
TD n°5 « Fonctions de l'Electronique »
Modulation et démodulation de fréquence analogique

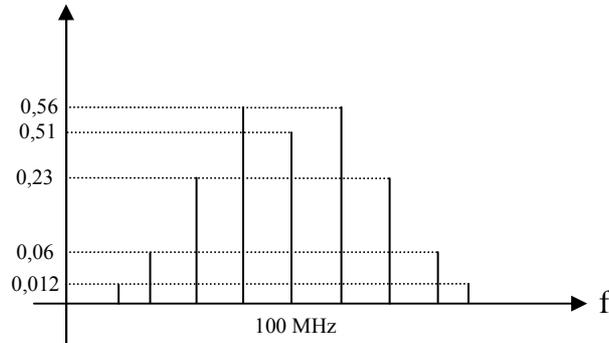
Exercice n°1

- 1) Donner les définitions de la modulation de fréquence FM et de phase PM.
- 2) Quelle est la différence fondamentale entre l'indice de modulation FM et l'indice de modulation PM ?
- 3) La fréquence instantanée maximale d'un signal FM est 105,525 MHz et la fréquence de la porteuse est 105,45 MHz. Sachant que la fréquence modulante est de 2,5 kHz, calculer l'excursion de fréquence, l'indice de modulation ainsi que la bande de fréquence occupée par ce signal.
- 4) Quelle est la bande de fréquences B_f d'un signal FM dont l'indice de modulation vaut 0,2 sachant que la fréquence f_m du signal modulant est de 10 kHz ?
- 5) Quelle est la bande de fréquence B_f d'un signal FM dont l'indice de modulation est 30 et la fréquence modulante 1,5 kHz ?
- 6) Un modulateur de fréquence délivre un signal tel que $S_m = 2V$, $f_m = 15$ kHz, $f_p = 10$ MHz et $m_{FM} = 1$.
 - a. Calculer l'excursion (ou déviation) de fréquence Δf de ce signal.
 - b. Déterminer les différentes composantes spectrales attendues.
 - c. Calculer leurs amplitudes respectives et représenter le spectre de l'onde FM.
- 7) On considère une porteuse sinusoïdale d'amplitude S_m , modulée en fréquence autour de $f_p = 10$ MHz par un signal modulant sinusoïdal de fréquence $f_m = 10$ kHz. L'indice de modulation vaut $m_{FM} = 3$. La puissance du signal est de 25 dBm sur une résistance de 25 Ω . On rappelle que la puissance totale P fournie par l'onde modulée dans une résistance R est égale à la somme des puissances véhiculées par la porteuse et par les deux bandes latérales. Celle-ci s'exprime selon la relation :

$$P = \frac{S_m^2}{2R} \sum_{k=-\infty}^{k=+\infty} J_k^2(m_{FM})$$

- a. Quelle différence majeure y a-t-il par rapport à la puissance totale véhiculée par un signal modulé en amplitude avec porteuse ?
- b. Déterminer l'amplitude S_m du signal modulé.
- c. Déterminer les différentes composantes spectrales attendues. Calculer leurs amplitudes respectives et représenter le spectre de l'onde FM.

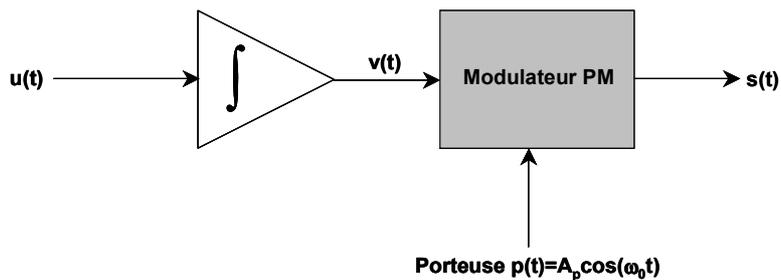
- 8) Le spectre d'une onde FM représenté ci-dessous occupe une largeur de bande de 12 kHz.
- Trouver l'indice de modulation, la fréquence modulante et l'excursion de fréquence.
 - Si la fréquence modulante est deux fois moindre et que le message conserve la même amplitude, trouver l'indice de modulation, l'excursion de fréquence ainsi que la bande de fréquence du nouveau signal modulé.
 - Reprendre la question b. si le signal modulant double d'amplitude tout en conservant la fréquence de la question a.



