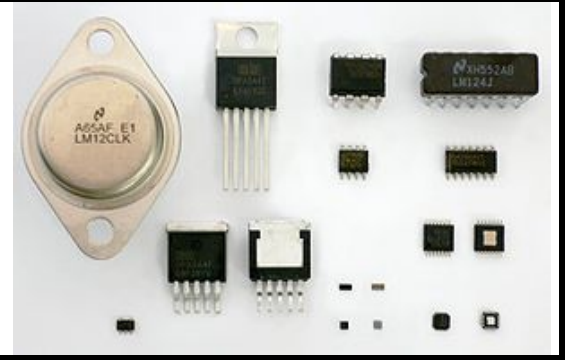


Premier contact avec l'Amplificateur

Linéaire Intégré (ALI)

Aussi appelé Amplificateur Opérationnel (AO)



« From the beginning at Intel, we planned on being big »

Robert Noyce (1927-1990) et Gordon Moore (1929-), cofondateurs de la société Intel. Robert Noyce est l'inventeur (au même titre que Jack Kilby) du premier circuit imprimé en 1958.

OBJECTIFS

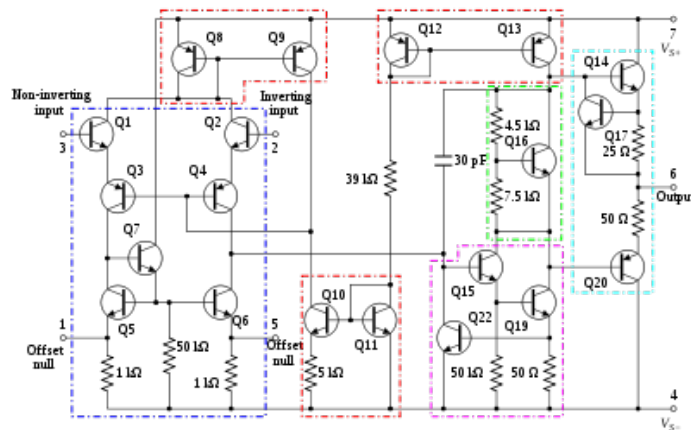
✓ Se familiariser (en vue du cours de PT) avec l'ALI et ses fonctions par la réalisation de quelques montages expérimentaux simples.

MATERIEL

- ✓ Oscilloscope, multimètre, GBF
- ✓ composants ; ALI, capacités, résistances
- ✓ Plaquette de connexion
- ✓ Câbles de connexion

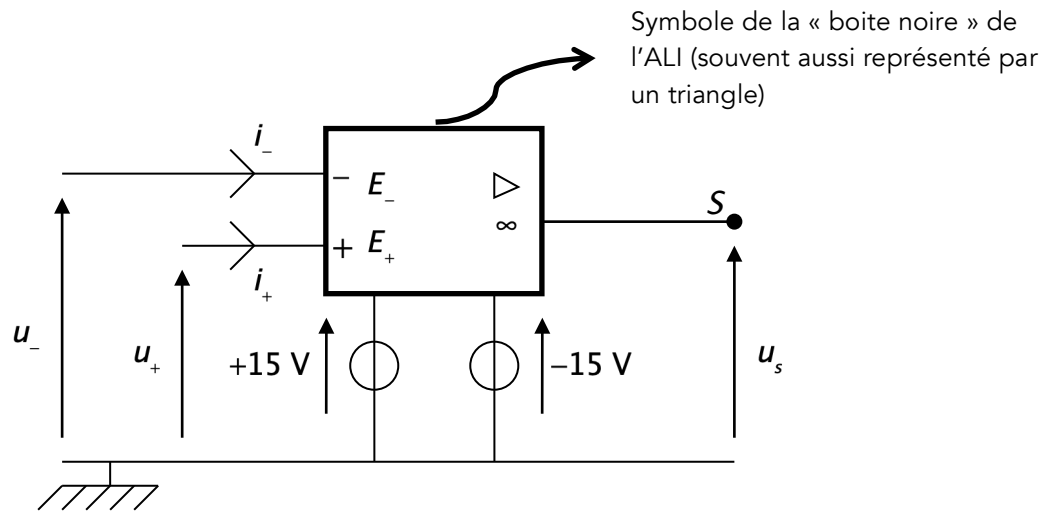
1. DESCRIPTION ELEMENTAIRE DE L'ALI

L'amplificateur linéaire intégré (**abréviation ALI ou AO**) est un circuit intégré complexe constitué de résistances, de condensateurs, de transistors etc... Le schéma ci-dessous correspond à la structure d'un AO type 741 (hors programme bien sûr ☺)



