PSI FEUILLE D'EXERCICES DE SCIENCES PHYSIQUES N° 3 19/09/2023
2023/2024

Thème : oscillateurs électriques

APPLICATIONS DIRECTES :

1. **Oscillateur quasisinusoïdal LC :**

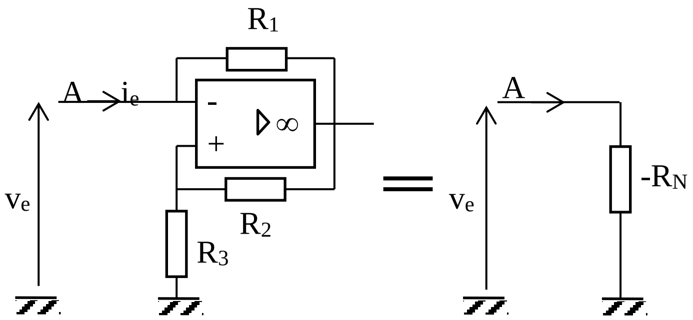
a. Comment peut-on réaliser un oscillateur harmonique uniquement avec une bobine et un condensateur ? Ecrire l'équation différentielle vérifiée par $u_c(t)$, tension aux bornes du condensateur. La résoudre et représenter $u_C(t)$ graphiquement.

b. On prend une bobine de 500 spires. Rappeler un ordre de grandeur la valeur de son inductance. Quelle valeur doit-on donner à C pour que la fréquence des oscillations soit de 5 kHz ?

c. Pourquoi, en pratique un tel oscillateur ne peut-il pas fonctionner ? Donner la nouvelle équation différentielle dont $u_c(t)$ est solution. Que vaut $u_C(t)$ en régime permanent ? Tracer l'allure des réponse possibles.

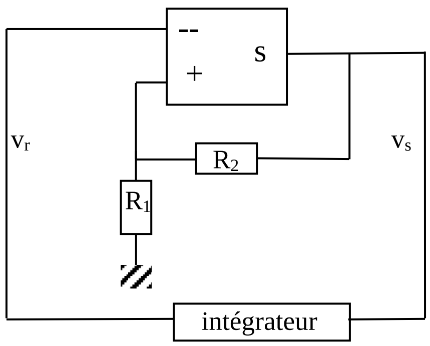
d. On rajoute une résistance négative, en série avec la bobine. Donner la nouvelle équation différentielle dont $u_c(t)$ est solution. Pour quelle valeur de cette résistance est-il possible de générer des oscillations quasisinusoïdales ? A quelle condition démarrent les oscillations ?

e. Justifier que le montage ci-contre, où l'ALI est idéal de gain infini et fonctionne en régime linéaire, permet de simuler une résistance négative. On donnera son expression en fonction de R_1, R_2 et R_3.



f. Représenter le schéma électrique complet de l'oscillateur à résistance négative.

2. **Générateur de signaux rectangulaires**



Soit le schéma semi-fonctionnel ci-contre. La chaîne de retour intégratrice est telle que $\tau \dfrac{dv_r}{dt} = v_s$, avec τ constante positive.

On suppose qu'à t = 0, v_s passe de $-V_{sat}$ à $+V_{sat}$. L'ALI est supposé idéal de gain infini en régime saturé.

a. Exprimer V+ en fonction de R_1, R_2 et v_s.

b. Etudier le signe de la tension différentielle de l'ALI, puis tracer le cycle du comparateur à hystérésis, $v_s(v_r)$ en justifiant son sens de parcours. Placer les instants t=0- et t=0+ sur le cycle.

c. Quelle est la valeur de la tension différentielle de l'ALI à t = 0- ? En déduire la valeur de $v_r(t=0-)$.

