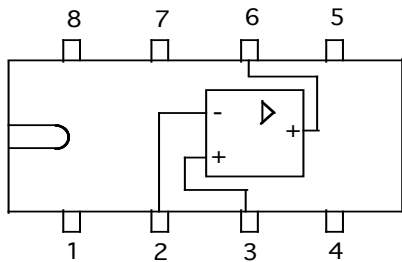


AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL: CARACTERISTIQUES ET AMPLIFICATION DE TENSION

1) L'amplificateur opérationnel

1-1 Brochage du LM 741



L'amplificateur opérationnel est un composant **actif**: il doit être polarisé par des tensions symétriques $\pm V_{cc}$.

Valeur typique: $V_{cc} = 15 \text{ V}$.

2: entrée inverseuse V^-

3: entrée non inverseuse V^+

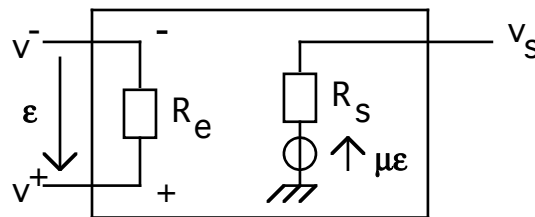
4: $-V_{cc}$

6: sortie V_s

7: $+V_{cc}$

1-2 Caractéristiques d'un amplificateur opérationnel

Schéma équivalent de l'amplificateur opérationnel en fonctionnement linéaire:



	Modèle idéal	LM 741 (valeurs typiques)
Amplification différentielle μ	$+\infty$	200 V.mV^{-1}
Résistance de sortie R_s	0	très petite
Résistance différentielle d'entrée	$+\infty$	2 M Ω

1-3 Précautions d'emploi

1) Polariser l'amplificateur opérationnel en $\pm V_{cc}$ avant d'appliquer les tensions d'entrée V^- et V^+ .

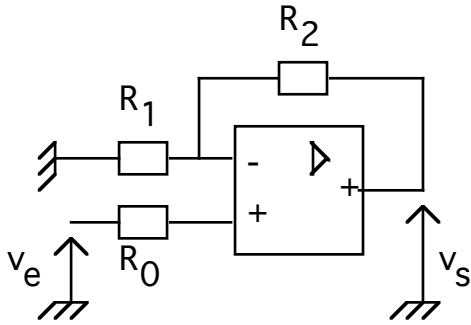
Conséquence: Avant toute modification de montage, débrancher d'abord la (ou les) tension d'entrée, puis, en dernier, les tensions de polarisation.

2) Les tensions d'entrée ne doivent jamais dépasser les tensions de polarisation.

Remarque: L'amplificateur opérationnel peut également être détérioré en cas de tension de polarisation trop élevée ($V_{cc} \geq 22 \text{ V}$), de surtension accidentelle de cette dernière, ou de surintensité en sortie

2) Limitations non linéaires des montages

Ces limitations seront étudiées sur un montage amplificateur de tension non inverseur:



$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega, R_2 = 100 \text{ k}\Omega$$

Attention: L'alimentation stabilisée délivrant les tensions de polarisation $\pm V_{cc}$ est à masse flottante. Il est donc nécessaire **de la relier à la masse du montage.**

Remarque: La résistance différentielle d'entrée de l'amplificateur opérationnel n'étant pas infinie, ce dernier appelle des courants I^+ et I^- très faibles sur ses entrées:

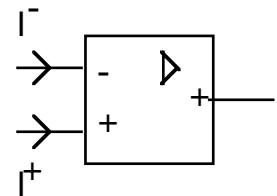
- Valeur typique du courant de décalage:

$$I_d = I^+ - I^- \approx 20 \text{ nA}.$$


- Valeur typique du courant de polarisation moyen:


$$I_c = \frac{I^+ + I^-}{2} \approx 80 \text{ nA}.$$

On montre que l'effet de ces courants d'entrée sur la tension de sortie v_s devient négligeable si les résistances équivalentes de Thévenin vues des entrées inverseuses et non inverseuses sont égales. On place donc une résistance $R_0 = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ sur l'entrée non inverseuse.

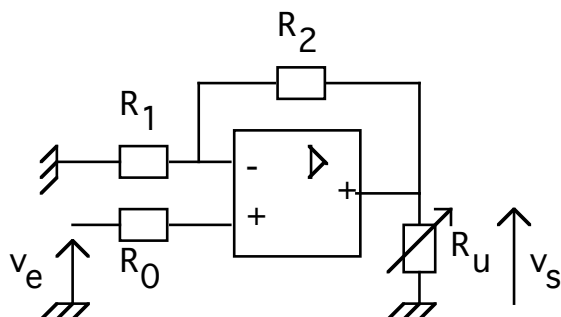



2-1 Saturation en tension

 Le signal d'entrée est sinusoïdal, de fréquence 1 kHz et d'amplitude 1 V. Augmenter progressivement l'amplitude du signal d'entrée, jusqu'à atteindre la saturation du signal de sortie.

 Relever les valeurs des paliers haut (V_{sat}^+) et bas (V_{sat}^-) de saturation (Valeurs typiques: ± 14 V).


2-2 Saturation en courant



 Brancher une résistance de charge variable R_u en sortie de l'amplificateur (Boîtes AOIP X10 et X100).

Le signal d'entrée est sinusoïdal, de fréquence 1 kHz et d'amplitude 1 V.


Prendre $R_u = 1 \text{ k}\Omega$, et la diminuer progressivement jusqu'à l'apparition de l'écrêtage du signal de sortie.


