



## EXAMEN de Transmission de Données

2<sup>ème</sup> année F1, F5

6 Décembre 2013

Durée : 2 heures, documents autorisés

M. Cheminat

### Exercice 1 : Code NRZ à M niveaux

On parle de codes de ligne M-aires quand le nombre de symboles différents est égal à M. Pour un code NRZ à M niveaux, les amplitudes peuvent prendre M valeurs différentes. Les M symboles sont souvent obtenus par groupement de k bits successifs.

On obtient alors  $M = 2^k$ .

On suppose que les données sont émises périodiquement. On notera  $T_b$  la durée d'un bit et  $T_s$  la durée d'un symbole.

1. Le rythme d'émission des symboles correspond à la vitesse de changement des symboles. Quelle est son unité ?
2. Quel est le lien entre  $T_s$  et  $T_b$  ?

Pour minimiser la probabilité d'erreur symboles, les amplitudes, associées aux symboles sont généralement uniformément réparties entre l'amplitude  $+V$  et son inverse  $-V$ .

On peut démontrer que les amplitudes  $A_i$  sont définies par :  $A_i = \pm \frac{V}{M-1} (2i - 1)$  pour  $i \in \left[1, \frac{M}{2}\right]$ .

La densité spectrale de puissance  $S(f)$  du signal codé s'obtient par la formule de Benett (pour des bits indépendants et équiprobables) :

$$S(f) = \frac{a^2 T_s}{3} (M - 1)(M + 1) \text{sinc}^2(\pi f T_s)$$

Avec  $a = \frac{V}{M-1}$

3. Donner l'expression de  $S_2(f)$  pour  $M = 2$ .
4. Dessiner un chronogramme (0011101001) dans le cas  $M = 2$ .
5. Donner l'expression de  $S_4(f)$  pour  $M = 4$ .
6. Dessiner un chronogramme (0011101001) dans le cas  $M = 4$ .
7. Tracer en superposition sur un même graphique  $S_2(f)$  et  $S_4(f)$ .

## Exercice 2 : Récepteur à réjection d'image

On étudie la structure de Hartley (figure 1). Les filtres sont des passe-bande centrés sur la fréquence intermédiaire. Le principe de cette structure est de rejeter la fréquence image.

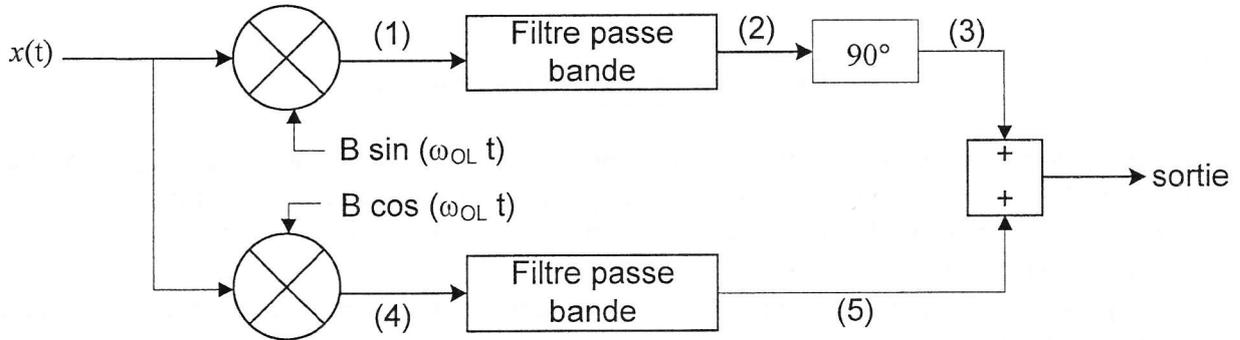


Figure 1

Considérons un signal reçu  $x(t)$  comme la somme de deux signaux :

$$\begin{aligned} x_1(t) &= A \cos(\omega_{RF} t) \\ x_2(t) &= D \cos(\omega_{IM} t) \end{aligned}$$

$x_1(t)$  est le signal que l'on cherche à récupérer alors que  $x_2(t)$  est le signal à la fréquence image.

