

Thème I. Ondes et signaux (Électricité)

TD n°9 Amplificateurs Linéaires Intégrés Filtres actifs

💡 Méthode : Comment travailler des exercices ?

Avant la séance de TD :

- ★ Sur une feuille de brouillon, avec un crayon à la main et le chapitre ouvert sous les yeux.
- ★ Essayer des « trucs » même si cela n’aboutit pas.
- ★ Faire des schémas complets et suffisamment grands.
- ★ Ne rien écrire sur l’énoncé de TD afin de pouvoir refaire les exercices après la correction en classe.
- ★ Réfléchir environ 10 à 15 min sur chaque exercice demandé. Si vous bloquez complètement sur une question/un exercice, passez à la suite au bout de 10 min, et me poser des questions soit directement soit par mail nvalade.pcsi@gmail.com.

Après la séance de TD :

- ★ Refaire les exercices corrigés ensemble, sans regarder le corrigé dans un premier temps.
- ★ Une fois l’exercice terminé ou si vous êtes totalement bloqué, reprendre avec le corrigé.

Exercice n°	1	2	3	4
Capacités				
Identifier la présence d’une rétroaction sur la borne inverseuse comme un indice de fonctionnement en régime linéaire.	📖	📖	📖	📖
Établir la relation entrée-sortie des montages non inverseur, suiveur, inverseur, intégrateur.			📖	📖
Déterminer les impédances d’entrée de ces montages.		📖		
Mettre en œuvre un filtre actif.		📖	📖	📖
Tracer le diagramme de Bode (amplitude et phase) associé à une fonction de transfert d’ordre 1.			📖	
Expliciter les conditions d’utilisation d’un filtre en tant que moyennneur, intégrateur, ou dérivateur.				📖
Utiliser une fonction de transfert donnée d’ordre 1 ou 2 (ou ses représentations graphiques) pour étudier la réponse d’un système linéaire à une excitation sinusoïdale, à une somme finie d’excitations sinusoïdales, à un signal périodique.		📖	📖	

I Exercices d’application directe du cours

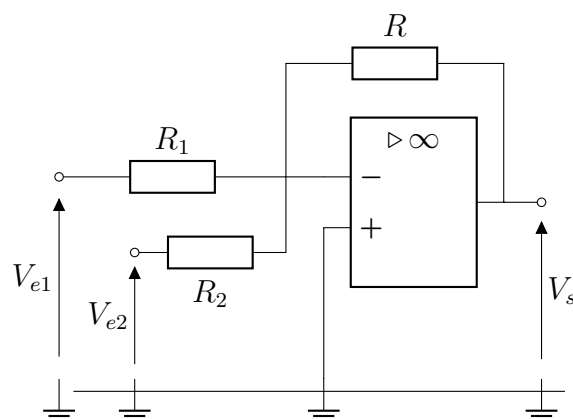
Exercice n°1 Sommateur inverseur

On étudie le montage ci-contre, où l’ALI est supposé idéal.

Q1. Pourquoi peut-on considérer qu’il fonctionne en régime linéaire ?

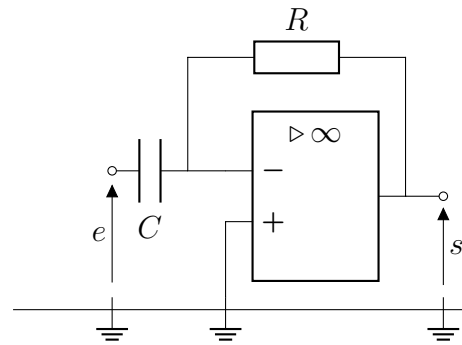
Q2. Établir l’expression de V_s en fonction de V_{e1} et V_{e2} .

Q3. Justifier le nom donné au montage quand $R_1 = R_2 = R$.

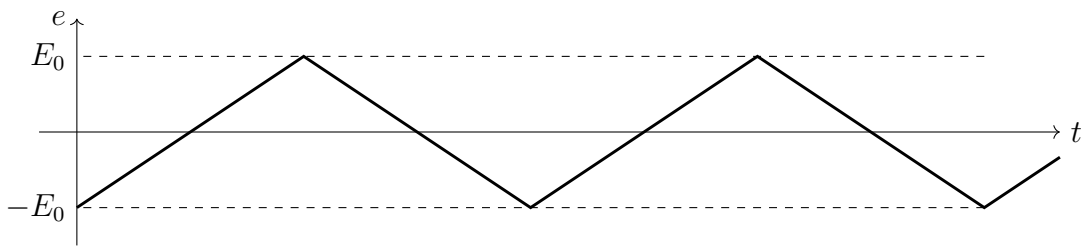


Exercice n°2 Dérivateur

On étudie le montage ci-contre, où l'ALI est supposé idéal.



