Réseaux & Protocoles
TD 03 : Codage et modulation
L3 IUP 2005-2006

Exercice 1

Rappels :

Un signal analogique est représenté par une sinusoidale de type :

$$y(t) = A\sin(2\pi ft + \varphi)$$

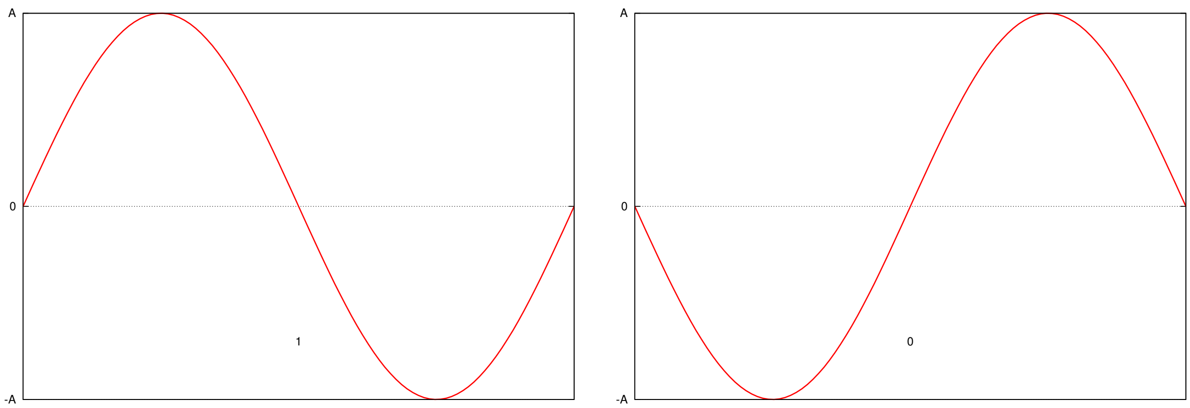
avec A amplitude maximale du signal, φ décalage de l'onde par rapport à l'origine et f la fréquence.

Modulation de phase :

Cette modulation est principalement utilisée pour des transmissions de valeurs binaires. On déphase la porteuse selon l'amplitude du signal source. Pour un signal binaire, la variation de phase est de 180 degré à chaque transition.

Exemple :

$$\begin{aligned} 1 &\rightarrow A\sin(2\pi nft)(\varphi = 0) \\ 0 &\rightarrow A\sin(2\pi nft + \pi)(\varphi = \pi) \end{aligned}$$

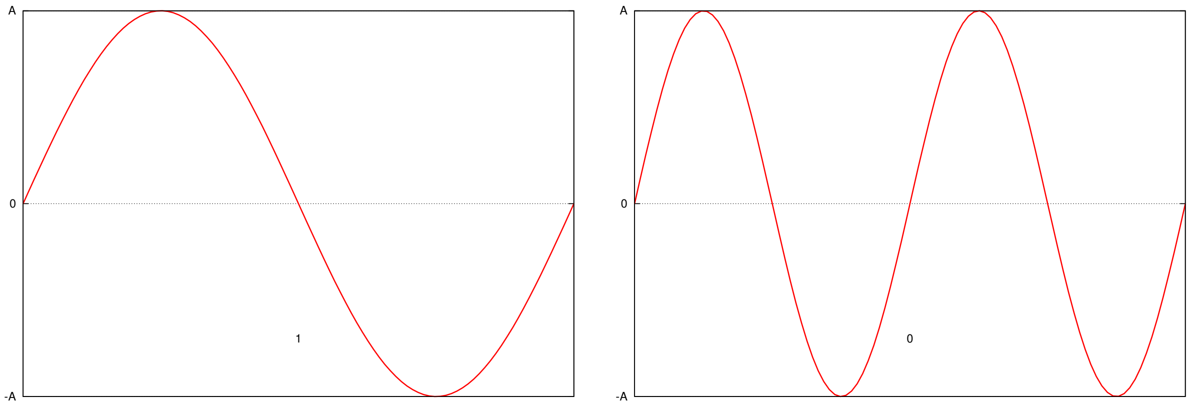


Modulation de fréquence :

La modulation de fréquence est principalement utilisée en radio - ondes ultracourtes (FM d'environs 80 à 110MHz). On fait ici varier la fréquence du signal source.

