

## 1. Introduction

Dans un système de communication composé d'un émetteur qui émis une information sous forme de signal et d'un récepteur qui a l'objectif de récupérer l'information utilisant la modulation toute en gardant les mêmes caractéristiques.

Dans ce système, plusieurs types de signaux peuvent être transmis à travers un canal de transmission

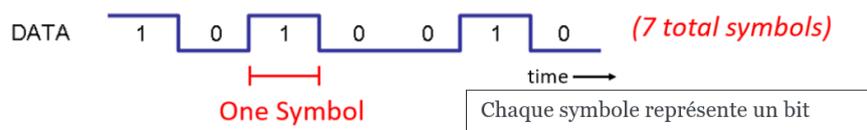
### Signaux Analogiques

Les signaux analogiques représentent des informations sous forme continue et peuvent prendre une infinité de valeurs. Ils sont souvent utilisés pour transmettre des données telles que la voix ou la musique. (Exemple signal audio : Représente les variations sonores. Signal vidéo : Représente les images en mouvement. On utilise la modulation analogique AM FM et PM pour récupérer le signal d'origine analogique on modifiant les caractéristiques de signal porteur.

### Signaux Numériques

Les signaux numériques codent les informations sous forme discrète (méthode de codage NRZ non return to zero), généralement en utilisant des valeurs binaires (0 et 1). Ils sont largement utilisés dans les communications modernes, notamment pour :

- **Données informatiques** : Transfert de fichiers, courriels, etc.
- **Télécommunications** : Transmission de voix sur IP, SMS.



On ne peut pas transmettre un signal numérique présenté en dessus directement dans un canal de transmission, donc on utilise la modulation numérique.

## 2. La modulation Numérique

La modulation numérique consiste à modifier les caractéristiques d'un signal porteur (généralement analogique) pour représenter des informations numériques (à l'entrée d'émetteur c'est un message numérique possède deux états : le 0 et le 1 logiques). Ce processus implique plusieurs étapes :

1. **Codage des Données** : Les données numériques, telles que celles provenant d'un ordinateur ou d'un réseau, sont d'abord codées en une suite de bits utilisant par exemple la méthode de codage NRZ.
2. **Modulation** : Les bits sont ensuite utilisés pour changer un ou plusieurs paramètres de la porteuse, comme l'amplitude, la fréquence ou la phase, selon le type de modulation choisi.
3. **Transmission** : Le signal modulé est transmis sur un canal de communication, tel qu'un câble, une fibre optique ou une transmission sans fil.

## 3. Type de la modulation Numérique

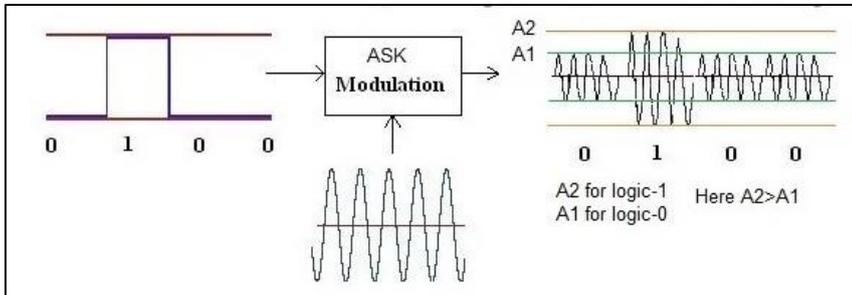
Une porteuse sinusoïdale (signal porteur) possède trois paramètres qui sont l'amplitude, la fréquence et la phase. Ces trois grandeurs sont toutes susceptibles de modulation par déplacement :

- la modulation par déplacement d'amplitude **ASK (Amplitude-shift keying)**
- la modulation par déplacement de fréquence **FSK (frequency-shift keying)**
- la modulation par déplacement de phase **PSK (Phase-shift keying)**

Dans un message numérique, deux états sont à coder, le 0 et le 1 logiques. Ces différentes modulations consistent donc en les opérations suivantes :

**4. ASK (Amplitude-shift keying)**

Le principe d’ASK est de Coder le 0 par une amplitude de signal faible ou égale à 0, et le 1 par une amplitude A2.



**4.1.1 Modulation binaire (2-ASK)**

On définit M le niveau de modulation avec **M=2**, donc 2 déplacements d’amplitude)

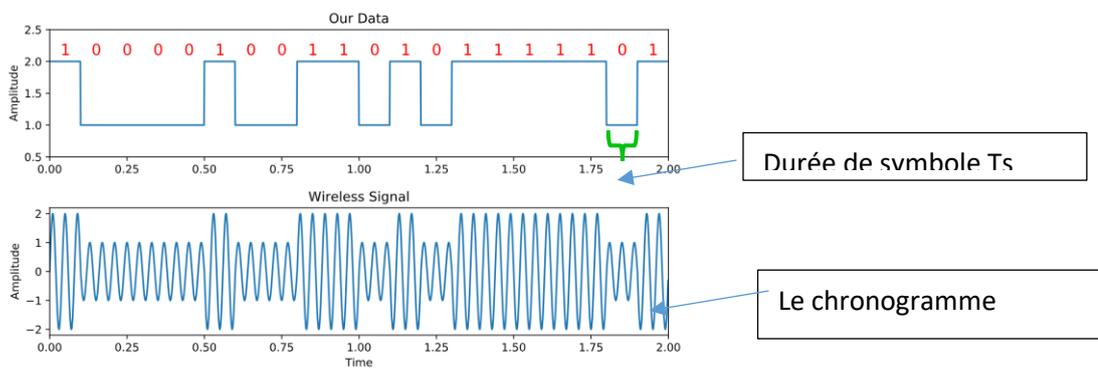
La relation entre M le niveau de déplacement et n le nombre de bits est donné par :

$$n = \log_2(M) \quad \text{et} \quad M = 2^n$$

Le symbole contient un nombre fixe de bits : ici un seul bit soit 0 ou 1 (nombre de bits n=1)