 En déduire la valeur maximale du courant de sortie $I_{s \text{ max}}$ (Valeur typique: $I_{s \text{ max}} \approx 25 \text{ mA}$).

2-3 Vitesse de montée en balayage (slew rate)

 Enlever la résistance de charge R_u .

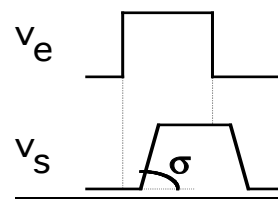
Le **slew rate** est la pente maximale de tension que peut reproduire l'amplificateur en sortie.


 Choisir un signal d'entrée carré, d'amplitude 1 V et de fréquence 1 kHz.


 Mesurer le slew rate σ (Augmenter la fréquence, si nécessaire).


Valeur typique:

$$\sigma \in [0.5 \text{ V} \cdot \mu\text{s}^{-1} - 20 \text{ V} \cdot \mu\text{s}^{-1}] \text{ suivant les modèles.}$$



 Choisir à présent un signal sinusoïdal d'amplitude 1 V et de fréquence 1 kHz.


 Augmenter la fréquence jusqu'à ce que le signal de sortie prenne la forme d'un signal triangulaire.

 Observer la disparition de cette triangulation en abaissant l'amplitude du signal d'entrée.

Explication: $V_s = V_{SM} \cos \omega t \Rightarrow \frac{dV_s}{dt} = -V_{SM} \omega \sin \omega t$.

L'amplitude et la fréquence interviennent dans la pente $V_{SM} \omega$, qui doit rester inférieure à σ si l'on veut s'affranchir de la non-linéarité due au slew rate.

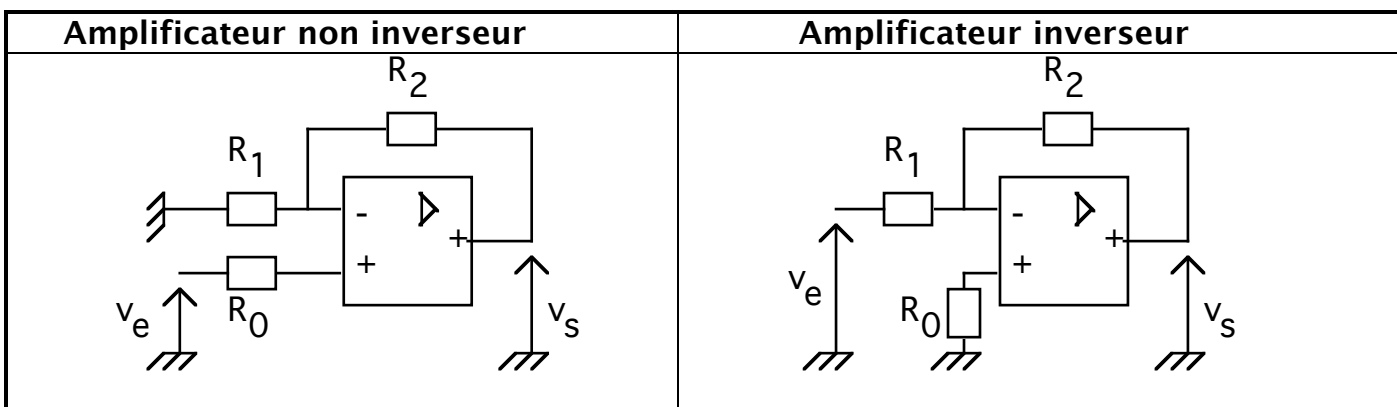
2-4 Fonctionnement non linéaire

 Le signal d'entrée est sinusoïdal, de fréquence 1 kHz et d'amplitude 1 V. Echanger les entrées inverseuses et non inverseuses. Conclure.

3) Montages amplificateurs de tension

Visualiser constamment à l'oscilloscope les signaux d'entrée et de sortie, afin de vérifier que le fonctionnement de l'amplificateur opérationnel est bien linéaire.

 Réaliser successivement les deux montages amplificateurs de tension suivants:



Pour chaque mesure, prendre $(R_1, R_2) = (10 \text{ k}\Omega, 50 \text{ k}\Omega)$.

3-1 Amplification en tension

Pour chacun des deux montages :

😊 Calculer l'amplification en tension $|H|$.

😊 On prend un signal d'entrée sinusoïdal, de fréquence 1 kHz. Interpréter le signal de sortie.

⚠ Mesurer l'amplification en tension pour la fréquence à 1 kHz. Comparer à la théorie.

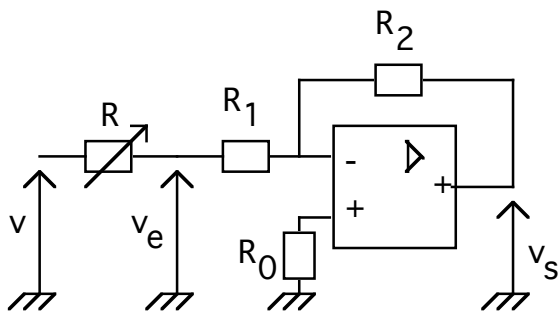
⚠ Constaté que l'amplification n'a plus la valeur prévue au-delà d'une certaine fréquence. Déterminer la fréquence de coupure à - 3 dB.

3-2 Résistance d'entrée

😊 Calculer la résistance d'entrée R_e pour chacun des deux montages.

⚠ On ne mesurera R_e que pour le montage amplificateur inverseur (Pourquoi ?).

Rappel de la méthode:



$$V_e = \frac{V}{2} \text{ pour } R = R_e.$$