Exemple : $\varphi = 0$

$$\begin{array}{lll} 1 & \rightarrow & A\sin(2\pi n f_0 t) \\ 0 & \rightarrow & A\sin(2\pi n 2 f_1 t) \text{ avec } f_1 = 2f_0 \end{array}$$



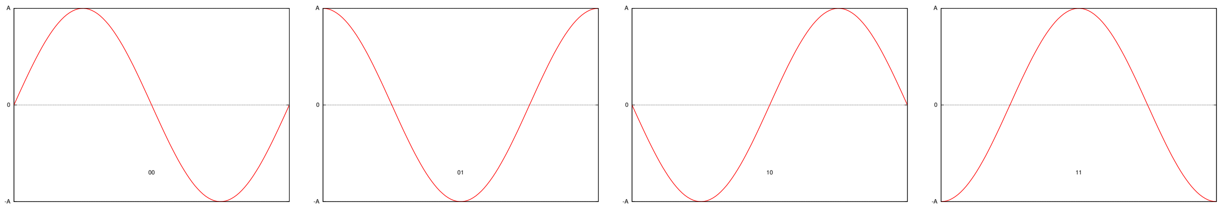
Exercices :

On désire transmettre la suite de bits : 00101101
- en modulation de phase quadrivalente
- en modulation de fréquence bivalente

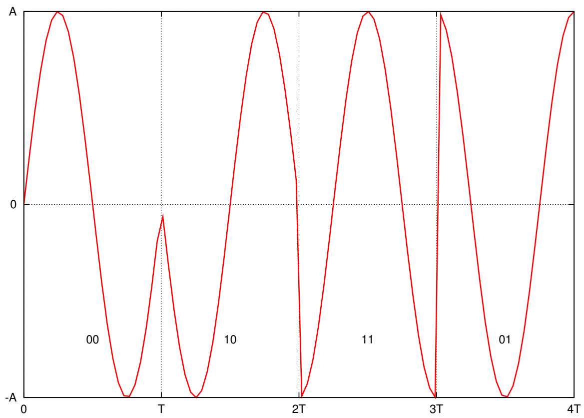
Dessiner les signaux modulés dans les deux cas.

Corrections :

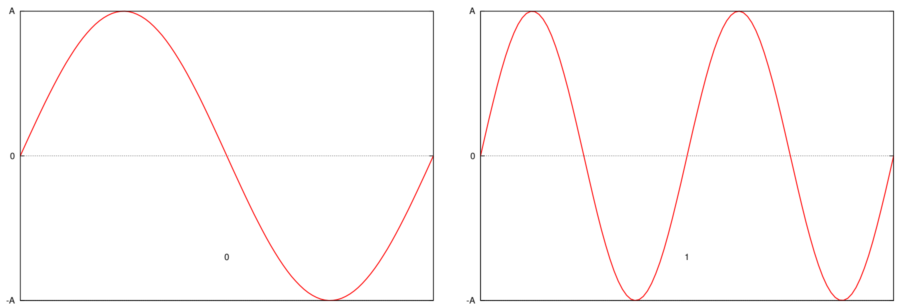
- On définit un exemple de codage possible avec un signal quadrivalent (2 bits d'information véhiculés par top d'horloge) en modulation de phase :



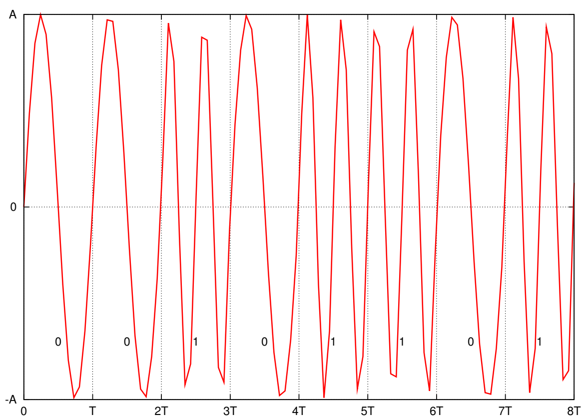
Donc la suite de bits 00101101 nous donne avec le codage précédent :



