

AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL “IDÉAL” EN MODE LINÉAIRE - TP1

1. Propriétés caractéristiques

- 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 $V_s = \pm V_{sat} \approx \pm A$ (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.

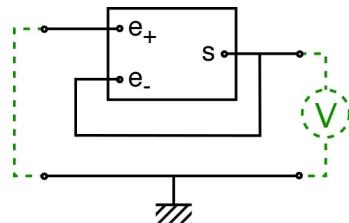
◊ remarque : l'A.O. est parfois aussi nommé “Amplificateur Linéaire Intégré” (A.L.I.).

2. Réglage préalable ; montage “suiveur de tension”

- Le montage “suiveur de tension” est un cas particulier du montage “amplificateur non inverseur” étudié ensuite (pour le cas $R_1 = 0$ et $R_2 = \infty$).

Il sert principalement à transmettre un signal en tension, sans laisser le courant circuler du côté de l'entrée, et en permettant pourtant à la sortie de débiter du courant (fourni par l'alimentation de l'A.O.). Ce rôle sera étudié dans la partie suivante.

- Les deux entrées de l'A.O. n'étant jamais rigoureusement symétriques, il faut régler le zéro de la sortie afin de compenser ce décalage. Le suiveur de tension permet ceci, en court-circuitant le côté de l'entrée sur la masse et en branchant un voltmètre en sortie (schéma ci-contre) : si l'A.O. est bien réglé, le voltmètre doit mesurer une tension nulle ; sinon, agir sur la vis de réglage de l'A.O. pour ramener la tension à zéro.

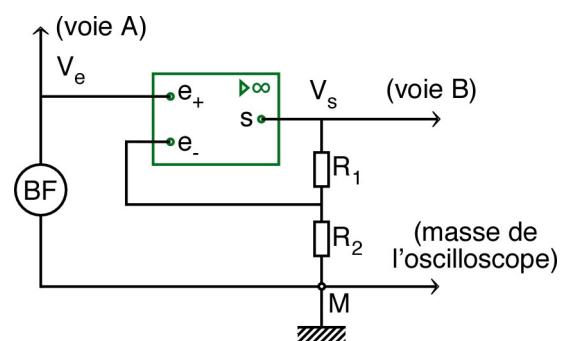


3. Montage “amplificateur non inverseur”

3.1. Tracé automatique de la caractéristique (v_e ; v_s)

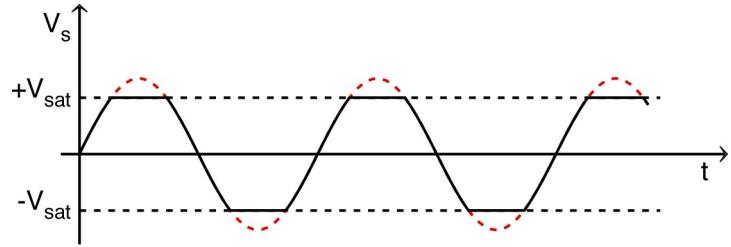
- Réaliser un montage “amplificateur non inverseur” ci-contre, branché en entrée sur un générateur sinusoïdal “basse fréquence” (B.F.).
- Choisir les résistances entre $1\text{ k}\Omega$ et $100\text{ k}\Omega$; justifier ce choix par les “imperfections” de l'A.O. (courants d'entrée non rigoureusement nuls ; courant de sortie limité à $\approx 30\text{ mA}$).

☞ remarque : pour le confort visuel, utiliser des fréquences $\geq 100\text{ Hz}$; pour que la caractéristique dynamique soit identique à la caractéristique statique, utiliser des fréquences $\leq 10\text{ kHz}$ (sinon l'A.O. risque de ne pas réagir assez vite).



- Vérifier expérimentalement (en mode XY, puis en enregistrant à l'aide de l'ordinateur) que, tant que l'A.O. ne sature pas, le montage est décrit par la caractéristique : $v_s(t) = \frac{R_1 + R_2}{R_2} v_e(t)$. Démontrer cette relation à partir des propriétés caractéristiques de l'A.O..

- Vérifier la saturation en tension de sortie pour $v_s = \pm V_{sat} \approx \pm A$ quand la relation précédente conduit à des tensions de sortie supérieures à celles de l'alimentation.



3.2. Rétroaction et stabilité du montage

- L'interversion des branchements en e_+ et e_- a-t-elle une importance dans le calcul théorique si on suppose l'A.O. parfait ? Vérifier expérimentalement que cette intervention rend le montage "inopérant" (il ne fonctionne plus selon le mode "amplificateur non inverseur").
- En pratique, la "stabilité" des montages avec "rétroaction" (branchement entre la sortie et une entrée) nécessite d'effectuer la rétroaction sur l'entrée e_- .

