



## Lycée Charles Coëffin — Sciences physique

### Fiche de travaux pratiques — CPGE TSI2

#### TD 2 : Rétroaction

#### Objectifs

- Savoir reconnaître le fonctionnement (probable) linéaire ou saturé d'un amplificateur opérationnel.
- Déterminer le signal de sortie d'un amplificateur opérationnel, qu'il soit en fonctionnement linéaire ou saturé.

**Pré-requis :** régime sinusoïdal forcé, méthode complexe, associations d'impédances complexes ; signal périodique, décomposition d'un signal, fonction de transfert, filtres du premier ordre ; systèmes linéaires continus et invariants (LCI), stabilité d'un système LCI.

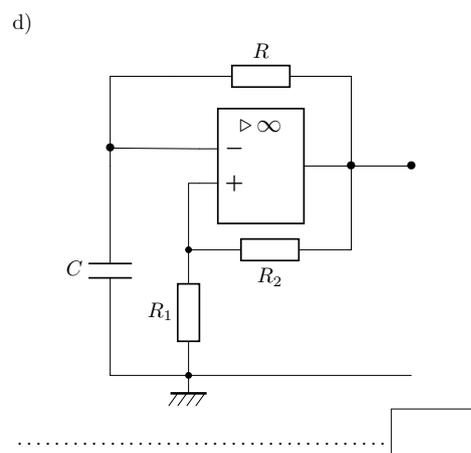
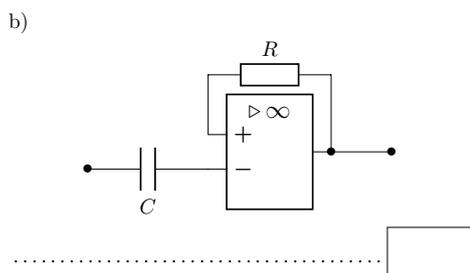
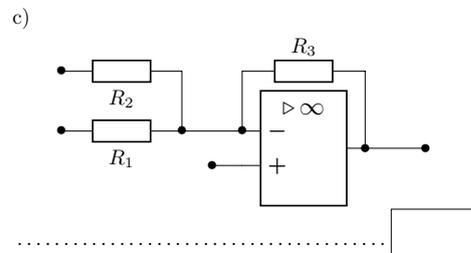
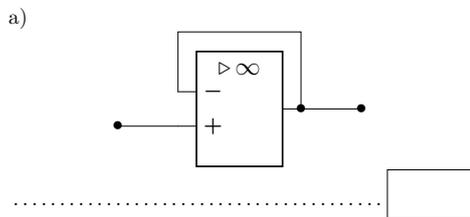
## 1 Cahier d'entraînement

### Entraînement 18.1 — Circuit en régime linéaire.



Pour chacun des circuits ci-dessous, choisir la phrase qui convient.

- (a) L'ALI fonctionne vraisemblablement en régime linéaire.  
 (b) L'ALI fonctionne vraisemblablement en régime saturé.  
 (c) On ne peut pas répondre.

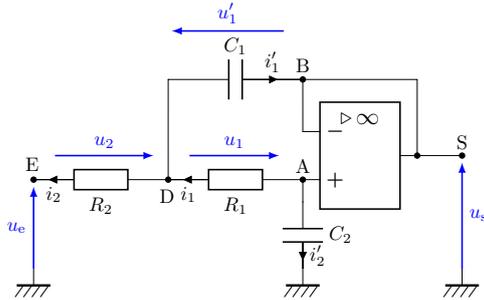


## Loi des nœuds et pont diviseur de tension

### Entraînement 18.2 — Intensités sens dessus dessous.



L'amplificateur linéaire intégré suivant est idéal et fonctionne en régime linéaire.



a) Exprimer la loi des nœuds au point D en fonction des intensités  $i_1$ ,  $i_2$  et  $i'_1$ .

.....

b) Exprimer la loi des nœuds au point D en fonction des tensions  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $u'_1$ , des résistances  $R_1$ ,  $R_2$  et de la capacité  $C_1$  du condensateur supérieur.

.....

c) Indiquer la relation entre les intensités  $i_1$  et  $i'_2$ .

.....

