

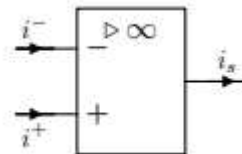
2025/2026

Thème : Rétroaction, décomposition spectrale

APPLICATIONS DIRECTES :**1. Modèle de l'ALI idéal de gain infini**

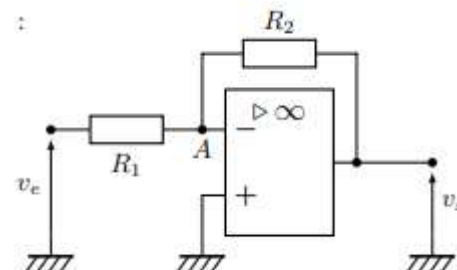
Pour chaque affirmation, répondre par vrai ou faux :

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

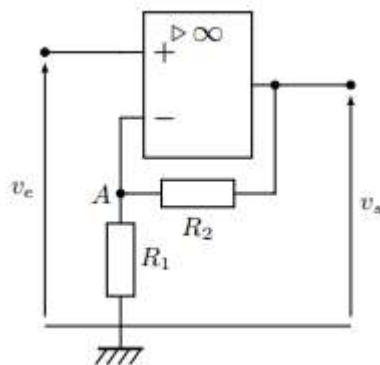
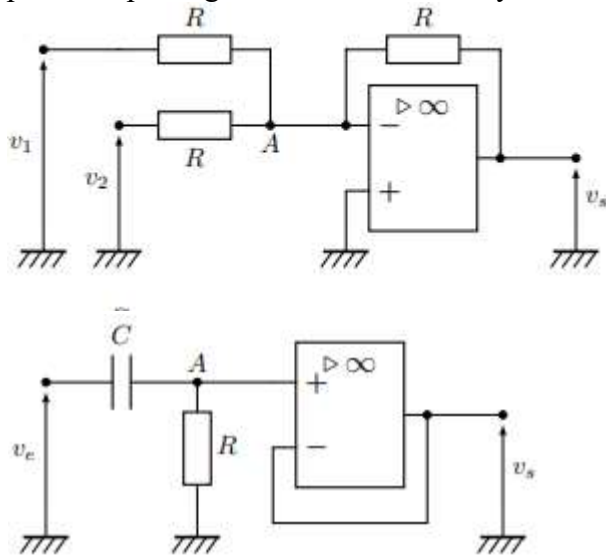
**2. Reconnaître un montage**

On considère le montage suivant :

- L'ALI peut-il fonctionner en régime linéaire ?
- Dans le cas du régime linéaire, quelle est la relation entre les potentiels V^+ et V^- des entrées inverseuse et non inverseuse ?
- Donner, en régime linéaire, le potentiel V_A du point A
- Sans calculs, quels est le nom de ce montage parmi les 4 que vous devez connaître.
- Etablir la relation entre v_e et v_s

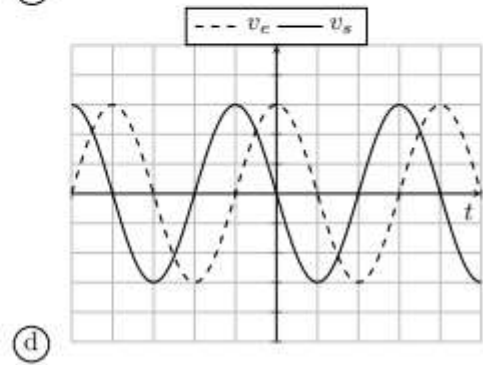
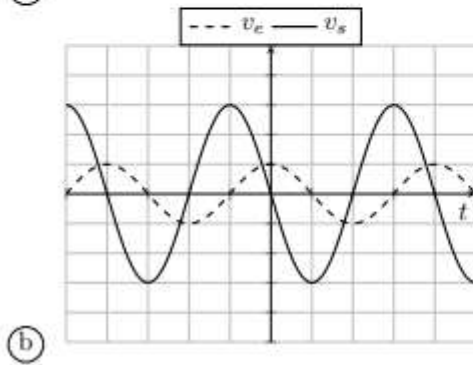
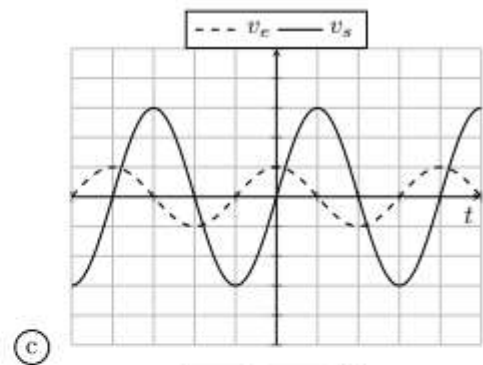
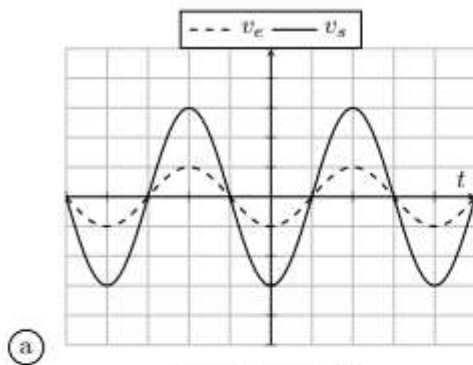
**3. Détermination de potentiels électriques**