Pour nous, de façon beaucoup plus simple, l'AO est une « **boîte noire** » qui permet de réaliser diverses opérations mathématiques sur les signaux électriques : amplification, sommation, intégration, dérivation, comparateur etc... Le cours est au programme de PT.

1.1 Les signaux électriques



a) 2 bornes d'entrée :

E_- = l'entrée inverseuse.

E_+ = l'entrée non inverseuse.

S = la borne de sortie.

b) Courants de décalage d'entrée :

$i_+(t)$ et $i_-(t)$ qui sont très faible et que l'on considérera en général comme nuls (voir suite sur l'AO idéal).

c) Les tensions continues d'alimentation -15 V et +15 V

L'AOI est un composant actif, il faut l'alimenter par une source d'énergie : une source de tension continue. Par la suite ces tensions ne seront plus représentées sur les schémas électriques avec des AO.

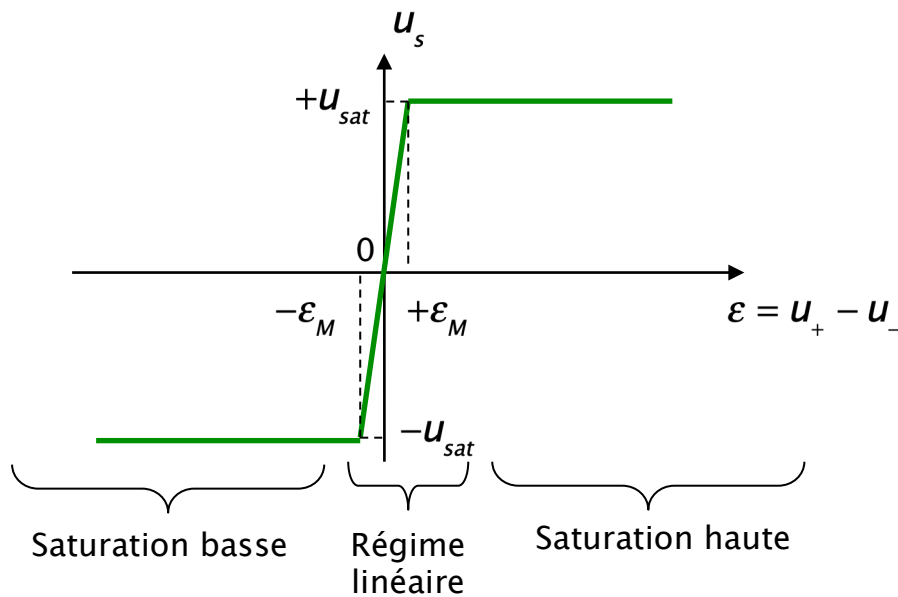
d) Les tensions d'entrées et la tension de sortie

Les tensions appliquées à l'entrée sont des fonctions quelconques du temps $u_+(t)$ et $u_-(t)$.

La tension de sortie $u_s(t)$ dépend des tensions d'entrée (suivant le type de montage à AO, voir la suite).

1.2 Caractéristique statique de transfert

Il existe deux types de régime de fonctionnement : le **régime de saturation** et le **régime linéaire**.



- Régime linéaire $\Rightarrow$

$$u_s = \mu(u_+ - u_-) = \mu \varepsilon$$

$\mu = \text{amplification différentielle} \approx 10^5$

- Régime de saturation $\Rightarrow$

$$u_s = \pm u_{sat} \approx 14 \text{ V}$$

On est en régime linéaire quand $-\varepsilon_M < \varepsilon < +\varepsilon_M$, avec $\varepsilon_M = \frac{u_{sat}}{\mu} \approx 10^{-4} \text{ V}$. On constate qu'en régime linéaire $\pm \varepsilon_M$ sont très faibles. Dans le cas de l'AO idéal, on prendra $\pm \varepsilon_M \approx 0 \text{ V}$.

