Électricité

TP n°6 Étude de montages à ALI – *Corrigé*

Mardi 13 octobre 2026

Objectif du TP

Étudier des montages à ALI.

I Travail préparatoire

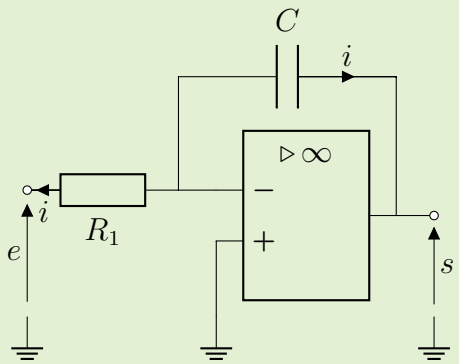
- Lire l'ensemble de l'énoncé, et y identifier ce qu'il faudra faire pendant la séance.
- Préparer les questions précédées d'une .

Questions préparatoires –

R1. Établir la fonction de transfert $\underline{H} = \dfrac{\underline{s}}{\underline{e}}$ de ce montage. Quelle fonction réalise-t-il ?

R2. Exprimer la relation $s(t)$ en fonction de $e(t)$ temporellement.

R3. On considère la tension $e(t) = U_0 + U\cos(\omega t)$.
Montrer que la tension $s(t)$ s'écrit $s(t) = \alpha t + S_m \cos(\omega t + \phi)$ (sans chercher à exprimer ϕ). Quel problème va-t-il se poser ?



Solution: L'ALI est idéal, donc $i^- = 0$.
La rétroaction permet d'envisager le fonctionnement linéaire, donc $V^- = V^+$, or $V^+ = 0$, donc $V^- = 0$.
R_1 et C sont en série : $i = \dfrac{e-0}{R_1} = \dfrac{0-s}{1/Cj\omega}$, ainsi $\boxed{\underline{H} = -\dfrac{1}{R_1 C j\omega}}$

$\underline{s} = -\dfrac{1}{R_1 C} \times \dfrac{\underline{e}}{j\omega}$, or intégrer en complexe c'est diviser par $j\omega$.

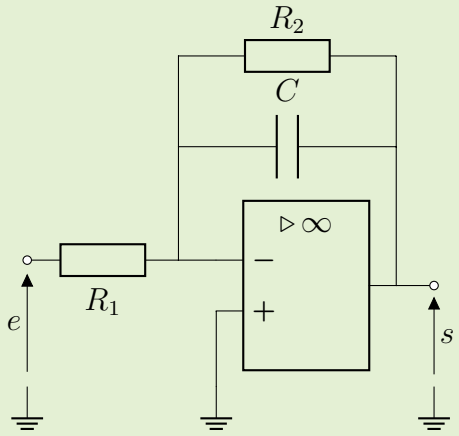
Ainsi $s(t) = s(0) - \dfrac{1}{R_1 C}\displaystyle\int_0^t e(t')\mathrm{d}t'$

Pour $e(t) = U_0 + U\cos(\omega t)$: $s(t) = s(0) - \dfrac{U_0 t}{R_1 C} - \dfrac{U}{R_1 C \omega}\sin(\omega t)$

$-\dfrac{U_0 t}{R_1 C}$ augmente (ou diminue) sans cesse. Or l'ALI ne peut pas délivrer plus que 15 V, donc il va saturer.

Ce montage intégrateur ne peut donc pas fonctionner en pratique, car il y aura toujours une micro tension U_0, aussi petite soit-elle que s saturera.

On améliore le montage en ajoutant une résistance aux bornes du condensateur.



La fonction de transfert de ce montage est : $\underline{H} = \dfrac{-\frac{R_2}{R_1}}{1+R_2Cj\omega}$,
de pulsation de coupure à -3 dB, $\omega_c = \dfrac{1}{R_2C}$.

R4. À quelle condition sur ω ce montage réalise-t-il une intégration ?

R5. Déterminer l'expression de s en sortie de ce montage.

R6. Déterminer l'impédance d'entrée de ce montage.

