

Feuille de TD N°02 en Communications numériques

Modulations numériques

Exercice 01

Pour une modulation M-ASK, pour chaque symbole s_i choisi parmi M symboles est associée une amplitude A_i .

- Donner l'expression du signal s_i transmis dans l'intervalle $[iT_s, (i + 1)T_s]$.
- Donner l'expression du signal $s(t)$ modulé en M-ASK.
- Représenter la constellation de la modulation 4-ASK.
- Représenter les signaux $a(t)$ et $s(t)$ de la suite binaire (00000111101001).

Exercice 02

Dans une modulation M-PSK, chaque symbole s_i est associé une phase ϕ_i .

- Donner l'expression du signal s_i transmis dans l'intervalle $[iT_s, (i + 1)T_s]$.
- Donner l'expression du signal $s(t)$ modulé en M-PSK.
- Ecrire cette expression sous la forme :
- $S(t) = a(t)\cos(2\pi fct) - b(t)\sin(2\pi fct)$
- Donner la constellation de la modulation Q-PSK et représenter les signaux $a(t)$ et $b(t)$ de la suite binaire (0111100010).

Exercice 03

Pour démoduler le signal 8-PSK nous utilisons 4 corrélateurs comme le montre la figure I. Notons que n représente le $n^{\text{ième}}$ symbole représenté par les bits b_{3n-2} , b_{3n-1} et b_{3n} .

Les signaux de références pour chaque corrélateur sont choisis pour que la phase soit la moitié entre deux symboles adjacents dans la constellation.

- Représenter la constellation 8-PSK.
- Calculer le signal de sortie de chaque corrélateur $Z_i(t)$.
- Donner la correspondance des sorties des corrélateurs avec les angles des signaux transmis ensuite avec les bits d'informations. Conclure.

