

CHAPITRE 4. TRANSMISSIONS NUMÉRIQUES

4.1. MODULATIONS NUMÉRIQUES

Compétences :

- *définir les modulations ASK, PSK, FSK*
- *tracer les diagrammes de constellation*

Les systèmes de transmission véhiculent de l'information entre une source et un destinataire. De nombreux supports sont utilisés en transmission de données : les supports avec guide physique (câbles, fibres, ...) et les supports sans guide physique (ondes radio, ondes lumineuses).

Lorsque l'on utilise comme support de transmission les ondes (radio, lumineuses, etc.), on doit utiliser pour la réception des antennes dont les dimensions dépendent de la longueur d'onde du signal λ . Ces dimensions doivent être de l'ordre de $\lambda/2$.

ACTIVITÉ 1 : L'UTILITÉ DE LA MODULATION NUMÉRIQUE

1- Calculer la dimension d'une antenne qui doit capter : $\lambda = c/f \rightarrow (3 \cdot 10^8)/100 \text{ MHz} = 3 \text{ m}$
a- un signal H.F., de fréquence $f=100 \text{ MHz}$ donc 1.5m

b- un signal B.F. (son, musique, parole) $f=1000 \text{ Hz}$ $\lambda = c/f \rightarrow (3 \cdot 10^8)/1 \text{ kHz} = 3 \cdot 10^5 \text{ m}$

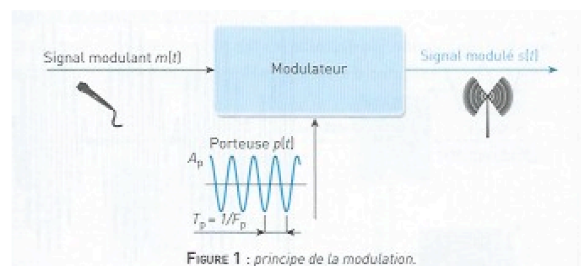
Aide :

- la vitesse des ondes électromagnétiques $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- la relation entre la fréquence d'une onde et sa longueur d'onde : $c = \lambda \times f$

2- Lequel des deux signaux peut être transmis sans aucune modification ? le premier

Aide : l'antenne doit avoir une dimension réaliste

La modulation permet de décaler vers les hautes fréquences le spectre du signal à transmettre (audio, vidéo,...) afin de pouvoir utiliser des antennes de taille raisonnable et de l'adapter au support de transmission.



La modulation réalise le « mélange » entre deux signaux :

- le signal basse fréquence à transmettre $m(t)$ appelé signal modulant,
- la porteuse $p(t)$ qui est un signal purement sinusoïdal

$$p(t) = A_p \cos(\omega_p t + \varphi_p) = A_p \cos(2\pi f_p t + \varphi_p)$$

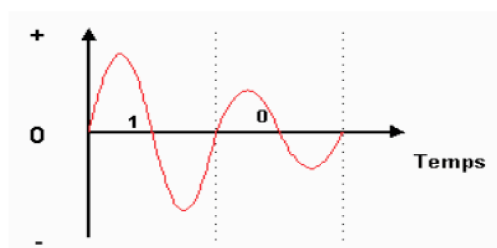
où A_p – amplitude de la porteuse, $\omega_p = 2\pi f_p$ – la pulsation de la porteuse, f_p – la fréquence de la porteuse

La modulation numérique modifie un ou plusieurs paramètres de l'onde porteuse.

