

## TD n° 3

### Exercice 1 :

Un signal  $s(t)$  de fréquence 1 MHz d'amplitude 1 volt est modulé en fréquence. L'onde modulante est une onde sinusoïdale d'amplitude  $A_{BF} = 2,5$  V et de fréquence  $f_{BF} = 500$  Hz. L'excursion de modulation est 5,5 kHz.

Ecrire l'expression mathématique du signal modulé, déterminer l'indice de modulation

### Exercice 2 :

Soit le signal modulé en fréquence suivant  $v_i(t) = V_0 \cos(\omega_1 t + 0.5 \sin(\omega_2 t))$

On prendra  $V_0 = 1$  V ,  $\omega_1 = 10^7$  rad/s et  $\omega_2 = 10^4$  rad/s.

- 1 – Donner la fréquence de la porteuse, la fréquence modulante, l'excursion en fréquence, l'indice de modulation et l'encombrement spectral.
- 2 – Représenter l'allure du spectre  $S(F)$  de  $s(t)$ . Donner la bande de fréquence occupée par  $S(F)$ .

### Exercice 3: Calcul de bande passante

Une porteuse de fréquence  $f_c = 100$  MHz et d'amplitude 1 Volt est modulée en fréquence par un signal sinusoïdal d'amplitude  $A_m = 20$  volts et de fréquence  $f_m = 100$  kHz. La sensibilité fréquentielle du modulateur est  $k_f = 25$  kHz/volt.

1. Estimer la bande passante du signal FM en utilisant la règle de Carson.
2. Refaire l'estimation en ne considérant que les composantes latérale du spectre dont l'amplitude atteint au moins un pourcent de celle de la porteuse non-modulée.
3. Consulter les tables mathématiques pour les fonctions de Bessel d'ordre 0 à n
4. Que deviennent ces résultats si on double l'amplitude du signal modulant? Et si on double sa fréquence?
5. Que vaudra la bande passante pour une modulation de phase ?

### Exercice 4: FM à bande étroite

On considère une porteuse  $s(t)$  de fréquence  $f_c$ , modulée en FM par un signal sinusoïdal  $m(t)$  de fréquence  $f_m$ . L'indice de modulation  $\delta$  est supposée très petite ( $\delta \ll 1$ ).

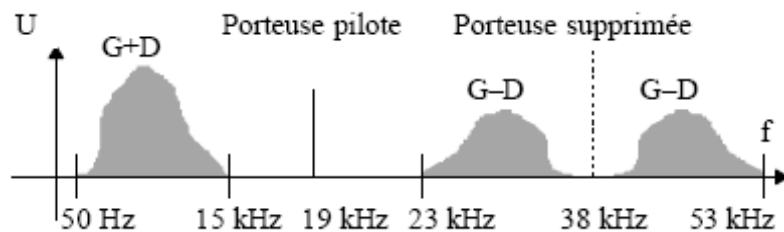
1. Calculer la bande passante requise en comparant les amplitudes relatives des raies latérales du signal modulé. Pour ce faire, effectuer un développement en série et conserver les termes jusqu'au deuxième ordre.
2. Jusqu'à quelle valeur maximale  $m$  de l'indice de modulation pourra-t-on estimer la bande passante à  $2f_m$  si l'on considère que les raies latérales d'amplitude inférieure à un pourcent de celle de la porteuse non-modulée peuvent être négligées?

3. Quelle est la puissance moyenne de  $s(t)$ , exprimée en pourcentage de moyenne de la porteuse modulée? Quel était ce pourcentage pour  $s(t)$ ?

**Exercice 5** : Modulation AM et FM Application à la transmission FM stéréophonique.

Un son stéréo se différencie du son mono par la possibilité d'émettre des sons différents sur chaque enceinte gauche et droite. Toutefois, le signal transmis doit aussi être compatible avec des récepteurs mono, pour lequel le signal émis doit être la somme des signaux émis sur chaque enceinte stéréo. On appelle G le signal émis sur l'enceinte Gauche et D, le signal destiné à l'enceinte droite.

La solution retenue pour la compatibilité mono/stéréo consiste à émettre simultanément un signal G+D contenant le message de la voie droite plus celui de gauche et un signal G-D contenant le message de la voie droite moins celui de gauche. Le signal G+D est à basse fréquence alors que le signal G-D est modulé AM avec suppression de porteuse autour de 38 kHz. Une fréquence pilote à 19 kHz est transmise simultanément. Le spectre du signal modulant est alors le suivant :



*Quels éléments électronique faut il pour démoduler le signal ?*