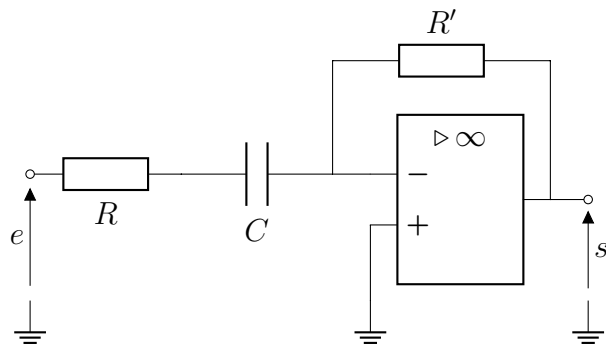
- Q1. Pourquoi l'ALI peut-il fonctionner en régime linéaire? On se placera dans ce cadre-là dans la suite.
- Q2. Établir la fonction de transfert du montage.
- Q3. Montrer que le montage réalise une dérivation.
- Q4. En utilisant la représentation complexe, exprimer l'impédance d'entrée du montage.
- Q5. On alimente le montage avec la tension d'entrée $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$.
À partir de quelle pulsation, ce montage ne fonctionne-t-il plus linéairement?
Application numérique pour $E_0 = 1,0 \text{ V}$ et $RC = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}$.
- Q6. Tracer l'allure du signal de sortie si le signal d'entrée est de la forme ci-dessous.



II Exercices d'approfondissement

Exercice n°3 Filtre actif amplificateur

On étudie le montage ci-contre, où l'ALI est supposé idéal.



- Q1. Pourquoi peut-on supposer que l'ALI fonctionne en régime linéaire?
- Q2. Reproduire le circuit à basse et haute fréquence en utilisant les comportements asymptotiques du condensateur. En déduire l'expression de s en fonction de e , à basse et haute fréquence.
Quelle est la nature du filtre?

- Q3. Établir la fonction de transfert du montage et la mettre sous forme canonique : $\underline{H} = \frac{H_0}{1 - j \frac{\omega_c}{\omega}}$

Identifier les expressions de ω_c et ω .

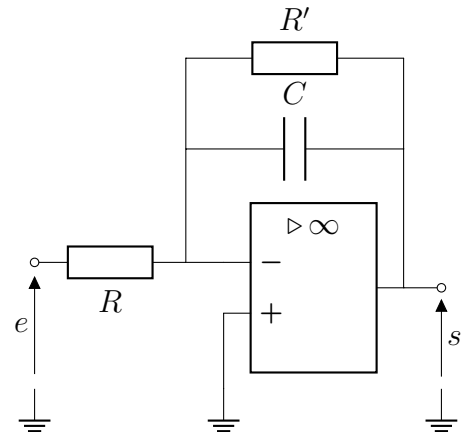
- Q4. On souhaite une pulsation de coupure $\omega_c = 1.10^4 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ et un gain de 20 dB en haute fréquence.
Déterminer les valeurs à donner à R' et C pour $R = 1 \text{ k}\Omega$.
- Q5. Tracer le diagramme de Bode du filtre.
- Q6. On envoie en entrée du filtre une tension sinusoïdale $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$. Donner l'allure de la tension de sortie et de son spectre dans les quatre cas suivants :

- $E_0 = 1 \text{ V}$ et $\omega = 1.10^2 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$
- $E_0 = 1 \text{ V}$ et $\omega = 1.10^5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$
- $E_0 = 3 \text{ V}$ et $\omega = 1.10^2 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$
- $E_0 = 3 \text{ V}$ et $\omega = 1.10^5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

Exercice n°4 Montage pseudo-intégrateur

- Q1. Représenter le montage intégrateur du cours et établir l'expression de la sortie $s(t)$ en fonction de l'entrée $e(t)$.
- Q2. Exprimer le signal de sortie si le signal d'entrée est de la forme $e(t) = E_0 + E \cos(\omega t)$.
Que va-t-il se passer ?

En pratique, le montage intégrateur du cours ne peut pas être utilisé comme intégrateur, qui va finir par saturer, à cause des courants de polarisation qui ne sont pas rigoureusement nuls, et de l'offset existant. On utilise le montage dit « pseudo-intégrateur » ci-contre.



- Q3. En utilisant le comportement asymptotique du condensateur, déterminer la nature du filtre.
- Q4. Établir la fonction de transfert de ce montage.
- Q5. À quelle condition sur la pulsation, ce montage réalise-t-il une intégration ?

