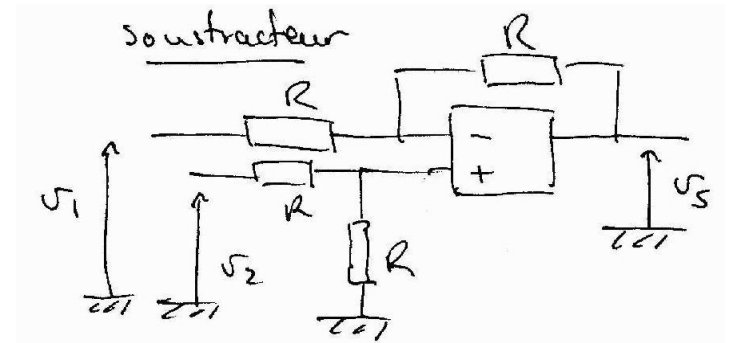
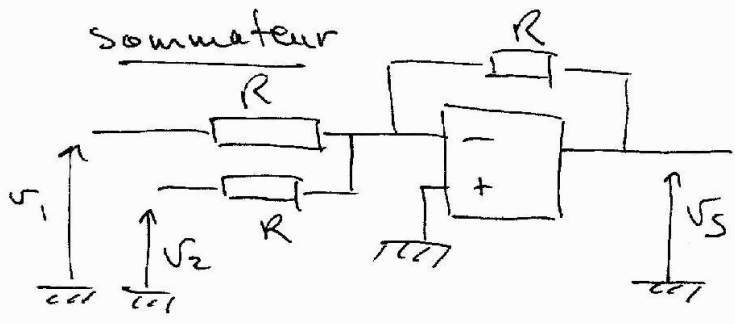


Electrocinétique – TD8 : Montages à AO

Exercice 1 : Montages sommateur et soustracteur

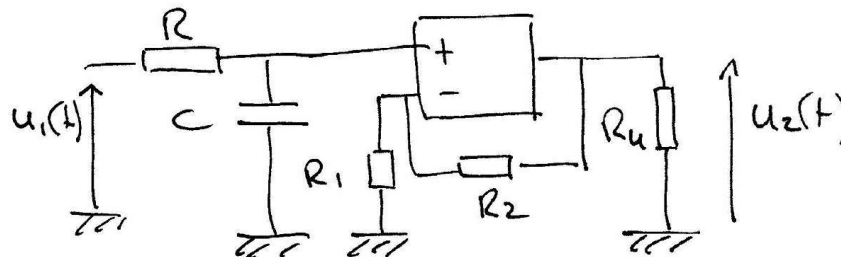
Dans les deux montages, l'AO est supposé idéal.

1. Donner les hypothèses du modèle idéal de l'AO.
2. Pourquoi peut-on faire l'hypothèse d'un fonctionnement de l'AO en régime linéaire ?
3. Montrer que les deux montages réalisent respectivement l'addition et la différence des signaux d'entrée.



Exercice 2 : Passe-bas actif d'ordre un

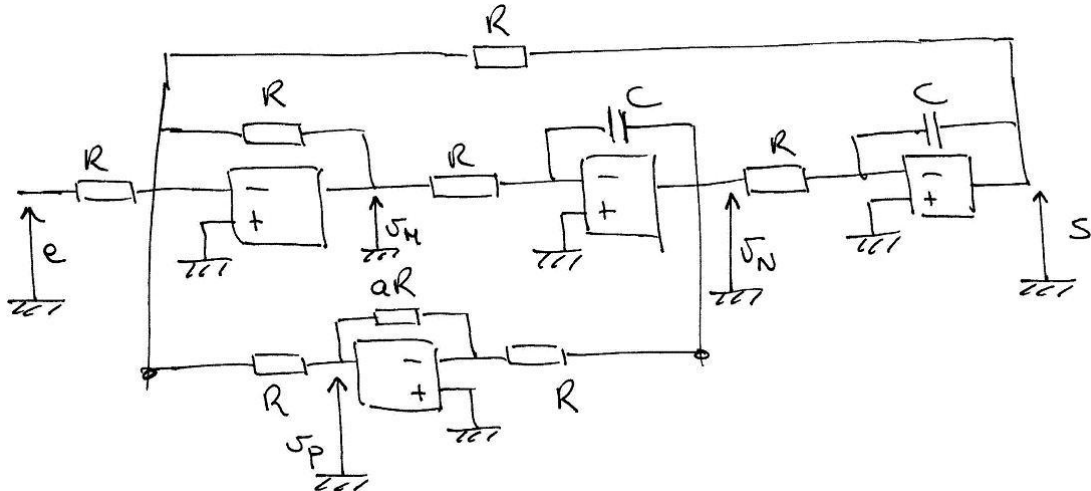
On associe, comme indiqué sur le schéma, un filtre passe-bas RC et un AO associé à deux résistances R_1 et R_2 . On considère l'AO idéal.