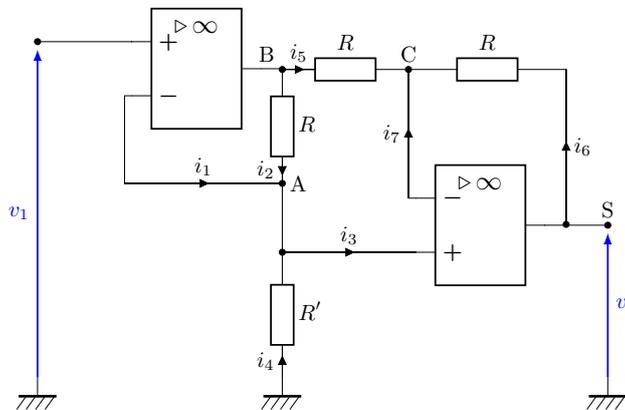
d) En déduire l'expression de l'intensité  $i'_2$  en fonction de  $V_A$ ,  $V_D$  et  $R_1$  ainsi que de  $C_2$  et  $V_A$ .

.....

### Entraînement 18.3 — Montage à plusieurs ALI.



On considère le montage amplificateur d'instrumentation suivant, dans lequel tous les ALI sont considérés comme idéaux :



a) Pourquoi n'est-il pas intéressant d'écrire la loi des nœuds en B?

- (a) L'intensité de sortie de l'ALI est nulle.                      (c) La sortie de l'ALI est reliée à la masse.  
 (b) L'intensité de sortie de l'ALI est inconnue.

.....

b) Exprimer la loi des nœuds en termes d'intensité au point A en fonction des courants donnés sur le schéma.

.....

c) En appliquant la loi d'Ohm, quelle égalité obtient-on ?

(a)  $\frac{V_B - V_A}{R} + \frac{V_A}{R'} = 0$

(c)  $\frac{v_1 - v_s}{R} + \frac{V_C - V_A}{R'} = 0$

(b)  $\frac{V_A - V_B}{R} + \frac{V_A}{R'} = 0$

(d)  $\frac{V_A - V_B}{R'} + \frac{V_A}{R} = 0$

d) Exprimer la loi des nœuds en termes d'intensité au point C en fonction des courants donnés sur le schéma.

e) En utilisant la loi d'Ohm, quelle égalité obtient-on ?

(a)  $\frac{V_C - V_S}{R} + \frac{V_B - V_C}{R} = 0$

(c)  $2V_C = V_B + V_S$

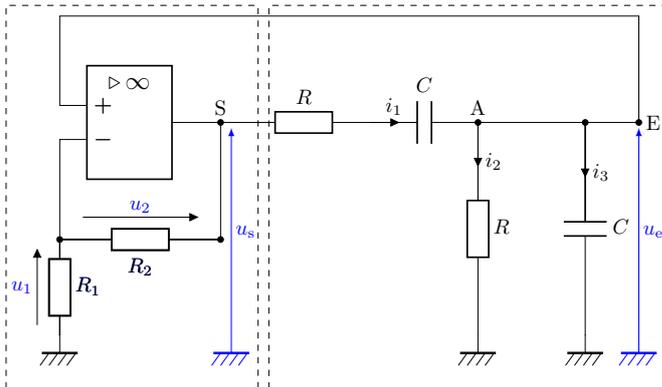
(b)  $\frac{V_C - V_A}{2R} + \frac{V_C - V_S}{R} = 0$

(d)  $\frac{V_C - V_S}{R} + \frac{V_C - V_B}{R} + \frac{V_C - V_A}{R} = 0$

**Entraînement 18.4 — Oscillateur de Wien.**



L'amplificateur linéaire intégré suivant est idéal et fonctionne en régime linéaire.



a) Le pont diviseur de tension du cadre de gauche permet d'écrire une relation entre  $u_1$  et  $u_s$ . Écrire cette relation.

b) Écrire la loi des nœuds en A.

c) Exprimer  $i_2$  en fonction de  $u_e$  et  $R$ .

d) Exprimer l'intensité  $i_3$  en fonction de  $u_e$  et  $C$

e) Écrire la loi des mailles vérifiée par la partie du droite du montage encadrée en pointillés.