On suppose que la fonction $v_r(t)$ est continue.

d. Pour t > 0, donner l'expression de $v_r(t)$. Justifier notamment que $v_r(0) = -kV_{sat}$, on exprimera k en fonction de R_1 et R_2.

e. Jusqu'à quel instant t_1 cette expression reste-t-elle valable ? Que se passe-t-il alors ? Donner les valeurs de $v_r(t_{1-})$, $v_r(t_{1+})$, $v_s(t_{1-})$ et $v_s(t_{1+})$.

f. Tracer sur le même graphique $v_r(t)$ et $v_s(t)$.

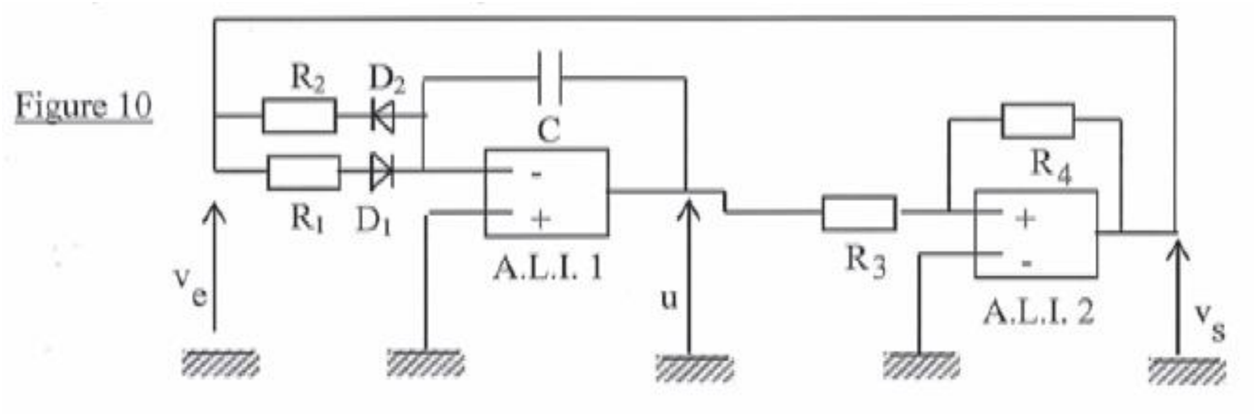
g. Déterminer la période des oscillations en fonction de k, V_{sat} et τ.

h. Représenter le schéma d'un intégrateur idéal à ALI. Ce montage réalise-t-il la condition $\tau \dfrac{dv_r}{dt} = v_s$ avec τ constante positive ? Proposer une solution.

EXERCICES :

I. Générateur de balayage

Le générateur de balayage délivre un signal en rampes. On propose le montage de la figure 10 suivante pour la réalisation de ce signal.



Les amplificateurs linéaires intégrés (A.L.I.) sont supposés idéaux. Ils sont alimentés par des tensions continues $\pm V_0$ avec $V_0 = 15$ V, et on suppose que leur tension de saturation est : $V_{sat} = V_0$.
Les diodes D_1 et D_2 sont des interrupteurs commandés par la tension v_e :

Si $v_e > 0$ D_1 est fermé et D_2 est ouvert.
Si $v_e < 0$ D_1 est ouvert et D_2 est fermé.

1. Que peut-on dire des courants d'entrée et du gain d'un A.L.I. idéal ?
2. Justifier que l'un des deux A.L.I. fonctionne nécessairement en régime de saturation.
3. On observe expérimentalement, pour la tension u(t), l'oscillogramme de la figure 11 ci-contre.

Echelle horizontale : 1 ms/division
Echelle verticale : 1 V/division

Justifier que l'autre A.L.I. fonctionne en régime linéaire.

