la courbe du module de  $H_{\text{canal}}(f)$ . La transmittance  $H_{\text{canal}}(f)$  est-elle celle d'un canal idéal ?
- Déterminez la fonction de transfert de l'égaliseur permettant de corriger la distorsion du canal sur la bande de base  $W$ .
- 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



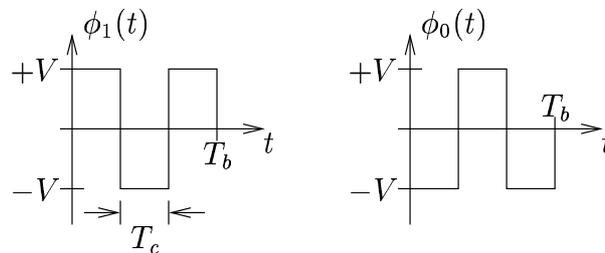
Calculez le rapport signal-bruit à la sortie de l'égaliseur.

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

$$\gamma_{\text{NRZ}}(f) = V^2 T_b \text{sinc}^2(fT_b)$$

si les symboles sont équiprobables et non-corrélés.

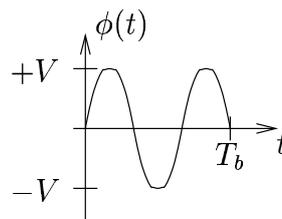
La technique de modulation à spectre étalé consiste à multiplier chaque bit du signal NRZ par un code d'étalement, ce qui revient, en fait, à utiliser les mises en forme suivantes pour un 1 et un 0 :



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,

- Déterminez la densité spectrale de puissance du signal après étalement.
- Dessinez (essentiellement zéros et maxima) les densités spectrales de puissance du signal à spectre étalé et du signal NRZ.
- 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.
- 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,  $\lambda$  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  $\phi$  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].