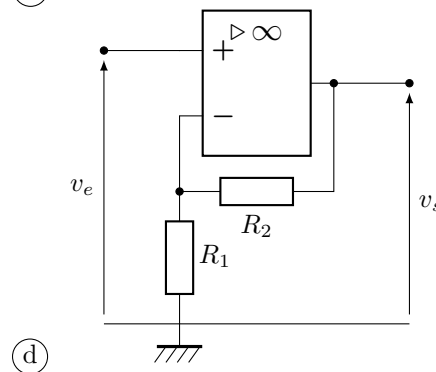
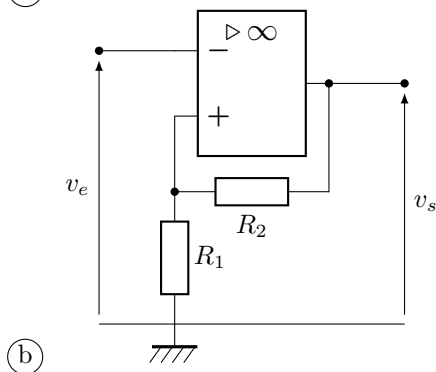
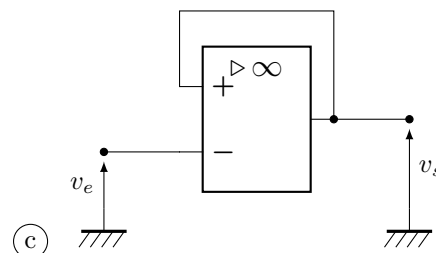
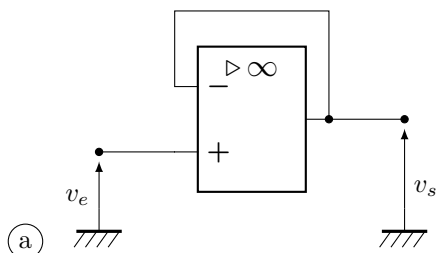
III Extraits du cahier d'entraînement de physique-chimie

Les fondamentaux

Entraînement 7.1 — Régime linéaire ?

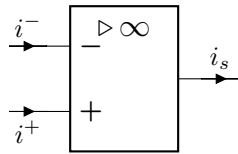


Parmi les circuits suivants, lesquels peuvent fonctionner en régime linéaire ?



.....

Entraînement 7.2 — Modèle de l'ALI idéal de gain infini.



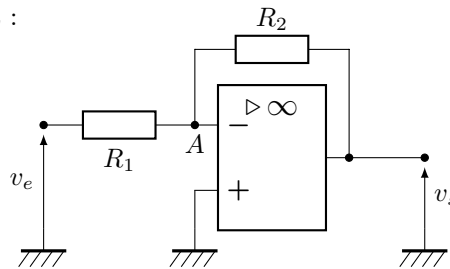
Pour chaque affirmation, répondre par vrai ou faux.

- a) L'impédance d'entrée de l'ALI idéal est infinie
- b) Les courants d'entrée i^+ et i^- de l'ALI idéal sont nuls
- c) Le courant de sortie i_s de l'ALI est toujours nul
- d) Les potentiels V^+ et V^- des entrées sont nuls en régime linéaire.
.....

Entraînement 7.3



On considère le montage suivant :



