



## Corrigé de l'exercice 1 :

La modulation considérée ici est définie par la constellation suivante où le déphasage est  $\frac{k\pi}{4}$  :

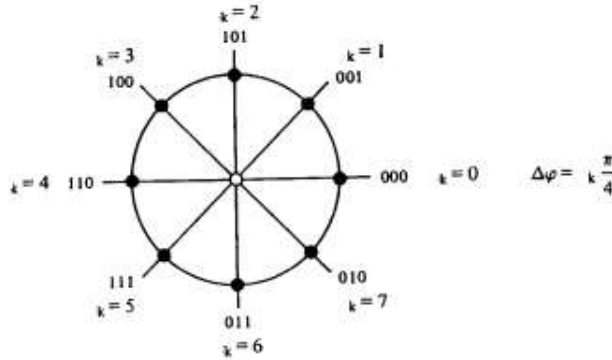


Figure 1 : Constellation d'une modulation 8PSK

### 1. Type de modulation considéré :

D'après la forme circulaire de la constellation de la figure 2 ci-dessus, il s'agit d'une modulation PSK. Nous avons 8 états de phases donc la valence  $M = 8$  avec  $n = 3$  bits par symbole. Donc **c'est une 8PSK**.

Rappel : la valence :  $M = 2^3$  ; le nombre de bits par symbole :  $n = \log_2 M$

### 2. Type de codage utilisé et sa particularité :

On utilise ici le **Code Gray**, c'est un codage pour lequel **un seul bit change entre deux symboles adjacents ou successifs** au niveau de la constellation.

### 3. Tracé de l'allure du signal $s(t)$ modulé correspondant à la suite binaire 000001101 :

On Prendre  $T$  (durée d'un symbole) =  $T_P$  (période de la porteuse) dans l'objectif pédagogique unique de comprendre et de faciliter le tracé :  $u_p(t) = \sin(\omega_p t)$ .

- D'après la figure 1 ci-dessus, on établit le tableau suivant présentant toutes les possibilités que peut prendre la phase du signal modulé  $s(t)$  en utilisant cette constellation 8PSK :

Symbole	000	001	101	100	110	111	011	010
k	0	1	2	3	4	5	6	7
Phase : $\frac{k\pi}{4}$	0	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{4}$	$\pi$	$\frac{5\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{7\pi}{4}$

- On commence par tracer le signal porteur sur une période et on y porte les 8 phases en question (points en rouge sur la figure 2) :

à savoir :

$$0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}, \pi, \frac{5\pi}{4}, \frac{3\pi}{2} \text{ et } \frac{7\pi}{4}$$

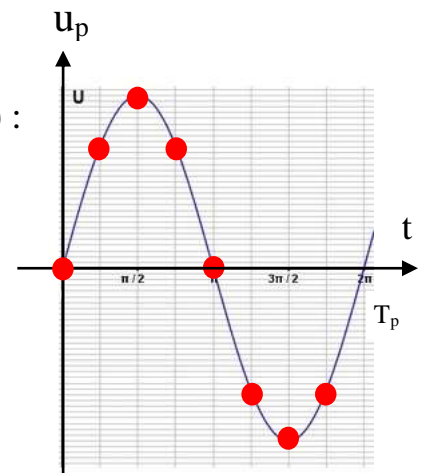


Figure 2 : Présentation du signal porteur sur une période

- On trace ensuite le signal modulé 8PSK noté  $s(t)$  correspondant à la suite binaire 000001101 à transmettre, qu'on découpe d'abord en bloc de 3 bits chacun ( $n = 3$ ) :