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. Il n'y a aucun calcul à faire.**4. Montage intégrateur inverseur alimenté par une tension sinusoïdale**Un montage intégrateur inverseur a pour fonction de transfert $\underline{H} = -\frac{1}{jRC\omega}$ avec $R = 11 \text{ k}\Omega$ et $C = 4,7 \text{ nF}$.

- Quel est le gain du montage intégrateur inverseur ?
- Quel est le déphasage de la tension de sortie v_s par rapport à v_e ?
- Pour $v_e = E \cos(\omega t)$, donner l'expression de v_s .

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.

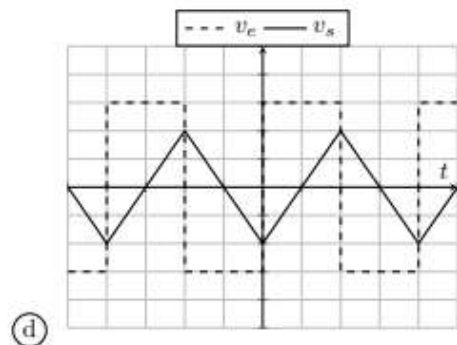
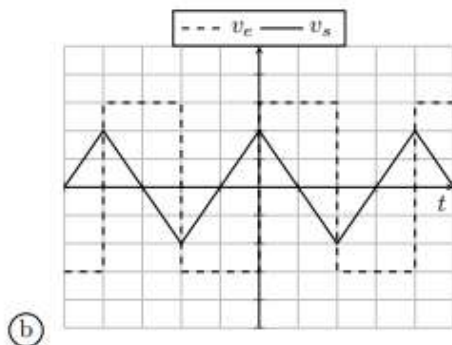
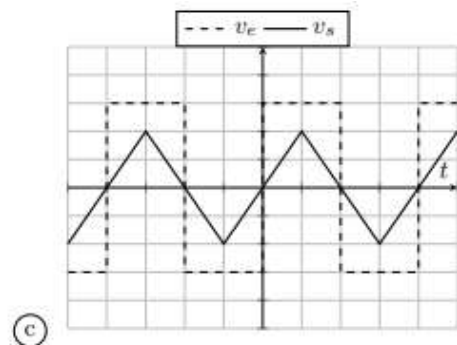
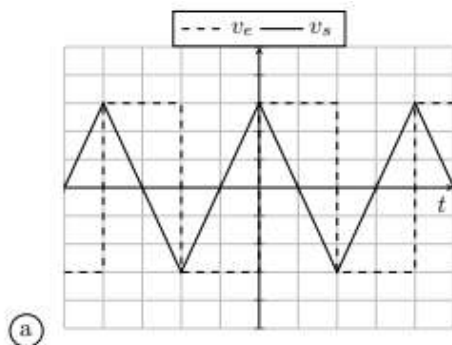


- d) Quelle est la fréquence de fonctionnement ?
 e) Quelle est la valeur numérique du gain à cette fréquence ?
 f) Quelle courbe est compatible avec les valeurs numériques données ci-dessus ?

5. Montage intégrateur inverseur alimenté par une tension carrée

Un montage intégrateur inverseur a pour fonction de transfert $\underline{H} = -\frac{1}{jRC\omega}$ avec $R = 15 \text{ k}\Omega$ et $C = 25 \text{ nF}$.

