

Amplificateur opérationnel

Un **amplificateur opérationnel (A.O)** est un *circuit intégré* (ou *puce électronique*) qui se présente sous la forme d'un petit boîtier noir comportant 8 "pattes" destinées aux branchements. On utilise seulement les "pattes" :

- 4 et 7 reliées à l'alimentation stabilisée (+ 15 V, - 15 V)
- 2 : entrée inverseuse E^-
- 3 : entrée non inverseuse E^+
- 6 : sortie S

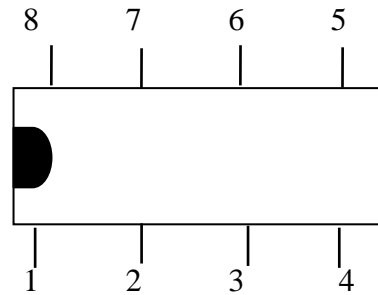
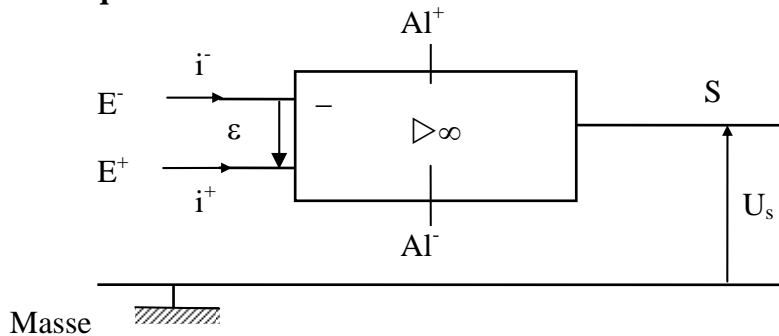
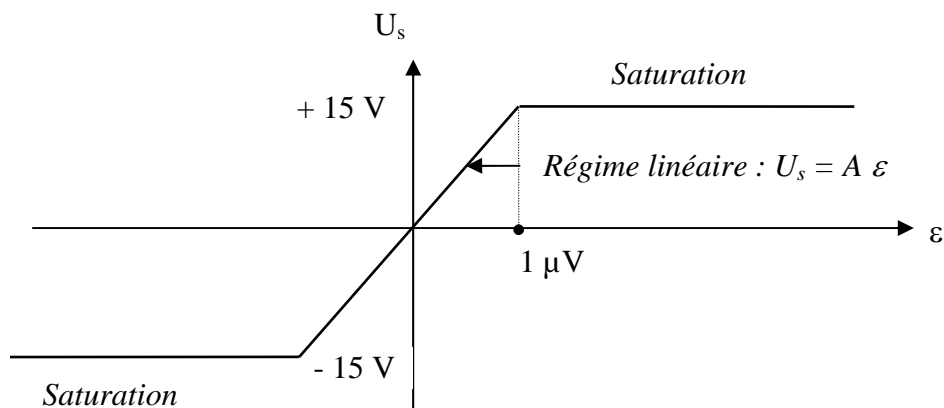


Schéma électrique



Caractéristique d'un amplificateur opérationnel

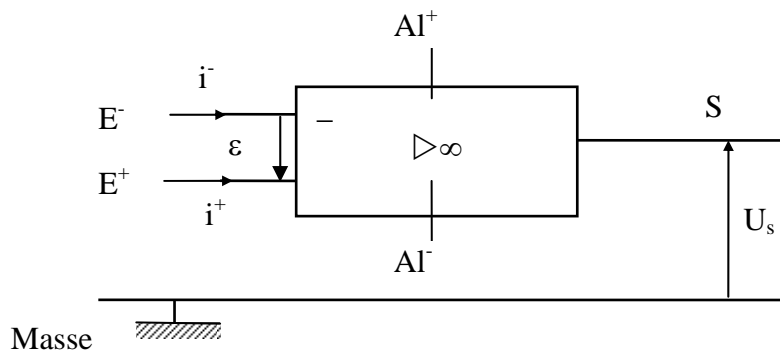


A étant très élevé ($\sim 100\ 000$), ε est très faible en régime linéaire : $\varepsilon < 1\ \mu\text{V}$

Pour un amplificateur opérationnel parfait (ou idéal) fonctionnant en régime linéaire :

$$\varepsilon = E^+ - E^- \sim 0 \quad i^+ = i^- = 0$$

Comment réaliser un montage comportant un amplificateur opérationnel



Etape 1

Repérer la ligne de masse sur la plaquette.