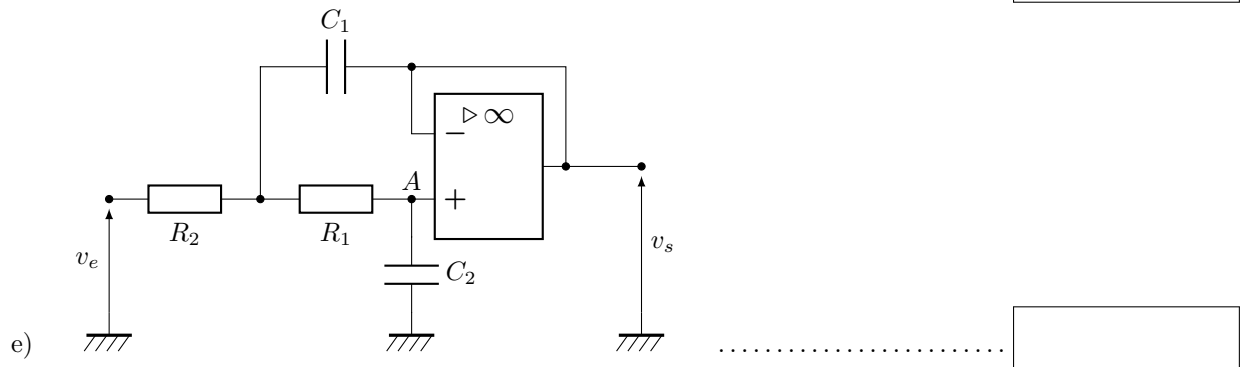
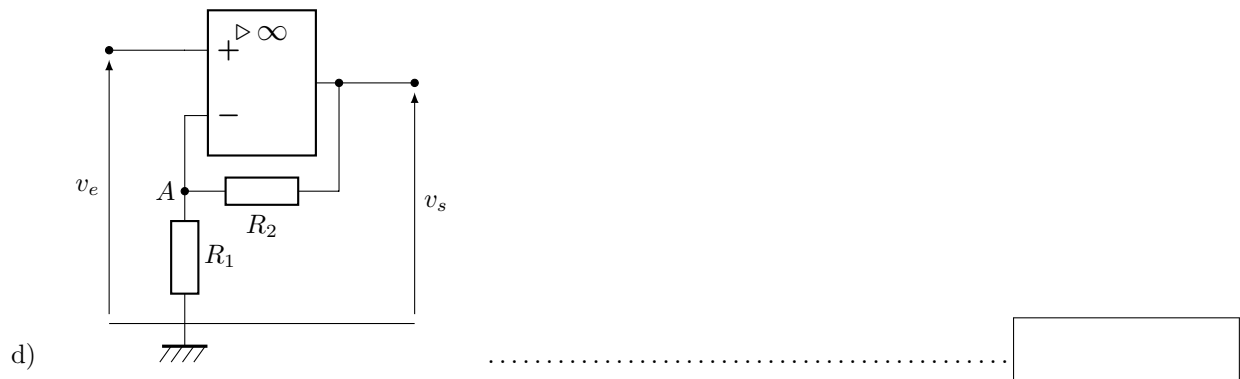
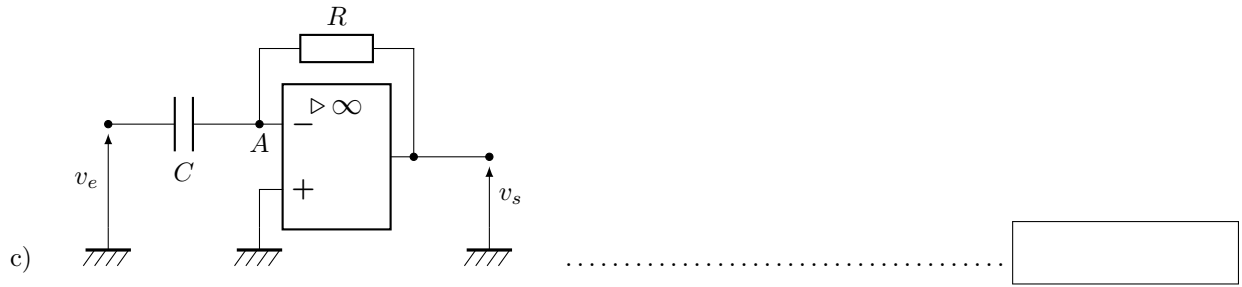
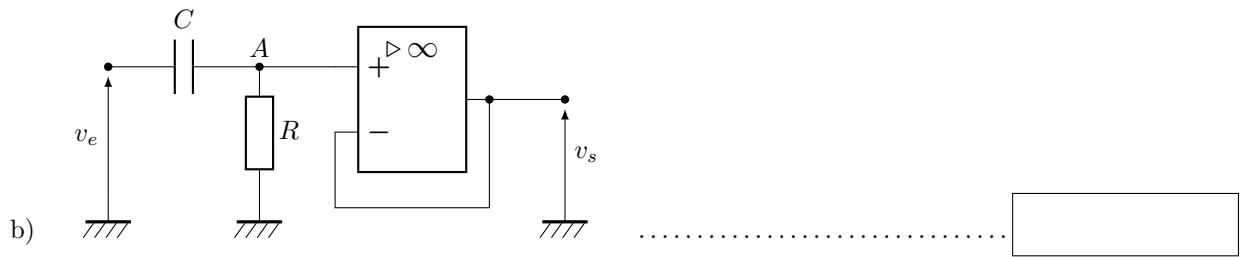
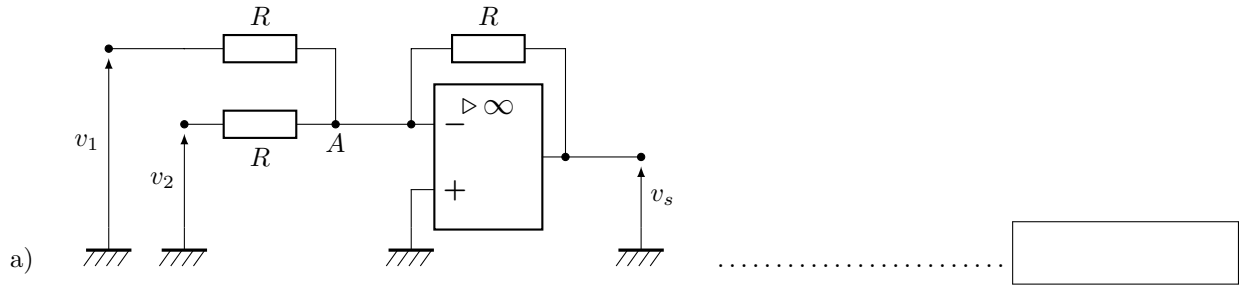
- a) L'ALI peut-il fonctionner en régime linéaire?
- b) Dans le cas du régime linéaire, quelle est la relation entre les potentiels V^+ et V^- des entrées inverseuse et non inverseuse?
.....
- c) Donner, en régime linéaire, le potentiel V_A du point A

