

## TD3 - Codage (Corrigé)

**NB :** Dans les exercices qui suivent, les signaux d'horloge sont implicitement donnés par la représentation binaire des informations à transmettre (« *temps bit* »)

### Relecture de cours (10 minutes)

Avant de commencer le TD, vous devez relire le cours 2 sur les principes de transmission des informations au niveau de la couche Physique (diapos 26 à 42). L'objectif est de comprendre :

- Les notions : *Valence (V)*, *Moment élémentaire (T<sub>m</sub>)*, *vitesse de modulation (R<sub>m</sub>)* et le calcul du *débit binaire (D)*
- La différence entre la *transmission en bande de base* et la *transmission par modulation*

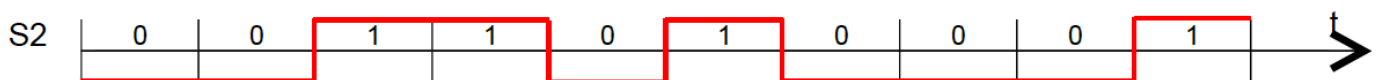
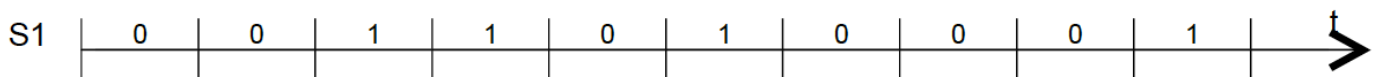
### 1. Transmissions numériques – Codage en bande de base

Soit S1 une information binaire à transmettre sur une liaison numérique.

En appliquant les conventions vues en cours, dessinez ci-dessous le signal transmis en respectant à chaque fois le procédé de codage indiqué. Donnez dans chacun des cas la valence de la voie (**V**) et le débit (**D**) de communication utilisée (la valence correspond au nombre d'états logiques différents transmissibles sur une voie et le débit calculé en fonction de la vitesse de modulation **R<sub>m</sub>** formule vue dans le cours).

Rappel de la formule de calcul du débit binaire (vue dans le cours)

$$D = \frac{R_m}{k} \log_2(V)$$



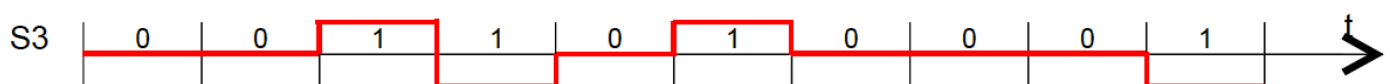
**NRZ :** +a → 1, -a → 0

Valence **V = 2** (la tension peut prendre 2 valeurs distinctes)

**k = 1** : le nombre de valeurs physiques nécessaires pour coder une valeur logique

$$D = \frac{R_m}{k} \log_2(V) = R_m$$

**Remarque :** Codage simple à réaliser, utilisé pour les transmissions entre clavier/ordinateur. Lecture directe de l'information mais présence de longs états logiques à maintenir en cas de transmission d'une série de 0 ou de 1 donc fragiles car sensibles aux perturbations

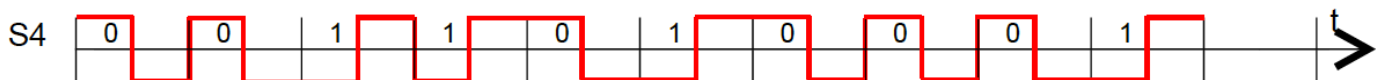


**BIPOLAIRE** :  $+a, -a \rightarrow 1$ ,  $0v \rightarrow 0$ . Si la valeur 1 a été matérialisée par  $(+a)$ , elle le sera par  $(-a)$  la fois suivante et ainsi de suite.

Valence **V = 3** (la tension peut prendre 3 valeurs distinctes), et **k = 1**, d'où le débit binaire maximum :

$$D = \frac{R_m}{k} \log_2(3) = R_m \log_2(3)$$

**Remarque** : Codage plus performant que le NRZ car il diminue les séries en augmentant les variations mais a toujours de longs raies pour 0.



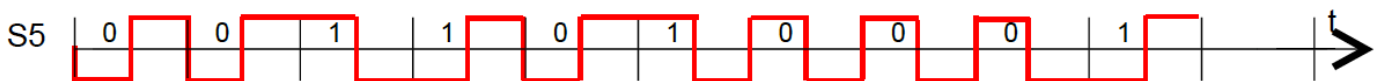
**MANCHESTER** : front montant  $\rightarrow 1$ , front descendant  $\rightarrow 0$

Valence **V = 2**

**k = 2** : le nombre de valeurs physiques nécessaires pour coder une valeur logique

$$D = \frac{R_m}{k} \log_2(V) = \frac{R_m}{2}$$

**Remarque** : Dans un temps bit, pour avoir un front au milieu du temps, il faut 2 états logiques par temps bit. Le débit est donc 2 fois plus rapide que la modulation pour 1 bit transporté d'où la fonction :



**MANCHESTER différentiel** : pas de front  $\rightarrow 1$ , front montant ou descendant. Il faut prendre une option pour démarrer, donc front descendant ici.

