

DM n° 1

Électronique

À rendre le mercredi 23 septembre

Ce devoir comporte trois parties :

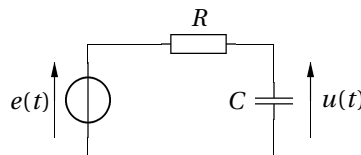
- une première partie constituée de deux exercices d'oraux pour réviser et approfondir le programme de première année;
- une partie sur les ALI;
- une troisième partie à traiter **au choix** parmi :
 - un extrait de concours CCINP TSI de niveau très abordable;
 - un extrait de concours de niveau X-ENS PSI de niveau plus conséquent.

Bien préciser la partie que vous aurez choisi.

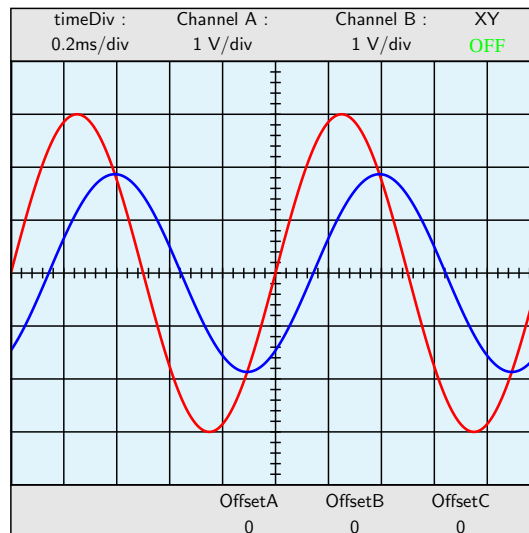
Partie I — Filtrage (révision 1^{re} année)

1 Oral banque PT

On donne le circuit suivant, alimenté par la tension $e(t) = E \cos(2\pi f t)$, avec $R = 1 \text{ k}\Omega$.



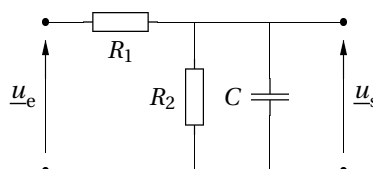
On donne l'oscillogramme des tensions $e(t)$ et $u(t)$.



1. Identifier les courbes correspondant aux tensions $e(t)$ et $u(t)$.
2. Estimer les valeurs numériques de E , f et C .

2 Oral CCINP PSI 2022

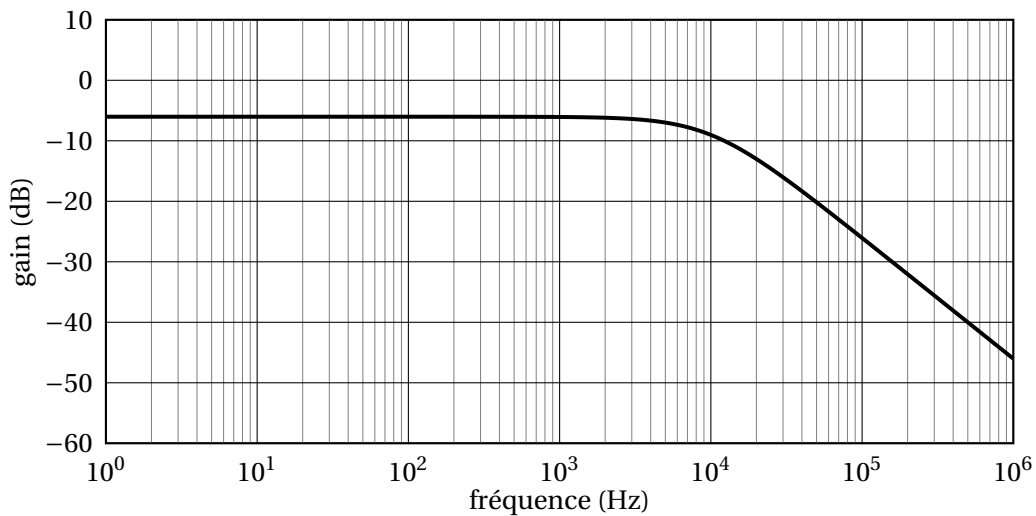
On donne le filtre suivant :



La tension d'entrée est $u_e(t) = E \cos(\omega t)$; celle de sortie $u_s(t) = S(\omega) \cos(\omega t + \phi(\omega))$.