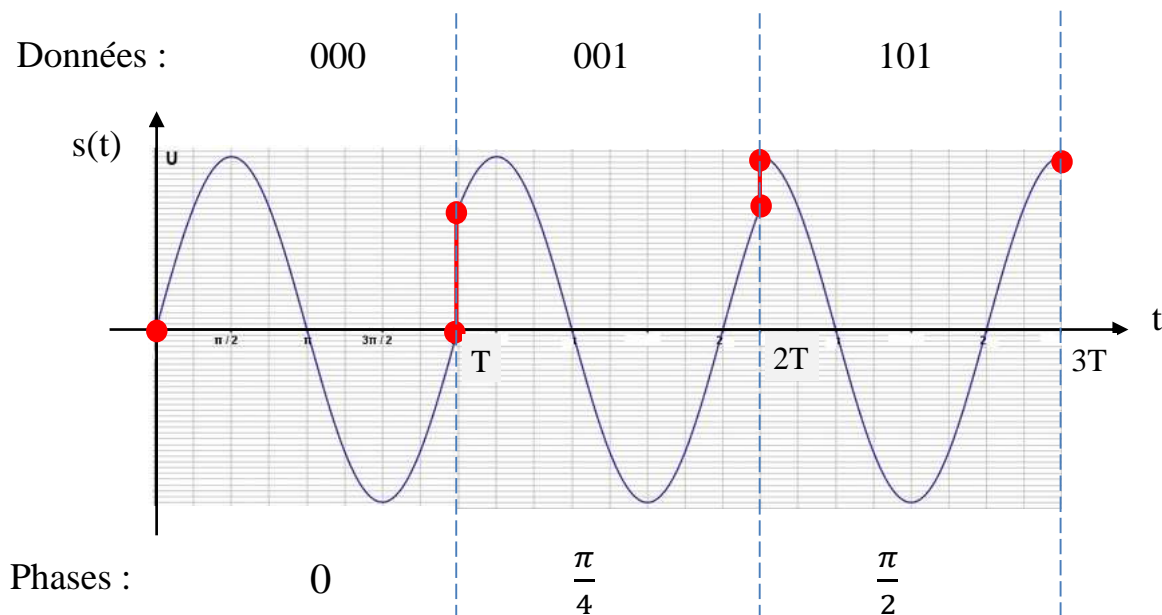


Figure 3 : Constellation d'une modulation 8PSK

Après avoir tracé les signaux élémentaires correspondant aux symboles (blocs de la suite binaire) à transmettre, on les relit par un trait vertical pour assurer la continuité du signal  $s(t)$  comme indiqué en rouge sur la figure 3 ci-dessus.

## Corrigé de l'exercice 2 :

Soit une modulation 8ASK symétrique :

### 1. Construction de la constellation correspondante :

Avec une modulation 8ASK symétrique, nous avons une valence  $M = 8$  qui correspond à 8 états d'amplitudes possibles donnés par la relation :

$A_i = (2i - M + 1)a_0$  avec  $a_0 > 0$  ;  $i$  varie de 0 à  $(M-1) = 7$ , on obtient :

$A_0 = -7a_0$  ;  $A_1 = -5a_0$  ;  $A_2 = -3a_0$  ;  $A_3 = -a_0$  ;  $A_4 = a_0$  ;  $A_5 = 3a_0$  ;  $A_6 = 5a_0$  ;  $A_7 = 7a_0$

Chacune de ces amplitudes va représenter un symbole contenant 3 bits :

$M = 8 = 2^3$  donc  $n = 3$ .

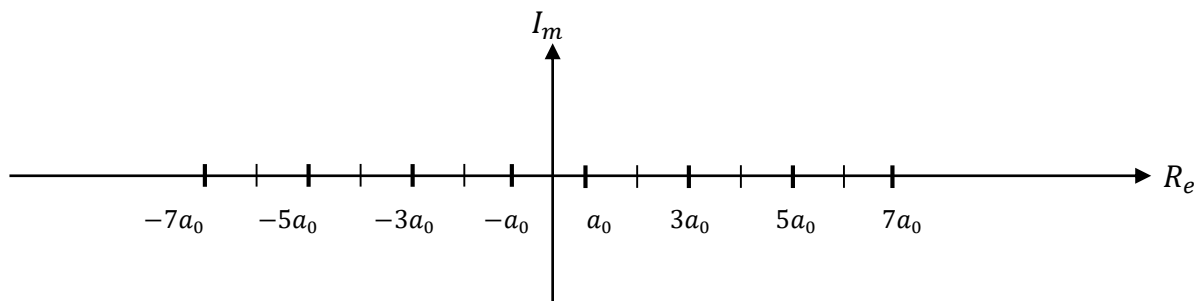


Figure 4 : Construction de base d'une constellation d'une modulation 8ASK symétrique

### 2. A chaque point de la constellation, on associe un ensemble de bits obéissant au Code Gray et les points de la constellation dont l'abscisse est négative auront un poids fort à 1, soit la proposition suivante qui répond aux exigences de l'énoncé :

Symbole	111	110	100	101	001	000	010	011
Amplitude $A_i$	$-7a_0$	$-5a_0$	$-3a_0$	$-a_0$	$a_0$	$3a_0$	$5a_0$	$7a_0$

où un seul bit change lorsqu'on passe d'un symbole au suivant et où on affecte les amplitudes négatives aux symboles ayant le poids fort à 1 :