- On définit un exemple de codage possible avec un signal bivalent (1 bit d'information véhiculé par top d'horloge) en modulation de fréquence :



Donc la suite de bits 00101101 nous donne avec le codage précédent :



Exercice 2

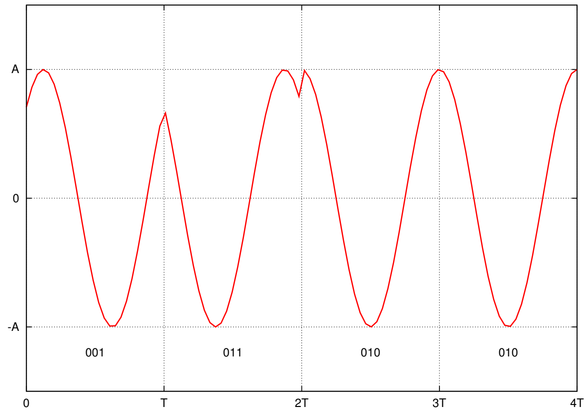
Proposer un codage possible en modulation de phase pour des données correspondant à la suite binaire : 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 sachant que la rapidité de modulation disponible sur le support est de 1200 Bauds et que l'on désire transmettre à 3600 bits/s.

Corrections :

Pour définir un codage adéquat, il faut qu'on détermine la valence nécessaire pour atteindre un tel débit. D'après le précédent TD on a :

$$D = R \log_2(V) \Rightarrow V = 2^{\frac{D}{R}} = 2^3 = 8$$

Il faut donc que notre signal ait une valence de 8 c-à-d qu'il doit transporter 3 bits par top d'horloge. Donc avec une modulation de phase, l'on peut coder la suite :



Exercice 3

Rappels :

Codage Bipolaire

Le codage bipolaire permet de coder n'importe quelle suite de bits par un signal dont la moyenne est nulle. Ce signal peut avoir 3 valeurs : 0, +A et -A :

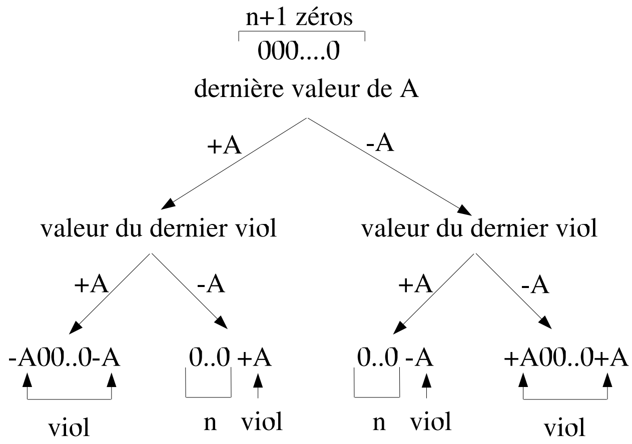
- le bit 0 est codé par la valeur 0
- le bit 1 est codé successivement par les valeurs +A et -A

Codage BHDn

Le codage BHDn permet de coder un signal de moyenne nulle et n'a jamais plus de n zéros consécutifs. Pour cela, on viole les alternances $\pm A$ pour coder des zéros.

Algorithme de codage :

- les 1 et les séquences de moins de n ($\leq n$) zéros sont codés comme en bipolaire.
- les séquences de plus de n zéros consécutifs sont découpées en bloc de n+1 bits.



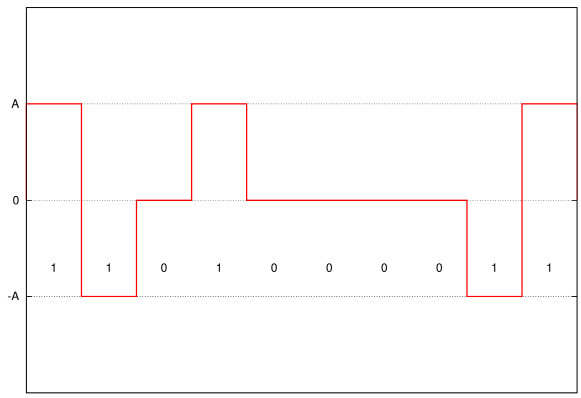
Exercices :