3. La fonction de transfert est de la forme $\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1 + j\omega\tau}$. Exprimer H_0 et τ en fonction de R_1 , R_2 et C .
4. En examinant le comportement en très basse et très haute fréquence, déterminer la nature du filtre.
5. Rappeler la définition de la pulsation de coupure ω_c , et déterminer son expression en fonction de R_1 , R_2 et C .

On donne le diagramme de Bode en gain :



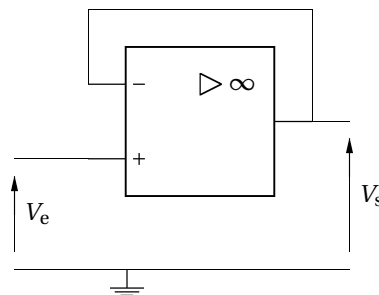
6. À partir du diagramme de Bode, déterminer graphiquement les valeurs de H_0 et ω_c .
7. On donne $R_1 = 680 \, \Omega$. En déduire les valeurs de R_2 et C .
8. Déterminer le signal de sortie pour les signaux d'entrée suivants :
 - signal continu d'amplitude 6 V;
 - signal sinusoïdal de fréquence 10 kHz et d'amplitude 6 V.

Quelle est la forme du signal de sortie si le signal d'entrée est un signal créneau, de valeur moyenne 3 V, d'amplitude 1,5 V et de période $T = 10 \, \mu\text{s}$?

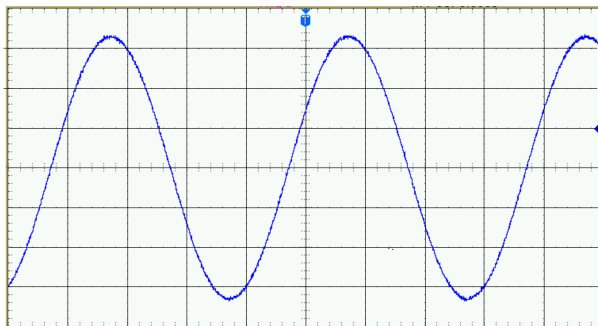
Partie II — Généralités sur les ALI — banque PT 2022

Dans cette partie, on considère un ALI alimenté en $+15/-15 \, \text{V}$ par une alimentation à point milieu. On admettra que les tensions de saturation haute et basse sont de $\pm 15 \, \text{V}$.

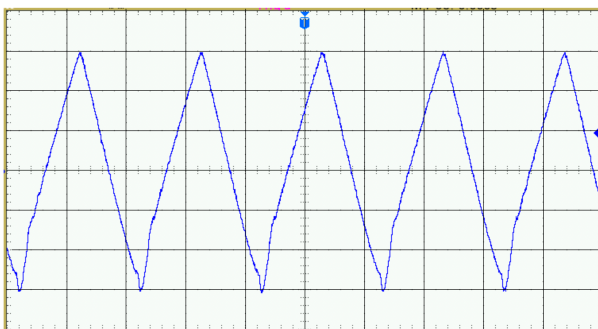
1. Représenter la tension de sortie en fonction de la tension différentielle d'entrée, en indiquant clairement les ordres de grandeur considérés (on indiquera la partie correspondant au régime linéaire et celle correspondant au régime saturé).
2. On s'intéresse au montage représenté ci-dessous. Montrer que $V_s = V_e$. Comment s'appelle ce montage? Quel est son intérêt? On considérera le gain de l'ALI comme infini.



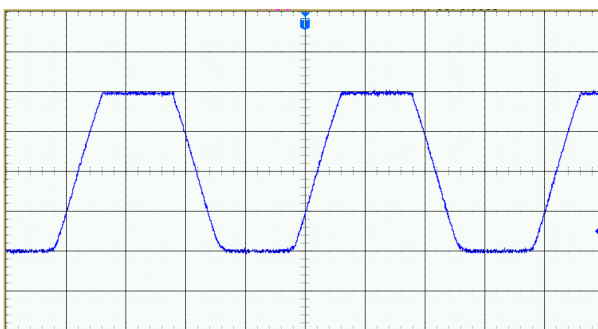
3. On alimente ce montage avec en entrée la tension dont l'oscillogramme est donné ci-dessous. Les réglages sont $2 \, \text{V/div}$ et $100 \, \mu\text{s/div}$; quelles sont les caractéristiques de cette tension?
- Peut-on raisonnablement penser observer la même chose en sortie?