- 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



Les courbes ci-dessus 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 μ s/division.

c) Quelle est la courbe compatible avec les valeurs numériques précédentes ?

6. ALI idéal de gain infini en régime linéaire

Faire les schémas des montages suiveur, inverseur, non-inverseur et intégrateur.

Pour chaque montage déterminer la relation entre $s(t)$ et $e(t)$, déterminer la valeur de l'impédance d'entrée et de l'impédance de sortie. Quel est l'intérêt d'un montage suiveur ?

On suppose que l'on est en régime sinusoïdal forcé. Représenter graphiquement de $s(e)$ pour les 3 premiers montages.

Représenter graphiquement $e(t)$ pour un signal carré de valeur moyenne nulle. Pour les 4 montages, représenter $s(t)$ en concordance de temps avec $e(t)$.

7. Comparateur à hystérésis

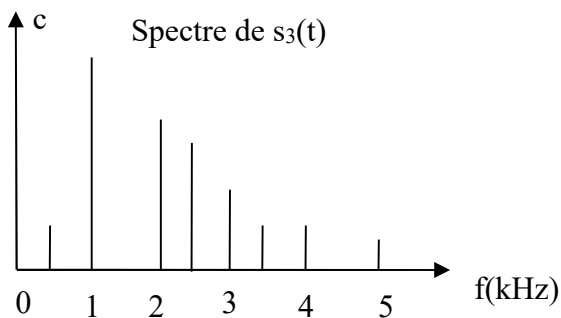
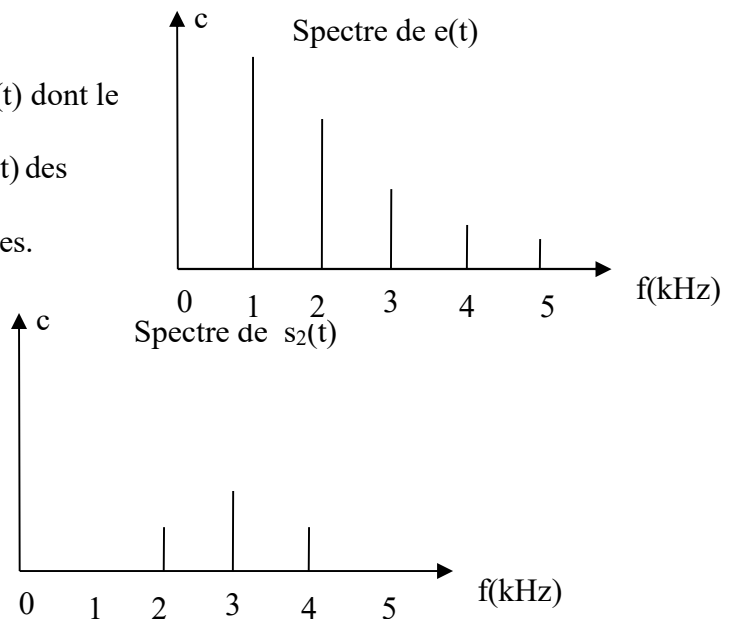
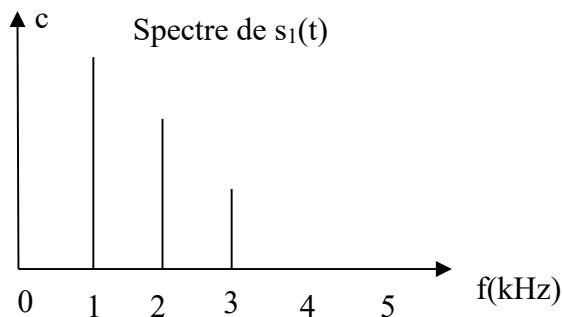
- Faire le schéma d'un comparateur à hystérésis formé par une résistance R et une résistance $2R$ en rétroaction positive. L'entrée étant sur l'entrée inverseuse.
- Pourquoi ce montage ne peut-il pas fonctionner en régime linéaire ?
- Donner en fonction de e , s et R l'expression de la tension différentielle du montage.
- Rappeler la condition nécessaire pour obtenir une saturation haute ? une saturation basse ?
- Tracer le cycle $s(e)$ de ce montage, avec le sens de parcours.
- On applique en entrée un signal $e(t) = E \cos(\omega t)$, tracer $s(t)$ si $E > V_{sat}/3$. Même question si $E < V_{sat}/3$