- Soit la suite de bits : 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1. Représenter les signaux transmis en code bipolaire simple, en code BHD1 et en code BHD2.
- Même question pour la suite de bits 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0.
- Trouver la séquence de bits transmise par le signal suivant codé en BHD2 :

+A 0 0 +A -A 0 -A +A 0 +A -A 0 -A +A 0 +A -A 0 0 +A

Corrections :

- La suite 1101000011 nous donne en codage bipolaire :



En codage BHD_1 :

```
 1    1    0    1    0 0     0 0     1    1
 |    |    |    |     |(*)    |(**)  |    |
+A   -A    0   +A    0+A    -A-A    +A   -A
```

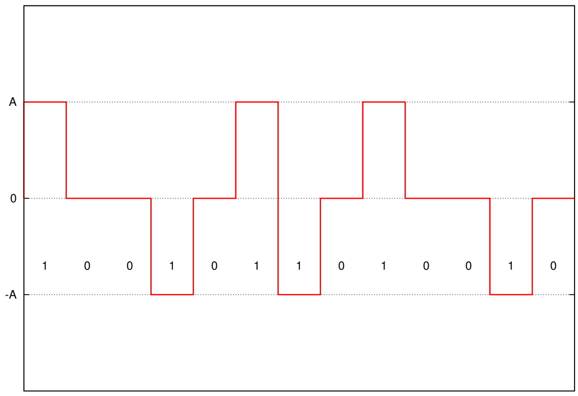
(*) dernière valeur de $\pm A$: +A, valeur du dernier viol : -A
(**) dernière valeur de $\pm A$: +A, valeur du dernier viol : +A

En codage BHD_2 :

```
 1    1    0    1    0 0 0   0    1    1
 |    |    |    |      |(*)  |    |    |
+A   -A    0   +A    0 0 +A  0   -A   +A
```

(*) dernière valeur de $\pm A$: +A, valeur du dernier viol : -A

– La suite 1001011010010 nous donne en codage bipolaire :



En codage BHD_1 :

```
 1    0 0    1    0    1    1    0    1    0 0    1    0
 |     |(*)  |    |    |    |    |    |     |(**) |    |
+A    0+A   -A    0   +A   -A    0   +A   -A-A   +A    0
```

(*) dernière valeur de $\pm A$: +A, valeur du dernier viol : -A
(**) dernière valeur de $\pm A$: +A, valeur du dernier viol : +A

En codage BHD_2 :

```
 1    0    0    1    0    1    1    0    1    0    0    1    0
 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
+A    0    0   -A    0   +A   -A    0   +A    0    0   -A    0
```

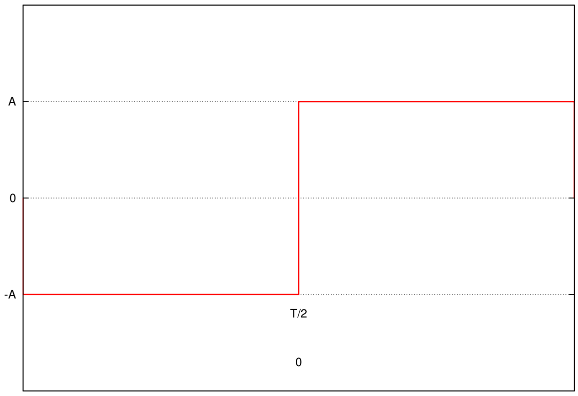
– La séquence de bits transmise par le signal +A00+A-A0-A+A0+A-A0-A+A0+A-A00+A codé en BHD2 donne :