Solution: On reconnait un filtre passe-bas du 1er ordre qui est intégrateur à haute fréquence pour $\omega \gg \omega_c$, en effet $\underline{H} \underset{\omega\gg\omega_c}{\sim} -\dfrac{1}{R_1Cj\omega}$: c'est bien un intégrateur.

Pour $e(t) = U_0 + U\cos(\omega t)$: $s(t) = S_0 + S\cos(\omega t + \varphi)$

avec $S_0 = \underline{H}(\omega = 0) \times U_0 = -\dfrac{R_2}{R_1}U_0$

$S = |\underline{H}|U = \dfrac{R_2/R_1}{\sqrt{1+(R_2C\omega)^2}}$

et $\varphi = \arg(\underline{H}) = \pi - \arctan(R_2C\omega)$

Attention

L'ALI doit être alimenté avec l'alimentation $+15/-15$ V AVANT d'envoyer un quelconque signal sur l'entrée de l'ALI, sans quoi il y a risque de détérioration. L'alimentation de l'ALI sera éteinte après extinction du GBF.
Attention au sens de branchement de l'alimentation. L'inversion des deux bornes d'alimentation est fatale pour l'ALI.

II Montage suiveur

Expérience n°1 –

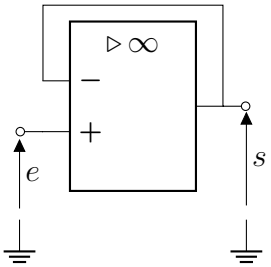
On étudie le montage suiveur ci-contre.

☞ Régler le GBF pour qu'il délivre une tension sinusoïdale de 2 V d'amplitude, et de fréquence 500 Hz.

☞ Réaliser le montage.

☞ Observer à l'oscilloscope les tensions d'entrée et de sortie.

R7. Noter vos observations. À quoi peut servir ce montage ?



Solution: Les deux signaux e et s sont identiques.
Ce montage peut servir à :

- tester le bon fonctionnement de l'ALI,
- mettre en cascade des quadripôles pour assurer la condition (impédance d'entrée du quadripôle suivant) $\gg$(impédance de sortie du quadripôle précédent), car le montage suiveur ne modifie pas e mais a une impédance d'entrée quasi infinie (très grande aux impédances qu'on peut rencontrer) et une impédance de sortie nulle (ou presque), donc la condition est facilement respectée.

III Montage amplificateur non inverseur

Expérience n°2 –

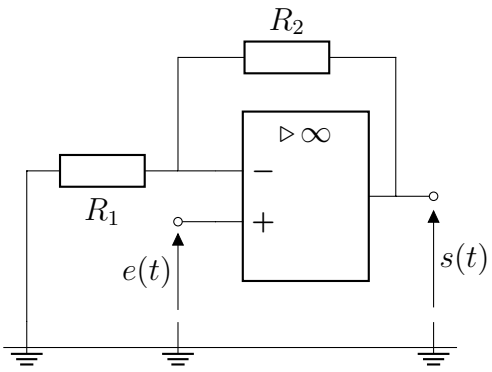
On étudie le montage amplificateur non inverseur ci-contre avec $R_1 = 1\ \text{k}\Omega$ et $R_2 = 10\ \text{k}\Omega$.

☞ Régler le GBF pour qu'il délivre une tension sinusoïdale de 1 V d'amplitude, et de fréquence 500 Hz.

☞ Réaliser le montage.

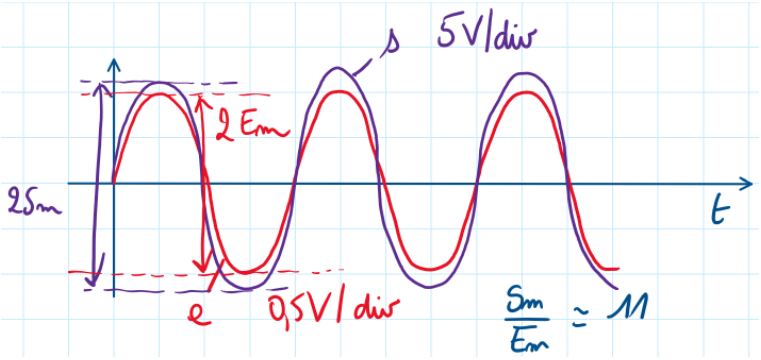
☞ Observer à l'oscilloscope les tensions d'entrée et de sortie.

