CAPES externe 1996

A) PREMIÈRE PARTIE

SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN OSCILLATEUR À FRÉQUENCE MODULÉE.

I) Étude d'un oscillateur.

1-1) On considère le quadripôle représenté sur la figure 1 ci-dessous.

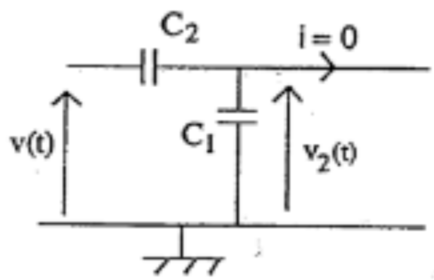

fig. 1

Dans ce montage, C_1 et C_2 sont les capacités des deux condensateurs; $v(t)$ et $v_2(t)$ sont les valeurs instantanées des tensions d'entrée et de sortie du quadripôle.

On suppose que le régime de fonctionnement du quadripôle est sinusoïdal de pulsation ω.

Pour la suite du problème, on utilisera la notation complexe dont on rappelle que :
- l'amplitude complexe de la grandeur instantanée sinusoïdale $v(t)$ est notée $\underline{V}$,
- le nombre complexe dont le carré est égal à -1 est noté j ce qui implique $j^2 = -1$.

1-1-1) Donner le nom de ce montage classique et préciser son utilité.

Exprimer le rapport $\dfrac{\underline{V}_2}{\underline{V}}$ en fonction de C_1 et C_2.

Quelle relation existe-t-il entre les phases de $v_2(t)$ et de $v(t)$?

1-1-2) On considère maintenant le quadripôle représenté sur la figure 2 ci-dessous.

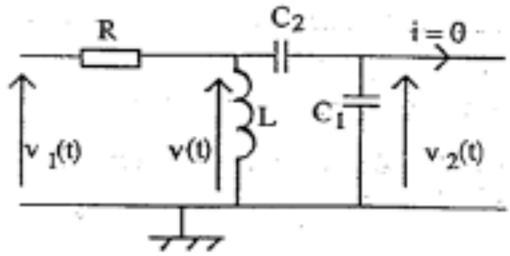

fig. 2

On reconnaît, en partie dans cette représentation, le quadripôle de la figure 1.
Dans ce montage, R est la valeur de la résistance, L celle de l'inductance de la bobine; $v_1(t)$ est la tension d'entrée du nouveau quadripôle.
On convient de noter $\underline{Z}$ l'impédance complexe de l'ensemble formé par la bobine d'inductance (L) et les deux condensateurs (C_1 et C_2).

Établir l'expression de $\underline{Z}$ en fonction de L, C_1, C_2 et ω.

1-1-3) Exprimer le rapport $\dfrac{\underline{V}}{\underline{V}_1}$ en fonction de R et $\underline{Z}$, puis en fonction de R, L, C_1, C_2 et ω.

1-1-4) En déduire l'expression de la fonction de transfert $\underline{T}(j\omega) = \dfrac{\underline{V}_2}{\underline{V}_1}$ que l'on mettra sous la forme:

$$\underline{T}(j\omega) = \frac{1}{a + \dfrac{1}{bj\omega} + dj\omega}$$

Expliciter les coefficients a, b et d de la fonction de transfert $\underline{T}$ en fonction de R, L, C_1 et C_2.

Quelles sont les dimensions des coefficients a, b et d?

1-2)
On envisage maintenant l'utilisation d'un amplificateur opérationnel, supposé idéal, en régime de fonctionnement linéaire. Dans ces conditions, on a: $v_+ = v_-$ et $i_+ = i_- = 0$ (figure 3)

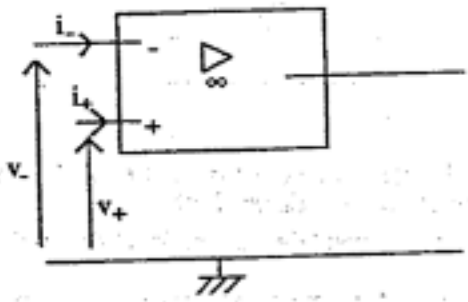

fig. 3

$v_+ = v_-$

$i_+ = i_- = 0$

L'amplificateur opérationnel est inséré dans le montage représenté sur la figure 4 ci-dessous.
R_1 et R_2 sont deux résistances. On remarquera la présence du quadripôle de la figure 2 dans ce montage.

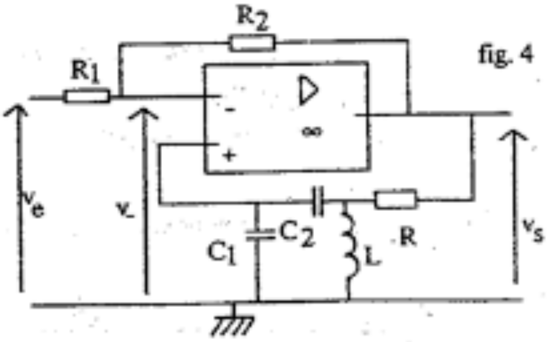

fig. 4

1-2-1) On envisage, pour ce montage, un régime de fonctionnement sinusoïdal permanent.

Exprimer l'amplitude complexe, $\underline{V}_-$, de deux manières différentes, tout d'abord
- en fonction de $\underline{V}_e$, $\underline{V}_s$, R_1 et R_2, puis
- en fonction de $\underline{T}$ et $\underline{V}_s$.

En déduire une relation entre $\underline{V}_e$ et $\underline{V}_s$ faisant intervenir $\underline{T}$, R_1 et R_2.