0. Dans ce montage, quel est a priori le régime de fonctionnement de l'AO ?
1. L'A.O. et les deux résistances R_1 et R_2 forment un sous-ensemble du filtre global. C'est une partie du circuit qui effectue une certaine opération ; laquelle ? Sans calculs, donner la nature du filtre global, en expliquant le rôle des deux blocs constitutifs du filtre.
2. On considère le filtre dans son ensemble. C'est un filtre actif. Justifier cette dénomination. Déterminer la fonction de transfert du filtre. En déduire sa pulsation de coupure ω_0 à 3 dB et son gain en bande passante G_0 .
3. Donner l'allure de son diagramme de Bode.
4. Calculer la valeur des composants R , C , R_1 et R_2 pour que le filtre ait une fréquence de coupure $f_0 = 1$ kHz et un gain maximal en bande passante $G_0 = 3$ dB.

Exercice 3 : Simulation d'un filtre RLC

On considère le schéma électronique ci-dessous, pour lequel les 4 AO sont supposés idéaux.
« aR » signifie que cette résistance est proportionnelle à la valeur R , avec un coefficient égal à a .



1. Diviser ce schéma en 4 blocs, identifier leurs entrées et leur sortie, puis trouver alors les relations entre les grandeurs suivantes :

- v_N et s
- v_M et v_N
- v_P et v_N
- e , s et v_P

2. En déduire l'expression de la fonction de transfert globale $\underline{H} = \frac{s}{e}$.

3. Quelle est la nature du filtre ? Comment réalise-t-on ce type de filtre avec un RLC série ?

En déduire que le présent circuit permet de simuler un des filtres RLC que l'on a vu en cours, c'est-à-dire que les deux fonctions de transfert sont formellement équivalentes.

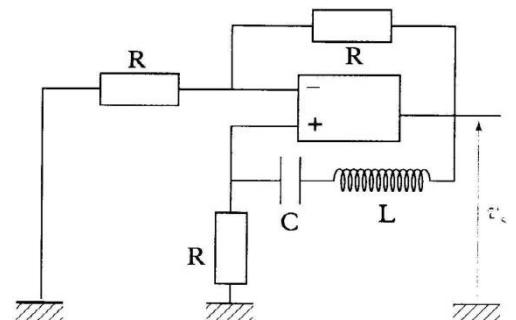
Conclusion : Ce montage permet de simuler un filtre RLC série, sans utiliser de bobine. C'est intéressant car les bobines sont encombrantes et possède une résistance interne qui augmente avec la fréquence (effet de peau).

Exercice 4 : Stabilité d'un circuit

Dans le montage représenté ci-contre, on suppose que l'AO est idéal et fonctionne en régime linéaire.

1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension de sortie. Le circuit est-il stable ?

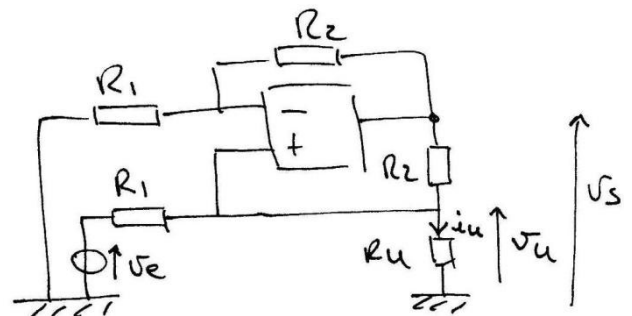
2. L'entrée du montage étant nulle, représenter l'allure du signal de sortie en fonction du temps. Peut-on considérer que l'AO fonctionne à tout instant en régime linéaire ?



Exercice 5 : Réalisation d'une source idéale de courant

On rappelle qu'une source de courant est idéale si l'intensité délivrée est indépendante de la tension à ses bornes.

On considère le montage ci-contre, où R_u est branché aux bornes du montage étudié. R_u est la résistance d'utilisation (ou charge du montage). Le montage délivre donc une tension v_u et un courant i_u à la charge.



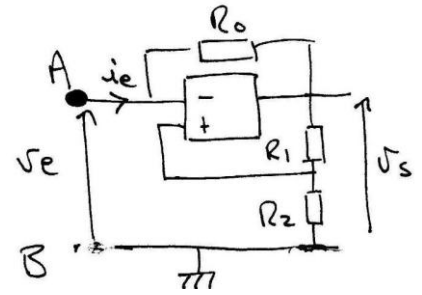
Montrer que ce montage réalise une source idéale de courant commandée par la tension v_e .