8. Filtre linéaire ou non :

On envoie sur trois différents filtres le signal $e(t)$ dont le spectre est donné ci-contre :

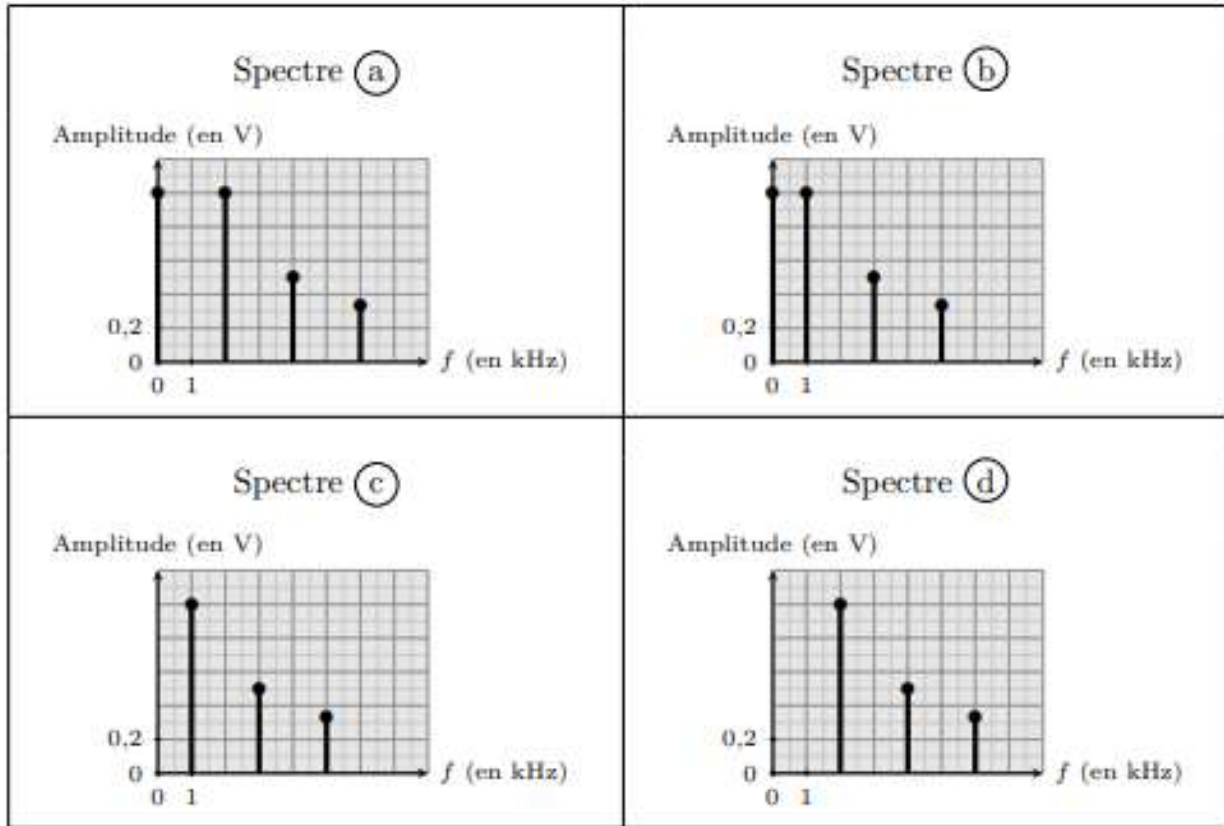
Les spectres du signal de sortie $s_1(t)$, $s_2(t)$ et $s_3(t)$ des filtres 1, 2 et 3 sont donnés ci-dessous :

- Conclure quant à la linéarité de ces filtres.
- Donner la nature des filtres linéaires.



