

# Travaux Pratiques de Physique

Lycée  
Charlemagne  
Paris

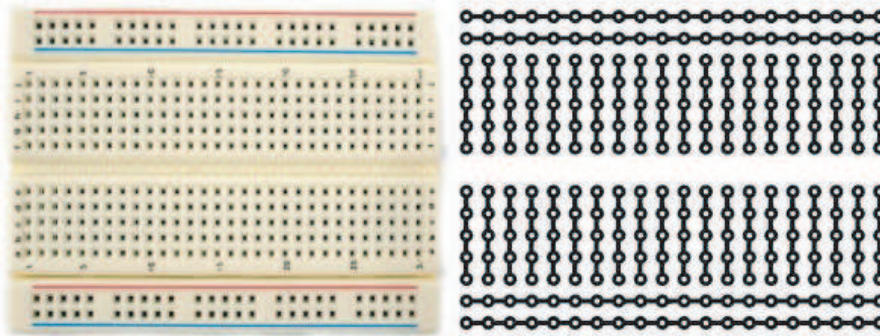
## MP

2 heures

Calculatrices autorisées

## Amplificateur Linéaire Intégré

Au laboratoire, avant d'être soudés sur des circuits imprimés, les circuits électroniques sont fréquemment testés sur une platine d'expérimentation (aussi appelée *breadboard*) ; il s'agit d'un dispositif équipé de trous accueillant les composants électroniques et dont les connexions sont représentées ci-dessous (les traits pleins figurent les connexions électriques entre les divers trous), lesquelles connexions ne sont pas visibles par le haut de la platine.

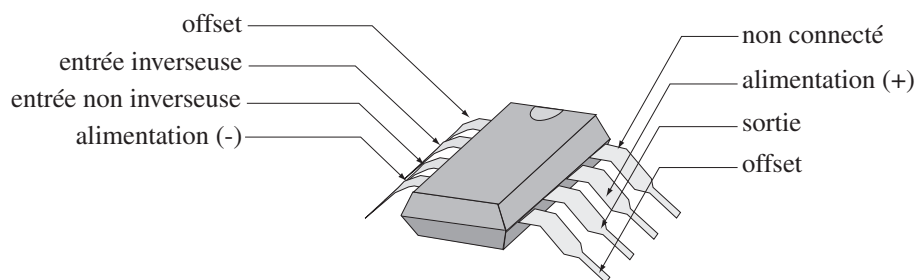


Plateau de connexions

Schéma des connexions

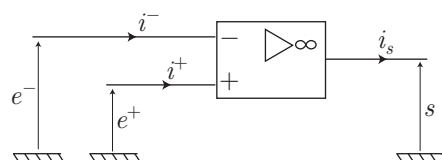
Des bornes équipées de fils conducteurs assurent également le branchement de la platine à des éléments extérieurs (générateurs, oscilloscope, boîtes à décades, ...).

L'amplificateur linéaire intégré<sup>1</sup> peut être connecté à la platine d'expérimentation en identifiant les différentes bornes :



**Attention** : L'A.L.I doit être alimenté à l'aide d'une source de tension stabilisée symétrique +15 V, 0 V, -15 V. Une erreur de connexion à cette étape endommagera instantanément le composant. C'est pourquoi cette opération est la première à être réalisée, avec attention.

Conventionnellement, l'A.L.I. est schématisé de la manière suivante (on omet de représenter les alimentations +15 V et -15 V) :



1. L'amplificateur linéaire intégré est aussi appelé amplificateur opérationnel, ou A.O.

Rappelons que l'A.L.I. est idéal si :

- ses impédances d'entrée sont infinies, ce qui a pour conséquence :  $i^+ = i^- = 0$ ;
- son impédance de sortie est nulle :  $\frac{\partial s}{\partial i_s} = 0$ ;
- sa bande passante est infinie, c'est-à-dire que son fonctionnement ne dépend pas de la fréquence des signaux électriques;