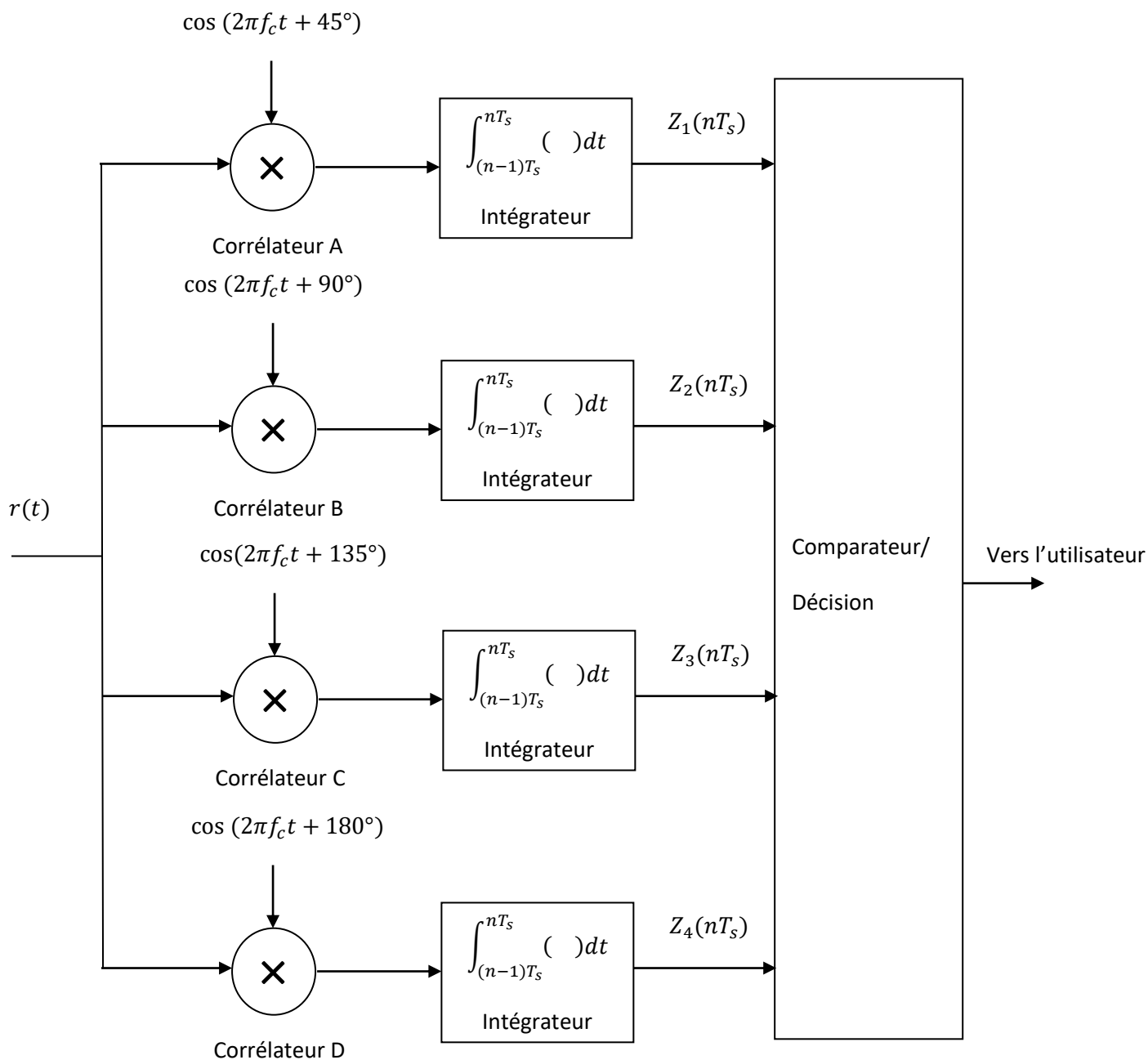


Figure I

Exercice 04

En considère la modulation 4- FSK dont les symboles transmis sont représentés comme suit :

$$11 \rightarrow A \cdot \sin [2\pi(f_c + 3\Delta f)t]$$

$$10 \rightarrow A \cdot \sin [2\pi(f_c + \Delta f)t]$$

$$00 \rightarrow A \cdot \sin [2\pi(f_c - \Delta f)t]$$

$$01 \rightarrow A \cdot \sin [2\pi(f_c - 3\Delta f)t]$$

Représenter le signal modulé 4-FSK de la suite binaire (1101100001) transmis avec la vitesse de 100.000 bits/s avec une fréquence porteuse $f_c = 175 \text{ KHz}$ et $\Delta f = 25 \text{ KHz}$.

Calculer les signaux de sortie de chaque corrélateur de la figure II et expliquer comment peut-on démodulé les signaux 4-FSK.