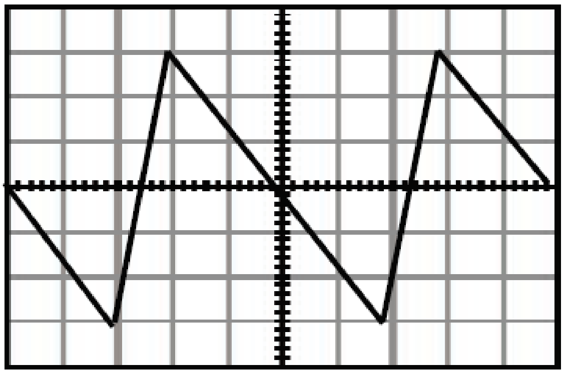


Figure 11

4. On suppose qu'à l'instant initial t = 0, le spot de l'oscilloscope est au point central de l'écran (u(0) = 0), le condensateur étant déchargé, et que $v_e = + V_0$. Exprimer u(t) pour $t \geq 0$.
5. Pour l'A.L.I. 2, exprimer V_+ en fonction de u et v_s, puis en déduire l'instant t_1 où se produit le basculement vers la tension $v_s = - V_0$.
6. Pourquoi la tension u(t) ne peut-elle pas subir de discontinuité ?
7. Pout $t \geq t_1$, exprimer u(t) puis déterminer l'instant t_2 où la tension u s'annule à nouveau.
8. En s'aidant de l'oscillogramme et en utilisant les résultats précédents, déduire :

L'expression de la période T de la tension u en fonction de R_1, R_2, R_3, R_4 et C.
Les valeurs de R_1, R_2, R_3 en kΩ, sachant que C = 1 µF et R_4 = 1 kΩ.

II. Oscillateur sinusoïdal

Soit l'oscillateur représenté ci-dessous, avec $R_1 = R_2 = R_3 = 9{,}76$ kΩ et $C_1 = C_2 = C_3 = 820$ pF.
Les ALI sont supposés idéaux de gain infini.

1. Justifier que ces ALI peuvent fonctionner en régime linéaire.

Soit $\underline{Vs}_1$ l'amplitude complexe de la tension de sortie de l'ALI 1 et $\underline{V}_2$, l'amplitude complexe de la tension aux bornes de C_2.

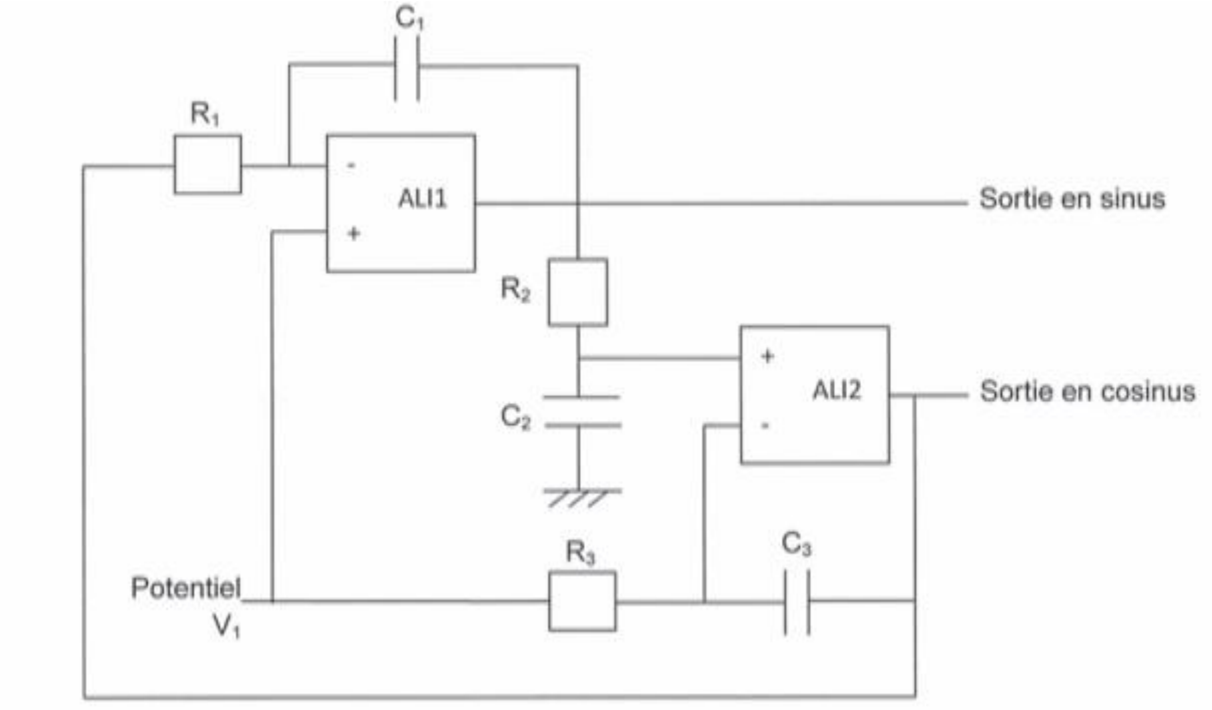
2. Déterminer $\underline{V}_2 / \underline{Vs}_1$ en variable de Laplace. On posera $a_2 = R_2C_2$