De surcroît, ce circuit fonctionne en régime linéaire s'il est possible d'écrire  $e^+ = e^-$ . Il s'agit en fait d'une approximation : le potentiel de sortie dépend de la différence de potentiel entre ses bornes d'entrée :

$$s = \mu_0 \times (e^+ - e^-) \tag{1}$$

où  $\mu_0$  est une constante, appelée *gain en boucle ouverte*, à fréquence nulle, qui prend une valeur assez grande pour qu'il soit possible de poser :

$$e^+ \simeq e^- \Rightarrow |s| \leq V_{\text{sat}} \simeq 12 \text{ V}$$

**Objectif**

L'objectif de ce TP est de permettre d'une part une familiarisation avec le matériel couramment utilisé au laboratoire d'électronique et d'autre part la mise en œuvre de quelques circuits à amplificateurs linéaires intégrés (A.L.I.).

La présence de ce logo signifie que la réponse doit figurer dans le rapport.

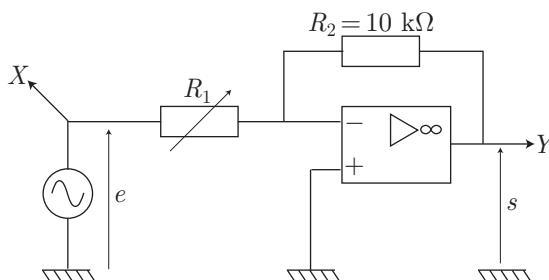


Les graphiques éventuellement réalisés devront être joints au rapport.

**I- Opérateurs linéaires**

**1- Amplificateur inverseur**

Réaliser le montage schématisé ci-dessous, dans lequel  $R_1$  désigne une boîte de résistances à décades et le GBF délivre une tension sinusoïdale  $e$  d'amplitude  $E_0$  et de fréquence  $f$  :



En supposant l'ALI idéal et linéaire, exprimer la fonction de transfert  $\underline{H}(j\omega) = \frac{s}{e}$  de ce montage en fonction de  $R_1$  et  $R_2$ . Quelle valeur doit-on choisir pour obtenir un gain  $H = |\underline{H}| = 10$  ?

**Appeler l'examineur**

On prendra dans un premier temps  $f = 1\,000$  Hz. En modifiant  $E_0$ , montrer le phénomène de saturation de l'ALI (le mode Lissajous XY pourra judicieusement être mis en œuvre).

Montrer également qu'il existe une fréquence  $f_c$  (*bande passante*) telle que l'ALI ne puisse plus être considéré comme idéal lorsque  $f > f_c$ .

On note  $\Pi = H \times f$  le *produit gain-bande*.

Choisir  $R_1$  de manière à remplir le tableau ci-dessous, qui sera fourni avec le compte-rendu :

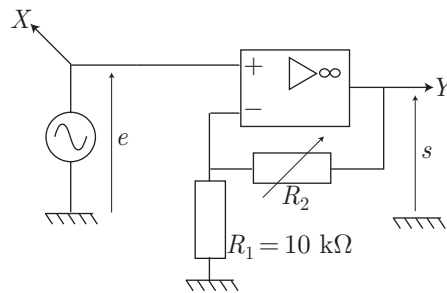
$H$	10	100	1 000
$R_2$ (en $\Omega$ )			
$\Pi$ (en Hz)			

Conclure.

Permuter les entrées inverseuse ( $e^-$ ) et non-inverseuse ( $e^+$ ). Qu'observe-t-on ? Interpréter.