Un **ALI idéal** est un amplificateur différentiel de tension tel que :

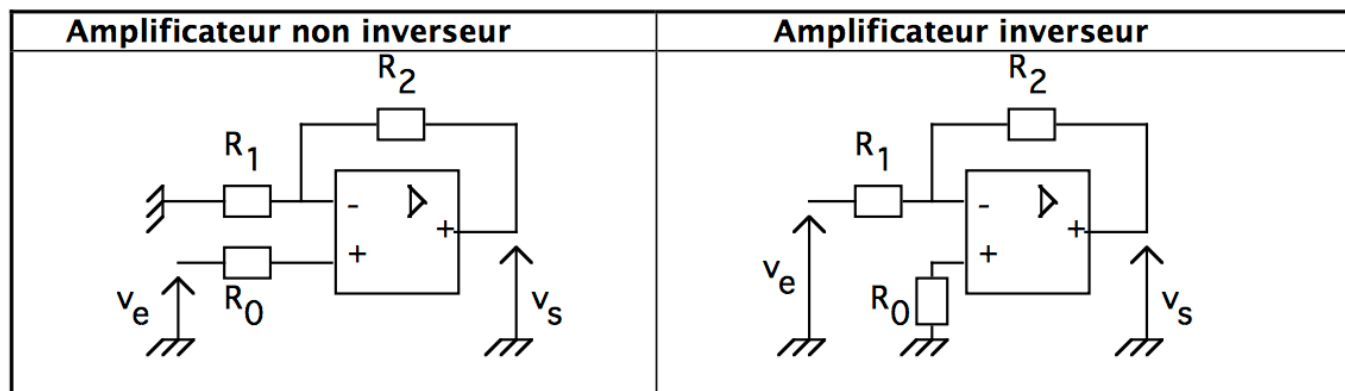
- gain infini $\mu \rightarrow \infty$
- courant $i_+ = i_- = 0$
- u_s est fini, $u_s = \mu \varepsilon$ donc $\varepsilon = 0$

2. MONTAGES EN REGIME LINEAIRES

Dans les montages suivants, il y a une rétroaction négative, l'ALI fonction en **régime linéaire**.

MONTAGES AMPLIFICATEURS DE TENSIONS

- 1)  Réaliser successivement les deux montages suivants.



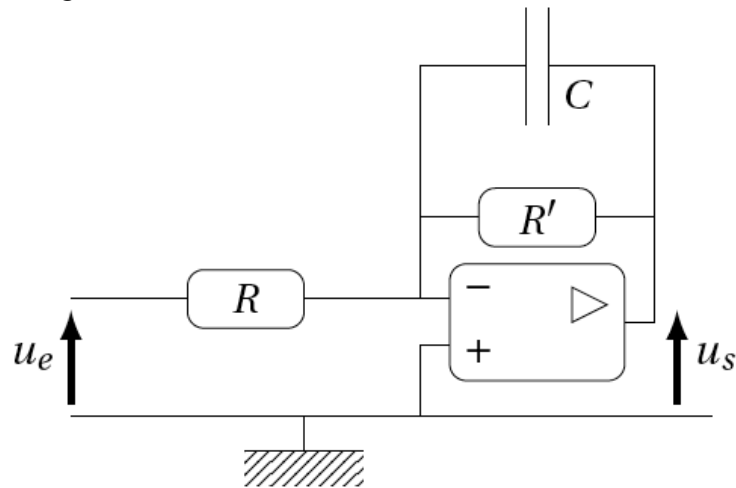
On prendra environ : $(R_1, R_2) = (10 \text{ k}\Omega, 50 \text{ k}\Omega)$ et $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$.

- 2)  On prend pour signal d'entrée v_e un signal sinusoïdal de fréquence environ 1 kHz et d'amplitude 1 V.
Observer, pour chaque montage, le signal de sortie avec l'oscilloscope (toujours observer le signal d'entrée).
Conclusion. Aidez-vous de la fiche en annexe.

MONTAGE INTEGRATEUR



3) Réaliser le montage suivant.