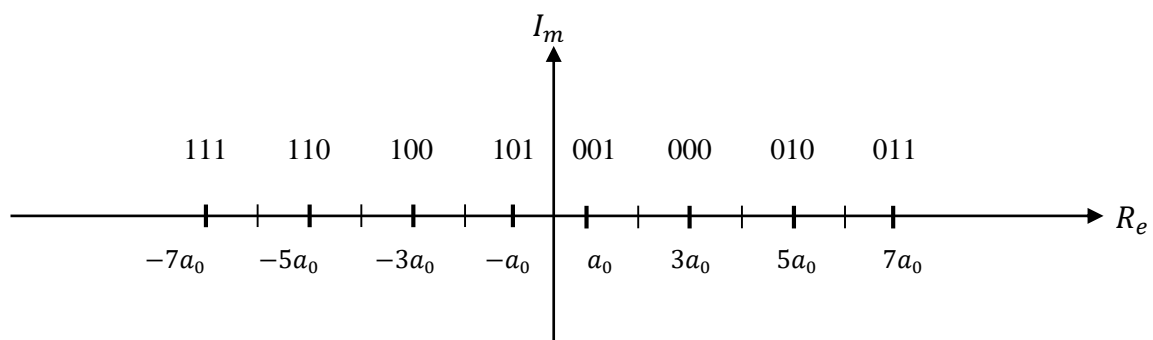
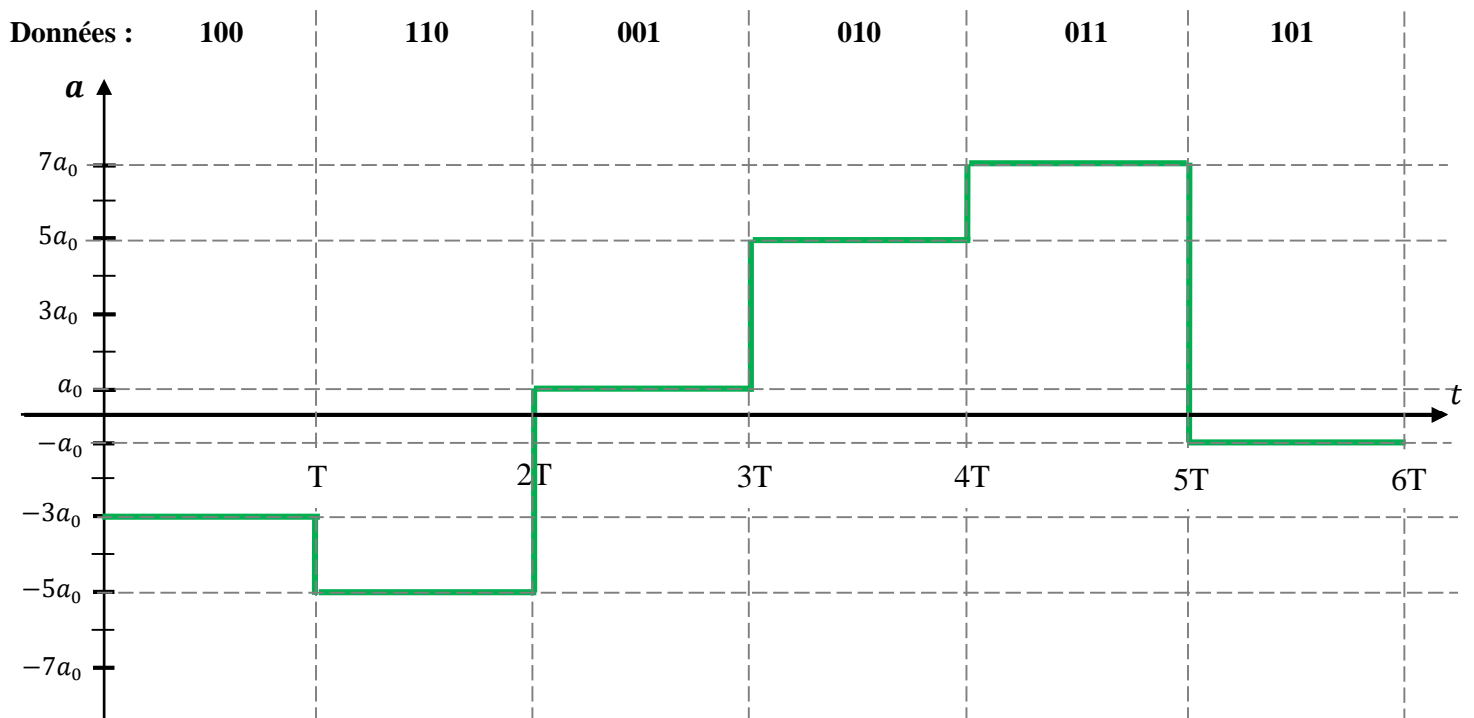