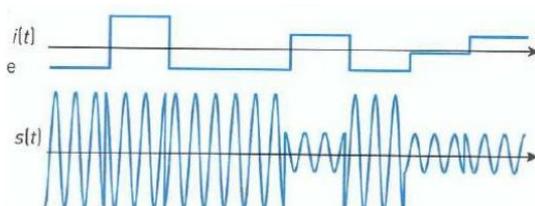
Lorsque M=2 la modulation es dite binaire noté 2-ASK et le symbole dite symbole binaire.

On définit aussi la durée du symbole  $T_s = n \cdot T_B$  ( $T_B$  est la durée de bit) , dans ce cas n=1 es donc  $T_s = T_B$



**4.1.2 Modulation M-aire**

Lorsque M>2 , la modulation est M-aire et le symbole dite symbole M-aire et chaque symbole contient un nombre de bit fixe égale à  $\log_2(M)$ .



**M=4** donc 4 déplacements d’amplitude  
 $n = \log_2(M) = \log_2(4) = 2$  donc chaque symbole contient 2 bits soit : **00, 01, 10** ou **11**

## 4.2 Caractéristiques

- **La rapidité de la modulation**

On définit la rapidité de modulation, en bauds, est le nombre de changement d'états d'amplitude par seconde :  $R=1/T$  mesurée en bauds

Dans le cas de modulation binaire :

$$R_B = \frac{1}{T_B}$$

Dans le cas de modulation M-aire :

$$R = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{nT_B} = \frac{R_B}{n}$$

- **Le débit binaire :**

Est le nombre de bits transmis par seconde noté D avec  $D \geq R$  mesuré en bits/seconde; la relation entre le débit binaire et la durée binaire  $T_B$  est donné par :

$$D = \frac{1}{T_B} = \frac{n}{T_s} = n \cdot R_B$$

Cas particulier : dans le cas de la modulation binaire  $n=1$  alors  $D = R_B$

- **Le taux d'erreur binaire TEB**

La qualité d'une liaison est liée au TEB qui est définit par :

$$TEB = \frac{\text{nombre de bits erronés}}{\text{nombre de bits transmis}}$$

- **L'efficacité spectrale :**

Est définit par la relation :  $\eta = \frac{\text{débit binaire}}{\text{largeur de bande occupé par le signal modulé}}$

L'efficacité spectrale s'exprime en bit/s/Hz

- **Diagramme de la constellation :**

Le diagramme de constellation permet de représenter tous les états possibles de la modulation.

**Exemple :**

Si on prend le cas de deux modulation binaire donc  $M=2$  dans ce cas le nombre d bits  $n=1$

- **Le Symbole 0** correspond à l'amplitude  $a_0 = 0$  (absence de signal)
- **le Symbole 1** : correspond à l'amplitude  $a_1 = 0$  (présence de signal)

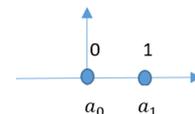
### Expression du signal modulé

L'expression du signal modulé par ASK est exprimée par :

$$s(t) = \sum_k^M a_k g(t - kT) \cos(2\pi f_p)$$

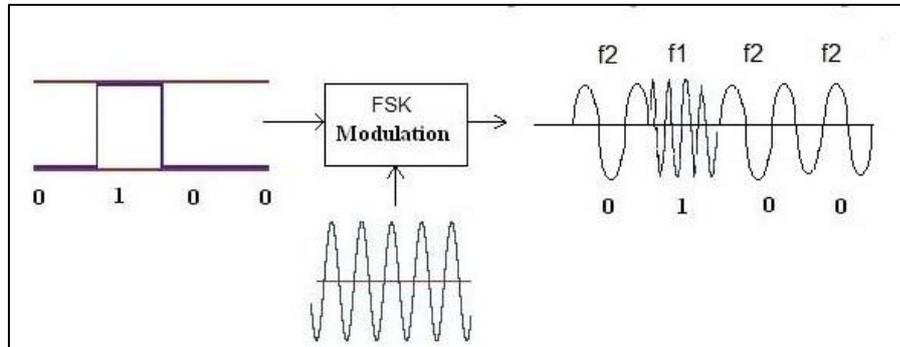
$\sum_k^M a_k g(t - kT)$  : le signal modulant avec M est le niveau de modulation,

$a_k$  sont les amplitudes de modulation dans le cas de M-aire Avec :  $a_k = 2K - M - 1$



**5. FSK (frequency-shift keying)**

Est une forme de modulation à amplitude et phase constants et une fréquence qui varie suivant le signal information ,Le principe de FSK est de Coder le 0 par une fréquence f2 (basse), et le 1 par une fréquence f1 (haute).



L'expression du signal modulé s'écrit :

$$m(t) = \cos\left(2\pi\left(f_0 \pm a_k \frac{\Delta f}{2}\right)t\right)$$

Avec la fréquence instantanée est défini par :  $f(t) = f_0 \pm a_k \frac{\Delta f}{2}$

Et  $\Delta f = \frac{\text{Bande de fréquence}}{M}$

PSK : Coder le 0 par une phase de référence égale à 0, et le 1 par une phase de 180°