Entraînement 7.4 — Détermination de potentiels électriques.



Tous les ALI de cet exercice sont supposés fonctionner en régime linéaire.

Donner, pour chaque montage, le potentiel V_A du point A en fonction de v_e ou de v_s . Le potentiel peut également être nul.



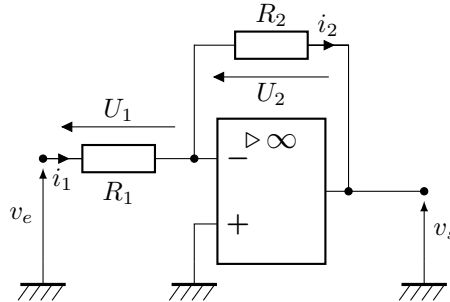
Circuits usuels

Entraînement 7.6 — Autour de l'amplificateur inverseur.



On considère le montage amplificateur inverseur ci-dessous.

L'ALI est idéal et on suppose qu'il fonctionne en régime linéaire.



- a) Quelle est la relation entre i_1 et i_2 ?
- b) Exprimer U_1 en fonction de v_e
- c) Exprimer U_2 en fonction de v_s
- d) Exprimer l'intensité i_1 en fonction de v_e
- e) Exprimer l'intensité i_2 en fonction de v_s
- f) Déterminer l'amplification $G = \frac{v_s}{v_e}$ de ce montage
- g) Parmi les couples de résistances suivants, lequel permet d'obtenir l'amplification la plus importante ?
- Ⓐ le couple ($R_1 = 3,3 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 8,2 \text{ k}\Omega$)
- Ⓑ le couple ($R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3,3 \text{ k}\Omega$)
-

Entraînement 7.7 — Amplificateur inverseur.



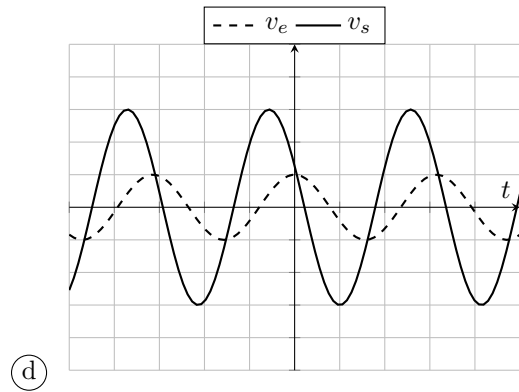
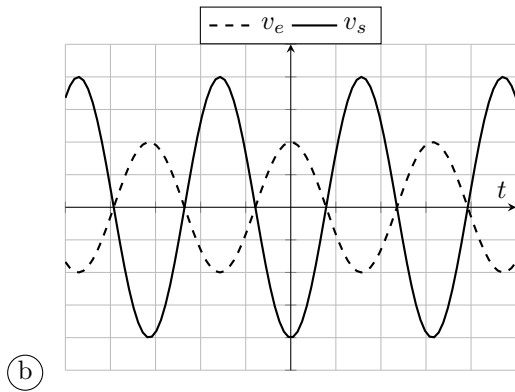
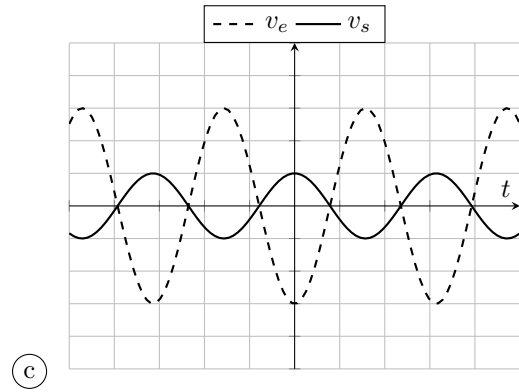
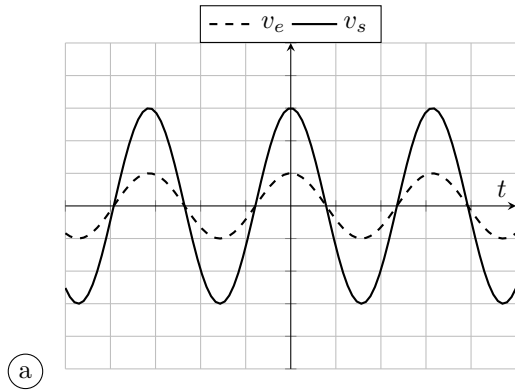
Un montage amplificateur inverseur produit un gain