Figure 5 : Exemple de constellation d'une modulation 8ASK symétrique répondant aux exigences de l'énoncé de l'exercice

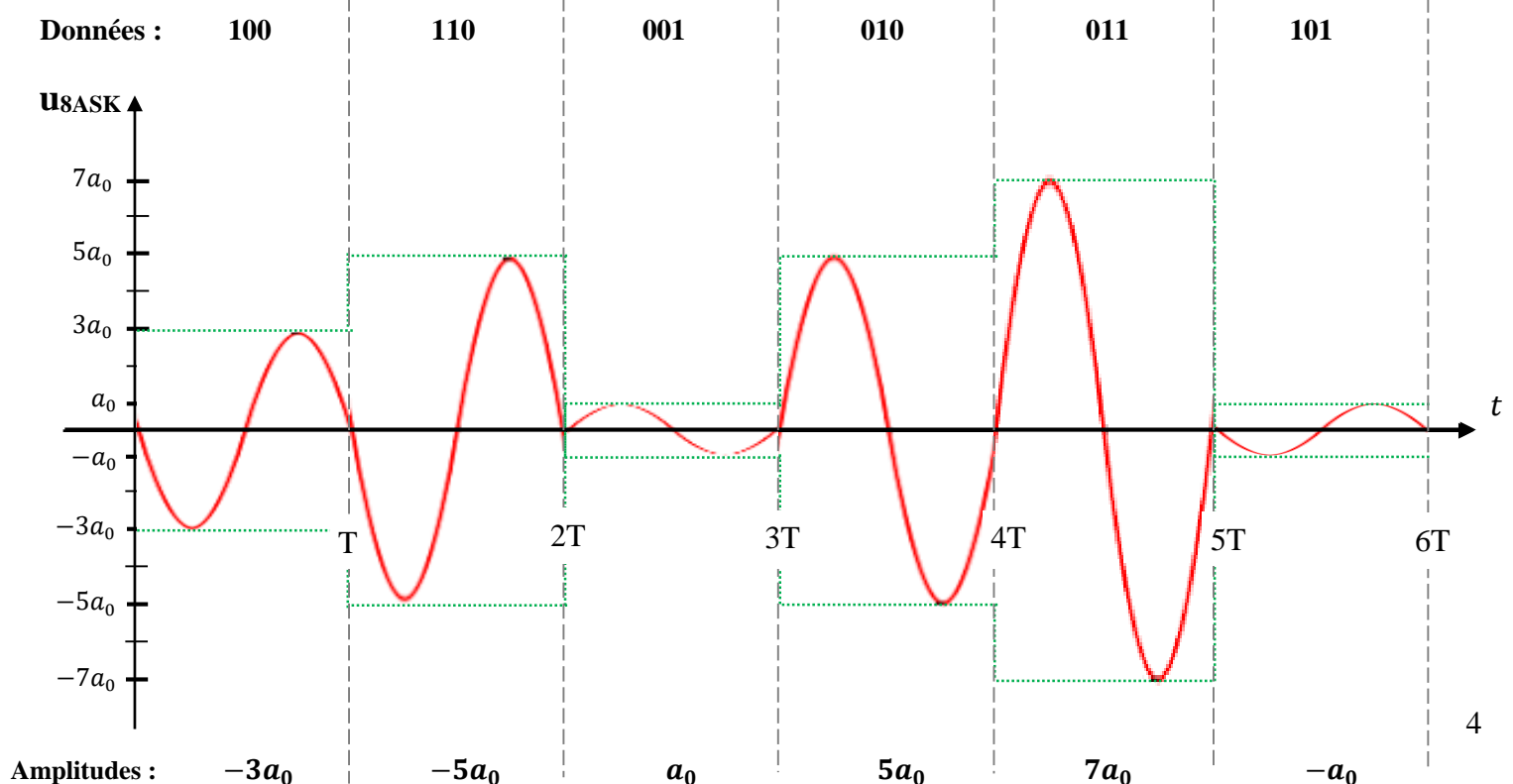
3. On considère ici, les mêmes conditions de l'exercice I c'est-à-dire on prend  $T = T_{\text{symbole}} = T_{\text{porteuse}}$  dans l'objectif pédagogique unique de comprendre et de faciliter les tracés des courbes demandés. On utilise aussi une porteuse sinusoïdale :  $u_p(t) = \sin(\omega_p t)$  avec une impulsion rectangulaire  $g(t)$  d'amplitude 1 dans l'intervalle  $[0, T]$ .