## 2- Amplificateur non-inverseur

Réaliser le montage schématisé ci-dessous, dans lequel  $R_2$  est une boîte de résistances à décades et le GBF délivre une tension sinusoïdale d'amplitude  $E_0$  et de fréquence  $f = 1\,000\text{ Hz}$  :

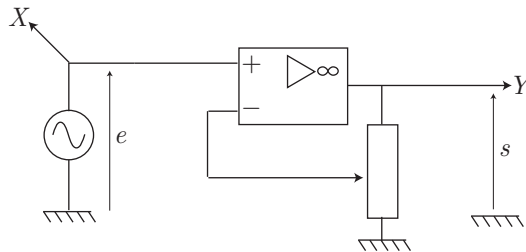


☛ Lorsque l'ALI est idéal et linéaire, déterminer l'expression de la fonction de transfert  $\underline{H}(j\omega) = \frac{s}{e}$  de ce circuit, en fonction de  $R_1$  et  $R_2$ . Quelle est la fonction de ce circuit ?

### Appeler l'examineur

Présenter et commenter la courbe de Lissajous XY de ce circuit.

Remplacer ensuite les deux résistances par un potentiomètre dans le circuit précédent :

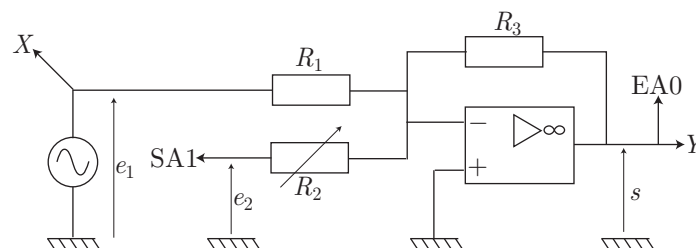


### Appeler l'examineur

En choisissant  $E_0 = 1\text{ V}$ , commenter la courbe de Lissajous qui apparaît à l'écran de l'oscilloscope. On fera varier le potentiomètre et on fera apparaître également la saturation de l'ALI.

## 3- Montage sommateur

Réaliser le montage représenté ci-dessous :



dans lequel :

- un GBF délivre une tension sinusoïdale  $e_1(t)$  d'amplitude 1 V et de fréquence 1 000 Hz ;
- la carte Sysam, connectée à l'ordinateur équipé de Latis Pro, délivre une tension sinusoïdale  $e_2(t)$  d'amplitude 1 V et de fréquence 10 kHz ;
- la sortie  $s(t)$  est visualisée simultanément à l'écran d'un oscilloscope (Y) et à l'écran d'un ordinateur équipé de Latis Pro (EA0) ;
- $R_2$  est une boîte de résistances à décades ;
- $R_1$  et  $R_2$  ont des valeurs qui seront choisies parmi celles proposées dans la salle de TP (1 kΩ ; 10 kΩ ; 2,2 kΩ...).

☛ En considérant l'ALI idéal et linéaire, exprimer  $s$  en fonction de  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ . Quelles valeurs affecter à  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  pour réaliser l'opération :

$$s = - \left( e_1 + \frac{e_2}{10} \right) \quad (2)$$

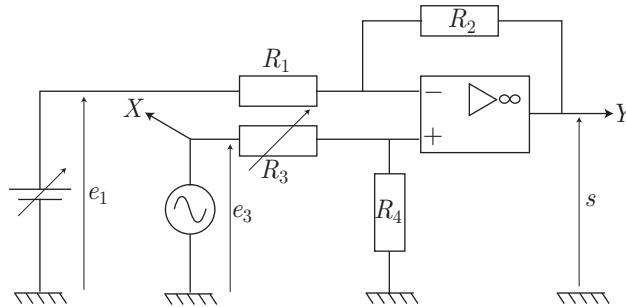
**Appeler l'examineur**

Après avoir réalisé l'opération précédente, présenter les courbes  $X$  et  $Y$  visualisées à l'écran de l'oscilloscope.

Présenter également le spectre de Latis Pro forme de  $s$  et expliquer en quoi ce spectre est conforme à l'opération (2).