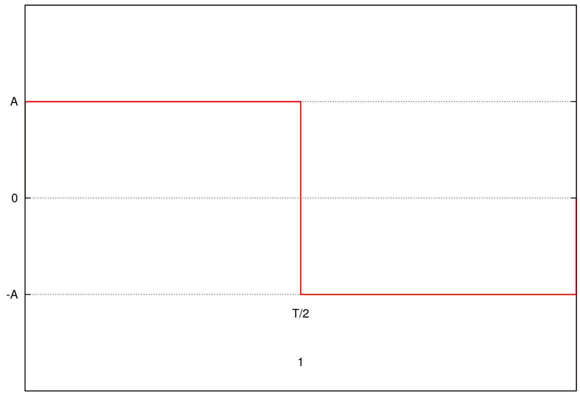
10000000000000001001

Exercice 4

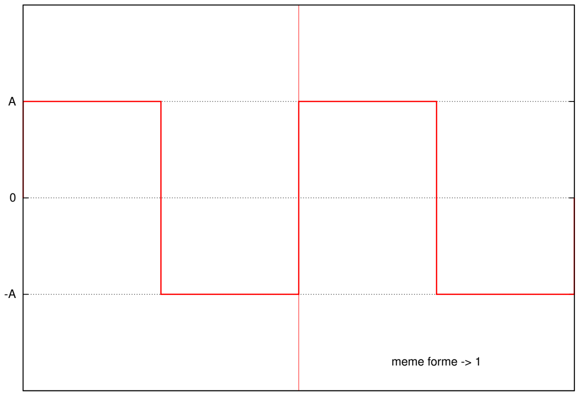
Rappels :

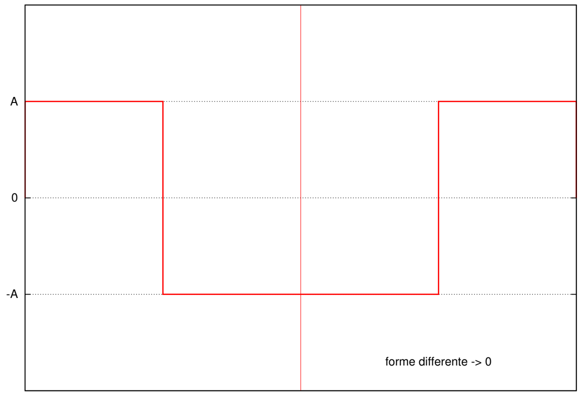
Codage Manchester





Codage Manchester différentiel

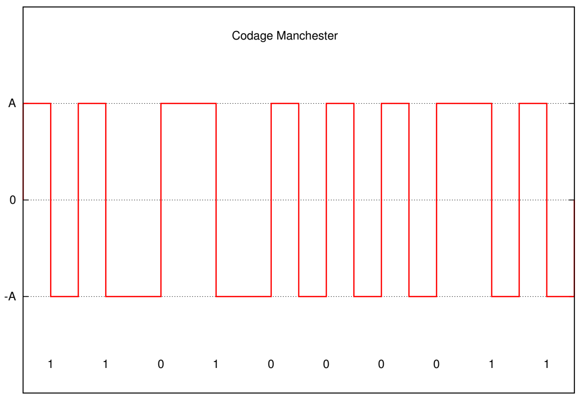


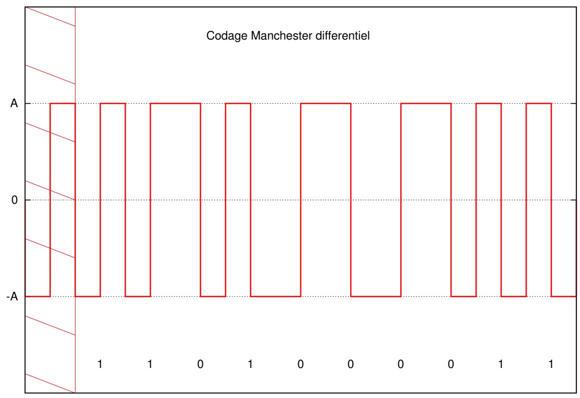


Exercices :

Coder la suite binaire 1101000011 dans les codes Manchester et Manchester différentiel, en supposant qu'on commence avec un niveau bas.

Corrections :





Exercice 5

On considère une ligne téléphonique dont la bande passante est [300,3400Hz].

- Quelle est la fréquence d'échantillonage minimale que l'on doit choisir si l'on veut numériser un signal analogique dont la bande passante est identique à celle du support de transmission ?
- Même question pour $f_{max} = 4000Hz$.
- En utilisant la fréquence déchantillonage précédente, quel temps sépare deux échantillons consécutifs du signal ?
- Quel doit être le débit binaire d'une liaison transmettant le signal numérisé d'un liaison téléphonique si l'on utilise la modulation MIC et si l'on prend 4000 Hz comme fréquence maximale du spectre ?