☞ Mesurer les amplitudes des tensions d'entrée et de sortie, et le déphasage.



R8. Noter vos observations. Que vaut le gain de ce montage ? Introduit-il un déphasage ?

Solution: e et s sont en phase, s est d'amplitude plus élevée que e.
Amplitudes crête-à-crête : $2E_m = 2$ V ; $2S_m = 21,8$ V



Ainsi le gain vaut : $\dfrac{2S_m}{2E_m} = 10,9$

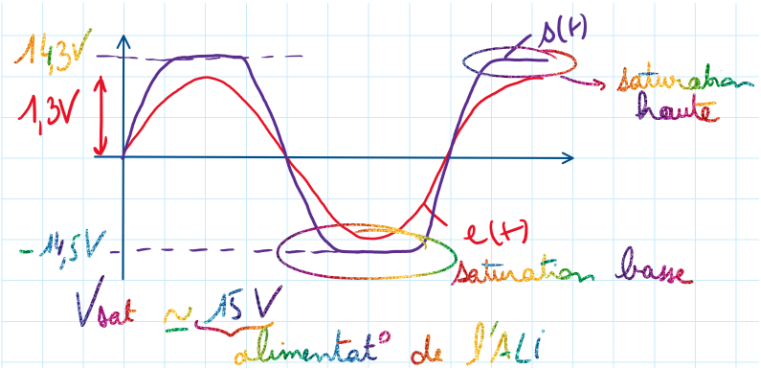
Le gain théorique est de $1 + \dfrac{R_2}{R_1} = 11$.

Il faudrait étudier les incertitudes pour conclure sur la validité du modèle, mais en première intention c'est bon.

☞ Augmenter progressivement l'amplitude du GBF jusqu'à observer la saturation de la tension de sortie.
☞ Mesurer les valeurs maximale et minimale de la tension de sortie.

R9. Noter les mesures, noter l'amplitude de e à partir de la quelle il y a saturation. Commenter.

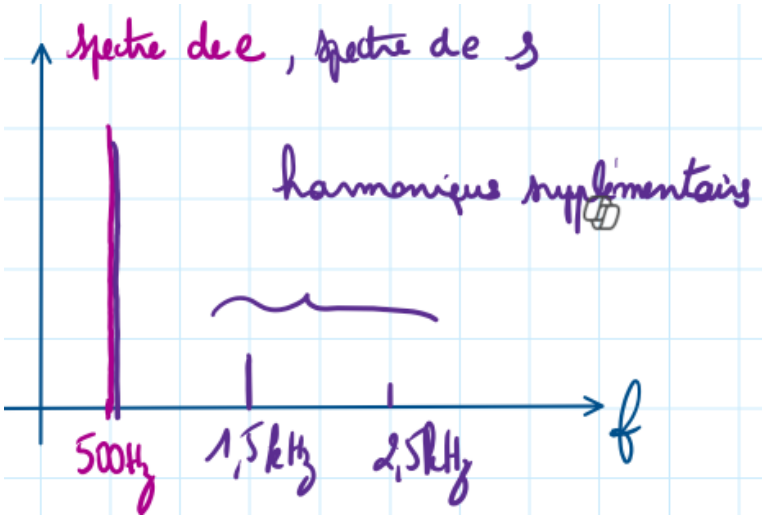
Solution: À partir de $E_m \approx 1,3$ V, on observer une saturation, qui apparaît d'abord en haut, puis en bas (ça peut dépendre de l'ALI)...



☞ Effectuer l'analyse spectrale des tensions d'entrée et de sortie quand la tension de sortie sature.

R10. Reproduire les spectres. Commenter.