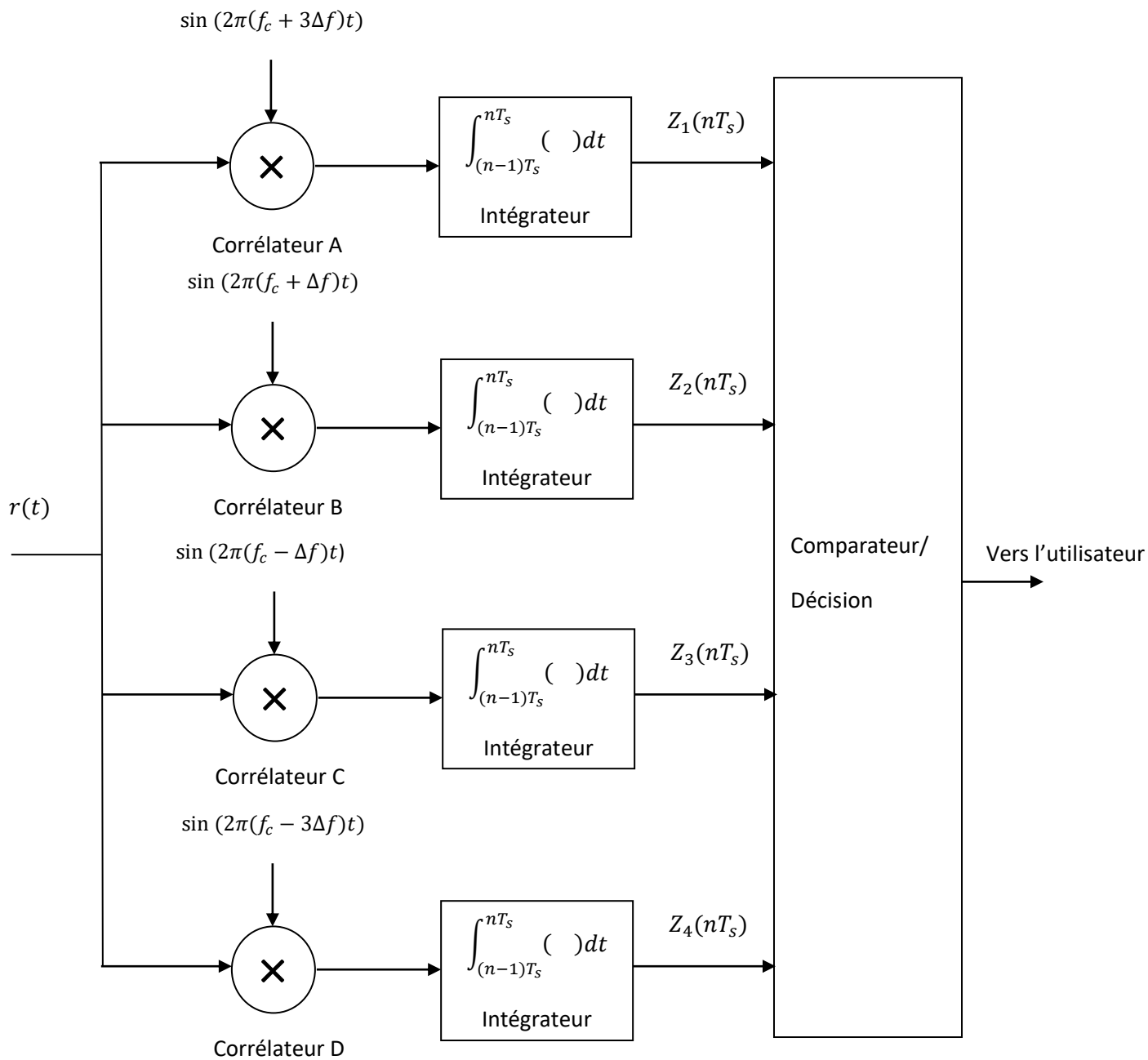


Figure II

Exercice 05

Pour une modulation M-aire d'amplitudes et de phases combinées, on associe à chaque symbole s_i une amplitude A_i et une phase Φ_i .

- Donner l'expression du symbole s_i transmis dans l'intervalle $[iT_s, (i + 1)T_s]$.
- Donner l'expression du signal modulé à M niveaux d'amplitude et de phase M-QAM et proposer une architecture de modulateur QAM.
- Représenter les signaux $a(t)$ et $b(t)$ de la séquence (00111011001100001111101011100101) en utilisant le codage représenté dans la figure III.

La figure IV représente la structure d'un démodulateur 16-QAM en utilisant une translation en fréquence puis un filtrage passe-bas.

- Calculer $\hat{a}(t)$ et $\hat{b}(t)$.