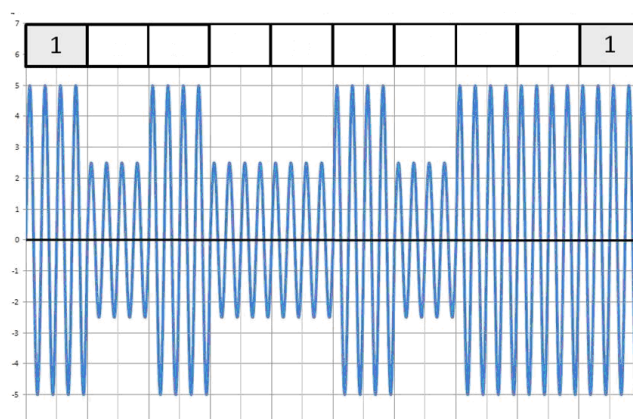
Type de modulation numérique	Paramètre modifié
Modulation ASK (Amplitude Shift Keying)	Amplitude du signal
Modulation FSK (Fréquency Shift Keying)	Fréquence du signal
Modulation PSK (Phase Shifts Keying)	Phase du signal
Modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation)	Amplitude et phase du signal

ACTIVITÉ 2 : MODULATION ASK

La modulation d'amplitude ASK s'applique en faisant varier l'amplitude du signal en fonction des bits à coder. C'est la seule utilisable sur fibre optique, car les équipements utilisés actuellement ne sont en mesure d'appliquer une autre modulation sur les ondes lumineuses. Dans ce cas, la modulation s'effectue par tout ou rien.



Pour le signal ci-dessous:

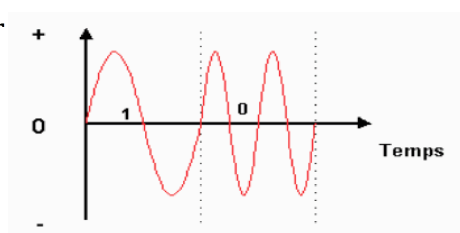


1- Trouver le message binaire associé au signal **1010010111**

2- Déterminer le débit binaire D et la fréquence de la porteuse f_p si 1 carreau = 0,1ms **$1/0.2 \times 10^{-3} = 5000 \text{ bit/s}$**

ACTIVITÉ 3 : MODULATION FSK

En modulation de fréquence les bits 1 et 0 sont représentés par la variation de la fréquence de la porteuse. La modulation FSK est utilisée pour des transmissions à faible débit sur le réseau téléphonique commuté.



Pour le signal ci-dessous :

1- Trouver le message binaire associé au signal

10

2- Si 1 carreau = 0,2ms, déterminer le débit binaire et les fréquences f_1 et f_0 de la porteuse correspondantes au bit 0 et au bit 1. $f_1 = 1/0.2 \times 10^{-3} = 5000\text{Hz}$ $f_0 = 1/0.2 \times 10^{-3} = 10000\text{Hz}$

3- On a les relations suivantes:

- fréquence utilisée pour le « 0 » :

$$f_0 = f_p - \Delta f$$

- fréquence utilisée pour le « 1 »

