

# TD - RETROACTION

## Exo 1 — Gain et bande passante

On considère le montage non inverseur de la figure ci-dessous.

a - Exprimer le gain  $G$  du montage si l'amplificateur est parfait.

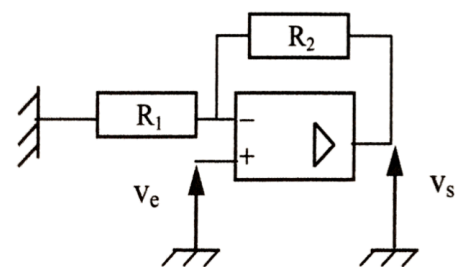
Courants d'entrées nuls et tension différentielle d'entrée :  $\varepsilon = V_+ - V_- = 0$ .

Dans la pratique  $G$  est de l'ordre de 10.

b - En fait, l'équation d'état de l'amplificateur opérationnel est :  $\frac{1}{\omega_0} \frac{dV_s}{dt} + V_s = \mu_0 \varepsilon$

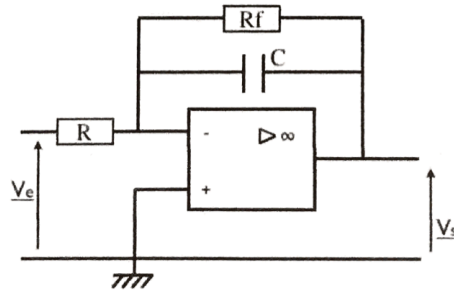
$\omega_0$  et  $\mu_0 \simeq 10^4$  sont des constantes. Déterminer la réponse à un signal sinusoïdal. En déduire que l'amplificateur opérationnel agit comme un filtre passe bas dont le gain  $G$  dans la bande passante et la largeur de la bande  $\omega_{max}$  vérifient la relation :

$$G\omega_{max} = \mu_0\omega_0.$$



## Exo 2 — Etude d'un intégrateur

Déterminer la fonction de transfert du filtre suivant. Etudier les comportements asymptotiques : dans quelle limite a-t-on un intégrateur ? Qu'obtient-t-on dans le cas contraire ? Tracer le diagramme de Bode. Etudier la stabilité du filtre.

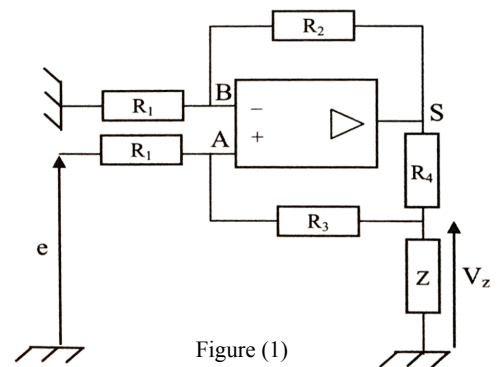


## Exo 3 — Générateur de courant

L'amplificateur opérationnel du montage de la figure un est idéal et travaille en régime linéaire.

a - Établir la relation entre les résistances  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  et  $R_4$  pour que le montage soit un générateur de courant pour l'impédance  $Z$ .

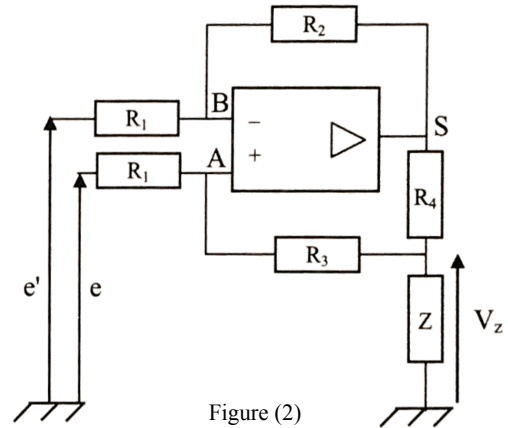
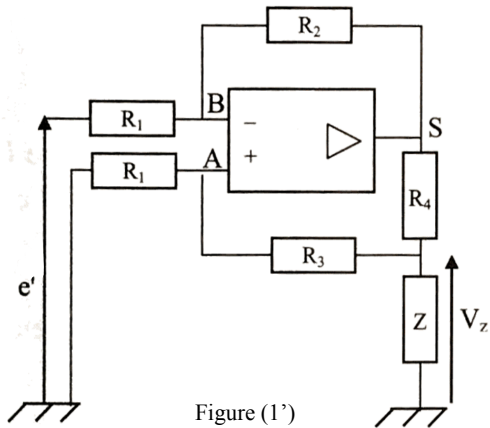
b - La condition étant remplie, déterminer l'expression du courant  $i$  en fonction de  $e$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_4$ .