$$G = -\frac{R_2}{R_1}$$

avec $R_1 = 1,2\text{ k}\Omega$ et $R_2 = 200\ \Omega$.

Les courbes ci-dessous représentent des allures temporelles de v_e (en pointillés) et v_s (en trait plein) en fonction du temps.

Le calibre est de 1 V/division pour v_e et 0,5 V/division pour v_s .



Quelles sont les courbes pouvant correspondre au montage amplificateur inverseur étudié?

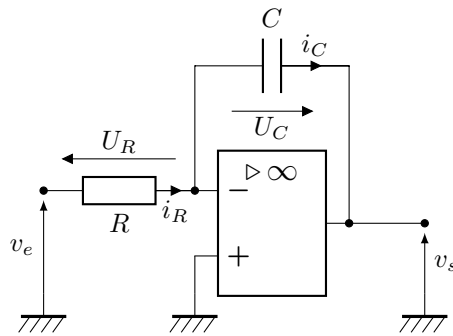
.....

Entraînement 7.9 — Montage intégrateur inverseur.



On considère le montage ci-dessous.

L'ALI est idéal.



a) En régime stationnaire, l'ALI peut-il fonctionner en régime linéaire?

Dans toutes les questions suivantes, on suppose que l'ALI fonctionne en régime linéaire et on se place en régime sinusoïdal.

b) Exprimer la tension U_R en fonction de v_e et/ou v_s

c) Exprimer la tension U_C en fonction de v_e et/ou v_s

d) Donner la relation entre i_R et i_C

e) Quelle est la relation entre les grandeurs complexes $\underline{i_C}$ et $\underline{U_C}$?

f) Donner la fonction de transfert \underline{H} du montage.

g) Donner la relation entre $v_e(t)$ et $v_s(t)$

Entraînement 7.10



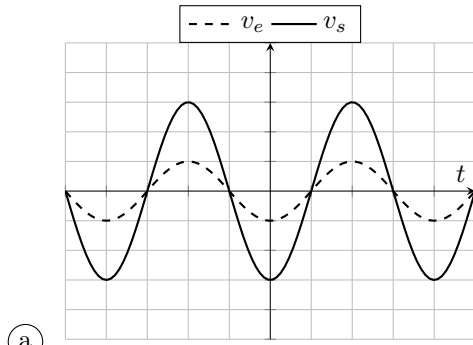
Un montage intégrateur inverseur a pour fonction de transfert

$$\underline{H} = -\frac{1}{jRC\omega}$$

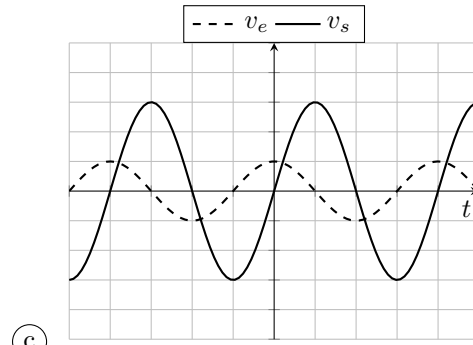
avec $R = 11 \text{ k}\Omega$ et $C = 4,7 \text{ nF}$.

Les courbes suivantes représentent des allures temporelles de v_e (en pointillés) et v_s (en trait plein) en fonction du temps. Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

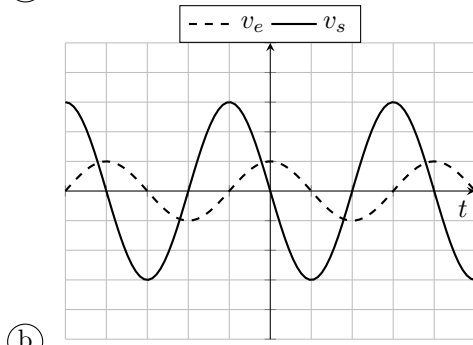
- calibre vertical : 1 V/division pour les deux voies,
- calibre horizontal : 250 μs /division.