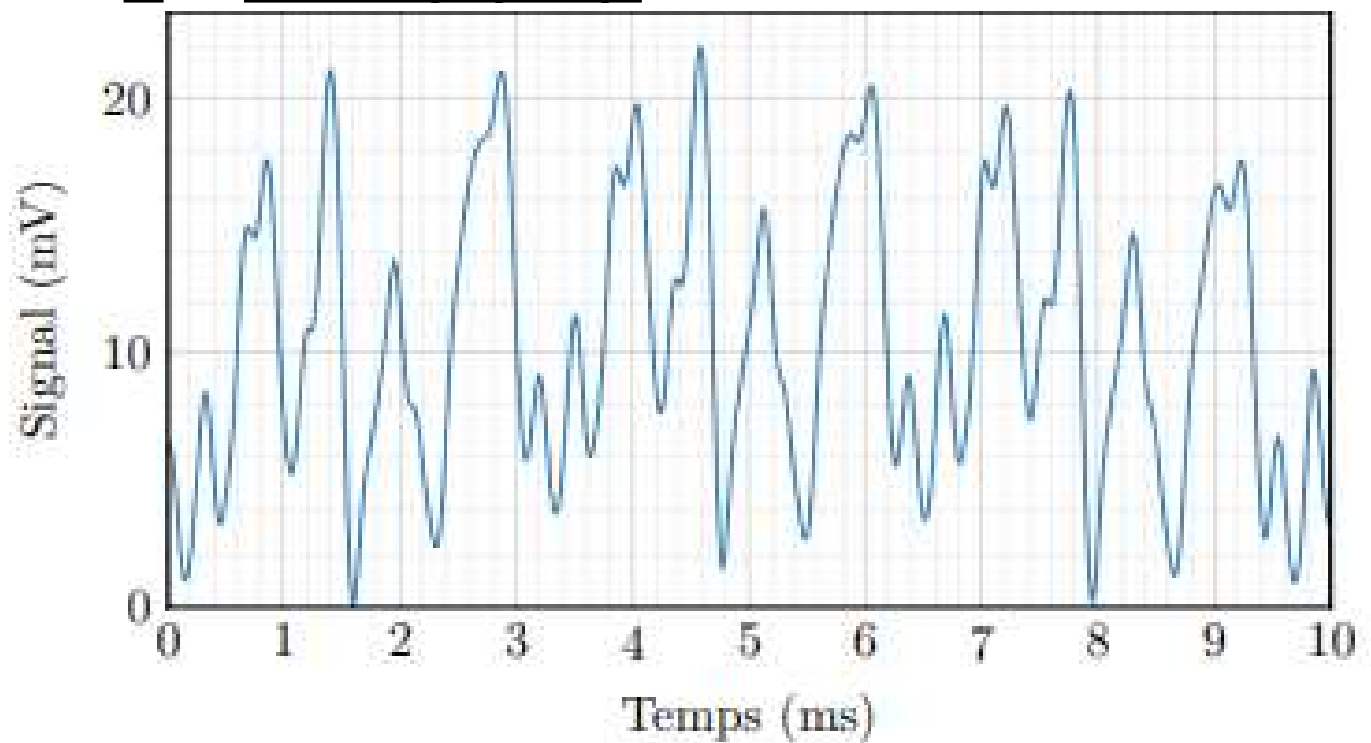
9. Associer spectre et signal

Un étudiant dispose de quatre spectres en amplitude et de quatre signaux. Malheureusement, l'ensemble est mélangé. Pouvez-vous l'aider à associer le bon signal au bon spectre (a, b, c ou d) ?



