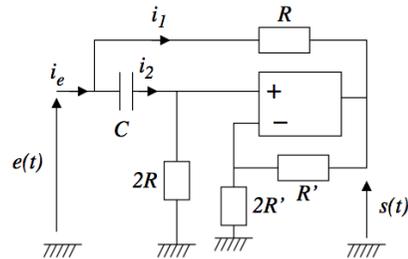


**Exercice 1 : Impédance d'entrée et simulation d'une bobine**

On considère le montage ci-contre, où l'ALI est supposé idéal, fonctionnant en régime linéaire.

- Déterminer l'impédance d'entrée du montage. Vous pourrez, par exemple, chercher à exprimer les intensités  $i_1$  et  $i_2$  utiles en fonction de la tension d'entrée  $e$ .

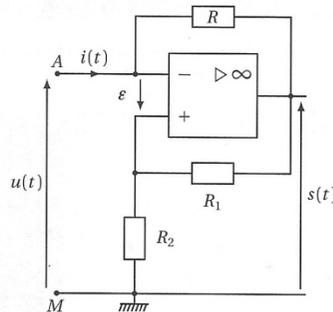


- Montrer alors que ce montage est équivalent à une bobine dont on précisera les caractéristiques.

**Réponses :** 1.  $Z_e = R + 2jR^2C\omega$  ; 2.  $r = R$  et  $L = 2R^2C$

**Exercice 2 : Résistance négative équivalente et étude de stabilité**

Comme dans l'exercice précédent, l'un des intérêts des ALI est de pouvoir simuler des impédances, parfois impossibles à réaliser avec des composants passifs, comme une résistance négative. On considère le schéma ci-contre où l'ALI est supposé idéal dans un premier temps. Ce montage est utilisé comme un dipôle de bornes A et M, la borne M étant à la masse du circuit.



Résistance négative équivalente

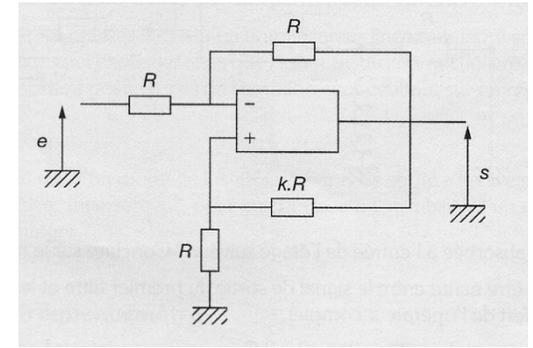
- Déterminer la loi  $u = f(i)$  quand l'ALI fonctionne en régime linéaire. Commenter le signe de la résistance obtenue du point de vue énergétique.
- Même question quand l'ALI fonctionne en régime saturé. On notera +/-  $U_{SAT}$  les tensions de saturation. Construire alors la caractéristique graphique  $u = f(i)$  du dipôle équivalent.
- Quel est le changement lorsqu'on inverse les entrées inverseuse et non-inverseuse ?

Etude de stabilité

On étudie maintenant le circuit ci-contre, analogue au montage à résistance négative. On considère alors la limitation fréquentielle de l'ALI réel, en ce qui concerne son gain différentiel, que l'on suppose être une fonction du premier ordre (amplificateur dit compensé), régie par l'équation différentielle :

$$\tau \frac{ds}{dt} + s = A_0 \varepsilon$$

avec  $\varepsilon$  la tension différentielle appliquée en entrée de l'ALI.



- Etudier la stabilité de ce montage selon la valeur du facteur  $k$  (avec  $k > 0$ ), en demeurant dans le domaine temporel.
- Réaliser la même étude dans le domaine fréquentiel (excitation sinusoïdale), en exploitant la condition sur le signe des coefficients du dénominateur de la fonction de transfert entrée/sortie.
- Dans le cas d'un système stable et pour un ALI supposé idéal, exprimer le gain  $G = s/e$ . Que devient-il lorsque  $k$  tend vers la valeur limite de stabilité ? Interpréter.