Valence et débit binaire  $\rightarrow$  comme codage MANCHESTER

## 2. Transmissions analogique – Codage par modulation

$\Rightarrow$  soit les caractéristiques suivantes pour la porteuse :

$$Y(t) = A \sin(2\pi f t + \phi)$$

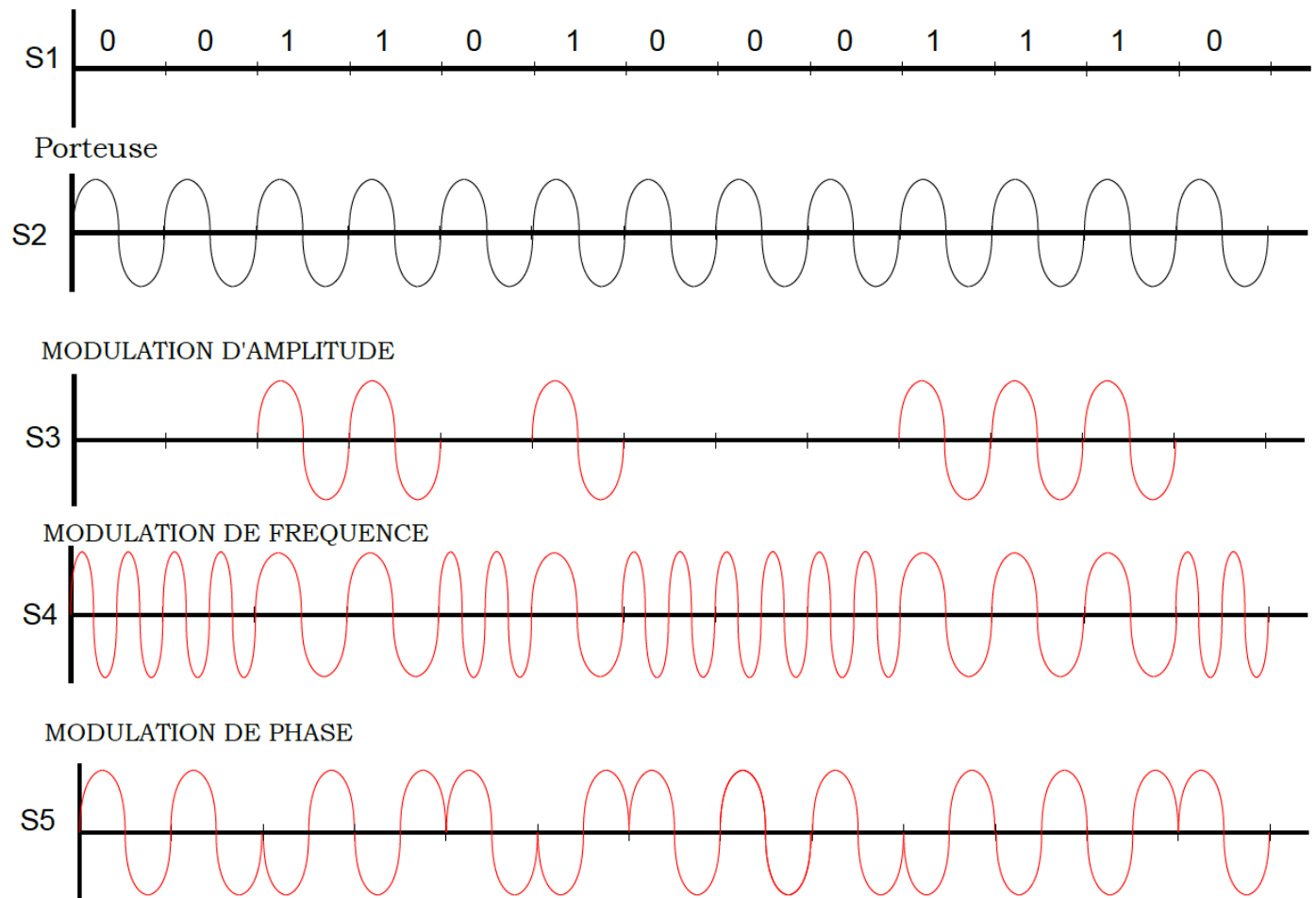
ou A est l'amplitude, f est la fréquence initiale et  $\phi$  est la phase, (On rappelle que  $f = 1/T$ , T étant la période).

Soient S1 l'information numérique à transmettre sous forme analogique et S2 la porteuse.