4. Toutes choses égales par ailleurs, on augmente la fréquence et on observe en sortie la tension ci-dessous. Les réglages sont 2 V/div et 1 μ s/div. Quelle caractéristique de l'ALI est ainsi mise en évidence? Évaluer sa valeur numérique.



5. On revient à la fréquence de la question 3, et on ajoute une résistance de charge $R_0 = 50 \Omega$ entre la sortie et la masse. Les réglages sont 2 V/div et 100 μ s/div. Quelle caractéristique de l'ALI est ainsi mise en évidence? Évaluer sa valeur numérique.



6. Donner le schéma d'un montage amplificateur non inverseur utilisant un ALI et deux résistances. Établir l'expression du gain de ce montage.

7. Proposer des valeurs pour les résistances pour avoir des gains de 10, 100 et 1000. Jusqu'à quelle valeur de gain peut-on aller avec un tel montage avec une tension d'entrée continue? Avec une tension d'entrée sinusoïdale de fréquence 10 kHz? De simples ordres de grandeur sont attendus.

8. On alimente ce montage, en prenant un gain de 10, avec la tension d'entrée de la question 3. Dessiner l'allure de la tension attendue au sortie.

Partie III « facile » — Mesure de température (CCINP TSI)

On désire mesurer la température θ de l'eau afin de réguler le chauffage d'une piscine. On utilise ainsi une sonde Pt100, capteur résistif de température dont la résistance R_{Pt} suit une fonction affine de θ :

$$R_{Pt} = R_0(1 + a\theta) \quad \text{avec} \quad R_0 = 100 \Omega \quad \text{et} \quad a = 3,85 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

Il faut d'abord inclure ce capteur dans le montage avec ALI de la figure III-1 avant de traiter le signal analogique par une chaîne numérique, en particulier pour en effectuer une conversion analogique-numérique (CAN).

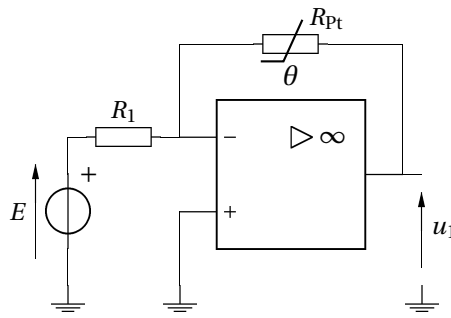


FIGURE III-1 – Schéma du montage incluant le capteur de température Pt100

1. Exprimer u_1 en fonction de R_1 , R_0 , a , E et θ dans le cas où l'ALI est parfait et de gain infini.
2. Évoquer une limitation de l'ALI qui pourrait nuire au fonctionnement correct de ce montage.
3. Exprimer la sensibilité s du montage en $^{\circ}\text{C}^{-1}$ en fonction de R_1 , R_0 , a et E .
4. En prenant $R_1 = R_0 = 100\ \Omega$ et $E = 1,0\ \text{V}$, calculer cette sensibilité s .

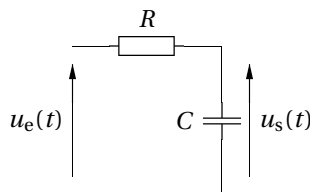
La tension $u_1(t)$ doit ensuite être numérisée via un convertisseur analogique-numérique (CAN)

5. Expliquer pourquoi une valeur aussi faible de sensibilité risque de ne pas permettre un suivi convenable de la température du bassin.

