

AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL “IDÉAL” EN MODE LINÉAIRE - TP3

1. Rappels

- L'amplificateur opérationnel (A.O.) “idéal” est caractérisé par :
 - ◊ des courants d'entrée, ou “courants de polarisation”, I_+ et I_- nuls (résistances d'entrée infinies) ;
 - ◊ une différence de potentiel entre les deux entrées $\varepsilon = V_+ - V_-$ nulle en mode linéaire ;
 - ◊ une tension de sortie $V_s = \pm A$ (tension d'alimentation) en mode “saturé” ;
 - ◊ une résistance de sortie nulle (générateur de tension parfait) en mode linéaire.

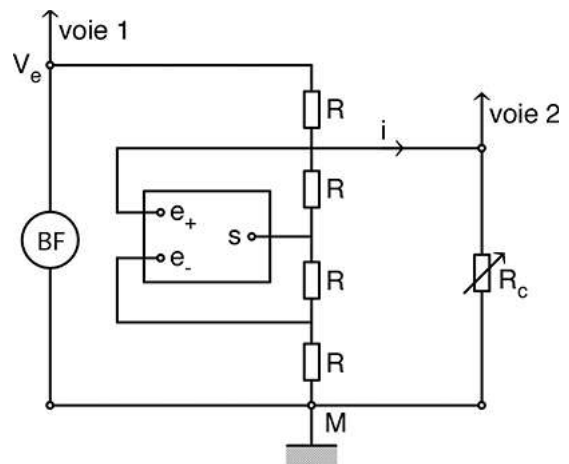
◊ remarque : l'alimentation de l'A.O. (tensions $\pm A$, usuellement ± 15 V) n'est généralement pas représentée sur les schémas, il faut pourtant ne pas oublier de la brancher...

2. Montage “générateur de courant”

- Pour le montage ci-contre, alimenté en tension variable (“dent de scie” est assez pratique), vérifier expérimentalement (pour plusieurs valeurs de R et R_c) que la relation : $i = \frac{v_e}{R}$ est indépendante de R_c (on mesure i par la tension $v_2 = R_c i$).

◊ remarque : pour que l'A.O. se comporte de façon “idéale”, il faut utiliser des résistances R entre 1 k Ω et 100 k Ω (les remesurer pour en choisir quatre les plus proches que possible).

◊ remarque : privilégier $R > 5$ k Ω sinon la sortie de l'A.O. débite un courant trop grand pour R_c faible ; inversement éviter R_c trop grand car cela provoque la saturation en tension de sortie de l'A.O..



◊ remarque : il faut en outre vérifier que les conditions choisies ne font pas débiter trop de courant au générateur B.F., sinon la chute de tension dans sa résistance interne n'est pas négligeable (au besoin, on peut le remplacer par un générateur de tension idéal).

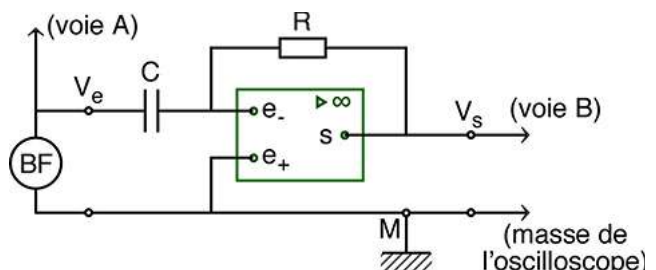
- Démontrer la relation à partir des propriétés caractéristiques de l'A.O..
- Vérifier expérimentalement le fonctionnement avec quelques valeurs en régime continu, y compris avec saturation de la sortie (d'une part pour obtenir des mesures plus précises, d'autre part pour contrôler que ce montage a des caractéristiques statique et dynamique identiques).

3. Montage “dérivateur”

3.1. Montage de base

- Réaliser un montage “dérivateur” (inverseur) branché en entrée sur un générateur “dents de scie” “basse fréquence” (B.F.).

