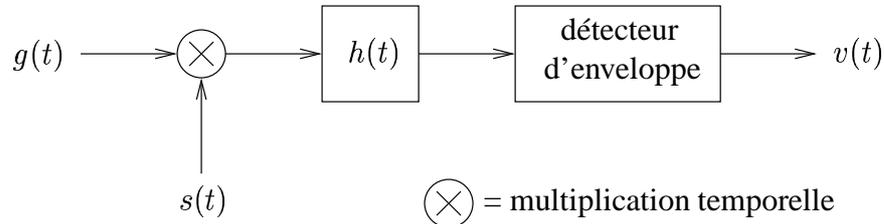


1. Considérons le circuit suivant



constitué de :

- un mélangeur,
- un filtre dont la réponse impulsionnelle est donnée par

$$h(t) = \cos(2\pi f_c t + \pi k t^2)$$

( $k$  et  $f_c$  sont des paramètres constants) et

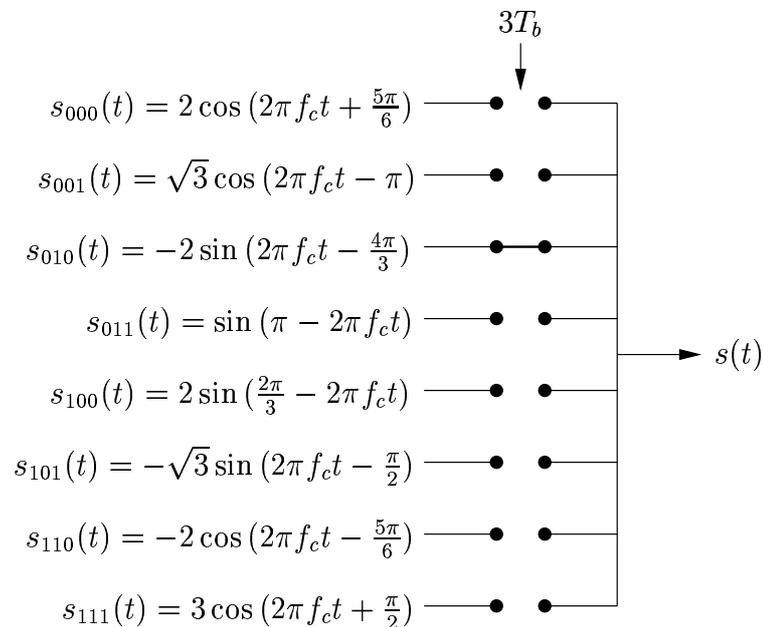
- d'un détecteur d'enveloppe idéal. Le signal  $s(t)$  est un signal FM dont l'expression est donnée par

$$s(t) = \cos(2\pi f_c t - \pi k t^2)$$

tandis que  $g(t)$  est un signal quelconque que l'on désire analyser.

- (a) Déterminez l'enveloppe complexe du filtre.
- (b) Déterminez l'enveloppe complexe du signal à l'entrée du filtre.
- (c) Déterminez l'expression du signal  $v(t)$  à la sortie du détecteur d'enveloppe en fonction de la transformée de FOURIER du signal d'entrée  $g(t)$ .
- (d) Quel lien existe-t-il entre  $v(t)$  et la transformée de HILBERT de  $g(t)$  ?
- (e) Quel pourrait être l'utilité d'un tel circuit ? Quel rôle jouerait le paramètre  $k$  ?

2. Considérons la modulation numérique linéaire classique réalisée par le circuit suivant

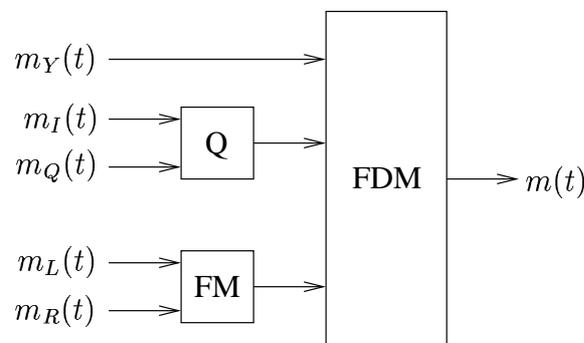


constitué d'un interrupteur à 8 entrées actionné toutes les  $3T_b$  secondes en fonction du flux binaire que l'on désire transmettre ( $T_b$  étant l'inverse du débit binaire  $R_b$ ). Les 8 entrées de cet interrupteur sont alimentées par les signaux  $s_{000}(t)$ ,  $s_{001}(t)$ , ... dérivés de la porteuse  $\cos(2\pi f_c t)$  tandis que le signal de sortie  $s(t)$  est le signal numérique modulé.