### Exo 3' — Générateur de courant (Variante)

Le montage précédent est maintenant attaqué sur l'entrée inverseuse de l'AO conformément au montage de la figure (1').

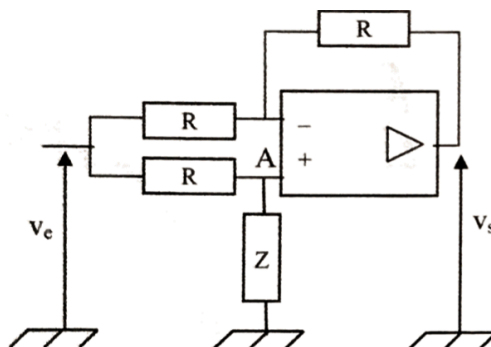
- Quelle est la nouvelle relation entre les résistances  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  et  $R_4$  qui permet au montage de la figure (1') d'agir comme un générateur de courant pour l'impédance  $Z$  ?
- Quelle est alors l'expression du courant  $i'$  en fonction de  $e$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_4$  ?
- Mêmes question pour le montage de la figure (2) comprenant les deux générateurs  $e$  et  $e'$ .



### Exo 4 — Montage déphaseur

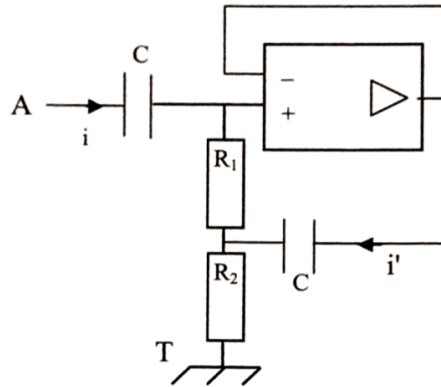
Le montage comporte trois résistances identiques  $R$ , une impédance  $Z$  et un amplificateur opérationnel travaillant en régime linéaire.

- Quelle est la fonction de transfert ? Quelle est la valeur de  $Z$  qui annule la fonction de transfert ?
- Quelle est la nature du filtre si  $Z$  est l'impédance d'un condensateur de capacité  $C$  ?



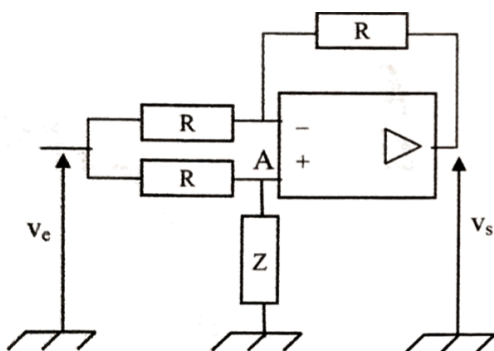
### Exo 5 — Impédance simulée

L'amplificateur opérationnel du montage ci-dessus travaille en régime linéaire. La tension d'entrée  $v_A$  est sinusoïdale. Quelle est l'impédance d'entrée  $Z_e$  de ce montage ? Quel est l'intérêt de l'amplificateur opérationnel ?

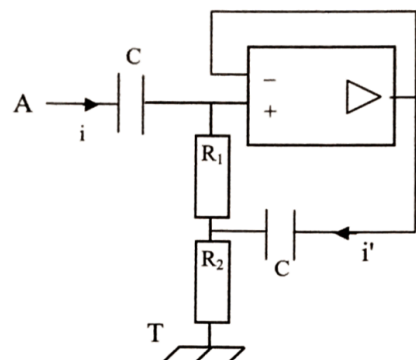


### Exo 6 — Rejeteur de bande

Entre le point A et la terre du montage de l'exercice 4, on place le montage de l'exercice 5. Quelle est la relation entre  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R$  qui transforme le montage global en filtre réjeteur de fréquence ?