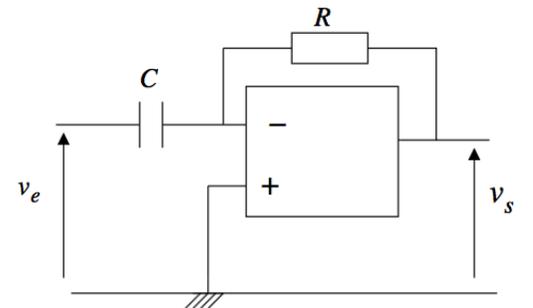
**Réponses :** 1.  $u = -\frac{RR_2}{R_1} i$ , pensez à l'alimentation de l'ALI... ; 2. Saturation haute :  $u = U_{SAT} + Ri$  avec condition à exprimer, saturation basse :  $u = -U_{SAT} + Ri$  avec condition  $u > -\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{SAT}$  ; changement en régime saturé des domaines de validité correspondant aux conditions précédentes

- éq homogène SSM :  $\tau \frac{ds}{dt} + \left(1 - A_0 \frac{1-k}{2(1+k)}\right) s(t) = 0$ , avec  $A_0 \gg 1$  alors  $k > 1$ , la rétroaction stabilisatrice sur V- l'emporte ! 5.  $H = -\frac{1}{\frac{2}{A_0} \left(1 + j\frac{\omega}{\omega_0}\right) + \frac{k+1}{k-1}}$  conduit à la même condition. 6.  $G = \frac{1}{\frac{2}{k+1} - 1} \rightarrow +\infty$  divergence du régime transitoire à la limite.

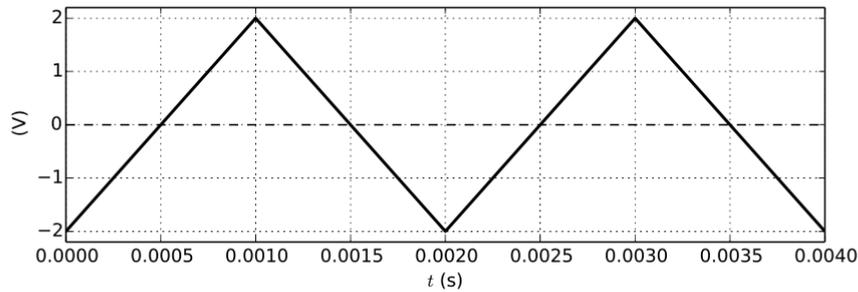
**Exercice 3 : Montage dérivateur et ALI réel**

On considère le montage suivant avec  $R = 1,0 \text{ k}\Omega$  et  $C = 100 \text{ nF}$ .

- L'ALI est supposé idéal. Quel est son régime de fonctionnement ? Déterminer l'expression de la fonction de transfert du montage, et passer en temporel. Quel est la fonction réalisée ?

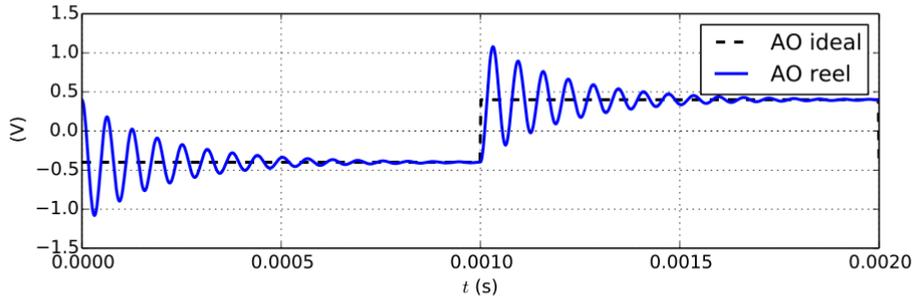


2. On attaque le montage par le signal trinagulaire représenté ci-dessous.



Décrire le signal attendu : forme, fréquence et amplitude.

3. En réalité, le signal de sortie a la forme suivante :



Ceci s'explique par le caractère non-idéal de l'ALI avec  $v_s = \frac{\mu_0}{1+j\omega\tau} \underline{e}$

Et  $\mu_0 = 1,0 \cdot 10^5$  et  $\tau = 0,10 \text{ s}$

Montrer que la fonction de transfert s'écrit avec  $\tau \gg RC$

$$\underline{H} = \frac{v_s}{v_e} = \frac{-\mu_0 RC}{\tau} \frac{1}{1 + j \left( RC\omega - \frac{\mu_0}{\tau \omega} \right)}$$

identifier la nature du filtre correspondant.