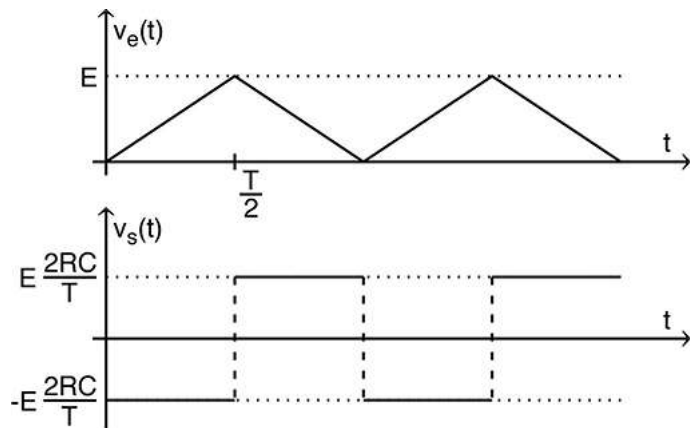
- Pour éviter la saturation du montage, privilégier les ordres de grandeur suivants : $N \approx 500$ Hz ; $V_e \approx 0,2$ V ; $C \approx 0,5$ μ F ; $R \approx 1$ k Ω .



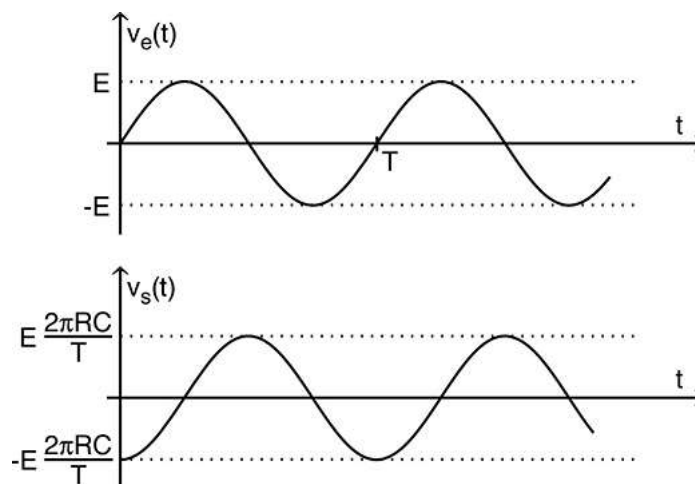
- À partir des propriétés caractéristiques de l'A.O., démontrer la relation : $v_s = -RC \frac{dv_e}{dt}$.

Pour plusieurs valeurs de N , V_e , C et R , vérifier cette relation expérimentalement avec précision.

♦ remarque : un décalage continu du signal d'entrée est sans effet sur la sortie.



- En régime sinusoïdal, vérifier de même précisément (forme, amplitude et déphasage) le fonctionnement du montage.



3.2. “Défaut” utile du montage

- Le signal d'entrée est inévitablement perturbé par des signaux parasites (ondes radio, etc...). Ces parasites sont de très faible amplitude, mais certains sont de très haute fréquence ; or la dérivée d'un signal est d'autant plus grande que la fréquence est grande.

La conséquence contradictoire est qu'un “dérivateur” parfait donne d'importants parasites sur le signal de sortie, ce qui conduit à diminuer volontairement son efficacité pour en améliorer le fonctionnement effectif.

- Si elle est nécessaire, la modification consiste à ajouter, en série avec le condensateur d'entrée, une résistance r nettement inférieure à R mais par trop petite tout de même pour que son action soit efficace (en pratique $r \approx 50 \Omega$ pour les valeurs de R utilisées ici).