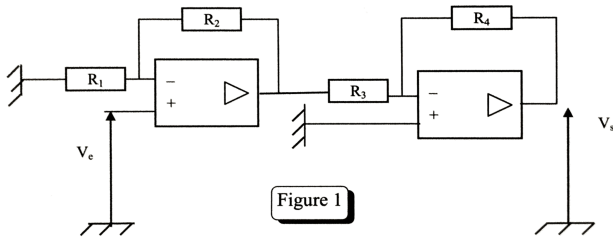
Exo 4



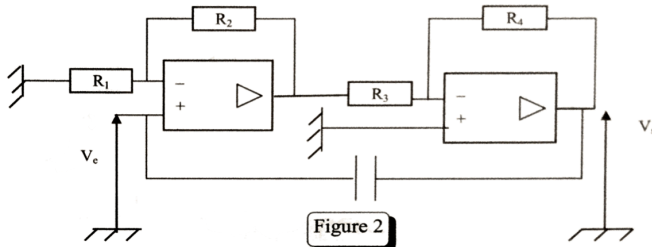
Exo 5

## Exo 7 — Simulation d'un gros condensateur

1. Quelle est la fonction de transfert du montage ci-dessous ?

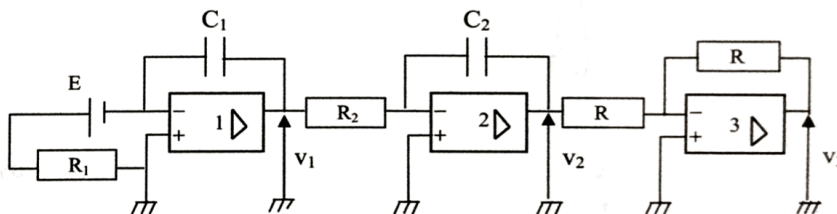


2. On branche un condensateur entre l'entrée et la sortie (Figure 2). La fonction de transfert est-elle modifiée ? Commenter. Que devient l'impédance d'entrée ? Que simule-t-on à l'entrée du montage ? Quel est l'intérêt pratique ?



## Exo 8 — Simulation électronique de la chute des corps

On considère le montage électronique ci-dessous. Les trois amplificateurs opérationnels sont identiques et travaillent en régime linéaire. On note  $v_1$ ,  $v_2$  et  $v_3$  les tensions de sortie. Les charges initiales des condensateurs de capacité  $C_1$  et  $C_2$  sont :  $q_{10} = 0$  et  $q_{20} = Q$ .



1. Déterminer l'équation différentielle suivie par la tension  $v_3$ .

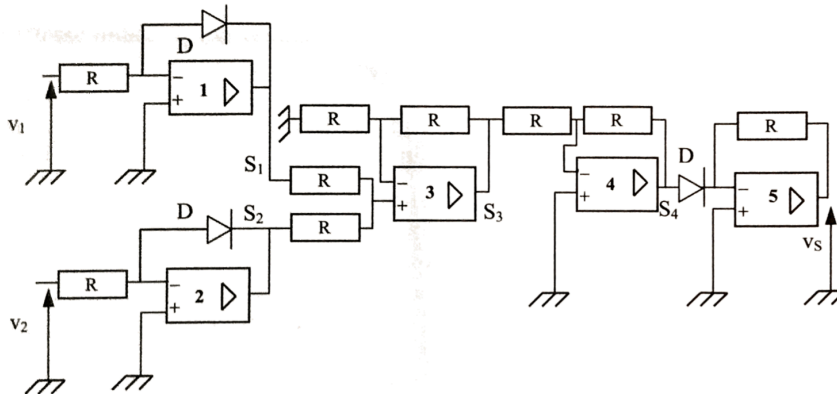
2. Quelle expérience de mécanique simule-t-on ainsi ? Quels rôles jouent les charges initiales des condensateurs ?