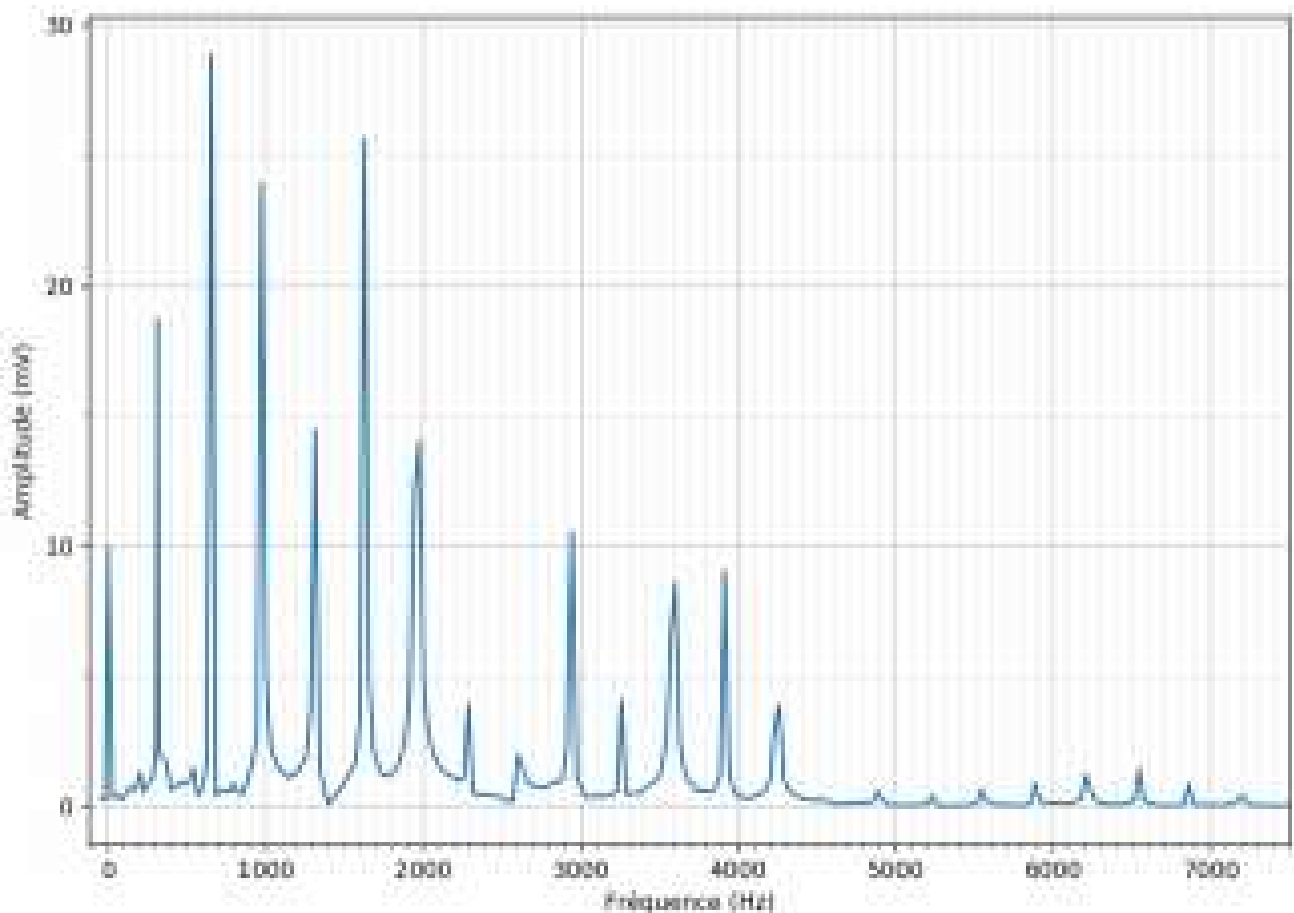
Signal n° 1 $A_1 \left(\cos(\omega_0 t) + \frac{1}{2} \cos(3\omega_0 t) + \frac{1}{3} \cos(5\omega_0 t) \right)$ avec $A_1 = 1 \text{ V}$ et $f_0 = 1 \text{ kHz}$	Signal n° 2 $A_2 \left(1 + \sin(\omega_0 t) + \frac{1}{2} \sin(2\omega_0 t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega_0 t) \right)$ avec $A_2 = 1 \text{ V}$ et $f_0 = 2 \text{ kHz}$
Signal n° 3 $A_3 \left(\cos((\omega_0 - \omega_1)t) + \frac{1}{2} \cos((\omega_0 + \omega_1)t) + \frac{1}{3} \cos((\omega_0 + 3\omega_1)t) \right)$ avec $A_3 = 1 \text{ V}$, $f_0 = 3 \text{ kHz}$ et $f_1 = 1 \text{ kHz}$	Signal n° 4 $A_4 \left(1 + \sin(\omega_0 t) + \frac{1}{2} \sin(3\omega_0 t) + \frac{1}{3} \sin(5\omega_0 t) \right)$ avec $A_4 = 1 \text{ V}$ et $f_0 = 1 \text{ kHz}$

10. Etude d'un signal périodique



La figure ci-dessus montre un exemple de signal électrique à la sortie du micro d'une guitare électrique.

1. Donner une valeur approchée de la valeur moyenne de ce signal.
2. Donner une estimation de la valeur de la fréquence de ce signal (on peut supposer qu'en première approximation le signal est périodique).



3. L'analyse spectrale de ce signal fera-t-elle apparaître des harmoniques ? Justifier.
4. Le spectre du signal est tracé ci-dessus. Justifier qu'il est cohérent avec la représentation temporelle.