Etape 2

L'alimentation (- 15 V, + 15 V) étant à l'arrêt, connecter :

- la borne 0 V à la ligne de masse (fil de connexion noir)
- la borne - 15 V à la borne de l'amplificateur opérationnel marquée Al^- (fil bleu)
- la borne + 15 V à la borne de l'amplificateur opérationnel marquée Al^+ (fil rouge)

Etape 3

Repérer les bornes E^- , E^+ et S de l'amplificateur opérationnel.

Etape 4

Réaliser le montage électrique et veiller à relier avec des *fils noirs tous les points qui doivent être reliés à la masse* : masse du générateur, masse de l'oscilloscope.

Etape 5

Mettre d'abord en marche l'alimentation -15 V, + 15 V ; sinon, celui-ci peut être détruit.

Etape 6

Mettre en marche le générateur branché à l'entrée du montage.

Etape 7

Faire les observations et les mesures.

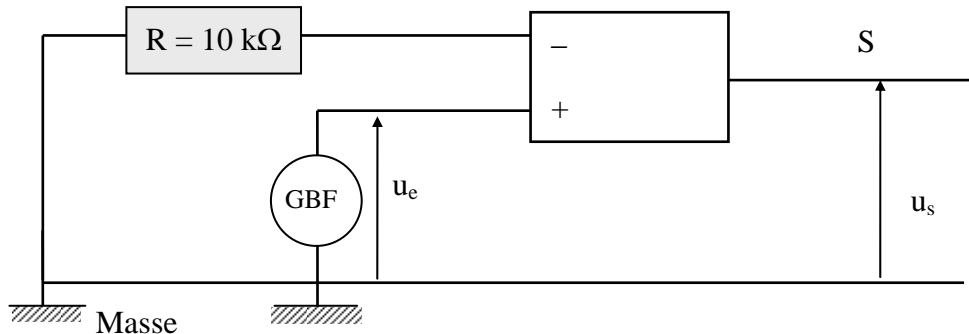
Etape 8

En fin de manipulation, arrêter d'abord le générateur. Eteindre ensuite l'alimentation.

Amplificateur opérationnel - Montages fondamentaux

1) Montage comparateur

Montage



- Brancher le câble relié à **CH1** de l'oscilloscope aux bornes du GBF pour visualiser $u_e(t)$
- Brancher le câble relié à **CH2** de l'oscilloscope à la sortie de l'amplificateur opérationnel pour visualiser $u_s(t)$
- Allumer le GBF
- Sélectionner une *tension sinusoïdale de fréquence : $f = 1\,000\text{ Hz}$ et d'amplitude maximale : $U_{em} = 1\text{ V}$*
- **Identifier** les 2 tensions observées sur l'oscilloscope.
- Tracer l'oscillogramme : $u_e = f(t)$ et $u_s = f(t)$. Bien noter les valeurs maximales de u_e et de u_s , ainsi que la période T du signal.

$u_e(t) > 0$ entre 0 et $T/2$ $\varepsilon > 0$	$u_e(t) < 0$ entre $T/2$ et T $\varepsilon < 0$
$u_s(t) = \dots\dots\dots$ entre 0 et $T/2$	$u_s(t) = \dots\dots\dots$ entre $T/2$ et T

On observe une tension en forme de **créneaux** pour $u_s(t)$. Pourquoi ?

- Entre la sortie S et la masse, on place 2 diodes électroluminescentes verte et rouge montées en opposition.
Qu'observe-t-on si la fréquence du GBF est :