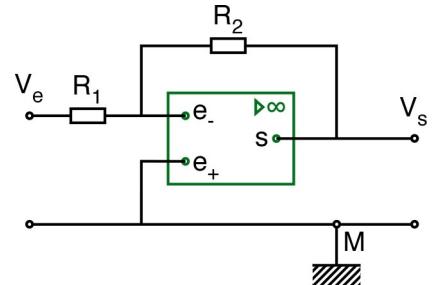
◊ remarque : ceci vient des parasites sur le circuit d'entrée : avec rétroaction sur l'entrée e_+ cela conduit à la "déstabilisation" du montage et à la saturation de la sortie à $\pm V_{sat} \approx \pm A$ (selon le signe du signal parasite).

4. Montage "amplificateur inverseur"

4.1. Tracé de la caractéristique (v_e ; v_s)

- Réaliser le montage ci-contre ("amplificateur inverseur").
- À partir des propriétés caractéristiques de l'A.O., démontrer la relation : $v_s = -\frac{R_2}{R_1} v_e$; effectuer les mêmes mesures que pour le montage "amplificateur non inverseur" (y compris pour la saturation et la stabilité).

◊ remarque : pour $R_2 = R_1$ on obtient un "inverseur" (l'analogie du "suiveur") qui change le signe sans modifier la forme du signal.

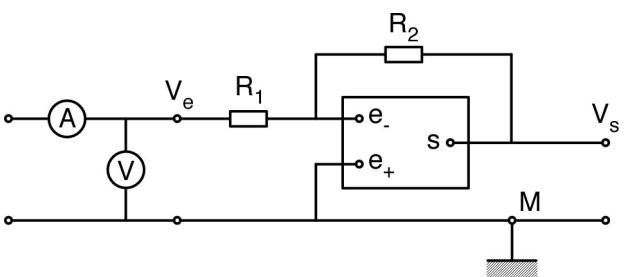


4.2. Amélioration à l'aide d'un "suiveur de tension"

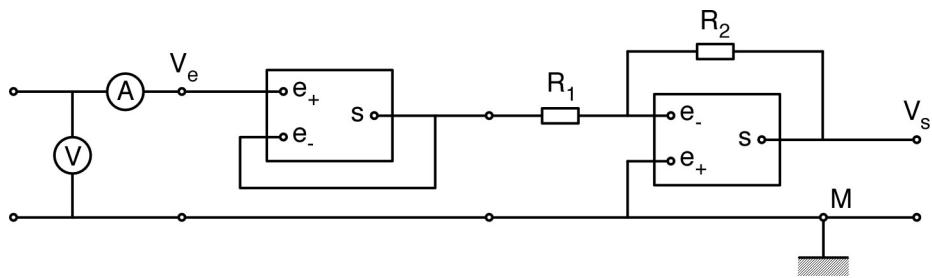
- Un inconvénient de ce montage est que sa résistance d'entrée n'est pas "infinie" (contrairement à l'amplificateur non inverseur). Or, en laissant passer le courant, il peut perturber le montage sur lequel son entrée est branchée.

Pour plusieurs valeurs de tension d'entrée en régime **continu** (sans oublier de vérifier que la sortie n'est pas saturée en tension), mesurer les valeurs correspondantes du courant d'entrée ; en déduire la résistance d'entrée et vérifier qu'elle est (dans ce cas) égale à R_1 .

☞ remarque : si la tension aux bornes de l'ampèremètre n'est pas négligeable, mesurer la tension en "courte dérivation" par rapport à l'A.O..



- Une méthode simple pour remédier à cet inconvénient consiste à ajouter en entrée un “suiveur de tension” :



Vérifier que la résistance d'entrée du montage ainsi modifié est quasi-infinie ($\approx 10 \text{ M}\Omega$ ou plus, correspondant à la résistance de l'entrée e_+ du premier A.O.).

☞ remarque : ici au contraire, si le courant dans le voltmètre n'est pas négligeable, mesurer la tension en “longue dérivation” par rapport à l'A.O..

AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL "IDÉAL" EN MODE LINÉAIRE - TP1

Matériel

Pour chaque groupe (10 groupes)

1 oscilloscope
1 plaque pour montages
2 A.O. avec alimentation
2 générateur BF
1 fréquencemètre (si le BF n'en a pas)
2 contrôleurs électroniques
1 boîte de résistors $\times 1$ à $\times 1000 \Omega$

12 fils (des longs et des courts)

un raccord BNC "en T"
un raccord isolateur de masse
2 câbles coaxiaux (BNC/fiches 4 mm)
2 câbles coaxiaux (BNC/BNC)

Au bureau

lot de résistors ≈ 1 à $100 \text{ k}\Omega$
prolongateurs fiches 4 mm
adaptateurs BNC/fiches 4 mm