Soit $\underline{Vs}_2$ l'amplitude complexe de la tension de sortie de l'ALI 2.

3. En étudiant l'ALI 1, établir une relation entre $\underline{Vs}_1$, $\underline{Vs}_2$ et $\underline{V}_1$ (potentiel de l'entrée non inverseuse de l'ALI 1). Si $\underline{V}_1 = 0$, quelle est la fonction réalisée ? En déduire $\underline{V}_{S1} / \underline{Vs}_2$ en variable de Laplace. On posera $a_1 = R_1C_1$.

On suppose désormais que $V_1 = 0$.

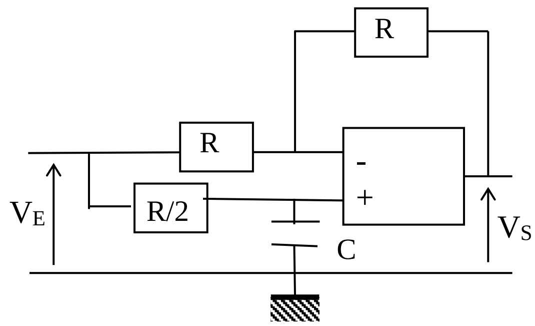
4. En étudiant l'ALI 2, exprimer $\underline{V}_{S2}$ / $\underline{V}_2$ en variable de Laplace. On posera $a_3 = R_3C_3$. réalisée ?
5. A partir des relations précédentes, montrer que le ce système réalise un oscillateur sinusoïdal à la pulsation ω si $1 + a_3p + a_1a_3p^2 + a_1a_2a_3p^3 = 0$. En déduire l'expression de ω en fonction des a_i. Calculer la valeur numérique de la fréquence de cet oscillateur.
6. Exprimer $\underline{V}_{S2}$ / $\underline{V}_{S1}$. Justifier les annotations du schéma : « sortie en sinus » et « sortie en cosinus ».



III. <u>Oscillateur à réseaux déphaseurs</u>

1. a. Déterminer la fonction de transfert (F) du filtre ci-contre, montage dans lequel l'ALI est considéré comme idéal, de gain différentiel infini et fonctionne en régime linéaire.

b. Déterminer le gain et la phase φ(ω) de la fonction de transfert en basse et haute fréquence. Justifier le nom du montage : « déphaseur ». Tracer l'allure de φ(ω). Pour quelle valeur de ω a -t-on φ(ω) = – π/2 ?



2. On associe deux filtres (F) identiques au précédent en cascade avec un filtre Amplificateur Inverseur (AI) à ALI.

a. Rappeler le schéma d'un montage amplificateur inverseur.
b. Justifier que l'association en cascade ne modifie pas les fonctions de transfert de chaque filtre pris individuellement.

c. A quelle condition ce système constitue-t-il un oscillateur sinusoidal ? Quelle est la fréquence des oscillations ?

d. Déterminer l'équation différentielle dont s(t) est solution. En déduire la condition de démarrage des oscillations.