Exercice n°2

Un modulateur PM délivre un signal $s(t) = S_m \cos[\omega_0 t + ku(t)]$ tel que $S_m = 4V$ et $f_0 = 100$ kHz. Son excursion de fréquence est $\Delta f = 50$ kHz avec un signal modulant $u(t) = U_m \cos[\Omega t]$ d'amplitude $U_m = 2V$ et de fréquence $F = 10$ kHz.

- Déterminer le taux de modulation m . En déduire la valeur de k .
- Le signal modulant est maintenant fourni par un intégrateur (cf. figure 2).
 - Montrer que le signal de sortie $s(t)$ est désormais modulé en fréquence.
 - Calculer τ pour avoir la même excursion de fréquence Δf .
- Représenter les signaux modulés PM et FM en concordance avec $u(t)$. Comparer.



Exercice n°3

On se propose d'étudier le démodulateur FM à déphasage (cf. figure 2)

- Pour un signal d'entrée du type $e(t) = E_m \cos[\omega t]$ la réponse du filtre F est $v(t) = V_m \cos[\omega t + \varphi]$. Exprimer V_m et φ . On pourra poser $\omega_0 = 1/R_0 C_0$. Quel est le rôle du filtre F ?
- Le multiplieur délivre $u(t) = k \cdot e(t) \cdot v(t)$. Montrer que $u(t)$ peut se décomposer en un terme dépendant de φ et un terme sinusoïdal de pulsation 2ω .

- 3) Le filtre passe-bas présente une amplification statique unité et une bande passante très inférieure à $2f = 2\omega/\pi$. Donner alors l'expression approchée de s en fonction de ω . Tracer la caractéristique $s(f)$ du démodulateur.
- 4) Autour de la fréquence f_0 , la courbe est assimilée à sa tangente. Donner son équation.
- 5) Le signal $e(t)$ est modulé en fréquence autour de f_0 , par un signal BF $m(t)$. La fréquence instantanée du signal modulé s'écrit alors $f(t) = f_0 + \alpha m(t)$. Montrer que le signal $s(t)$ issu du démodulateur est environ proportionnel à $m(t)$ lorsque $\alpha m(t) \ll f_0$.

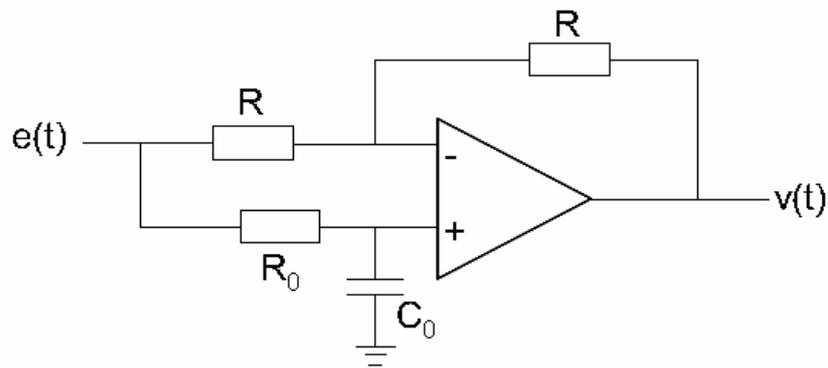
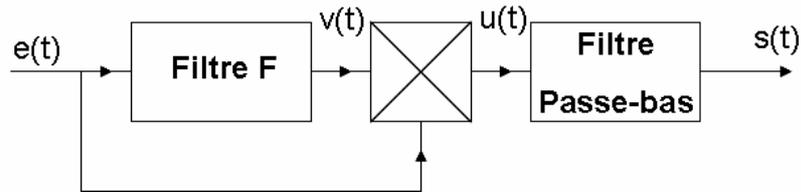


Figure 2