

Série N°3: Modulation et Démodulation de fréquence**Exercice 1**

On considère un signal sinusoïdal dont l'expression mathématique est :

$$x(t) = 5\cos(2\pi 1000t + \pi/2)$$

Sachant que : « $2\pi 1000t + \pi/2$ » est la phase du signal, notée souvent $\theta(t)$ et « $\pi/2$ » est la phase à l'origine des temps (ou à $t=0$).

1) Par quelle opération mathématique obtient-on la pulsation de ce signal ? En déduire la formule générale donnant la fréquence $f(t)$ d'un signal sinusoïdal à partir de sa phase $\theta(t)$.

2) En appliquant ce résultat, déterminer la fréquence $f(t)$ des signaux suivants :

a) $e_1(t) = 10\cos[6283200t - 10\cos(3141t)]$

b) $e_2(t) = 30\sin[\pi(1 + 2000t + 50t^2)]$

3) Donner l'expression d'un signal sinusoïdal dont la fréquence instantanée s'écrit :

a) $f_1(t) = 5000 + 10.e^{5t}$

b) $f_2(t) = 106 + 10.t$

Exercice 2

On considère le signal modulé en fréquence dont l'expression est :

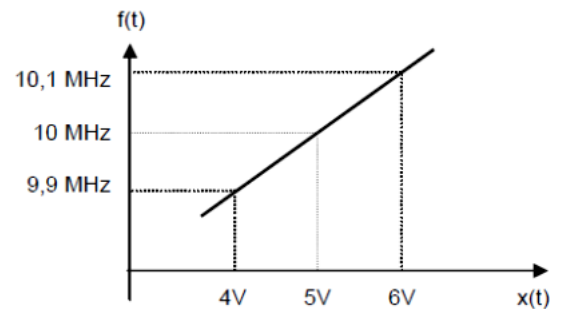
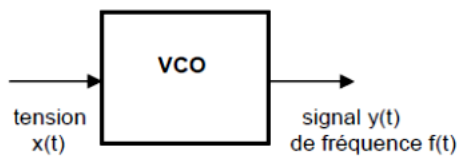
$$e(t) = 10 \cos[6283200t - 5\cos(3141t)]$$

Déterminer :

- L'expression de sa fréquence instantanée $f(t)$
- La Fréquence f_0 de la Porteuse
- La Fréquence F du Signal Modulant
- L'excursion en Fréquence Δf
- L'indice de Modulation m
- L'allure du Spectre du Signal Modulé
- Sa bande spectrale B
- Sa Puissance Sur une Antenne $R = 50 \Omega$

Exercice 3 :

Pour générer un signal modulé en fréquence, on utilise un VCO ayant la caractéristique suivante :



On applique à l'entrée de ce VCO le signal $x(t) = 5 + 0,5\cos(2\pi Ft)$ avec $F = 10$ kHz.

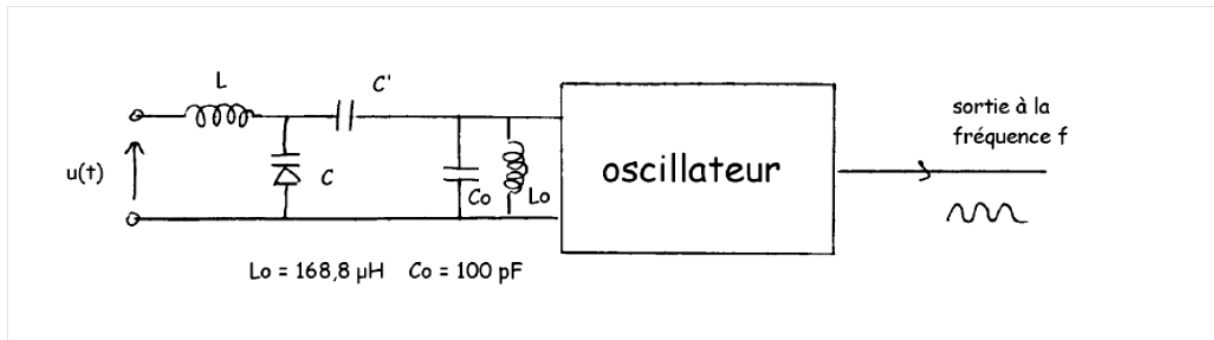
- 1) Calculer la fréquence centrale f_0 du signal en sortie et son excursion en fréquence Δf .
- 2) En déduire l'indice de modulation m .
- 3) Sachant que le VCO fournit en sortie une tension d'amplitude 5V, tracer le spectre du signal $y(t)$ produit par le VCO et en déduire la largeur de bande B occupée par ce signal.
- 4) Ce signal est envoyé sur l'antenne de résistance $R = 50\Omega$ après avoir traversé un ampli de gain $G = 40$ dB. Calculer la puissance totale émise P .