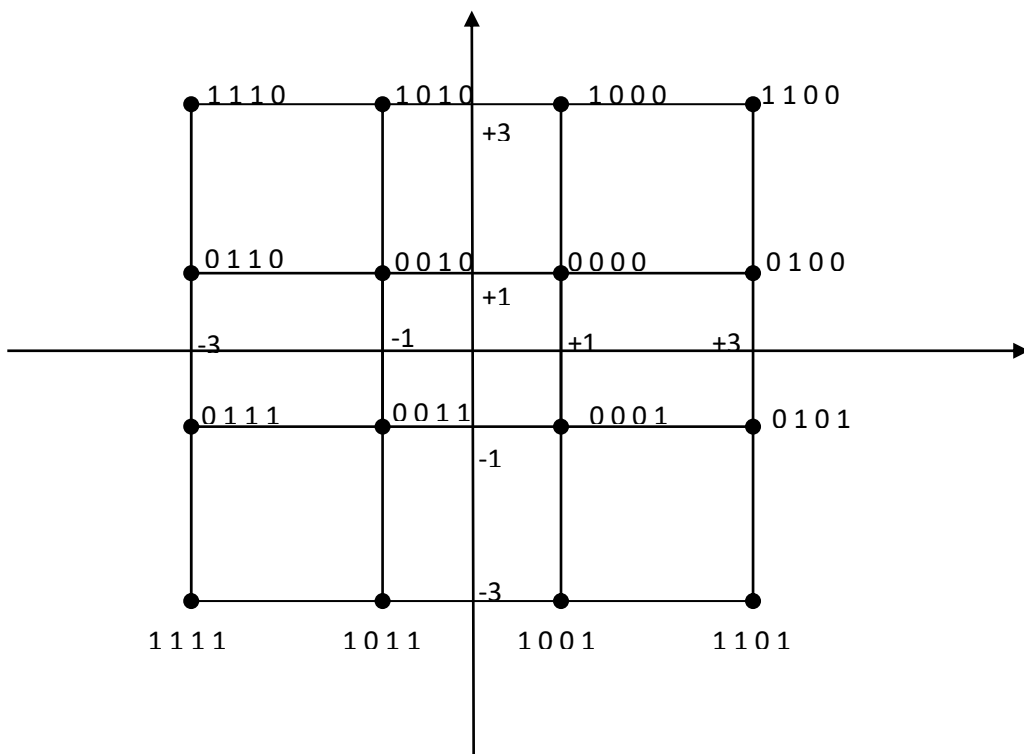


Figure III

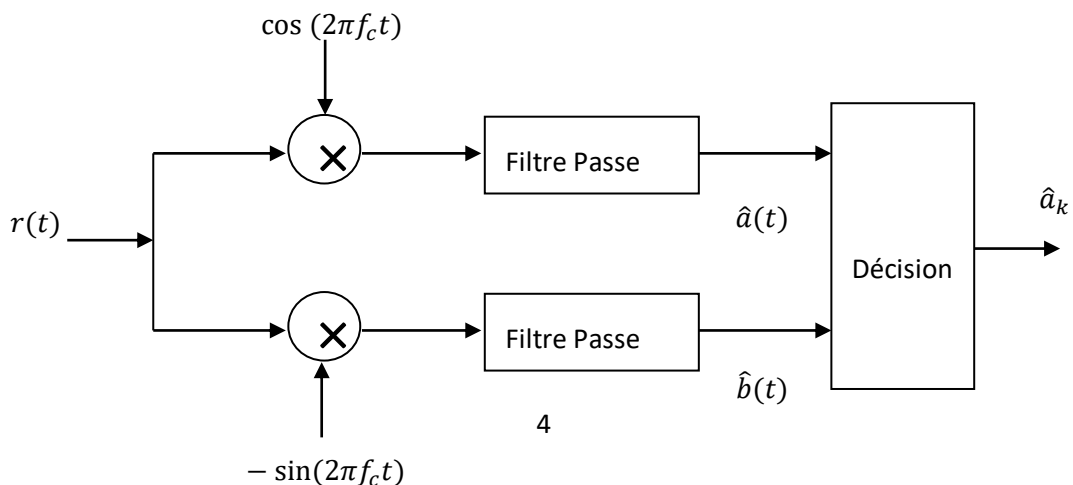


Figure IV

Exercice 06 :

On considère un faisceau hertzien numérique dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

Fréquence d'émission : $f=2\text{Ghz}$

Capacité de transmission : $N=32$ voies téléphoniques

Fréquence d'échantillonnage : $f=8\text{kHz}$

Nombre d'éléments binaires de codage $n=8$ eb/échantillon

Représentation du signal binaire : NRZ

Type de modulation de la porteuse : on étudiera les cas MDA-2, MDP-4, MAQ-4

1. Etude du multiplexe MIC
 - a- Donner l'expression littérale du débit binaire D correspondant, puis sa valeur numérique en Mbit/s.
2. Modulation MDA-2 (Tout ou rien)
 - a- Rappeler quels sont les deux états possibles $s_0(t)$ et $s_1(t)$ du signal émis.
3. Modulation MDP-4
 - a- Rappeler les quatre états possibles du signal émis.
 - b- Le signal émis $s(t)$ est généralement obtenu par addition de deux porteuses en quadrature, convenablement modulées. Donner un synoptique des opérations à réaliser et représenter les états possibles de $s(t)$ dans le plans de Fresnel (la porteuse $\cos(w_0t)$ sera représentée selon l'axe Ox).
4. Modulation MAQ-4
 - a- On utilise comme en 3, une modulation à deux porteuses en quadrature, mais cette fois à 4 niveaux d'amplitude par porteuse (MAQ-4). Le synoptique d'émission est donné à la figure ci dessus. Le signal modulé transmis s'écrit alors : $s(t)=x(t) \cdot \cos(w_0t)+y(t) \cdot \sin(w_0t)$. où $x(t)$ et $y(t)$ sont des signaux numériques pouvant prendre 4 valeurs ($-3A, -A, +A, +3A$), chacune associée à un couple d'éléments binaires selon la correspondance suivante dont on demande d'il s'agit bien d'un code de gray.

Couple d'e.b	11	01	00	10
AB				
Niveaux de $x(t)$ ou $y(t)$	$-3A$	$-A$	$+A$	$+3A$

Représenter les deux signaux $x(t)$ et $y(t)$ correspondant à la séquence suivante délivrée par l'équipement de multiplexage MIC : 001001011100101100101100.

b- Représenter les différents états possibles de $s(t)$ dans le plan de Fresnel (le signal $x(t) \cdot \cos(\omega_0 t)$ sera représenté selon l'axe Ox). Montrer que $s(t)$ est un signal modulé à la fois en amplitude et en phase.