EXERCICES :

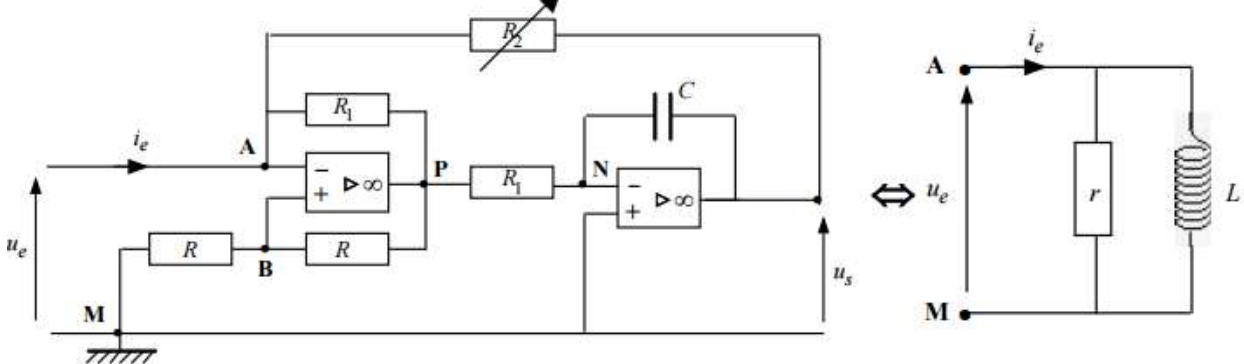
I. Simulation d'une inductance élevée

Une bobine de travaux pratiques comportant 500 spires et dont le gabarit est approximativement un cube de 10 cm d'arête, présente une inductance de 10 mH environ. Des inductances L plus élevées nécessitent des bobines aux dimensions « géantes » forcément résistives.

L'électronique permet de simuler des inductances élevées, quasi idéales.

Le circuit électronique comporte deux ALI idéaux de gain infini, fonctionnant en régime linéaire. Il s'agit de montrer que ce dipôle se comporte comme le dipôle (r, L) en dérivation schématisé à droite.

On se place en régime sinusoïdal forcé. On appelle $\underline{V}_K$ le potentiel complexe du nœud K .

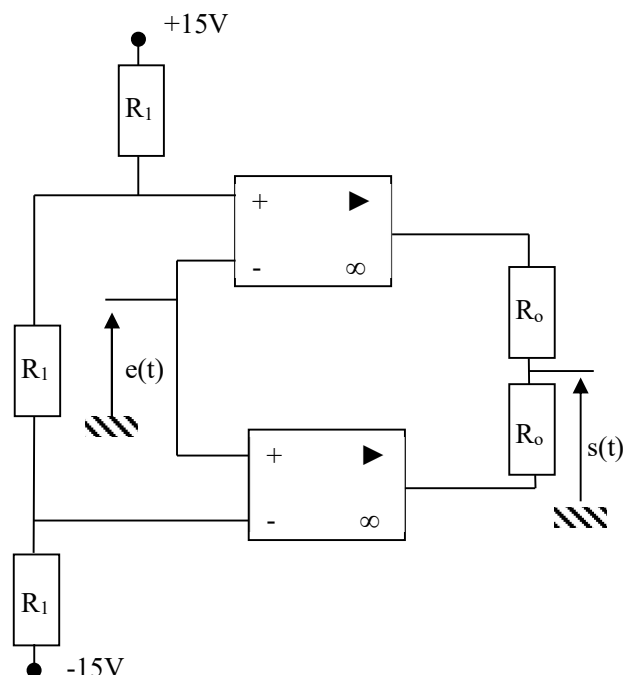


1. Définir puis déterminer la fonction de transfert complexe de l'ALI de droite. Quelle est le nom de ce montage ?
2. Exprimer $\underline{V}_A$, $\underline{V}_B$ et $\underline{V}_P$ en fonction de $\underline{E}$, amplitude complexe de u_e .
3. Exprimer $\underline{I}_e$, amplitude complexe de i_e , en fonction de $\underline{V}_A$, de $\underline{S}$ amplitude complexe de u_s , et $\underline{V}_P$ et des résistances R_1 , R_2 du circuit.
4. Définir l'admittance d'entrée du montage et l'exprimer en fonction des caractéristiques des résistances et de la capacité du circuit.
5. En déduire l'expression de r et L en fonction des données.
6. AN : $R_1 = 2,0 \text{ k}\Omega$; $C = 15 \text{ }\mu\text{F}$. Quelle valeur doit-on donner à R_2 pour obtenir une inductance pure ? En déduire alors la valeur de L et conclure.