## Exo 9 — Synthèse d'un multiplicateur

Les cinq amplificateurs opérationnels du montage travaillent en régime linéaire. Les diodes D ont pour caractéristique :

$$i = i_0 e^{-\frac{v}{v_0}} \text{ où } i_0 \text{ et } v_0 \text{ sont des constantes}$$

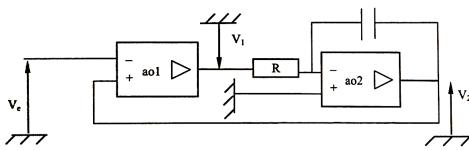
Déterminer la fonction  $v_S = f(v_1, v_2)$  du montage ci-dessous. Commenter.



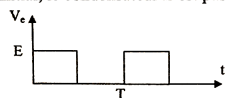
## Exo 10 — Caractérisation d'un AO

336. Mesure de la constante  $\mu_0 \omega_0$  d'un ampli-opérationnel *Solution page 377*

Le montage de la figure ci-dessous contient deux amplificateurs opérationnels, une résistance  $R = 33 \text{ k}\Omega$  et un condensateur de capacité  $C = 220 \text{ pF}$ .



Le circuit est attaqué par une tension périodique de période  $T$  dont l'évolution est représentée graphiquement ci-dessous. On donne  $E = 5 \text{ V}$  et  $T = 5 \text{ ms}$ . A l'instant initial, le condensateur n'est pas chargé.



Les tensions de saturation des amplificateurs opérationnels sont :  $\pm V_{\text{sat}} = \pm 13 \text{ V}$

- Caractériser le fonctionnement de chaque amplificateur opérationnel.
- Quelle est la valeur initiale de  $V_1$ ? En déduire l'évolution de  $V_2$  pour  $0 < t < \frac{T}{2}$ . Montrer notamment que le deuxième amplificateur ne commute pas sur cet intervalle de temps.
- Déterminer l'évolution de  $V_1$  et  $V_2$  pour :  $\frac{T}{2} < t < T$ . Représenter graphiquement l'évolution de  $V_1$  et  $V_2$  sur une période de la tension d'entrée.
- On change la valeur de  $E$  qui devient  $E_2 = 3 \text{ V}$ . A quel instant  $t_1$  la tension de sortie  $V_2$  passe-t-elle par la valeur  $E_2$ ? (le condensateur est toujours supposé déchargé à l'instant initial).  
Quelle est l'évolution de  $V_2$  dans l'intervalle :  $t_1 < t < \frac{T}{2}$  ?

5. En déduire la représentation de la fonction  $V_2(t)$  sur une période de  $V_1$ .

6. Dans la réalité, on constate une oscillation de  $V_2$  dans l'intervalle de temps  $t_1 < t < \frac{T}{2}$ . L'origine de ces oscillations s'explique par les fluctuations de la tension de sortie et de la tension différentielle d'entrée du premier amplificateur :  $\varepsilon_1 = V_2 - E_2$ . Pour montrer la stabilité de l'état  $V_2 = E_2$ , on pose  $V_2 = E_2 + v'$  et on étudie l'évolution de  $v'$  à partir de l'équation d'état du premier amplificateur opérationnel :

$$\frac{1}{\omega_0} \frac{dV_1}{dt} + V_1 = \mu_0 \varepsilon_1 \quad \text{où } \omega_0 \text{ et } \mu_0 \text{ sont des constantes}$$

et de l'équation différentielle de couplage de  $V_1$  et  $V_2$  trouvée précédemment.

Montrer que  $v'$  suit l'équation différentielle :  $\frac{d^2 v'}{dt^2} + \omega_0 \frac{dv'}{dt} + \frac{\mu_0 \omega_0}{RC} v' = 0$

7. Expérimentalement, on observe des oscillations très faiblement amorties de période  $\tau = 50 \mu\text{s}$ . En déduire la valeur de la constante  $\mu_0 \omega_0$  de l'amplificateur opérationnel. Où cette constante intervient-elle ?