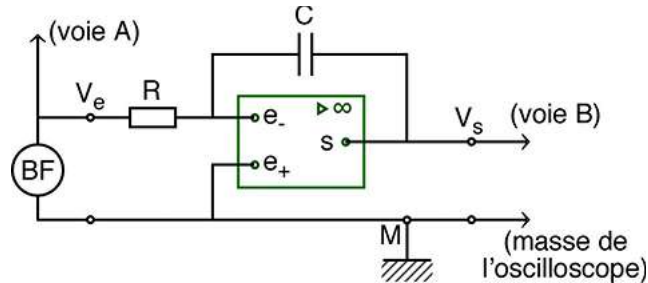
Ainsi, à haute fréquence, l'impédance du condensateur ($Z = \frac{1}{C\omega}$) devient négligeable devant r et le circuit se comporte (pour ces hautes fréquences) comme un simple amplificateur inverseur (les parasites correspondants sont amplifiés, mais l'effet est bien moindre que leur dérivation car ils sont très faibles).

- En pratique toutefois, il n'est généralement pas nécessaire d'ajouter cette résistance r , car le générateur utilisé a déjà une résistance interne, qui est automatiquement en série avec le condensateur d'entrée.

4. Montage “intégrateur”

4.1. Montage de base

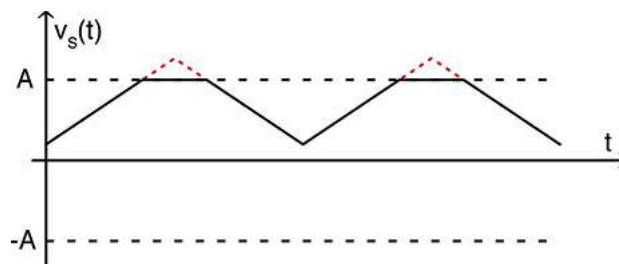
- Réaliser un montage “intégrateur” (inverseur) branché en entrée sur un générateur “créniaux” “basse fréquence” (B.F.) :



- Les réglages sont facilités avec les ordres de grandeur suivants : $N \approx 500 \text{ Hz}$; $V_e \approx 0,2 \text{ V}$; $C \approx 0,5 \mu\text{F}$; $R \approx 200 \Omega$.

- À partir des propriétés caractéristiques de l'A.O., démontrer la relation : $v_s = -\frac{1}{RC} \int v_e dt$.

Vérifier toutefois qu'expérimentalement le moindre décalage continu du signal d'entrée (en créniaux) fait saturer le signal de sortie (qui devrait être en dents de scie) et que le réglage est ainsi quasi-impossible.

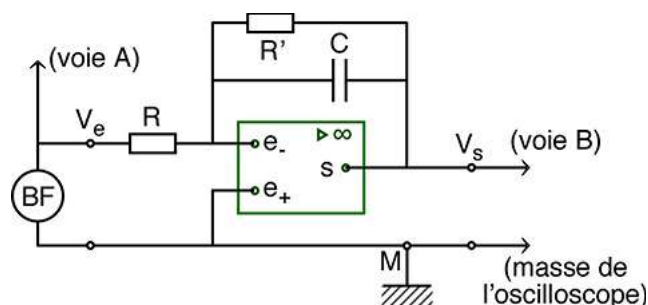


4.2. “Défaut” utile du montage

- Le signal d'entrée est inévitablement perturbé par des signaux parasites. Ces parasites sont de très faible amplitude, mais certains d'entre eux sont constants ou de très faible fréquence (électrostatique...) ; or l'intégrale d'un signal constant croît proportionnellement avec le temps.

La conséquence contradictoire est qu'un “intégrateur” parfait décale le signal de sortie jusqu'à saturation, ce qui conduit à diminuer volontairement son efficacité pour en améliorer le fonctionnement effectif.