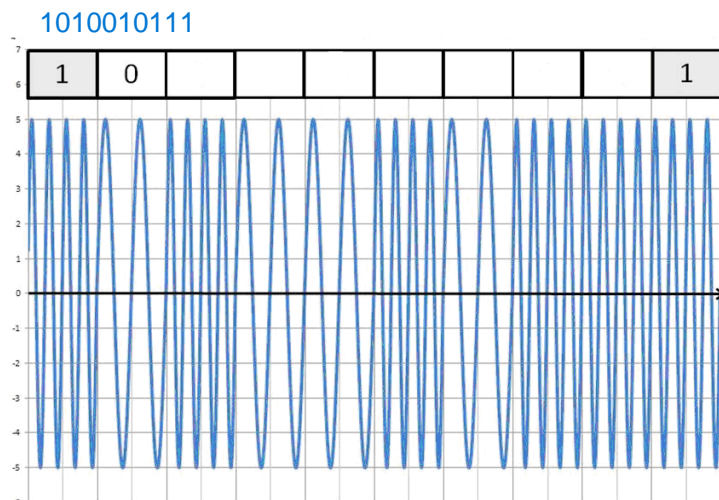
$$f_1 = f_p + \Delta f$$

- fréquence de la porteuse : $f_p = \frac{f_0 + f_1}{2}$ 15000Hz

- l'excursion en fréquence : $\Delta f = \frac{|f_0 - f_1|}{2}$ 2500Hz

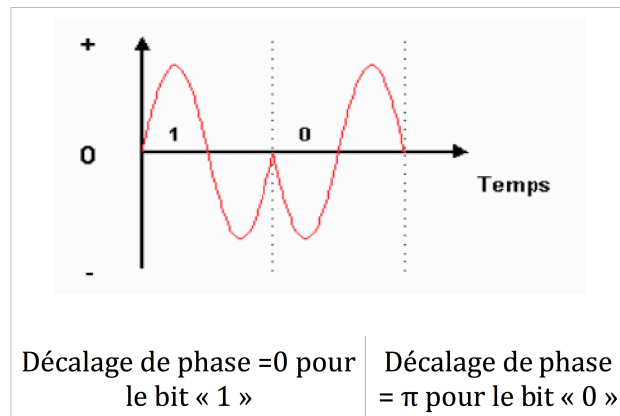
- indice de modulation : $m = \frac{|f_0 - f_1|}{R} = \frac{2\Delta f}{R}$; R en baud ou symbole/s

En déduire la fréquence de la porteuse f_p lorsqu'elle n'est pas modulée, l'excursion en fréquence Δf et la valeur de l'indice de modulation m.

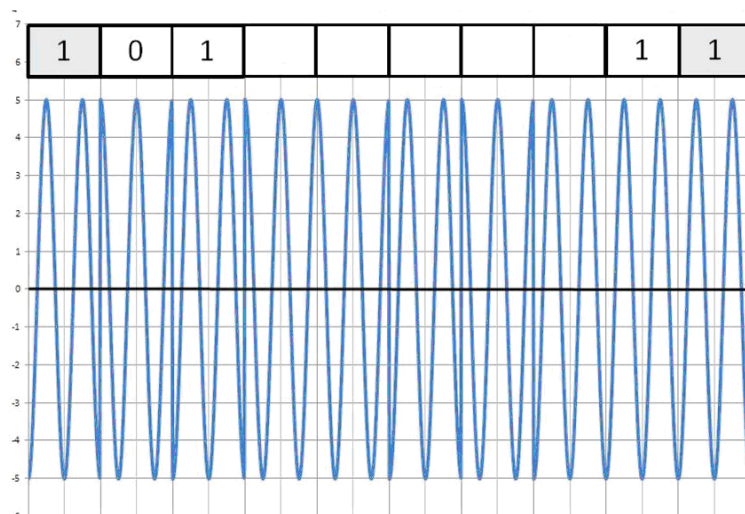


ACTIVITÉ 4 : MODULATION PSK

La modulation de phase associe à un code binaire une valeur de la phase de la porteuse. La vitesse peut être facilement augmentée en utilisant un code binaire sur 2,3 bits ou plus sans augmentation de la fréquence de la porteuse.



Pour le signal modulé PSK ci-dessous :



1- Trouver le message binaire associé au signal **1010010111**

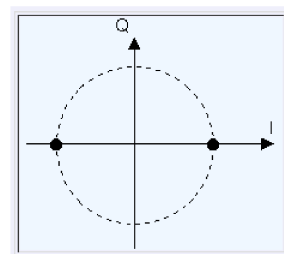
2- Déterminer le débit binaire D et la fréquence de la porteuse f_p si 1 carreau = 0,5ms

ACTIVITÉ 5 : CONSTELLATIONS

Lors du codage d'un message binaire on associe à un bit (codage binaire) ou à un groupe de bits (codage M-aire) un symbole. Chaque symbole élémentaire peut être représenté par un point dans le plan complexe. L'éloignement du point par rapport à l'origine indique l'amplitude, son angle indique le décalage de phase.

Exemple : Pour la modulation PSK 2

Bit	Amplitude	Décalage de phase
0	1	0
1	1	π



Tracer les constellations des signaux modulés des activités 2,3 et 4.