4. Retrouver les expressions du facteur de qualité Q et de la pulsation propre  $\omega_0$  du filtre.

5. Interpréter alors le graphe du signal de sortie : quelle superposition remarque-t-on ? Estimer enfin les valeurs numériques de Q et  $f_0$  la fréquence propre.

**Réponses :** 1. Montage dérivateur  $\underline{s} = -jRC\omega \underline{e} \rightarrow s = -RC \frac{de}{dt}$  ; 2. signal créneau

de même fréquence, de valeur moyenne nulle, et d'amplitude 0,40 V ; 4.  $Q = \sqrt{\frac{\mu_0 RC}{\tau}}$

et  $\omega_0^2 = \frac{\mu_0}{RC\tau}$  ; 5.  $Q = 10 \gg 1$  donc pseudo pulsation et pulsation propre sont identiques, et par lecture graphique de la pseudo-T  $\rightarrow f_0 = 16 \text{ kHz}$

### Exercice 4 : Montage passe-tout déphaseur

Nous étudions le montage ci-contre dans lequel l'ALI fonctionne en régime linéaire.

1. En utilisant le modèle de l'ALI idéal, établir que la fonction de transfert en régime harmonique s'écrit :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{1 - j\omega\tau}{1 + j\omega\tau}$$

Identifiez  $\tau$ .

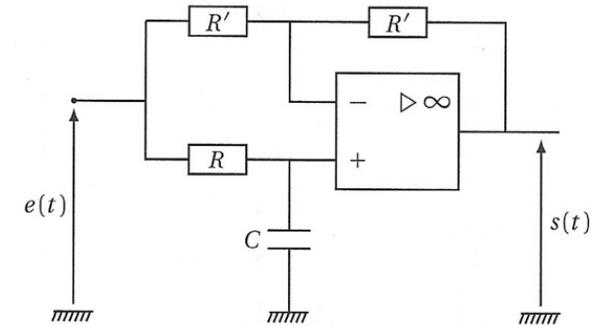
2. Justifiez le nom de passe-tout déphaseur attribué à ce montage et déterminer l'expression du déphasage introduit.

3. Quelles valeurs des composants choisiriez-vous pour  $\tau \cong 0,1 \text{ ms}$  ?

Peut-on choisir une valeur quelconque pour  $R'$  ?

4. Etudier la stabilité du montage en vous appuyant sur le modèle d'ordre 1 de l'ALI et en travaillant d'abord dans le domaine fréquentiel, avant de passer au temporel. On notera  $A_0$  le gain différentiel basse-fréquence (statique) et  $\tau_0$  le temps de réponse.

5. Approfondissement : Exprimer  $i_e$  en fonction de  $\underline{e}$  pour déterminer l'admittance d'entrée puis l'impédance d'entrée du montage. Quels comportements se distinguent à basse et haute fréquences ?



**Réponses :**  $\tau = RC$  ; 2. Module de  $H = 1$ ,  $\varphi = -2 \arctan(RC\omega)$  ; 3.  $R = 1 \text{ k}\Omega$  et  $C = 100 \text{ nF}$ ,  $R'$  grand pour éviter la saturation en courant de sortie.... ;

4. Avec  $A_0 \gg 1 \rightarrow \frac{2RC\tau_0}{A_0} \frac{d^2s}{dt^2} + \left( RC + \frac{2}{A_0} \tau_0 \right) \frac{ds}{dt} + s(t) = e(t) - RC \frac{de}{dt} \rightarrow \text{stable}$

5.  $Y_e = \frac{R+R'}{R'} \left( \frac{jC\omega}{1+jRC\omega} \right)$ ,  $Z_e = \frac{R'}{R+R'} \left( R + \frac{1}{jC\omega} \right)$ , BF  $\rightarrow$  comportement capacitif, HF comportement résistif