Exercice 6 : Dipôle « à résistance négative » pour la réalisation d'un oscillateur harmonique LC

Dipôle à résistance négative

1. Le montage ci-contre peut-être considéré comme un dipôle entre A et B, traversé par un courant i_e et alimenté par une tension v_e à ses bornes. En établissant la relation entre i_e et v_e , justifier l'appellation dipôle « à résistance négative ».

2. D'un point de vue énergétique, ce dipôle est-il récepteur ou générateur ? L'appellation dipôle « à résistance négative » peut sembler paradoxal à première vue, mais ce dipôle n'est en fait rien d'autre qu'un générateur délivrant une tension proportionnelle au courant qui le traverse. D'où provient l'énergie électrique fournie par ce générateur ?



Réalisation d'un oscillateur harmonique électrique : circuit LC

On étudie un circuit LC série en tenant compte de la résistance interne r de la bobine. Le circuit est alimenté à ses bornes par une tension $e(t)$.

3. En utilisant la notation complexe, déterminer le type de régime transitoire possible pour ce montage en fonction des valeurs de r , L et C . Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes de C .

4. Le circuit est étudié en régime libre, i.e. la tension d'entrée est nulle. Quelle devrait être la valeur de r pour que le circuit LC soit un oscillateur harmonique ?

5. On insère le dipôle à résistance négative (bornes AB) en série avec (L, r) et C . Pour quelles valeurs de R_0 , R_1 et R_2 a-t-on ainsi réalisé un oscillateur harmonique LC ? Ce montage est-il stable ?

Exercice 7 : Produit « Gain x Bande passante » de l'amplificateur non-inverseur

1. Faire le schéma de l'amplificateur non-inverseur. En supposant l'AO idéal en régime linéaire, établir la fonction de transfert du montage.

On modélise à présent l'AO de manière plus précise : les courants d'entrée sont toujours nuls, mais on considère le gain fini et dépendant de la fréquence. En notation complexe, l'AO (tout seul) peut être modélisé par la fonction de transfert d'un passe-bas du premier ordre :

$$\underline{H}_{AO}(j\omega) = \frac{V_s}{\varepsilon} = \frac{G_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}}$$

Données numériques : $G_0 = 10^5$ et $\omega_c = 100 \text{ rad.s}^{-1}$

2. Etablir alors la fonction de transfert du montage non-inverseur. Montrer que ce montage est un passe-bas du premier ordre dont la fonction de transfert est de la forme :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{G_0'}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c'}}$$

On donnera les expressions du gain G_0' et de la pulsation de coupure ω_c' .

3. En déduire alors que le produit « gain x bande passante » (sous-entendu gain max multiplié par la largeur de la bande passante) du montage non-inverseur est le même que celui de l'AO seul.

4. Calculer numériquement la bande passante du montage non-inverseur en prenant une amplification à basse fréquence de 100.

5. Répéter l'étude pour un montage suiveur.

Exercice 8 : Liens entre les descriptions temporelle et fréquentielle

Description temporelle

1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$, dans un circuit RC soumis à un échelon de tension $[0, E]$ en entrée.
2. Représenter graphiquement l'évolution temporelle de $u_C(t)$ soumis à une tension *créneau* $[0, E]$ en entrée :
 - en supposant la demi-période du créneau très grande devant le temps caractéristique du circuit
 - en supposant la demi-période du créneau très petite devant le temps caractéristique du circuit
3. Pour un créneau de haute fréquence, la sortie est d'allure triangulaire. Quelle opération mathématique est réalisée par le circuit RC ?

Description fréquentielle

4. Quelle est la nature du filtre RC série ? Tracer le diagramme de Bode asymptotique du gain. Comment peut-on qualifier le comportement du filtre à haute fréquence ? (Qu'appelle-t-on « haute fréquence » ?)
5. On s'intéresse au signal créneau évoqué à la question 2, et imposé à l'entrée du circuit. Comment traduire d'un point de vue fréquentiel la phrase « On suppose la demi-période du créneau très grande devant le temps caractéristique du circuit » ?
6. Superposer sur le diagramme de Bode le spectre du créneau imposé en entrée, en supposant la fréquence du créneau très grande devant la fréquence de coupure du filtre RC.

Quelques infos sur le spectre du créneau :

- le créneau n'est pas centré sur 0, sa valeur moyenne est non nulle : il existe donc une composante continue
- seules les harmoniques impaires sont d'amplitude non nulle
- les amplitudes décroissent lorsque le rang n de l'harmonique augmente

Expliquer qualitativement l'allure du signal de sortie du filtre, établi précédemment à la question 2.