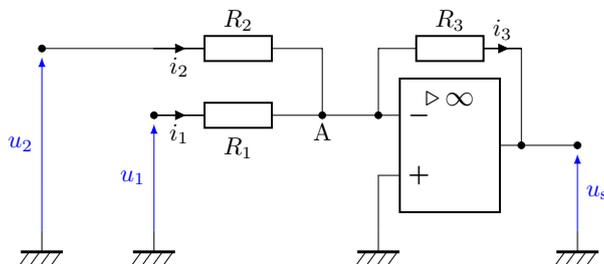
f) Dériver cette relations et donner la relation liant  $\frac{du_e}{dt}$ ,  $\frac{du_s}{dt}$ ,  $i_1$ ,  $\frac{di_1}{dt}$ ,  $R$  et  $C$ .

g) En déduire une équation différentielle liant  $R$ ,  $C$ ,  $\frac{du_s}{dt}$ ,  $\frac{d^2u_e}{dt^2}$ ,  $\frac{du_e}{dt}$  et  $u_e$ .

**Entraînement 18.5 — Montage sommateur inverseur.**



L'amplificateur linéaire intégré suivant est idéal et fonctionne en régime linéaire.



a) Exprimer la loi des nœuds au point A en fonction des intensités  $i_1$ ,  $i_2$  et  $i_3$ .

.....

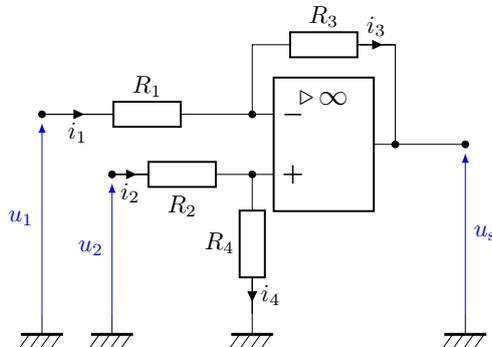
b) À l'aide de l'expression précédente, déterminer une relation liant les tensions  $u_1$ ,  $u_2$  et  $u_s$  ainsi que les résistances  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ .

.....

**Entraînement 18.6 — Montage soustracteur.**



L'amplificateur linéaire intégré suivant est idéal et fonctionne en régime linéaire.



a) Donner la relation entre les intensités  $i_1$  et  $i_3$  .....

b) Donner la relation entre les intensités  $i_2$  et  $i_4$  .....

c) Exprimer le potentiel  $V_+$  en fonction de  $R_2$ ,  $R_4$  et  $u_2$ , à l'aide d'un pont diviseur de tension.

.....

d) Exprimer le potentiel  $V_-$  en fonction de  $R_1$ ,  $R_3$ ,  $u_1$  et  $u_s$ , à l'aide d'un autre pont diviseur de tension.

.....

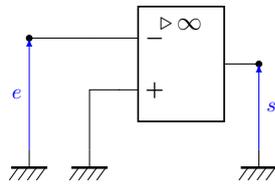
## Avant toute chose

### Entraînement 19.1 — ALI en régime saturé.

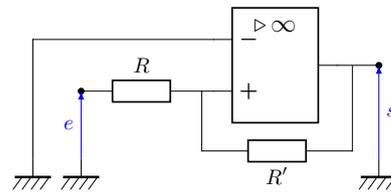


Parmi les montages suivants, indiquer si l'ALI utilisé est en régime saturé de manière certaine.

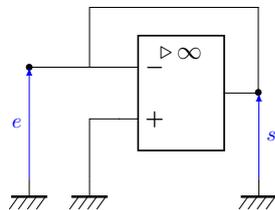
a)




c)




b)

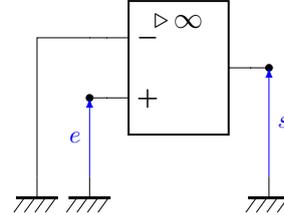


**Entraînement 19.3 — Stabilité de l'ALI d'un comparateur simple.**



On rappelle, pour les besoins de l'exercice, la fonction de transfert entre le potentiel de sortie  $\underline{s}$  et l'entrée différentielle  $\underline{v}_+ - \underline{v}_-$  de l'ALI :

$$\underline{\mu} = \frac{\underline{s}}{\underline{v}_+ - \underline{v}_-} = \frac{\mu_0}{1 + j\omega\tau}.$$



a) Établir l'équation différentielle reliant  $s$  à  $e$  en régime linéaire.