1. Expliquer quelle est la problématique des fréquences images.

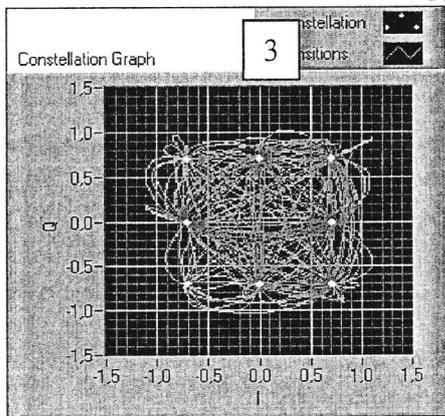
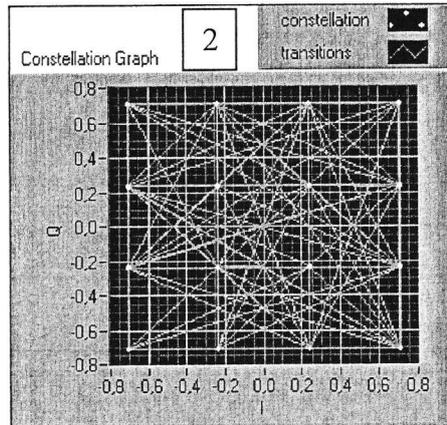
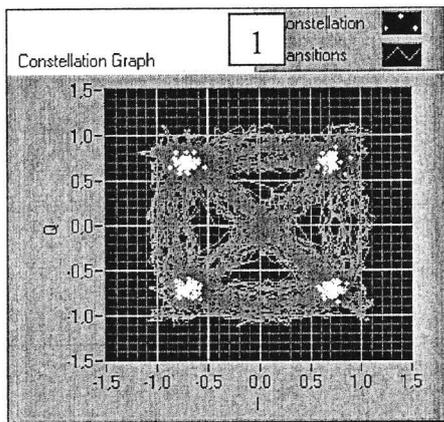
On suppose que  $\omega_{RF} = \omega_{OL} + \omega_{FI}$  avec  $\omega_{OL}$  qui est la pulsation de l'oscillateur local et  $\omega_{FI}$ , la pulsation de la fréquence intermédiaire.

2. Donner le lien entre  $\omega_{IM}$ ,  $\omega_{OL}$  et  $\omega_{RF}$ .
3. Donner les expressions des différents signaux sur le schéma (1 à 5) pour le signal  $x_1(t)$  en entrée.
4. Donner les expressions des différents signaux sur le schéma (1 à 5) pour le signal  $x_2(t)$  en entrée.
5. Donner l'expression du signal de sortie pour le signal  $x(t)$  en entrée.
6. Expliquer comment cette structure peut résoudre le problème de la fréquence image.

## Exercice 3 : Questions de cours

1. Lors d'une transmission numérique, pourquoi a-t-on intérêt à filtrer les trains de bits I et Q et quelles contraintes doit respecter ce filtre ?
2. A quoi sert le bloc égalisation dans une transmission ? Où se situe-t-il ?

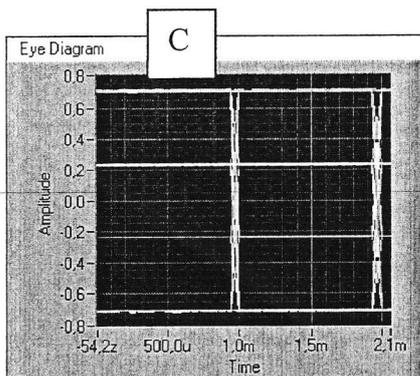
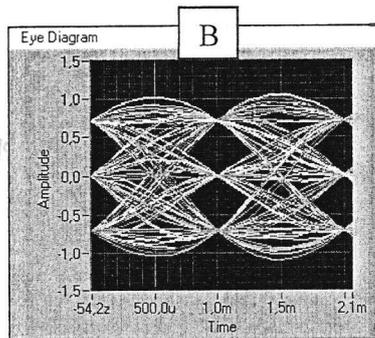
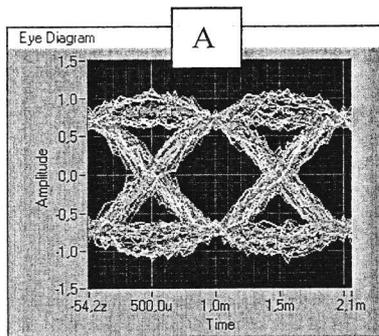
3. Pour les trois constellations suivantes (1, 2 et 3), donner le type de modulation, si il y a ou non présence d'un filtrage de Nyquist et comparer leur rapport signal sur bruit.



8PSK

16QAM

4. Associer à ces trois modulations les diagrammes de l'œil suivants (A, B et C).



8PSK

8QAM

A I  
B 16  
C PSK

8PSK  
16QAM