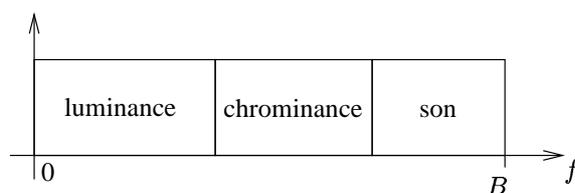
- Dessinez les composantes en phase et en quadrature, l'enveloppe et la phase du signal modulé pour la séquence binaire suivante : 011001101011000010111.
- Déterminez et dessinez le diagramme de constellation de cette modulation. Combien d'états comporte cette constellation ?
- Exprimez, en fonction de  $R_b$ , la bande passante du signal modulé.
- Déterminez la densité spectrale de puissance du signal modulé en supposant les symboles équiprobables et non corrélés.

3. La société IMAGE+ a décidé de commercialiser un nouveau bouquet numérique distribué par satellite comportant 20 chaînes de télévision. Chacune de ces chaînes de télévision comporte deux types d'information :
- information **vidéo**, ayant la forme d'un signal de luminance  $m_Y(t)$  de bande passante  $4,2 [MHz]$  et de deux signaux de chrominance  $m_I(t)$  et  $m_Q(t)$  de bande passante respective  $1,6 [MHz]$  et  $0,6 [MHz]$ ,
  - information **audio (stéréo)**, composée de deux signaux audio  $m_L(t)$  et  $m_R(t)$  de bande passante  $20 [kHz]$ . Ce signal stéréo est créé à la manière des signaux FM de radiodiffusion.

Les 5 signaux sont combinés entre eux par une technique FDM pour former un signal composite  $m(t)$  de bande passante  $B$  selon le schéma suivant



où le bloc Q réalise la modulation en quadrature des signaux de chrominance autour de la fréquence porteuse  $f_1$  et le bloc FM réalise la modulation FM (avec  $\Delta f = 75 [kHz]$ ) du signal stéréo autour de la fréquence  $f_2$ . Schématiquement, le spectre du signal composite  $m(t)$  correspondant à une chaîne unique est de la forme



La société IMAGE+ a opté pour une numérisation du signal à la fréquence d'échantillonnage pratique des signaux à échantillonner et une quantification sur 12 bits. Pour la transmission, on utilise un canal satellite autour de la fréquence porteuse de  $11,5 [GHz]$ . Afin d'optimiser la bande passante nécessaire, différentes méthodes de multiplexage sont envisagées. Cette question vise à étudier différentes alternatives.

- (a) Calculez la valeur numérique minimale de  $B$ , ainsi que les valeurs numériques de  $f_1$  et  $f_2$  correspondantes (contrairement à la télévision analogique de télé-diffusion, on décide de ne pas permettre de recouvrement entre le signal de luminance et les signaux de chrominance).

- (b) Pour chacune des méthodes de multiplexage suivantes, exprimez la bande passante nécessaire au multiplex constitué en fonction de  $B$  [Hz].
- i. 1ère étape : assemblage par multiplexage FDM des signaux obtenus par modulation BLU des 20 chaînes, à la manière d'un groupe de base en téléphonie analogique.  
2ème étape : numérisation du signal obtenu après assemblage.  
3ème étape : modulation QAM-16.
  - ii. 1ère étape : numérisation individuelle des signaux  $m(t)$  relatifs à chaque chaîne.  
2ème étape : modulation OQPSK des différents flux binaires générés.  
3ème étape : multiplexage FDM des signaux OQPSK obtenus.
  - iii. 1ère étape : numérisation individuelle des signaux  $m(t)$  relatifs à chaque chaîne.  
2ème étape : multiplexage TDM des différents flux binaires générés.  
3ème étape : modulation PSK-4.
  - iv. 1ère étape : numérisation individuelle des signaux  $m(t)$  relatifs à chaque chaîne.  
2ème étape : multiplexage CDM via la modulation DS/BPSK utilisant un facteur d'étalement de 24 bits.

4. Un câble téléphonique est constitué de 50 paires torsadées. Les signaux utilisés pour la transmission ont une puissance nominale typique de  $100 [mW]$ .
- On mesure une fonction de transfert para-diaphonique en puissance de  $-53 [dB]$  à  $10 [kHz]$ , pour une longueur de câble de  $375 [m]$ .
- Que vaut, en  $[dB]$ , la fonction de transfert para-diaphonique en puissance lorsque :
    - on raccourcit le câble de moitié (pour  $f = 10 [kHz]$ )
    - on double la fréquence
  - Estimez la puissance d'un signal utile à une extrémité réceptrice pour  $f = 10 [kHz]$ .
  - Si toutes les paires sont utilisées, quelle est la puissance récoltée par para-diaphonie sur la paire centrale du câble ?
  - Le résultat du calcul de la fonction de transfert para-diaphonique n'est pas valable pour un câble de  $10 [cm]$  utilisé à une fréquence de  $1 [MHz]$ . Quelle(s) hypothèse(s) de calcul faudrait-il adapter ou revoir pour obtenir une fonction de transfert correcte ?
  - On veut construire un testeur de câble. Ce testeur permet l'injection simultanée de signaux perturbateurs sur toutes les paires. Pour mesurer la diaphonie, vaut-il mieux injecter des signaux corrélés entre eux ou des signaux non corrélés ? Expliquez pourquoi.