Dessinez dans chacun des cas suivants, en respectant les conventions données ci-après, l'onde analogique utilisée pour la transmission du signal représentée en S2.

## CONVENTIONS :

Modulation d'amplitude (S3) 0--&gt; amplitude = 0 1--&gt; amplitude = A

Modulation de fréquence (S4) 0--> fréquence =  $2f$  1--> fréquence =  $f$ Modulation de phase (S5) 0--> phase =  $\phi$  1--> phase =  $\phi + 180^\circ$ **3. Transmissions analogique – Codage par modulation en treillis**

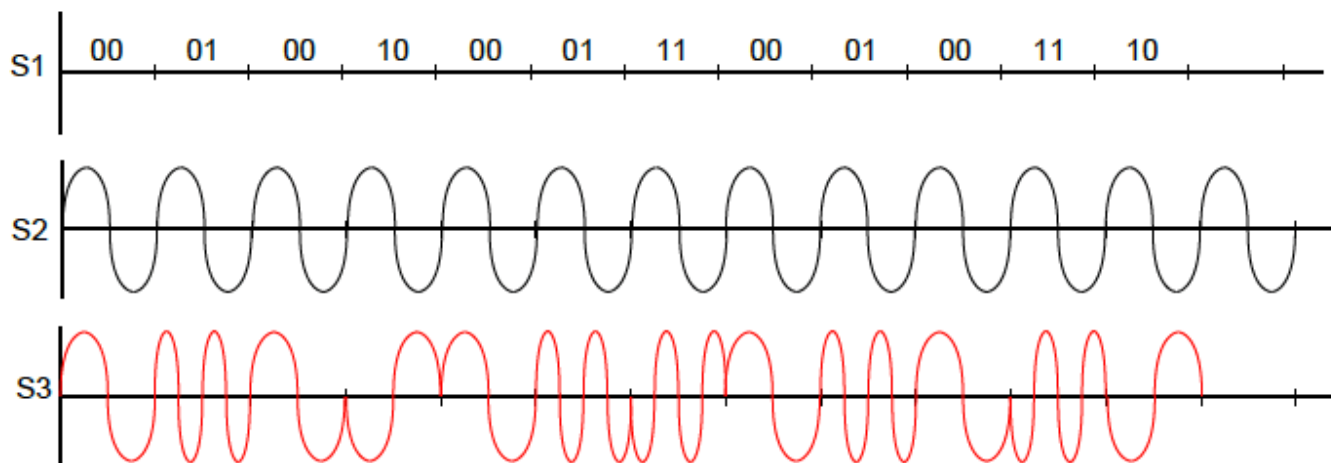
==&gt; Soient les mêmes caractéristiques que précédemment pour la porteuse

==&gt; Soit le procédé de modulation suivant :

Déphasage = $0^\circ$	Fréquence = $f$	==> 00
Déphasage = $0^\circ$	Fréquence = $2f$	==> 01
Déphasage = $180^\circ$	Fréquence = $f$	==> 10
Déphasage = $180^\circ$	Fréquence = $2f$	==> 11

==&gt; Soient S1 la porteuse et S2 le signal modulé d'après ce procédé :

Indiquez en S3, le signal analogique produit par la modulation de S1 avec la porteuse S2.



#### 4. Modulations

On désire mettre en place un modem dont la rapidité de modulation serait de 28000 bauds et qui proposerait un débit de 56 kbit/s.

Remarque : nous connaissons  $D = 56$  kbit/s,  $R_m = 28000$  bauds et  $k=1$  (en modulation, une seule valeur physique est nécessaire pour représenter une valeur logique). La seule inconnue est donc la valence  $V$  :

$$D = \frac{R_m}{k} \log_2(V) \Rightarrow V = 2^{D/R_m} = 4$$

- a. Proposer les spécifications d'un modem utilisant une modulation par saut d'amplitude et satisfaisant les caractéristiques ci-dessus.

Proposons une modulation quadrivalente par saut d'amplitude pourrait être (juste une solution) :

dibit	00	01	10	11
amplitude	1 V	2 V	5 V	10 V

- b. Proposer les spécifications d'un modem utilisant une modulation par saut de fréquence et satisfaisant les caractéristiques ci-dessus.

Proposons une modulation quadrivalente par saut de fréquence pourrait être :

dibit	00	01	10	11
fréquence	500 Hz	1000 Hz	1500 Hz	2000 Hz

- c. Donner une représentation du signal émis sur cette ligne lorsque le message envoyé est : 101111100001, à partir des modulations définies ci-dessus.

Chaîne binaire	10	11	11	10	00	11
En modulation AM (V)	5	10	10	5	1	2
En modulation FM (Hz)	1500	2000	2000	1500	500	1000