1-2-2) On relie maintenant R_1 directement à la masse, ce qui revient à annuler la tension d'entrée, ($v_e = 0$).

Montrer que, sous certaines conditions, on peut malgré tout avoir $v_s(t)$ différent de zéro.

Dans cette situation, $v_s(t)$ peut être une fonction sinusoïdale du temps. Exprimer la condition d'oscillation par une relation simple entre R_1, R_2, C_1 et C_2.

On pose $C' = \dfrac{C_1\ C_2}{C_1 + C_2}$. Exprimer la pulsation des oscillations en fonction de L et C'.

II) Étude d'un oscillateur à fréquence modulée.

2-1)

Pour réaliser un oscillateur à fréquence modulée, on branche une diode à capacité variable (ou "varicap") en parallèle avec la bobine d'inductance L.
Une varicap peut être assimilée à un condensateur dont la capacité C(s) est fonction d'une grandeur s, susceptible de varier avec le temps.

La capacité C(s) varie avec s selon la loi: $C(s) = A\, s^n$
A et n sont des constantes positives.

Le quadripôle représenté sur la figure 2 est alors modifié. Son nouveau schéma est reporté sur la figure 5:

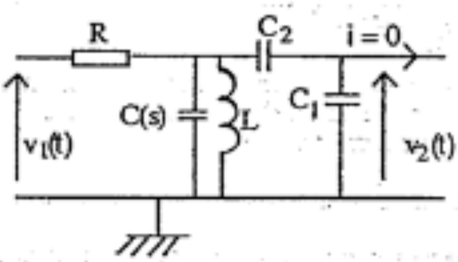

fig. 5

La fonction de transfert $\underline{T}'(j\omega)$ de ce nouveau quadripôle peut s'écrire:

$$\underline{T}'(j\omega) = \frac{1}{a' + \dfrac{1}{b'j\omega} + d'j\omega}$$

Expliciter les coefficients a', b' et d' en fonction de C(s), R, L, C_1 et C_2, en remarquant qu'il suffit de remplacer l'impédance complexe de la bobine par celle de l'ensemble bobine et "varicap" en parallèle.

2-2) On reprend le montage de la figure 4, dans lequel $v_e = 0$, en y introduisant la "varicap". On obtient le montage de la figure 6.

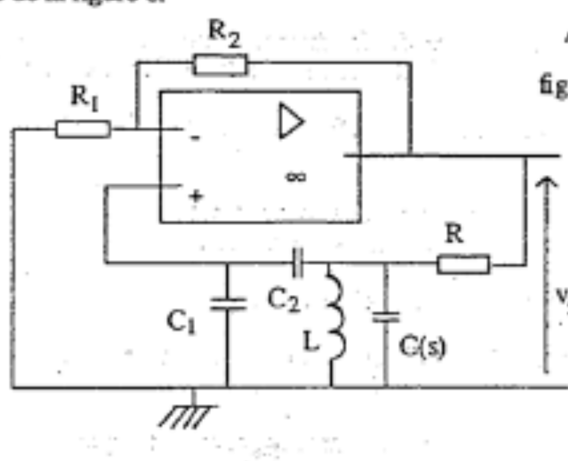

fig. 6

On fixe s à la valeur constante S_0, pour laquelle $C(S_0) = C_0$.

Exprimer la pulsation ω_0 de l'oscillateur, en fonction de C_0, L, C_1 et C_2.

2-3) On impose maintenant $s(t) = S_0 + \varepsilon \cos(\alpha t)$, où ε et α sont des constantes positives.

2-3-1) Sachant que $\varepsilon << S_0$, établir l'expression approchée au premier ordre de C(t).

2-3-2) En déduire l'expression de la pulsation instantanée $\omega(t)$ de l'oscillateur.

On convient de poser: $\omega(t) = \omega_0 (1 - \frac{\Delta\omega}{\omega_0} \cos \Omega t)$.

Établir les expressions de Ω et du taux de modulation $\beta = \frac{\Delta\omega}{\omega_0}$.

On parle, en langage courant, de "*porteuse*" et de "*signal modulant*".

Quelles sont les pulsations de ces deux signaux?

Quels sont leurs rôles respectifs ?

2-3-3)

a) Donner les ordres de grandeur des fréquences des porteuses pour les ondes radio, de télévision et de télécommunication par satellite.

b) Une grandeur introduite dans l'étude précédente intervient dans le réglage d'un récepteur lorsque l'on choisit de capter une émission parmi d'autres. Préciser cette grandeur et donner son ordre de grandeur usuel dans les communications radio.

c) Le dispositif étudié précédemment convient-il pour ce type de télécommunications; pourquoi?

d) Citer une autre méthode de modulation. La comparer succinctement à la modulation de fréquence et discuter ses avantages et inconvénients.

B) DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DE CONVERTISSEURS D'ÉNERGIE.

I) Étude thermodynamique théorique d'un moteur à combustion interne.

Préliminaires.

1-1) On considère un système fermé. Qu'est-ce qu'un système fermé?

Énoncer le premier principe de la thermodynamique pour un système fermé subissant une transformation "finie", c'est à dire non élémentaire, l'amenant d'un état 1 à un état 2.

Que traduit le premier principe de la thermodynamique ?

1-2)
On considère un système fermé constitué par n moles d'un gaz considéré comme parfait, pour lequel la capacité thermique molaire à volume constant Cv_m est constante.

Rappeler l'expression de l'équation d'état du système.

Donner l'expression de la différentielle de l'énergie interne du système en fonction de la température.

1-3) Le système précédent subit une transformation isentropique.

Qu'est ce qu'une transformation isentropique ?