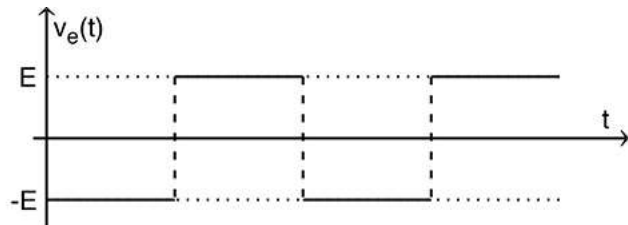
- La modification (indispensable) consiste à ajouter, en parallèle avec le condensateur de rétroaction, une résistance R' nettement supérieure à R mais pas trop grande tout de même pour que son action soit efficace (en pratique $R' \approx 50 \text{ k}\Omega$ pour les valeurs de R utilisées ici).



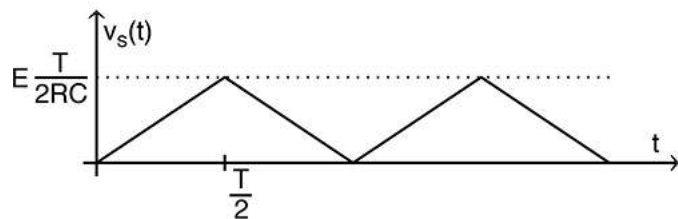
Ainsi, à basse fréquence, l'admittance du condensateur ($Y = C\omega$) devient négligeable et le circuit se comporte (pour ces basses fréquences) comme un simple amplificateur inverseur (les "décalages" correspondants sont amplifiés, mais l'effet est bien moindre que leur intégration car ils peuvent être compensés par un décalage du signal d'entrée).

♦ remarque : en pratique, le condensateur a toujours une "résistance de fuite" qui correspond qualitativement à l'équivalent du branchement de R' en parallèle ; toutefois, cette "résistance de fuite" est généralement bien trop grande (son effet est négligeable), et il est nécessaire d'ajouter effectivement R' .

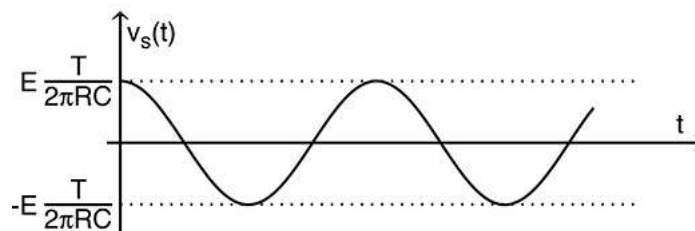
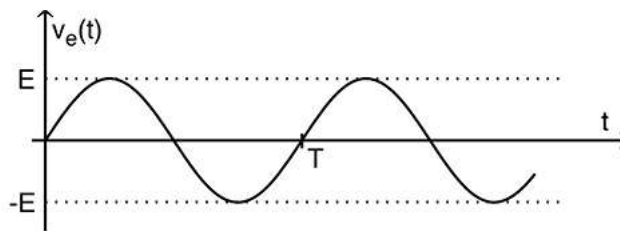
- En pratique, on vérifie plus facilement en sens inverse : $v_e = -RC \frac{dv_s}{dt}$.



Pour plusieurs valeurs de N , V_e , C et R , vérifier expérimentalement cette relation avec précision.



- En régime sinusoïdal, vérifier de même précisément (forme, amplitude et déphasage) le fonctionnement du montage.



AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL “IDÉAL” EN MODE LINÉAIRE - TP3

Matériel

Pour chaque groupe (10 groupes)

1 A.O. avec son alimentation
1 oscilloscope
2 générateurs BF
1 fréquencemètre (si le BF n'en a pas)
12 fils (des longs et des courts)
2 câbles coaxiaux (BNC d'un seul côté)
2 câbles coaxiaux (BNC des deux côtés)
1 contrôleur électronique
1 boîte de résistors $\times 1$ à $\times 1000 \Omega$
1 boîte de condensateurs $0,1$ à $1,5 \mu\text{F}$

Au bureau

lot de résistors $\approx 10 \Omega$ à $100 \text{ k}\Omega$
prolongateurs fiches 4 mm
adaptateurs BNC/fiches 4 mm
raccords “en T” BNC