On prendra environ : $R = 10 \text{ k}\Omega$, $R' = 100 \text{ k}\Omega$ et $C = 0,1 \mu\text{F}$.

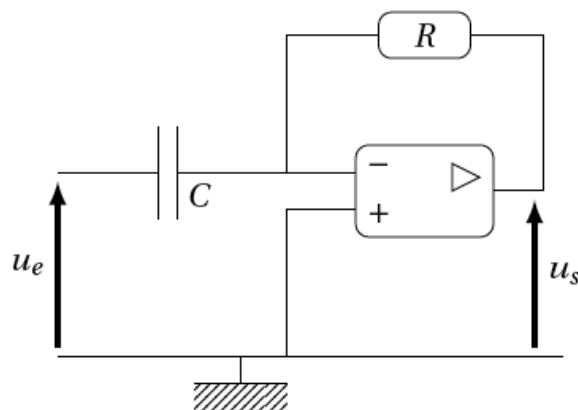


4) Observer le signal de sortie u_s lorsque le signal d'entrée u_e est un créneau symétrique de fréquence de 500 Hz environ.
Conclusion

MONTAGE DERIVATEUR



5) Réaliser le montage suivant.



On prendra environ : $R = 2 \text{ k}\Omega$ et $C = 0,1 \mu\text{F}$. Il peut être nécessaire de placer une résistance $R' = 200 \Omega$ en série avec le condensateur pour limiter les parasites (cf. cours de PT).



6) Observer le signal de sortie u_s pour différentes formes du signal d'entrée u_e en prenant garde à la saturation (limiter l'amplitude du signal d'entrée).

Conclusion.

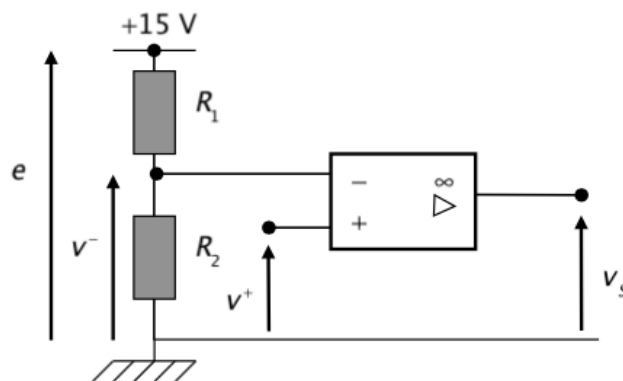
2. MONTAGES EN REGIME DE SATURATION

Dans les montages suivants à ALI, il n'y a pas de rétroaction négative mais éventuellement une rétraction positive, l'ALI fonction donc **en régime saturé**.

COMPARATEUR SIMPLE



1) Réaliser le montage suivant.



L'entrée - est alimenté par un pont diviseur de tension constitué d'un boîte tel que $R_1 + R_2 \approx 110 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$. L'entré + est alimenté par le GBF



2) On prend pour v^+ **une tension constante** que l'on fait croître de 0 à 14 V environ puis que l'on diminue de nouveau. Noter les variations de v_e .



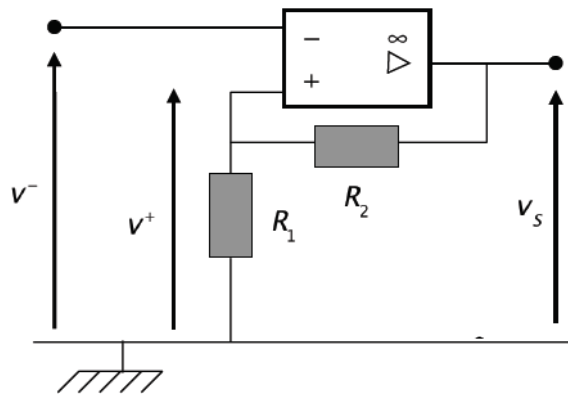
3) On prend pour v^+ une tension alternative de fréquence 200 Hz environ.

- ✓ Visualiser v^+ et v_s en fonction du temps.
- ✓ Faire varier l'amplitude de la tension alternative et vérifier les valeurs remarquables de v_+ lors du basculement de v_s .
- ✓ Visualiser $v_s = f(v^+)$ en mode XY . Commenter.
- ✓ Augmenter la fréquence et commenter.