**4- Montage soustracteur**

Réaliser le montage ci-dessous :



dans lequel :

- un GBF délivre une tension sinusoïdale  $e_3$  d'amplitude 1 V et de fréquence 1 kHz ;
- une alimentation stabilisée réglable délivre une tension continue  $e_1 = 1$  V ;
- les tensions  $e_3$  et  $s$  sont visualisées sur l'écran d'un oscilloscope ;
- $R_3$  est la résistance d'une boîte à décades ;
- les résistances  $R_1, R_2, R_4$  sont choisies parmi celles disponibles dans la salle de TP.

☛ En considérant l'ALI idéal et linéaire, exprimer  $s$  en fonction de  $e_1, e_3, R_1, R_2, R_3, R_4$ . Quelles valeurs affecter aux résistances  $R_1, R_2, R_3$  et  $R_4$  pour réaliser l'opération :

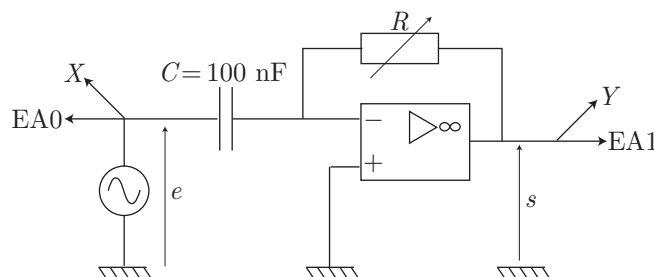
$$s = 1,5 \times e_3 - e_1$$

**Appeler l'examineur**

Après avoir réalisé l'opération précédente, présenter les courbes  $X$  et  $Y$  en justifiant leurs caractéristiques.

**II- Montages dérivateur et intégrateur****1- Montage dérivateur**

Réaliser le montage schématisé ci-dessous :



dans lequel :

- le GBF délivre une tension  $e(t)$  qui sera modifiée au cours du TP ;
- $R$  est la résistance d'une boîte à décades ;
- les tensions  $e$  et  $s$  sont simultanément visualisées à l'écran d'un oscilloscope et à l'écran d'un ordinateur équipé de Latis Pro.



- En supposant l'ALI idéal et linéaire, exprimer la fonction de transfert de ce montage en fonction de  $\omega$  et  $\omega_0 = \frac{1}{RC}$ .
- Ce circuit réalise-t-il un filtre passe-haut ou passe-bas ? le vérifier expérimentalement.

- Quelle valeur affecter à  $R$  pour imposer une fréquence de coupure  $f_c = 2\,000$  Hz ? On conservera désormais cette valeur à  $R$ .

Alimenter le circuit avec une tension sinusoïdale d'amplitude  $E_0 = 2$  V et de fréquence  $f = 1\,000$  Hz.

### Appeler l'examineur

Commenter la courbe de Lissajous XY observée à l'écran de l'oscilloscope.

On commentera notamment l'influence de  $f$  et de  $R$ .

☞ Pour une tension  $e(t)$  quelconque exprimer  $s(t)$  en fonction de  $R$ ,  $C$  et  $e(t)$ . Ce circuit réalise-t-il une dérivation ou une intégration ?

Alimenter le circuit avec une tension  $e(t)$  triangulaire d'amplitude  $E_0 = 3$  V et de fréquence  $f = 1\,000$  Hz. Visualiser simultanément  $e(t)$  et  $s(t)$  à l'écran de l'ordinateur équipé de Latis Pro.



- Imprimer et commenter les courbes obtenues ;
- Retrouver, à partir de ces courbes, la valeur du produit  $RC$ .
- Vérifier cette valeur à l'aide du multimètre de laboratoire. Commenter.
- Qu'observe-t-on à l'écran de l'oscilloscope lorsqu'on augmente  $f$  ? Interpréter.

## 2- Montage intégrateur

Permuter le condensateur et la résistance.



- En supposant l'ALI idéal et linéaire, exprimer la fonction de transfert de ce montage en fonction de  $\omega$  et  $\omega_0 = \frac{1}{RC}$ .
- Ce circuit réalise-t-il un filtre passe-haut ou passe-bas ? le vérifier expérimentalement.
- Quelle valeur affecter à  $R$  pour imposer une fréquence de coupure  $f_c = 2\,000$  Hz ? On conservera désormais cette valeur à  $R$ .