$f = 1000\text{ Hz}$	$f = 50\text{ Hz}$	$f = 20\text{ Hz}$	$f = 5\text{ Hz}$

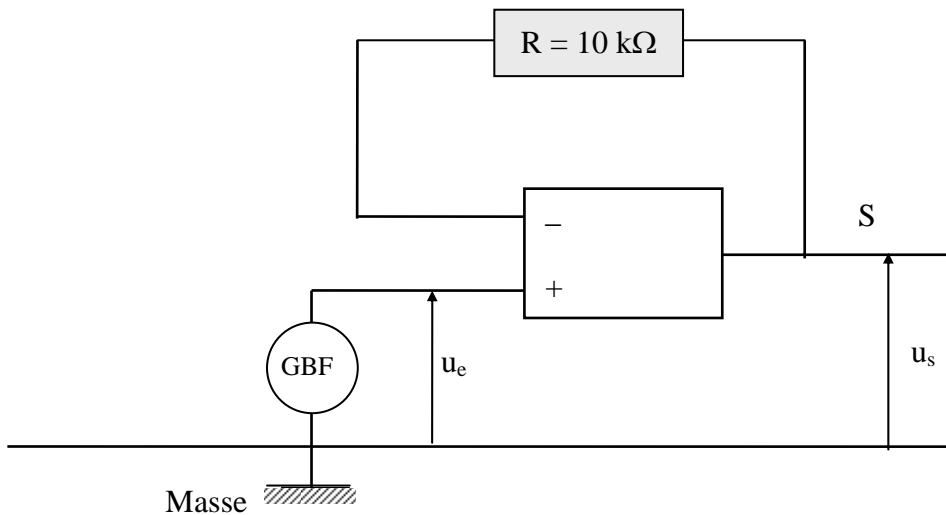
- *Quelle est la fréquence de la tension délivrée par EDF ?*

Persistance rétinienne : l'œil ne peut distinguer 2 images successives si elles apparaissent plus de 16 à 18 fois par seconde. Dans le cas du cinéma, c'est la succession de 24 images par seconde qui donne l'illusion d'un mouvement continu.

2) Montage suiveur

Montage

- Supprimer les 2 diodes mises à la sortie de l'amplificateur opérationnel.
- Débrancher la résistance : $R = 10\text{ k}\Omega$ de la masse et la relier à la sortie S de l'amplificateur opérationnel
- Sélectionner une *tension sinusoïdale de fréquence* : $f = 1\,000\text{ Hz}$ et *d'amplitude maximale* : $U_{em} = 1\text{ V}$



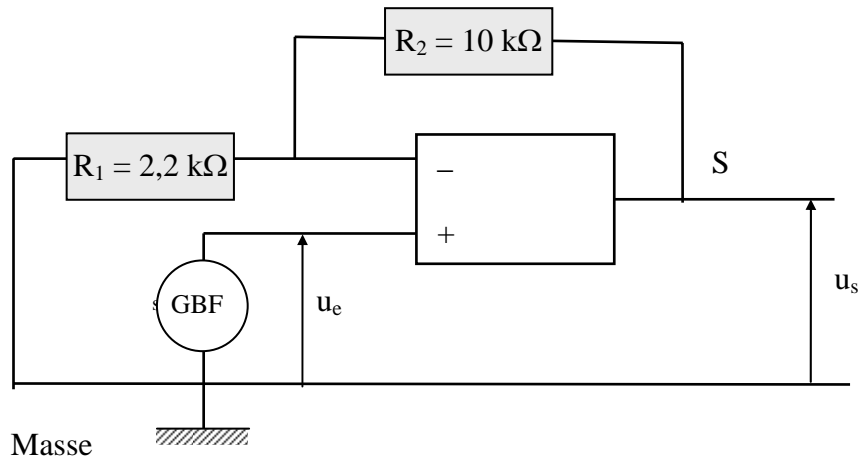
- **Peut-on identifier** les 2 tensions observées sur l'oscilloscope ?
- *Que peut-on en conclure ?*
- L'amplificateur fonctionne-t-il en *régime linéaire* ou en *régime de saturation* ?
- Choisir une forme de signal triangulaire. Cela modifie-t-il le phénomène observé ?
- Entre la sortie S et la masse, on replace les 2 diodes électroluminescentes verte et rouge montées en opposition.
- *Qu'observe-t-on si la fréquence du GBF est :*

$f = 1000\text{ Hz}$	$f = 50\text{ Hz}$	$f = 20\text{ Hz}$	$f = 5\text{ Hz}$

- *Les diodes s'allument-elles aussi longtemps à la fréquence de 5 Hz que dans le montage précédent ?*
Comment peut-on l'expliquer ?