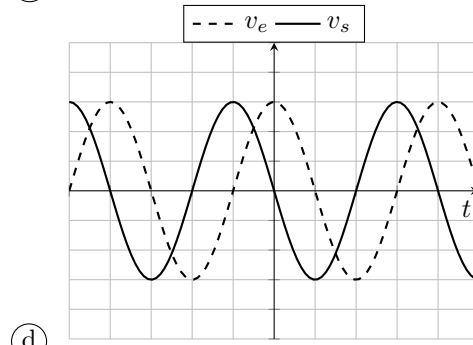
(a)



(c)



(b)



(d)

a) Quel est le gain du montage intégrateur inverseur ?

b) Quel est le déphasage de la tension de sortie v_s par rapport à v_e ?

c) Pour $v_e = E \cos(\omega t)$, donner l'expression de v_s

d) Quelle est la fréquence de fonctionnement ?

e) Quelle est la valeur numérique du gain à cette fréquence ?

f) Quelle courbe est compatible avec les valeurs numériques données ci-dessus ?

.....

Entraînement 7.11 — Montage intégrateur inverseur.



Un montage intégrateur inverseur a pour fonction de transfert

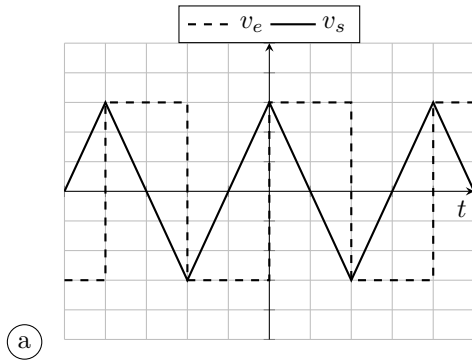
$$\underline{H} = -\frac{1}{jRC\omega}$$

avec $R = 15 \text{ k}\Omega$ et $C = 25 \text{ nF}$.

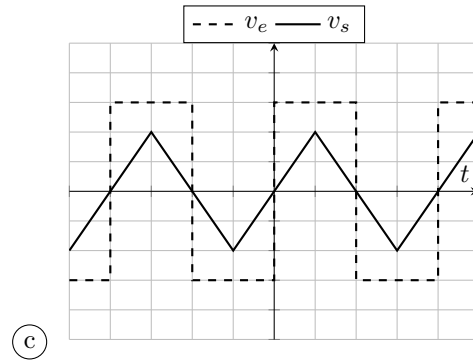
Les courbes suivantes représentent des allures temporelles de v_e (en pointillés) et v_s (en trait plein) en fonction du temps.

Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

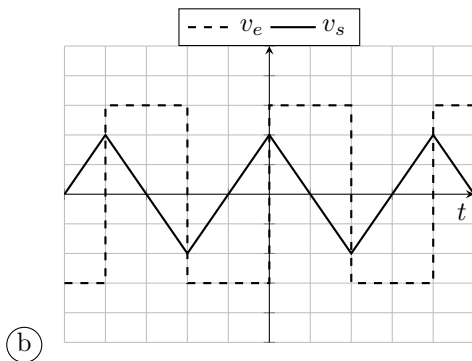
- calibre vertical : 1 V/division pour les deux voies,
- calibre horizontal : 250 μs /division.



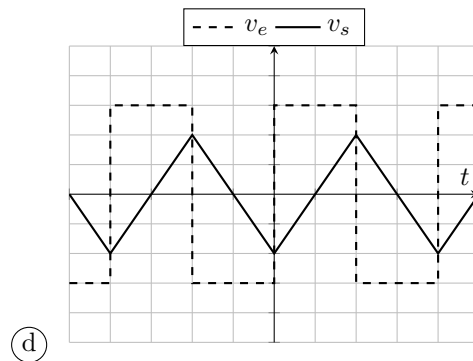
(a)



(c)



(b)



(d)

a) Donner l'équation différentielle reliant v_s et v_e

b) Pour une tension constante $v_e = E$, donner l'expression temporelle de v_s .

On ne se préoccupera pas de déterminer les éventuelles constantes d'intégration.

.....

c) Quelle est la courbe compatible avec les valeurs numériques ci-dessus ?