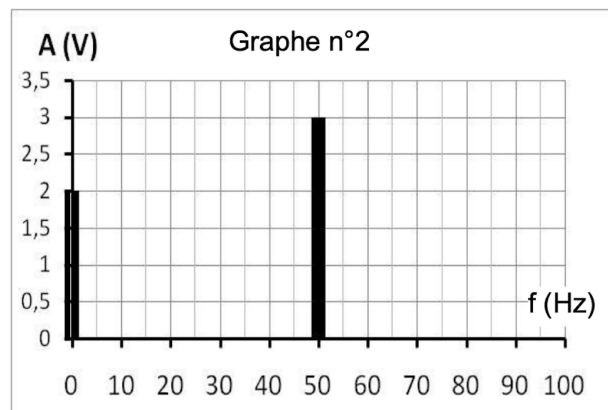
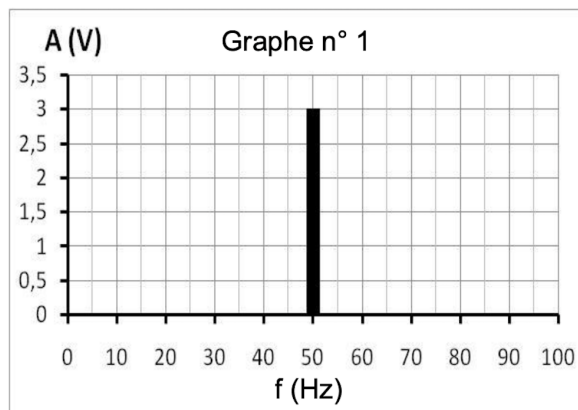
On soumet la tension $u_1(t)$ à plusieurs quadripôles, non représentés, pour des transformations telles que, en sortie de l'ensemble des quadripôles, on obtient

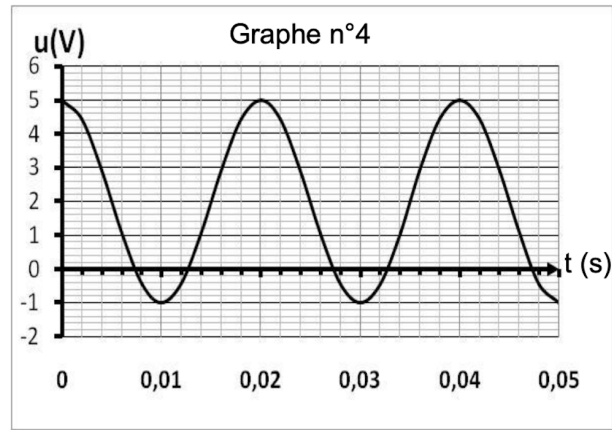
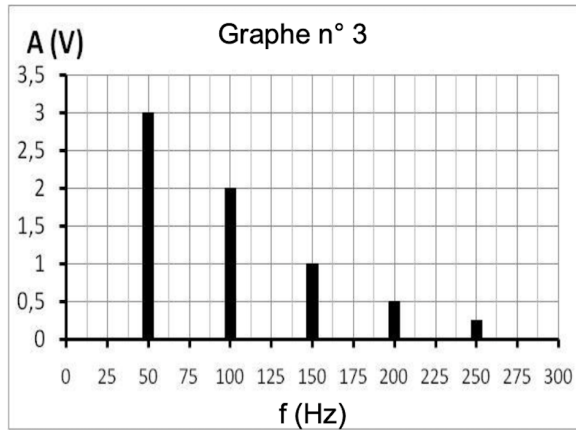
$$u_e(t) = 2 + 3 \cos(2\pi 50t) \quad \text{avec } u_e \text{ en V et } t \text{ en s.}$$

La partie de la tension $u_e(t)$ variable périodiquement en fonction du temps est due à des parasites électriques de fréquence 50 Hz, amplifiées par les différents quadripôles intermédiaires. Il faudrait garder uniquement la composante continue de ce signal car elle seule contient l'information dépendante de la température. On utilise pour cette fonction le circuit de la figure III-2.

FIGURE III-2 – Schéma du montage utilisé pour le traitement de $u_e(t)$

6. Préciser, parmi les graphes suivants, celui qui représente le spectre en amplitude de $u_e(t)$. Préciser pourquoi les autres graphes ne conviennent pas.





7. À l'aide des équivalents en haute et basse fréquences des composants, déterminer la nature du filtre réalisé avec le circuit de la figure III-2. Justifier si ce circuit permet d'isoler la composante continue du signal.

La fonction de transfert du montage peut se mettre sous la forme

$$\underline{H} = \frac{\underline{u}_s}{\underline{u}_e} = \frac{H_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}}.$$

Q 8. Nommer H_0 et en donner la valeur en justifiant.

Q 9. Préciser la valeur du gain en décibel, G_{dB} , lorsque $\omega \ll \omega_c$.

Q 10. Rappeler la définition de la fréquence de coupure à -3 dB. Donner l'expression de cette fréquence de coupure, notée f_c , en fonction de R et C pour ce circuit.