Alimenter le circuit avec une tension sinusoïdale d'amplitude  $E_0 = 2$  V et de fréquence  $f = 1\,000$  Hz.

### Appeler l'examineur

Commenter la courbe de Lissajous XY observée à l'écran de l'oscilloscope.

On commentera notamment l'influence de  $f$  et de  $R$ .

☞ Pour une tension  $e(t)$  quelconque exprimer  $s(t)$  en fonction de  $R$ ,  $C$  et  $e(t)$ . Ce circuit réalise-t-il une dérivation ou une intégration ?

Alimenter le circuit avec une tension  $e(t)$  rectangulaire d'amplitude  $E_0 = 2$  V et de fréquence  $f = 1\,000$  Hz. Visualiser simultanément  $e(t)$  et  $s(t)$  à l'écran de l'ordinateur équipé de Latis Pro.

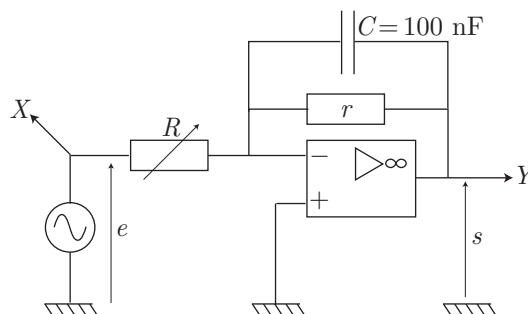


- Imprimer et commenter les courbes obtenues ;
- Retrouver, à partir de ces courbes, la valeur du produit  $RC$ .
- Vérifier cette valeur à l'aide du multimètre de laboratoire. Commenter.

Il peut arriver que ce circuit ne réalise pas les opérations attendues ; par exemple, si la tension d'entrée présente un léger offset  $E_0$  constant :  $e(t) = E_0 + e_1(t)$ , l'ALI va rapidement saturer.

☞ Au bout de combien de temps le phénomène se produit-il si  $E_0 = 1$  mV,  $C = 100$  nF et  $R$  garde sa valeur du 1- ?

Pour résoudre le problème, on adjoint une résistance  $r$  en parallèle avec le condensateur :





- Montrer que  $s$  obéit alors à l'équation différentielle :

$$\tau \frac{ds}{dt} + s = -\frac{r}{R} e$$

où l'on exprimera  $\tau$  en fonction de  $r$  et  $C$ .

- Quelle condition doit-on imposer à  $r$  pour que, loin du régime transitoire :

$$s(t) \simeq -\frac{r}{R} E_0 - \frac{1}{RC} \int e_1 dt$$

Réaliser le montage en imposant  $E_0 \simeq 1$  V.

#### **Appeler l'examineur**

Présenter les signaux  $e(t)$  et  $s(t)$ . Commenter.

### **Matériel disponible (composants enfichables sur *breadboard*) :**

#### POSTES ÉLÈVES

- 1 plaque *breadboard* + fils électriques ;
- 1 ALI TL 081 ;
- 1 alimentation symétrique (+15 V ; 0 V ; - 15 V) ;
- 1 boîte de résistances à décades ;
- 1 condensateur de 100 nF
- 1 GBF ;
- 1 oscilloscope ;
- 1 générateur de tension stabilisée réglable (0-15 V) ;
- 1 potentiomètre ;
- 1 carte Sysam connectée à un ordinateur équipé de Latis pro ;

#### PAILLASSE GÉNÉRALE

- Amplificateurs (A.L.I.) de réserve ;
- résistances de 1 k $\Omega$  (au moins 4 par poste) ;
- résistances (10 k $\Omega$  ; 100  $\Omega$  ; 2,2 k $\Omega$  – au moins 2 par poste) ;
- multimètre de laboratoire ;
- 1 imprimante.