II. Fonction logique d'un montage à ALI :

On considère le montage ci-dessous dans lequel les ALI sont supposés idéaux de tension de saturation $V_{\text{sat}} = 15\text{V}$. On donne $e(t) = E \cos(\omega t)$ avec $E = 10 \text{ V}$.

1. Déterminer les valeurs des potentiels des entrées de chaque ALI.
2. Exprimer s en fonction des potentiels de sortie de chaque ALI.
3. Justifier simplement que les ALI ne fonctionnent pas en régime linéaire.
4. Tracer sur le même graphique $e(t)$ et $s(t)$. Comparer la période de $s(t)$ et celle de $e(t)$.
5. Déterminer le rapport cyclique α de $s(t)$, défini par le rapport de la durée passée dans l'état haut



sur la période de $s(t)$. Déterminer la valeur moyenne de $s(t)$. Comparer le spectre de $e(t)$ et les deux premières composantes du spectre de $s(t)$. Justifier à l'aide des spectres que l'opération réalisée n'est pas linéaire.

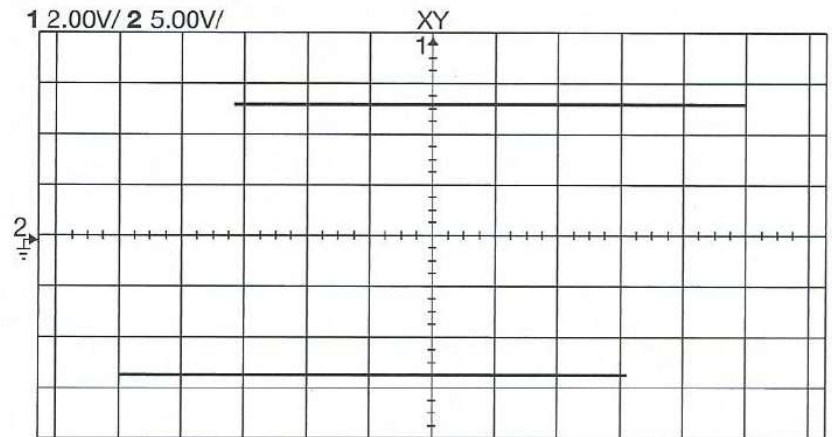
III. Etude expérimentale d'opérateurs

En travaux pratiques, un étudiant manipule un ALI et deux résistors différents.

- a) Quelle(s) précaution(s) opératoire(s) doit-il utiliser pour pouvoir travailler dans l'hypothèse d'un comportement idéal de l'ALI ?

Dans une première manipulation, l'étudiant utilise un des résistors R_2 pour effectuer une rétroaction de la sortie de l'amplificateur sur l'une des entrées et l'autre R_1 pour connecter la même entrée au générateur de signaux variables. La seconde entrée du circuit intégré est mise à la masse.

- b) Sur l'oscilloscope, dont la voie X(Ch1) correspond au signal délivré par le générateur de signaux variables et dont la voie Y(Ch 2) est branchée en sortie de l'ALI, l'observation en mode XY donne :



Que doit en conclure l'étudiant sur les propriétés de l'opérateur réalisé ? Quel est son nom ? dessiner le schéma du montage.

- c) Les valeurs des résistances utilisées sont de 33 k Ω et de 68 k Ω . Identifier les valeurs de R_1 et R_2 à partir de l'oscillogramme.
- d) L'étudiant veut maintenant, avec les mêmes composants, obtenir un amplificateur inverseur de gain supérieur à 1. Dessiner le schéma du montage à réaliser.
- e) Il reprend les observations précédentes avec un signal émis par un générateur de tension sinusoïdal de fréquence égale à 100 Hz. Il obtient le relevé ci-contre. L'étudiant a-t-il obtenu l'opérateur désiré ? L'amplitude mesurée entre les curseurs est notée dans le bandeau situé sous l'oscillogramme.
- f) Quelle action sur le générateur de signaux permet d'obtenir les oscillogrammes ci-contre. Commenter la forme, l'amplitude et la phase des signaux. Le gain obtenu est-il conforme aux valeur des résistances R_1 et R_2 ?