Comme précisé précédemment, on applique en entrée de ce circuit le signal $u_e(t)$ d'expression

$$u_e(t) = 2 + 3 \cos(2\pi 50 t) \quad \text{avec } u_e \text{ en V et } t \text{ en s.}$$

Q 11. Déterminer l'expression numérique de $u_s(t)$ en prenant $f_c = 0,5$ Hz. Conclure.

Partie III « difficile » — Mesures de températures (X-ENS PSI)

On désire mesurer une température θ à l'aide d'une sonde Pt100, capteur résistif de température dont la résistance R_{Pt} suit une fonction affine de θ :

$$R_{Pt} = R_0(1 + a\theta) \quad \text{avec } R_0 = 100 \, \Omega \quad \text{et } a = 3,85 \times 10^{-3} \, ^\circ\text{C}^{-1}.$$

Pour mesurer précisément la valeur de la résistance de la sonde, on utilise le montage, appelé pont de Wheatstone, représenté figure III-1, qui permet de déduire la valeur d'une résistance *a priori* inconnue à partir de la valeur des autres composants et d'une mesure de la tension U . La mesure de la tension U s'effectue avec un voltmètre, dont l'impédance d'entrée est très élevée.

La résistance de la sonde est notée $R = R_0 + R'$, avec $R_0 = R(\theta = 0)$. On choisit pour la tension d'alimentation $E = 10$ V.

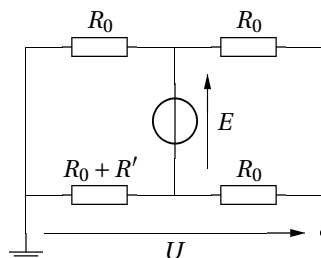


FIGURE III-1 – Montage permettant de déterminer la valeur de R' en mesurant la tension U . La valeur de la tension E est fixée par l'utilisateur. On prendra $E = 10$ V. Les valeurs des résistances usuelles sont prises à R_0 .

1. Établir l'expression de la tension U en fonction de R' , R_0 et E , puis en déduire l'expression de U en fonction de θ notamment.
2. La sensibilité du système de mesure est définie par $\sigma_\theta = \frac{dU}{d\theta}$. Déduire des expressions de U et σ_θ deux inconvénients de ce montage pour réaliser une mesure de température.

Afin d'améliorer le dispositif précédent de mesure de température, on adapte le montage électronique représenté sur la figure III-2, en introduisant deux ALI (amplificateur linéaire intégré), supposés idéaux et en fonctionnement linéaire. La grandeur physique mesurée est maintenant le potentiel V_s .

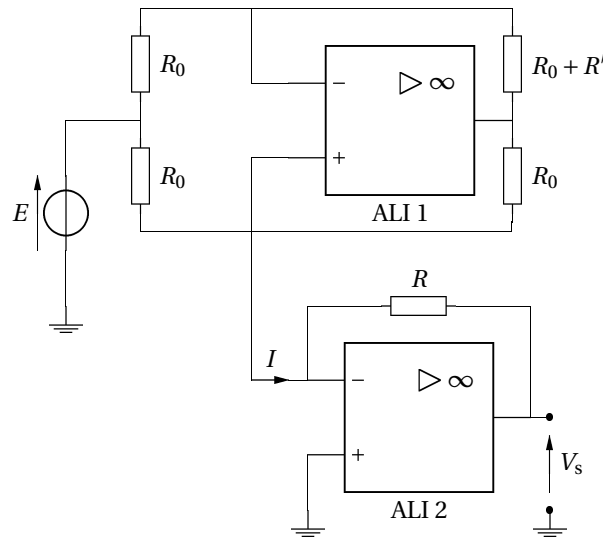


FIGURE III-2 – Montage de mesure de température. Les ALI sont supposés idéaux et fonctionnement en régime linéaire.

3. En reliant V_s et I par une expression mathématique, déterminer la fonction réalisée par l'ALI 2.
4. Établir la relation entre V_s et R' et en déduire une expression de V_s en fonction de la température θ .
5. Déterminer la sensibilité de ce nouveau montage, définie par $\tilde{\sigma}_\theta = \frac{dV_s}{d\theta}$, où la grandeur thermométrique est maintenant V_s . Commenter l'expression de la sensibilité obtenue, et proposer des préconisations concernant le choix des valeurs de R et E . On prendra $R = R_0$. Évaluer alors numériquement $\tilde{\sigma}_\theta$.