

## TP n°11 : étude comparée des modulations ASK FSK et PSK.

→ But du TP : le but de ce onzième TP de seconde année est l'étude de plusieurs caractéristiques des modulations numériques ASK, FSK et PSK, à partir d'une question posée dans un forum de discussion : quelle modulation numérique vaut-il mieux utiliser, si on veut satisfaire à différents critères ? L'étude comparée se fera de manière pratique à partir de quelques critères : encombrement spectral et simplicité de la démodulation. On étudiera dans ce TP plus précisément les modulations ASK et FSK. La modulation PSK fera l'objet de TP ultérieurs.

Problème posé : dans un forum de discussion, on pouvait lire la question :  
« which is better candidate for application involving less bandwidth ,less probability of error,circuit complexity ? »

Un internaute avait répondu :

- FSK-----Bandwidth Heavy....lower error probability....complex.
- ASK-----Bandwidth Efficient....higher error probability (noise)....not much complex.
- PSK-----Bandwidth Efficient....error probability increases with levels ...very complex.

On veut essayer de vérifier quelques-unes des assertions contenues dans ces réponses.

### RAPPEL DES NOTIONS DE BASE ET PRINCIPALES DEFINITIONS

La transmission de signaux numériques fait appel à quelques notions de base qui sont rappelées ci-après :

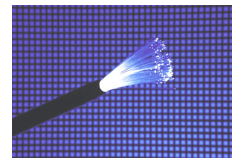
**Débit binaire** :  $D = 1/T_b$  où  $T_b$  est la durée d'un bit en seconde

**Taux d'erreur bits** :  $TEB = \frac{\text{nombre d'éléments binaires faux}}{\text{nombre d'éléments émis}}$

**Efficacité spectrale** :  $\eta = D/B = \frac{\text{débit binaire}}{\text{bande occupée autour de la porteuse}}$

L'efficacité spectrale s'exprime en bit/s/Hz. Elle caractérise la capacité d'une modulation à "passer" un débit maximum dans une largeur de canal minimum. Elle est comprise entre 2 et 8 pour des modulations dites performantes.

**Interférence intersymbole** : Elle caractérise la qualité de la liaison et l'aptitude du récepteur à discriminer les 0 et les 1 après une transmission qui a altéré et déformé les bits.



## A) étude temporelle et fréquentielle des modulations ASK et FSK.

i. Générateur de séquences pseudo-aléatoires :

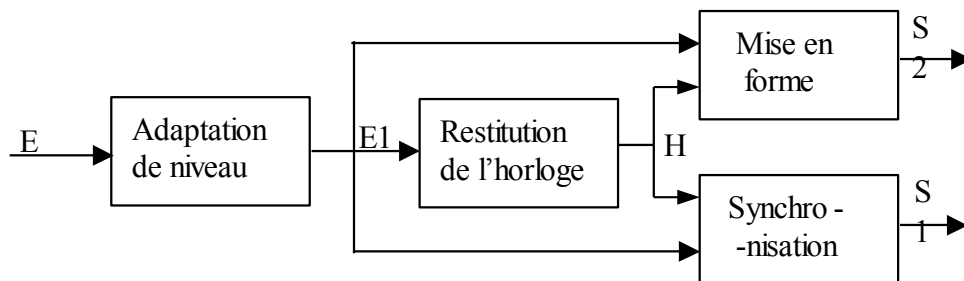
Le générateur de séquences pseudo-aléatoires sera créée à l'aide de la liaison série du PC et du logiciel LabView (voir TP 8). Le VI est : « transmission\_série.vi » présent dans le répertoire de classe.

### Vérification du fonctionnement.

Brancher le câble série entre le PC et la borne TX (vert ou rouge) sur une voie de l'oscilloscope.

Lancer le « vi » après avoir préalablement indiqué le port série « COM1 »

On dispose d'une maquette dont une partie peut être décrite par le schéma fonctionnel donné ci-dessous :



e : signal numérique issu du PC à la norme RS232  $\pm 12V$

e<sub>1</sub> : signal numérique 0\_5V

h : horloge 0/10V reconstituée par PLL

s<sub>1</sub> : signal numérique codé NRZ unipolaire 0-10V

s<sub>2</sub> : signal numérique codé RZ unipolaire 0-10V

Régler la vitesse de transmission de la liaison RS232 à D = 9600 bauds.

### Visualiser et représenter les signaux e(t) et e1(t).

- indiquer les valeurs binaires ( 0 ou 1 ) correspondant aux niveaux analogiques visualisés
- vérifier la compatibilité : débit en bits/s et durée d'un bit.

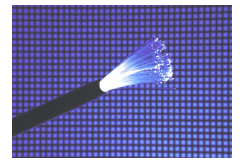
ii. Génération d'un signal modulé ASK :

Rappeler le principe de la modulation ASK et donner un exemple de la forme du signal modulé.

On veut générer, à l'aide du générateur de signaux Agilent 33220, un signal modulé ASK tel que :

- un état logique « 1 » est représenté par une amplitude de E1 V.
- un état logique « 0 » est représenté par une amplitude de E0 V.
- la porteuse aura pour fréquence  $f_p = 100 \text{ kHz}$ .

A l'aide de la notice d'utilisation de cet appareil (présente dans le répertoire classe), générer ce signal et représenter en concordance de temps le signal modulé et le signal modulant. Imprimer ces deux chronogrammes en indiquant les états logiques du signal modulant.