.....

On considère une entrée nulle avant  $t = 0$  et constante de valeur  $E_0$  pour  $t > 0$ .

b) Quelle est l'expression de  $s$  en régime permanent ?

Ⓐ  $\tau\mu_0 E_0$

Ⓑ 0

Ⓒ  $\mu_0 E_0$

.....

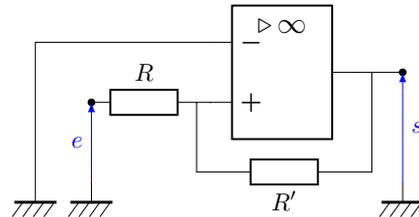
c) Cet ALI peut-il fonctionner en régime linéaire ? .....

**Entraînement 19.4 — Stabilité de l'ALI d'un comparateur à hystérésis.**



On rappelle, pour les besoins de l'exercice, la fonction de transfert entre le potentiel de sortie  $\underline{s}$  et l'entrée différentielle  $\underline{v}_+ - \underline{v}_-$  de l'ALI :

$$\underline{\mu} = \frac{\underline{s}}{\underline{v}_+ - \underline{v}_-} = \frac{\mu_0}{1 + j\omega\tau}.$$



a) À l'aide d'une loi des nœuds appliquée à l'entrée non-inverseuse, déterminer laquelle de ces relations est valide.

Ⓐ  $\frac{v_+ - e}{R} + \frac{v_+ - s}{R'} = 0$

Ⓒ  $\frac{e}{R} + \frac{s}{R'} = 0$

Ⓑ  $e = s$

.....

b) Exprimer la tension différentielle  $\varepsilon = v_+ - v_-$  .....

c) Établir l'équation différentielle reliant  $s$  à  $e$  en régime linéaire.

.....

d) Cet ALI peut-il fonctionner en régime linéaire ? .....

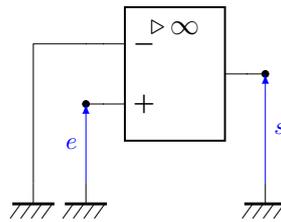
## Exploitation de caractéristiques

### Entraînement 19.6 — Condition de basculement (I).

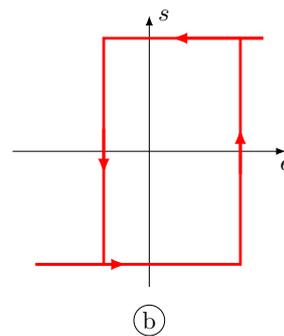
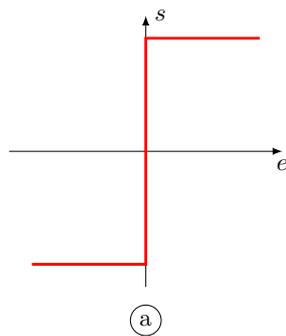


On considère le montage comparateur simple.

On rappelle que la saturation haute d'un ALI est caractérisée par un potentiel de sortie  $s = V_{\text{sat}}$  et une tension différentielle  $\varepsilon = v_+ - v_-$  positive. De même, la saturation basse d'un ALI est caractérisée par un potentiel de sortie  $s = -V_{\text{sat}}$  et une tension différentielle  $\varepsilon$  négative.



- Exprimer  $v_+$  en fonction de  $e$  .....
- En saturation haute, quelle condition sur  $e$  assure de rester dans cet état de saturation ?  
.....
- En saturation basse, quelle condition sur  $e$  assure de rester dans cet état de saturation ?  
.....
- Laquelle des deux caractéristiques suivantes correspond à celle du montage comparateur simple ?

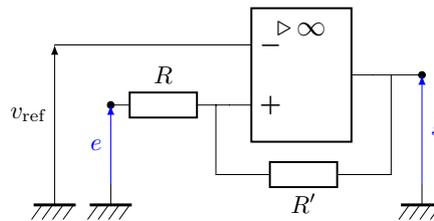


.....