3) Montage amplificateur non inverseur

Montage



- Enlever les 2 diodes mises à la sortie de l'amplificateur opérationnel.
- Rajouter la résistance : $R_1 = 2,2 \text{ k}\Omega$ entre l'entrée (-) de l'amplificateur opérationnel et la masse.
- Sélectionner sur le GBF une *tension sinusoïdale* ; régler la *fréquence* : $f = 1\,000 \text{ Hz}$ et l'*amplitude du signal* : $U_{em} = 1 \text{ V}$
- *Identifier* les 2 tensions observées sur l'oscilloscope
- Tracer les courbes: $u_e = f(t)$ et $u_s = f(t)$. Bien noter les valeurs maximales de u_e et de u_s , ainsi que la période T du signal.

a) Amplification et limite de linéarité : variation de la tension d'entrée

- Faire varier la valeur efficace de U_e et relever les valeurs de U_s correspondantes, avec 2 voltmètres numériques, l'un branché aux bornes du GBF, l'autre branché à la sortie de l'amplificateur opérationnel. Noter ces branchements sur le schéma électrique.

U_e	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
U_s										

- Tracer : $U_s = f(U_e)$
- Quelle est la valeur maximale de U_e qui permet un *fonctionnement linéaire de l'amplificateur* : si la tension d'entrée est une sinusoïde, la tension de sortie est également une sinusoïde qui ne doit pas être *écrêtée* ?
- Quelle est l'amplification du montage : $A = U_s/U_e$?
- Vérifie-t-on que : $A = U_s/U_e = (1 + \frac{R_2}{R_1})$
- Comparer *théorie et pratique*.

b) Amplification et limite de linéarité : variation de la résistance R_2

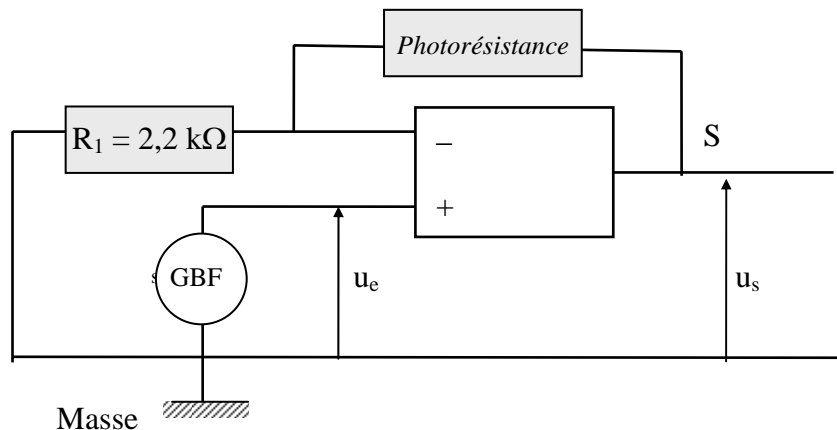
- Brancher un voltmètre numérique aux bornes du GBF. Fixer la valeur efficace de la tension d'entrée : $U_e = 1\text{ V}$
- Relever la valeur efficace de la tension de sortie U_s avec un autre voltmètre numérique.
- Changer la valeur de R_2 et remplir ce tableau.

R_2	1 k Ω	2,2 k Ω	4,7 k Ω	6,9 k Ω	10 k Ω	14,7 k Ω	22 k Ω	32 k Ω	47 k Ω
U_s									

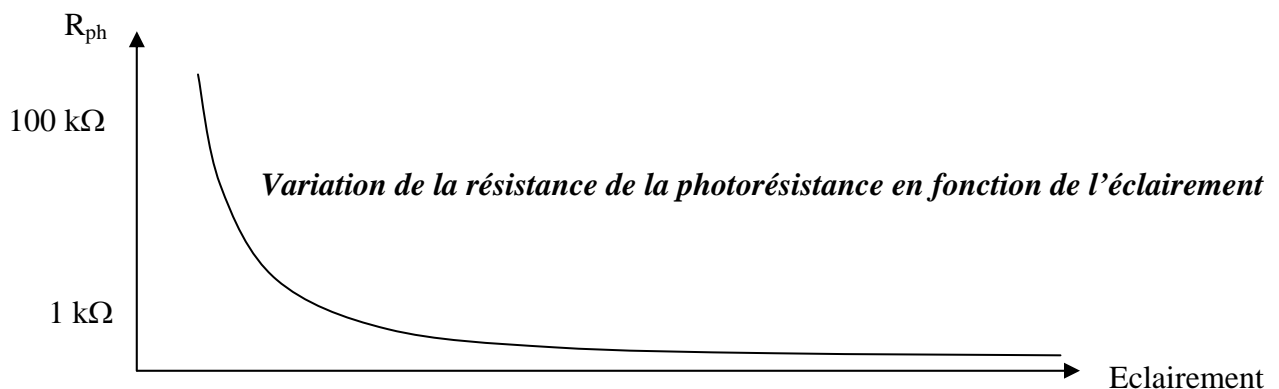
- Pour fabriquer une résistance de 6,9 k Ω , on associe 2 résistances de 2,2 k Ω et de 4,7 k Ω en série.
- Tracer : $U_s = f(R_2)$. Vérifie-t-on : $U_s = U_e (1 + \frac{R_2}{R_1})$
- Sur le graphique, déterminer la valeur maximale R_2 qui permet un *fonctionnement linéaire de l'amplificateur*.