A l'aide de l'oscilloscope, donner la densité spectrale du signal modulé. Imprimer cette courbe en n'oubliant pas le SPAN et le CENTER.

Mesurer grâce aux curseurs, l'encombrement spectral de ce signal et comparer-le à la valeur théorique :  $B = 2 \cdot Db$

Calculer l'efficacité spectrale pratique pour une modulation OOK et comparer-la à la valeur théorique :  $\eta = D/B = 0,5$

### iii. Génération d'un signal modulé FSK :

Rappeler le principe de la modulation FSK et donner un exemple de la forme du signal modulé.

Pour les modulations FSK, on rappelle qu'on définit un indice de modulation  $\mu$  tel que :

$$\mu = \frac{f_1 - f_0}{Db} = \frac{2 \cdot \Delta f}{Db} \quad \text{car } f_1 = fp + \Delta f \text{ et } f_0 = fp - \Delta f \quad \text{où } fp \text{ est la fréquence porteuse.}$$

On veut montrer que, pour un indice de modulation supérieur à 2, l'encombrement spectral est donné par une « règle de Carson » :  $B = 2 \cdot (\Delta f + Db)$ .

Calculer  $f_0$  et  $f_1$  si on impose  $Db = 9600$  bits/sec ,  $fp = 100$  kHz et  $\mu = 3$ .

Générer le signal modulé et visualiser la DSP du signal modulé. Montrer qu'il a la forme de deux modulations OOK. Imprimer cette DSP . Mesurer grâce aux curseurs, l'encombrement spectral de ce signal et comparer-le à la valeur théorique donnée par la règle de Carson.

Calculer l'efficacité spectrale et comparer-la à celle de la modulation OOK.

On veut générer ensuite, à l'aide du générateur de signaux Agilent 33220, un signal modulé FSK tel que :

- la porteuse a une fréquence  $fp = 20$  kHz.
- un état logique « 0 » est représenté par une fréquence de  $f_0$  .
- un état logique « 1 » est représenté par une amplitude de  $f_1$  .
- le débit sera de  $Db = 1200$  bits/sec. Ceci correspond à la norme V23 (Minitel)
- l'indice de modulation est fixé à  $\mu = 0.66$ .

Calculer  $f_0$  et  $f_1$  .

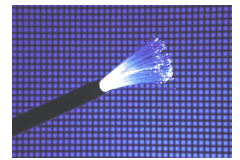
A l'aide de la notice d'utilisation de cet appareil, générer le signal modulé FSK (ne pas oublier de modifier la séquence pseudo-aléatoire pour avoir  $Db = 1200$  bits/sec) et représenter en concordance de temps le signal modulé et le signal modulant.

Imprimer les deux chronogrammes en indiquant les états logiques du signal modulant.

A l'aide de l'oscilloscope, donner la densité spectrale d'amplitude (FFT du signal)

Mesurer grâce aux curseurs, l'encombrement spectral de ce signal et comparer-le à la valeur théorique :  $B = 2 \cdot (f_1 - f_0)$

Montrer que la DSP est pratiquement plate entre  $f_0$  et  $f_1$  .

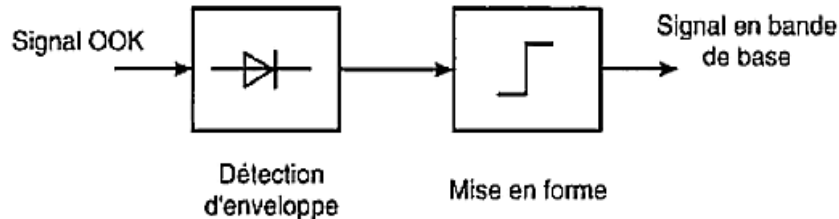


## B) étude de la démodulation des signaux de modulations ASK et FSK.

### i. Démodulation ASK :

Rappeler les deux méthodes utilisées pour démoduler un signal analogique modulé en amplitude (AM).

On veut utiliser la méthode par détection d'enveloppe :



Donner le schéma du circuit qui permet d'effectuer une détection d'enveloppe (au besoin, rechercher sur le cours du chapitre sur les modulations analogiques ... )

Quelle condition doivent remplir les composants R et C du circuit si on veut démoduler le signal OOK avec un débit binaire de  $D_b = 9600$  bits/sec et une fréquence de la porteuse de  $f_p = 1$  MHz. Effectuer le schéma avec les valeurs de composant et vérifier que la détection d'enveloppe est correcte. Imprimer les courbes.

A quoi sert le circuit de mise en forme et avec quels composants peut-on effectuer cette opération ?

Les composants de ce circuit doivent-ils être obligatoirement avoir une bande passante correspondant à  $f_p$  ?

Câbler le montage complet et imprimer les courbes permettant de vérifier que la démodulation est correcte.

### ii. Démodulation FSK :

On veut démoduler le signal modulé en FSK suivant la norme V23 (déjà généré au paragraphe précédent de la FSK).

Citer au moins deux méthodes qui permettent de démoduler un signal modulé en fréquence pour des signaux analogiques.

Appliquer la méthode utilisant une PLL avec le composant 4046 déjà utilisé lors d'un TP précédent. Le datasheet de ce composant sera donné dans le répertoire du TP.

iii. Conclusion : la réponse de l'internaute :

- FSK-----Bandwidth Heavy....lower error probability....complex.
- ASK-----Bandwidth Efficient....higher error probability (noise)....not much complex.

Est-elle vérifiée pour ce qui est des critères de bande passante et de complexité ?