**Entraînement 19.7 — Condition de basculement (II).**



On considère le montage comparateur à hystérésis à double seuil. On rappelle que la saturation haute d'un ALI est caractérisée par un potentiel de sortie  $s = V_{\text{sat}}$  et une tension différentielle  $\varepsilon = v_+ - v_- > 0$ . De même, la saturation basse d'un ALI est caractérisée par un potentiel de sortie  $s = -V_{\text{sat}}$  et une tension différentielle  $\varepsilon = v_+ - v_- < 0$ .



a) Exprimer  $v_+$  en fonction de  $R$ ,  $R'$ ,  $s$  et  $e$  .....

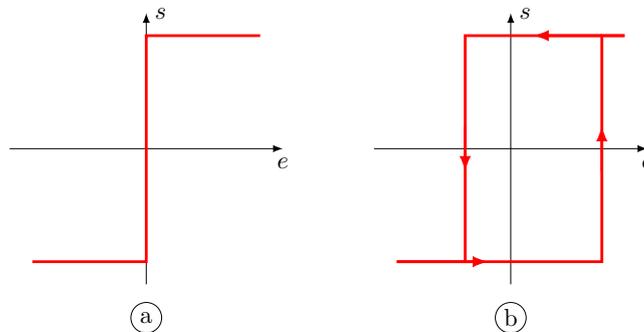
b) En saturation haute, quelle condition relie les paramètres  $R$ ,  $R'$ ,  $e$ ,  $V_{\text{sat}}$  et  $v_{\text{réf}}$  ?

.....

c) En saturation basse, quelle condition relie les paramètres  $R$ ,  $R'$ ,  $e$ ,  $V_{\text{sat}}$  et  $v_{\text{réf}}$  ?

.....

d) Laquelle des deux caractéristiques suivantes correspond à celle du montage comparateur à hystérésis à double-seuil ?

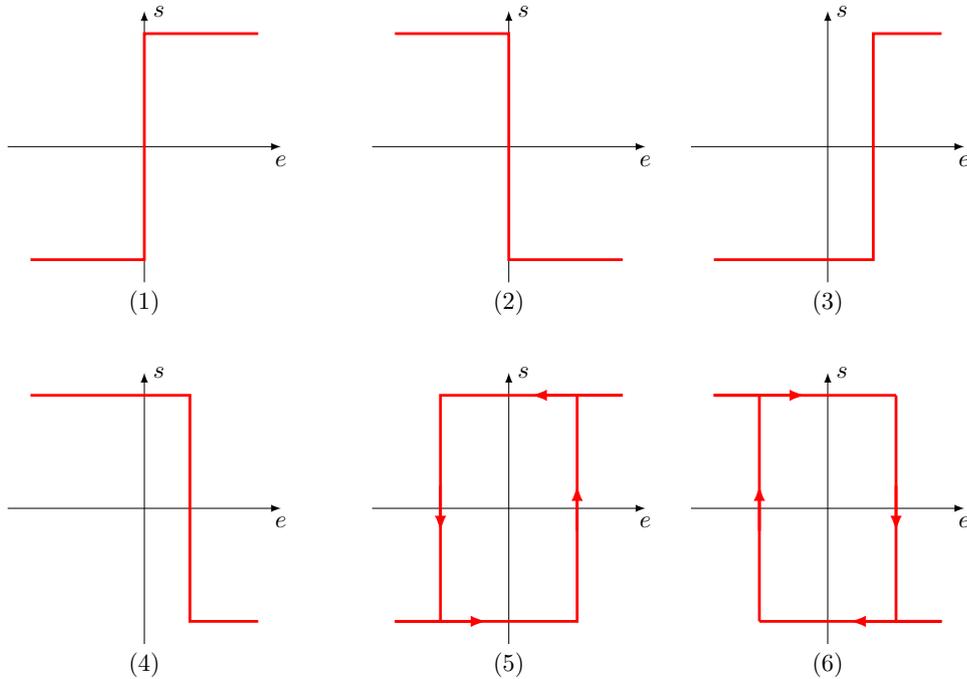


.....

**Entraînement 19.8 — Association caractéristiques/chronogrammes.**



On considère des montages à ALI fonctionnant en régime saturé. Les relations entre leurs tensions d'entrée  $e$  et de sortie  $s$  sont représentées sur les caractéristiques suivantes :



Associer un chronogramme à chacune des caractéristiques données ci-dessus.