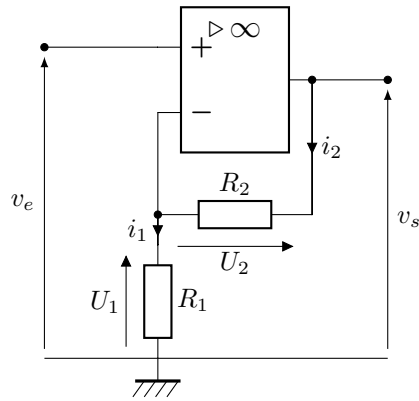
.....

Entraînement 7.13 — Montage non inverseur.



On considère le montage ci-dessous.

L'ALI est idéal et on suppose qu'il fonctionne en régime linéaire.



- a) Quelle est la relation entre les intensités i_1 et i_2 ?
- b) Exprimer la tension U_1 en fonction de v_s , R_1 et R_2
- c) Exprimer U_1 en fonction de v_e
- d) Exprimer le gain G du montage non inverseur
- e) Donner la valeur de G pour $R_1 = 2,2\text{ k}\Omega$ et $R_2 = 33\text{ k}\Omega$

Impédances d'entrée

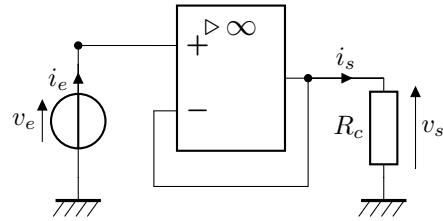
Entraînement 7.15 — Montage suiveur.



On considère le montage suiveur représenté ci-contre.

Le suiveur est alimenté par une source idéale de tension v_e de fréquence variable, la charge est une résistance R_c .

L'ALI est idéal et fonctionne en régime linéaire.



- Quelle est la relation entre v_e et v_s ?
- Quelle est l'impédance d'entrée d'un ALI idéal ?
- Exprimer l'intensité i_e traversant la source de tension.
- Quelle est l'impédance d'entrée du montage suiveur ?

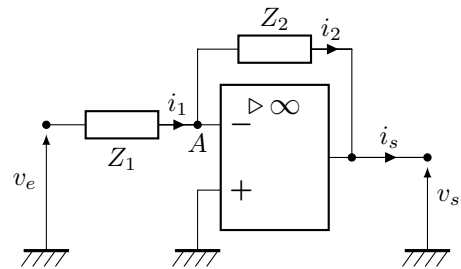
Entraînement 7.16 — Circuits inverseurs.



On considère le montage représenté ci-contre.

Les impédances Z_1 et Z_2 sont quelconques et la tension d'entrée v_e est sinusoïdale de pulsation ω .

L'ALI est idéal et fonctionne en régime linéaire.



- Exprimer l'intensité i_1 en fonction de v_e et de Z_1
 - Donner l'impédance d'entrée du circuit
- La tension d'entrée est constante égale à 10 V.
- Donner l'impédance d'entrée si Z_1 est un condensateur.
 - Donner l'impédance d'entrée si Z_1 est une bobine

La tension d'entrée est maintenant sinusoïdale de pulsation $\omega = 6,0 \cdot 10^3 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$.

- Pour quel dipôle Z_1 l'impédance d'entrée a-t-elle le plus grand module : un condensateur $C = 10 \text{ nF}$ ou une résistance $R = 15 \text{ k}\Omega$?

Réponses mélangées

Faux	0 V	0	Faux	$C = 10 \text{ nF}$	$\alpha + \frac{1}{\alpha}$	$i_1 = i_2$	0 V	$U_2 = -v_s$	
0 A	v_e	(b)	$RC \frac{dv_s}{dt} = -v_e(t)$	Vrai	$G = -\frac{R_2}{R_1}$	$i_1 = \frac{v_e}{R_1}$	$v_s = v_e$		
Vrai	$R_1 = R_2$	$i_R = i_C$	$V^+ = V^-$	$i_C = -jC\omega U_C$	v_s	Vrai	$\alpha = 1$		
Oui	(c)	$\frac{\alpha}{1 + \alpha^2}$	∞	Z_1	3,1	$RC \frac{dv_s}{dt} = -v_e$	v_e	$U_1 = v_e$	v_s
$-\frac{1}{jRC\omega}$	(d)	$i_2 = -\frac{v_s}{R_2}$	c'est un temps	v_s	(b)	$\frac{R_1}{R_1 + R_2} v_s$	Non	v_e	
(b)	∞	Vrai	$i_1 = i_2$	$\frac{1}{RC\omega}$	0 V	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{v_e}{Z_1}$	$-\frac{E}{RC\omega} \sin(\omega t)$	
1 kHz	(a) (d)	$-\frac{E}{RC} t + K$	Faux	16	Faux	Faux	$1 + \frac{R_2}{R_1}$		