COMPAREUR A HYSTERESIS



4) Réaliser le montage suivant.



Avec le GBF, prendre v^- triangulaire d'amplitude 10 V environ et de fréquence d'environ 500 Hz .

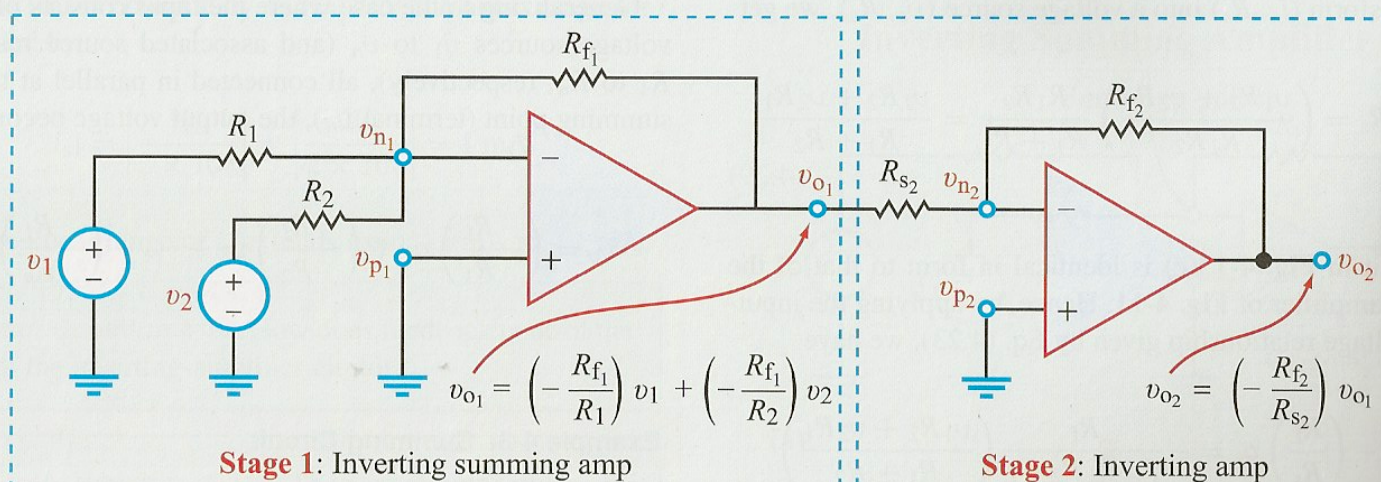


- 5)**
- ✓ Visualiser v^- et v_s en fonction du temps. Commenter
 - ✓ Visualiser $v_s = f(v^-)$ en mode XY . Commenter.

3. MONTAGE SOMMATEUR A DEUX ETAGES



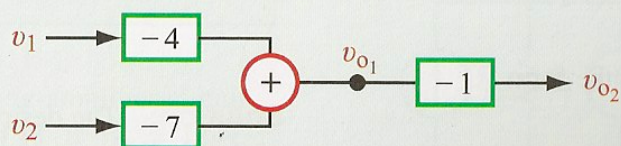
Réaliser le montage suivant. Le tester pour différentes tensions d'entrée à l'aide de deux GBF.