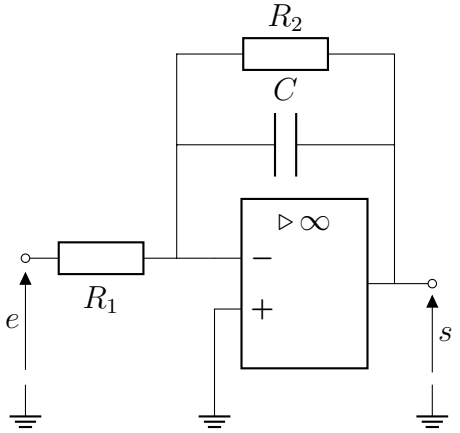
Solution: Le spectre du signal d'entrée présente un seul harmonique de 1 V à 500 Hz, celui de sortie présente deux harmoniques supplémentaires à 1,5 kHz et 2,5 kHz. Quand l'ALI sature il ne fonctionne plus en régime linéaire, la non linéarité du fonctionnement se traduit par l'apparition d'harmoniques supplémentaires.



IV Intégrateur

Expérience n°3 –

On réalise le montage « pseudo-intégrateur » ci-contre, avec $R_1 = 1$ kΩ, $R_2 = 10$ kΩ, et $C = 100$ nF



☞ Régler le GBF pour qu'il délivre un signal sinusoïdal d'amplitude 2,0 V.
☞ Réaliser le circuit.
☞ Par un balayage en fréquence, déterminer la nature du filtre.

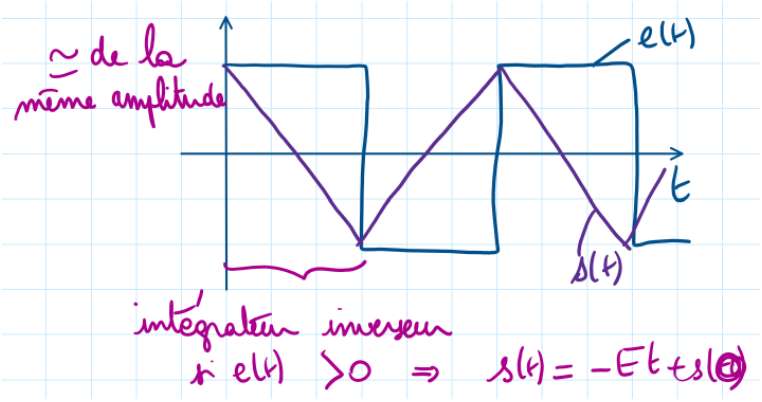
R11. Noter vos observations : évolutions de l'amplitude et du déphasage. Quelle est la nature du filtre ?

Solution: Pour un balayage en fréquence de 100 Hz à 50 kHz, on observe , à basse fréquence (vers 100 Hz), que s est amplifiée d'un facteur 10 par rapport à e, et est en opposition de phase. Quand la fréquence augmente, l'amplitude de s diminue, et le déphasage également pour tendre vers $+\pi/2$ à haute fréquence (s est en avance d'un quart de période) où S_m est faible.
Il s'agit d'un filtre passe-bas.

☞ Le GBF délivre maintenant une tension créneau de fréquence 1,6 kHz et d'amplitude 2,0 V.

R12. Noter vos observations. Quelle opération réalise ce filtre ?

Solution: Ce filtre réalise une intégration du signal d'entrée qui est de fréquence $f \sim 10 f_c$ grande devant la fréquence de coupure. Les deux signaux sont sensiblement de la même fréquence. Contrairement à un intégrateur passif (avec R et C), ce montage à ALI permet d'intégrer sans nécessairement atténuer fortement le signal.



☞ Le GBF délivre maintenant une tension triangle de fréquence 1,6 kHz et d'amplitude 2,0 V.
☞ Effectuer l'analyse spectrale des signaux d'entrée et de sortie.

R13. Noter en détail vos observations. Est-ce que le signal de sortie est sinusoïdal ?

Solution: Le signal n'est pas sinusoïdal puisque c'est l'intégration d'un triangle ! s est constitué d'une succession de branches de paraboles (primitive de $at + b$ est $at^2/2 + bt + c$).