Corrections :

- $R = 2H$ donc $R = 2 \times 3400 = 6800Hz$
- $R = 2H$ donc $R = 2 \times 4000 = 8000Hz$
- $f_{ech} = 8000Hz$ donc $\Delta = \frac{1}{8000} = 125\mu s$
- La modulation MIC code les échantillons sur 8 bits, donc la valence vaut 2^8 d'où :

$$D = 2H\log_2(V) = 2 \times 4000\log_2(2^8) = 8000 \times 8 = 64Kbits/s$$

Exercice 6

Soit une fonction $a(t)$ représentée par la fonction échantillonnée :

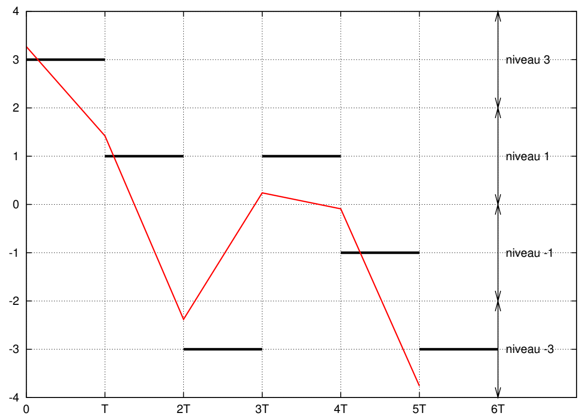
$$b(t) = \{..., 3.27, 1.42, -2.38, 0.24, -0.09, -3, 76, ...\}$$

L'échelle de quantification choisie contient 4 niveaux :
- niveau 3 : correspond à $b(t) > 2$
- niveau 1 : correspond à $0 \leq b(t) \leq 2$
- niveau -1 : correspond à $-2 \leq b(t) \leq 0$
- niveau -3 : correspond à $b(t) \leq -2$

- Donner un exemple de fonction $b(t)$ et la suite des échantillons quantifiés.

– Calculer, pour chacun des échantillons, l'erreur relative commise en assimilant les échantillons aux valeurs des niveaux de quantification (l'erreur relative est définie comme étant le rapport entre la valeur absolue de l'écart : (valeur réelle - niveau quantifé) sur la valeur absolue de la valeur réelle de l'échantillon).
– Que pensez-vous d'une telle échelle de quantification ?

Corrections :



– On sait que $E_{relative} = \frac{|\text{valeur reelle} - \text{niveau quantifie}|}{|\text{valeur reelle}|}$ donc :

$$\begin{aligned}
E_{relative(0)} &= \frac{3,27-3}{3,27} = 8,25\% \\
E_{relative(T)} &= \frac{1,42-1}{1,42} = 29,6\% \\
E_{relative(2T)} &= \frac{3-2,38}{2,38} = 26\% \\
E_{relative(3T)} &= \frac{1-0,24}{0,24} = 316\% \\
E_{relative(4T)} &= \frac{1-0,09}{0,09} = 1011\% \\
E_{relative(5T)} &= \frac{3,76-3}{3,76} = 20,2\%
\end{aligned}$$

– L'échelle de quantification n'est pas adaptée car l'erreur relative est importante pour les échantillons proches de 0. Pour y remédier, on peut utiliser ajouter les niveaux suivants :

  – niveau 0.5 correspond à $0.1 < b(t) < 1$
  – niveau 0.05 correspond à $0.01 < b(t) < 0.1$
  – niveau 0.05 correspond à $0.001 < b(t) < 0.01$
  – etc

  Si l'on échantillonnait du son, l'échelle aurait pu convenir car la valeur 0 (ou proche de 0) n'existe pas pour du son.

Exercice 7

Pour numériser un signal analogique hi-fi, 1024 niveaux de quantification ont été définis. Si B est la bande passante du support, quel est le débit binaire D nécessaire à la transmission des données du signal numérique ? Application numérique : $B = 20kHz$.

Corrections :

$$D = 2 \times B \log_2(V) = 2 \times 20000 \log_2(2^{10}) = 400kbits/s$$