Tableau des fonctions de Bessel

| m | J_0 | J_1 | J_2 | J_3 | J_4 | J_5 | J_6 | J_7 | J_8 | J_9 | J_{10} |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 0,25 | 0,98 | 0,12 | | | | | | | | | |
| 0,5 | 0,94 | 0,24 | 0,03 | | | | | | | | |
| 1,0 | 0,77 | 0,44 | 0,11 | 0,02 | | | | | | | |
| 1,5 | 0,51 | 0,56 | 0,23 | 0,06 | 0,01 | | | | | | |
| 2,0 | 0,22 | 0,58 | 0,35 | 0,13 | 0,03 | | | | | | |
| 2,5 | -0,05 | 0,50 | 0,45 | 0,22 | 0,07 | 0,02 | | | | | |
| 3,0 | -0,26 | 0,34 | 0,49 | 0,31 | 0,13 | 0,04 | 0,01 | | | | |
| 4,0 | -0,40 | -0,07 | 0,36 | 0,43 | 0,28 | 0,13 | 0,05 | 0,02 | | | |
| 5,0 | -0,18 | -0,33 | 0,05 | 0,36 | 0,39 | 0,26 | 0,13 | 0,05 | 0,02 | | |
| 6,0 | 0,15 | -0,28 | -0,24 | 0,11 | 0,36 | 0,36 | 0,25 | 0,13 | 0,06 | 0,02 | |

Exercice 4

La fréquence d'un oscillateur est déterminée par la fréquence de résonance d'un circuit accordé :



A la fréquence de fonctionnement, on admet que L a une impédance très grande et C' une impédance très faible.

La capacité C de la diode varicap est liée à sa tension de polarisation en inverse par

$$C = \frac{K}{\sqrt{u(t)}}$$

- 1) Dessiner le schéma équivalent du montage à la fréquence de fonctionnement et en déduire l'expression de la fréquence d'oscillation f en fonction de L_o , C_o et C .
- 2) Sachant que $C = 50 \text{ pF}$ si $u(t) = 10 \text{ V}$, calculer la fréquence f_0 du signal produit par l'oscillateur lorsque la tension de commande vaut $u(t) = 10 \text{ V}$.
- 3) Si la tension $u(t)$ est la superposition d'une composante continue et d'un signal BF : $u(t) = 10 + 1\cos(2\pi 1000t)$, calculer la valeur maximale f_{\max} et minimale f_{\min} de la fréquence d'oscillation.
- 4) En déduire les caractéristiques du signal produit par cet oscillateur.
- 5) Expliquer le rôle des composants L et C' et proposer des valeurs.