(a) Two-stage circuit

Circuit Design

R_1	14 k Ω
R_2	8 k Ω
R_{f1}	56 k Ω
R_{s1}	20 k Ω
R_{f2}	20 k Ω



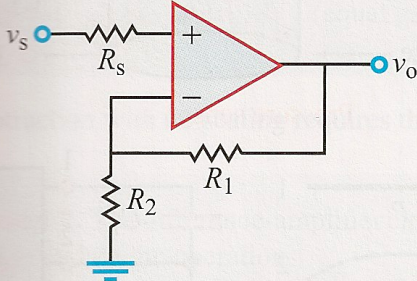
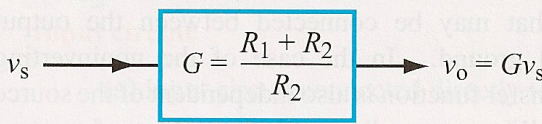
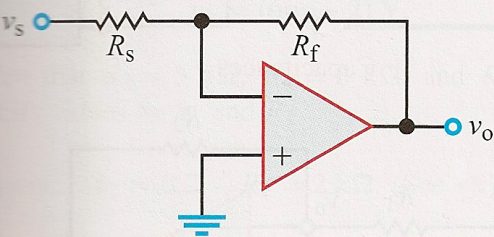
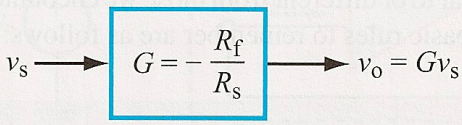
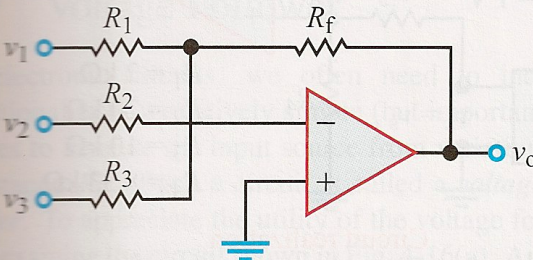
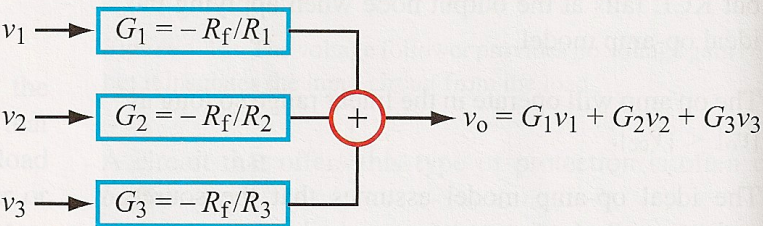
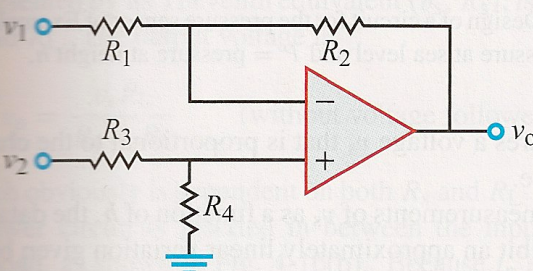
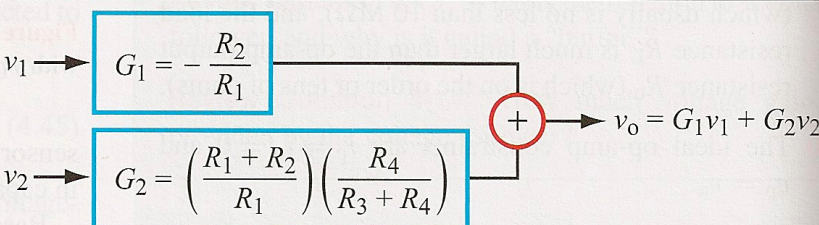
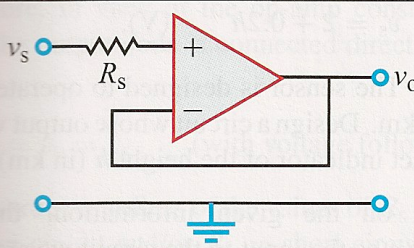
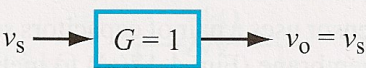
(b) Block diagram

Figure 4-14: Two-stage circuit realization of $v_o = 4v_1 + 7v_2$.

4. ANNEXE

4.1 MONTAGES USUELS EN REGIME LINEAIRE

Table 4-3: Summary of op-amp circuits.

Op-Amp Circuit	Block Diagram
 Noninverting Amp (v_o independent of R_s)	 $G = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \rightarrow v_o = G v_s$
 Inverting Amp	 $G = -\frac{R_f}{R_s} \rightarrow v_o = G v_s$
 Inverting Summer	 $v_o = G_1 v_1 + G_2 v_2 + G_3 v_3$
 Subtracting Amp	 $v_o = G_1 v_1 + G_2 v_2$
 Voltage Follower (v_o independent of R_s)	 $G = 1 \rightarrow v_o = v_s$

4.2 BROCHAGE DE L'ALI