c) Application du montage non inverseur

La résistance R_2 est remplacée par une photorésistance.

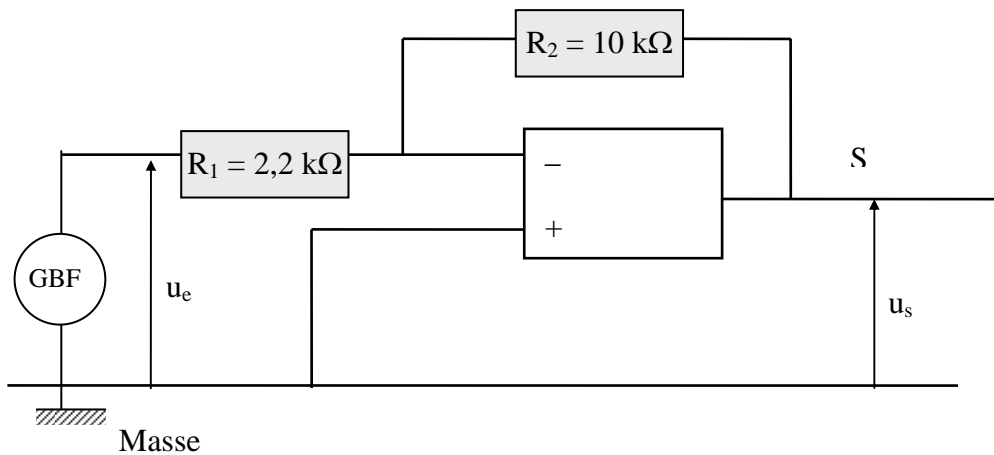


- A la sortie de l'amplificateur, brancher une diode électroluminescente.
- Diminuer l'éclairement de la photorésistance en plaçant un doigt dessus.
- Qu'observe-t-on ? Pourquoi ?
- Donner une application pratique de ce montage.



4) Montage amplificateur inverseur

Montage



- Sélectionner sur le GBF une *tension sinusoïdale* ; régler la *fréquence* : $f = 1\,000\text{ Hz}$ et l'*amplitude du signal* : $U_{em} = 1\text{ V}$
- **Identifier** les 2 tensions observées sur l'oscilloscope
- Tracer les courbes: $u_e = f(t)$ et $u_s = f(t)$. Bien noter les valeurs maximales de u_e et de u_s , ainsi que la période T du signal.
- Pourquoi le montage porte-t-il un tel nom ?

a) Amplification et limite de linéarité : variation de la tension d'entrée

- Faire varier la valeur efficace de U_e et relever les valeurs de U_s correspondantes, avec 2 voltmètres numériques, l'un branché aux bornes du GBF, l'autre branché à la sortie de l'amplificateur opérationnel. Noter ces branchements sur le schéma électrique.

U_e	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
U_s										

- Tracer : $U_s = f(U_e)$
- Quelle valeur maximale de U_e permet un *fonctionnement linéaire de l'amplificateur* : si la tension d'entrée est une sinusoïde, la tension de sortie est également une sinusoïde qui ne doit pas être *écrêtée* ?
- Quelle est l'amplification du montage : $A = U_s/U_e$?
- Vérifie-t-on que : $A = U_s/U_e = - \frac{R_2}{R_1}$
- Comparer *théorie et pratique*.

b) et c) Mêmes questions que pour le montage précédent