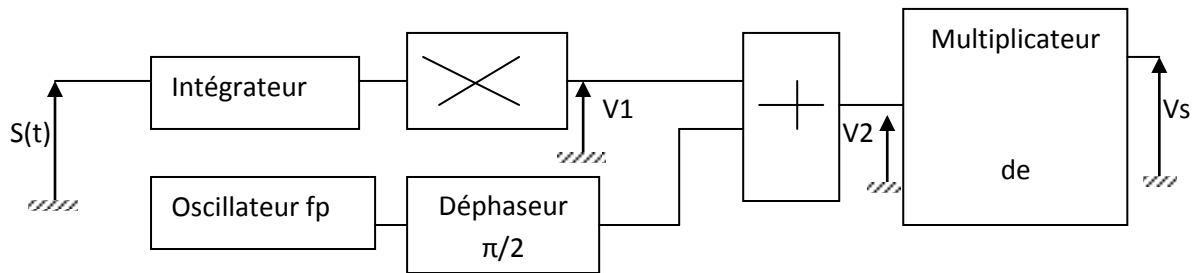
Exercice 5

On considère un signal modulé en fréquence VFM

1. Ecrire l'expression de définition de ce signal d'une manière générale
2. Le signal $s(t)$ modulant est une composante continue de valeur égale à ' b ' (b est une constante réelle)
 - 2.1. Ecrire dans ce cas, l'expression du signal modulé
 - 2.2. Quelle est la fréquence du signal modulé et quel est l'indice de modulation
3. Calculez le spectre du signal modulé et donnez sa représentation pour les cas suivants $b=0$, $b=0,5$

Exercice 6

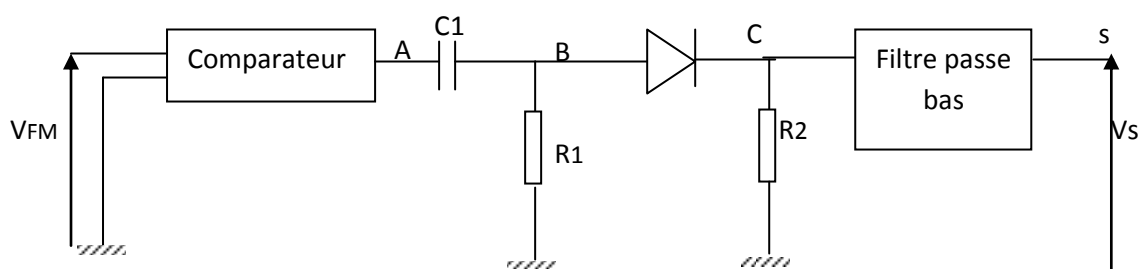
On considère le circuit de modulation suivant:



1. Dans le cas où $s(t)$ et $V_p(t)$ sont deux signaux sinusoïdaux $s(t) = s \cos \Omega t$, $V_p = A \cos(2\pi f_p t)$, donnez l'expression du signal $V_2(t)$
2. Donnez l'expression du signal $V_s(t)$, donnez l'expression de l'indice de modulation
3. A quelle condition à t on au niveau de la tension $V_2(t)$ une modulation de fréquence ?

Exercice 7

On considère que le circuit de la figure suivante



La tension d'entrée est un signal modulé en fréquence et le signal modulant est $s(t) = a$ (a est constante réelle).

La constante de temps est $R_1 C_1 \ll T$ avec T est la plus faible période du signal modulé en fréquence. De même $f_c \ll f_{FM}$ (f_c est la fréquence de coupure du filtre passe bas, f_{FM} est la fréquence du signal modulé en fréquence). La diode est considérée idéale. Les niveaux Bas et

Haut à la sortie de comparateur sont respectivement 0v et 5v.

1. Donnez l'allure des signaux aux ponts A, B, C et S
2. Exprimez les relations de définition des tensions aux points B, C et donnez l'expression de $V_s(t)$ en fonction des paramètres du signal VFM

3. Dans le cas où $a = 0$, déduire la fréquence de la porteuse sachant que la tension mesurée en sortie est de 0,5v , $R1 = 100\Omega$, $C = 10 \text{ pF}$
4. La valeur de la constante a est inconnue pour cette question et la tension mesurée en sortie= 0,6V, déterminez la fréquence du signal modulé, la fréquence et l'amplitude du signal modulant. La relation entre l'amplitude du signal $s(t)$ et l'excursion en fréquence est définie par $\Delta f = S/ER1C1$
5. Si $s(t) = s \cos \Omega t$ dans ce cas, comment va évoluer la tension de sortie $V_s(t)$?