**On désire transmettre le train de bits suivant : 100110001010011101**

- **Tracé du signal  $a(t)$  correspondant à cette suite binaire à transmettre :**



- **Tracé du signal modulé  $u_{8ASK}(t)$  correspondant à la dite suite binaire :**



### Corrigé de l'exercice 3 :

La norme V23 est utilisée dans le minitel. Elle est caractérisée par les valeurs suivantes :

<ul style="list-style-type: none"> <li>Canal Descendant (ou direct) :</li> </ul> Modulation FSK $F_1 = 1300 \text{ Hz}$ $F_0 = 2100 \text{ Hz}$ Débit : $D_D = 1200 \text{ bits/s}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Canal Montant (ou retour) :</li> </ul> Modulation FSK $F_1 = 390 \text{ Hz}$ $F_0 = 450 \text{ Hz}$ Débit : $D_M = 75 \text{ bits/s}$
--	---

#### 1. Calcul des valeurs des 2 porteuses $F_D$ et $F_M$ :

Pour chaque canal, nous avons 2 fréquences donc il s'agit de la modulation 2FSK, la valence  $M = 2$ , le nombre de bits par symbole  $n = 1$ .

La fréquence porteuse s'écrit :  $F = \frac{f_0 + f_1}{2}$

#### 2. Calcul des valeurs des deux indices de modulation $\mu_D$ et $\mu_M$ :

L'indice de modulation est donné par la relation :  $\mu = \frac{\mathcal{D}f}{R} = \frac{2\Delta f}{R}$

L'excursion de fréquence est :  $\Delta f = \frac{f_0 - f_1}{2}$

Or, le nombre de bits par symbole  $n = 1$  par conséquent :  $D = n R = R$

D'où l'indice de modulation  $\mu$  devient :  $\mu = \frac{f_0 - f_1}{D}$

#### 3. Calcul de l'encombrement spectral (bande passante) correspondant aux deux modulations : $B_D$ et $B_M$

La bande passante est donnée par :  $B = f_0 - f_1 + \frac{2}{T} = f_0 - f_1 + 2R$  avec  $n = 1$

D'où la bande passante :  $B = f_0 - f_1 + 2D$

#### Application numérique :

	Canal Descendant (ou direct)	Canal Montant (ou retour)
	$F_1 = 1300 \text{ Hz}$ $F_0 = 2100 \text{ Hz}$ $D_D = 1200 \text{ bits/s}$	$F_1 = 390 \text{ Hz}$ $F_0 = 450 \text{ Hz}$ $D_M = 75 \text{ bits/s}$
$F = \frac{f_0 + f_1}{2}$	$F_D = 1700 \text{ Hz}$	$F_M = 420 \text{ Hz}$
$\mu = \frac{f_0 - f_1}{D}$	$\mu_D = 0,67$	$\mu_M = 0,8$
$B = f_0 - f_1 + 2D$	$B_D = 3200 \text{ Hz}$	$B_M = 210 \text{ Hz}$

### Corrigé de l'exercice 4 :

On demande de proposer les modulations convenables, parmi celles étudiées dans le cours, pour transmettre la suite binaire suivante :

0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0

sachant que la rapidité de modulation est de 1200 bauds, et ce pour divers débits binaires.

D'une part, étant donné que le **message à transmettre** correspond à des données **numérique** : 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0, alors parmi les modulations convenables étudiées dans le cours **on peut citer : ASK, FSK et PSK**. Il faut maintenant déterminer leurs valences.

D'autre part et par définition :  $D = n R$ .

On calcule alors le nombre de bits à transmettre par symbole :  $n = \frac{D}{R}$  avec  $R = 1200 \text{ Bauds}$

Et on en déduit la valence :  $M = 2^n$  et ce pour chacun des trois débits suivants :

#### 1. Pour un débit $D = 1200 \text{ bits/s}$

On a dans ce cas :  $n = 1$  donc  $M = 2$

On peut faire appel à l'une des trois modulations suivantes pour transmettre la suite binaire en question : **2ASK, 2FSK ou 2PSK**.

#### 2. Pour un débit $D = 2400 \text{ bits/s}$

On a dans ce cas :  $n = 2$  donc  $M = 4$

On peut faire appel à l'une des deux modulations suivantes pour transmettre la suite binaire en question : **4FSK ou 4PSK** car pour  $M > 2$  l'ASK est peu employé vu que ses performances sont moins bonnes que celles des autres modulations, notamment pour sa résistance au bruit.

#### 3. Pour un débit $D = 4800 \text{ bits/s}$

On a dans ce cas :  $n = 4$  donc  $M = 16$

On peut faire appel à l'une des deux modulations suivantes pour transmettre la suite binaire en question : **16FSK ou 16PSK**.