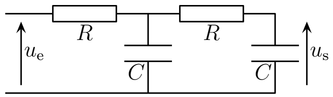
Filtres

QUESTIONS DE COURS

1. **Partie II.** Que devient le diagramme lorsque l'on change de $\omega_{\text{réf}}$? À partir d'un filtre passe-bas, comment changer $\omega_{\text{réf}}$ pour qu'il devienne un filtre passe-haut ?
2. **Partie II.** Pourquoi n'a-t-on pas fait la représentation des diagrammes de BODE des filtres idéaux ?

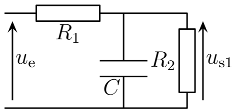
Exercice 1 CIRCUITS RC EN CASCADE

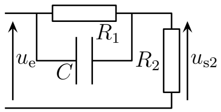
Déterminer la fonction de transfert $\underline{T}(\mathrm{j}\,\omega) = \dfrac{\underline{U}_{\text{s}}}{\underline{U}_{\text{e}}}$, tracer les diagrammes de BODE et chercher la ou les pulsations de coupure.



Exercice 2 FILTRES DU PREMIER ORDRE

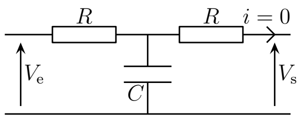
Soient les circuits ci-dessous.



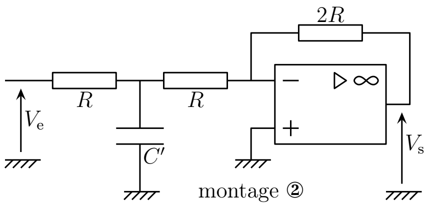


1. Montrer que les fonctions de transfert statiques (*ie.* pour $\omega = 0$) $\dfrac{U_{\text{s1}}}{U_{\text{e}}}$ et $\dfrac{U_{\text{s2}}}{U_{\text{e}}}$ sont égales.
2. Déterminer les fonctions de transfert en régime sinusoïdal.
3. Tracer les diagrammes de BODE et leurs asymptotes.

Exercice 3 FILTRE PASSIF, FILTRE ACTIF



montage ①

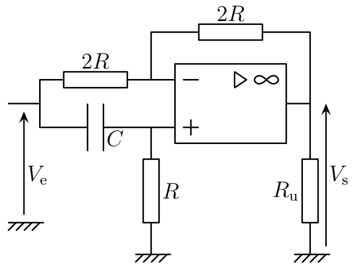


montage ②

1. (a) Déterminer la fonction de transfert $\underline{T}(\mathrm{j}\,\omega)$ du montage ① ci-dessus.
   (b) En déduire le gain $G_{\text{dB}}(\omega)$ en décibel et la fréquence de coupure.
2. (a) Mêmes questions pour le filtre actif (montage ②).
   (b) Calculer C' pour avoir la même fréquence de coupure qu'en (1b).
3. On branche une résistance R_{u} à la sortie de ces deux filtres.
   (a) Quelle est la tension à ses bornes ?
   (b) Commenter.

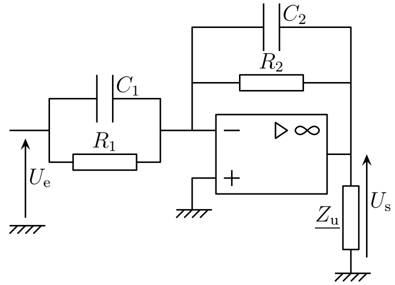
Exercice 4 DÉPHASEUR

Soit le circuit ci-dessous comprenant un AO idéal en fonctionnement linéaire.



1. Exprimer la fonction de transfert $\underline{T}(\mathrm{j}\,\omega) = \dfrac{\underline{V}_{\text{s}}}{\underline{V}_{\text{e}}}$.
2. En déduire $|\underline{T}(\mathrm{j}\,\omega)|$ et $\varphi(\omega)$.
3. Justifier le nom du montage.

Exercice 5 FILTRE DU PREMIER ORDRE



1. En supposant l'AO idéal, déterminer l'expression de la fonction de transfert sous la forme :

$$\underline{H}(\mathrm{j}\,\omega) = \frac{\underline{U}_{\text{s}}}{\underline{U}_{\text{e}}} = H_0 \frac{1 + \mathrm{j}\,\dfrac{\omega}{\omega_1}}{1 + \mathrm{j}\,\dfrac{\omega}{\omega_2}}$$

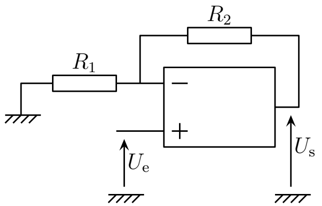
2. On souhaite réaliser un filtre présentant les caractéristiques suivantes :
   - ➜ gain de +20 dB aux fréquences basses ;
   - ➜ gain de +6 dB aux fréquences élevées ;
   - ➜ fréquence de coupure à −3 dB à 1,00 kHz.

   On donne $R_1 = 10{,}0\ \text{k}\Omega$. Proposer des valeurs pour R_2, C_1, C_2.
   Tracer l'allure du diagramme de BODE en amplitude.

Exercice 6 AMPLIFICATEUR NON INVERSEUR AVEC UN AO RÉEL

On considère le montage non inverseur ci-dessous où le gain de l'AO est non infini et prend la valeur complexe : $\underline{\mu}(\mathrm{j}\,\omega) = \dfrac{\mu_0}{1 + \mathrm{j}\,\dfrac{\omega}{\omega_0}}$.

On rappelle que le gain est tel que, avec les notations usuelles, $\underline{V}_{\text{s}} = \underline{\mu}(\mathrm{j}\,\omega)\,\underline{\varepsilon}$.

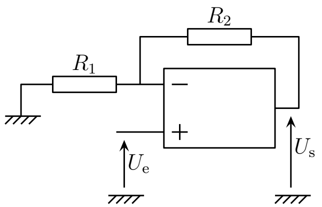


Déterminer la fonction de transfert $\dfrac{\underline{U_s}}{\underline{U_e}}$ de ce montage et tracer le diagramme de BODE du gain en décibel pour plusieurs valeurs de $\beta \overset{\text{not}}{=} \dfrac{R_1}{R_1+R_2}$.

Exercice 7 STABILITÉ D'UN MONTAGE AMPLIFICATEUR

On considère le montage ci-dessous où le seul défaut de l'AO à prendre en compte est la variation de $\underline{\mu}(\mathrm{j}\,\omega)$ avec la fréquence : $\underline{\mu}(\mathrm{j}\,\omega) = \dfrac{\mu_0}{1+\mathrm{j}\,\frac{\omega}{\omega_0}}$ avec $\mu_0 = 1{,}0.10^5$ et $f_0 = 100$ Hz. On rappelle que pour un AO en régime linéaire, on a $\underline{U_s} = \underline{\mu}(\mathrm{j}\,\omega) \times (\underline{V_+} - \underline{V_-})$. On posera $A_0 = 1 + \dfrac{R_2}{R_1}$.

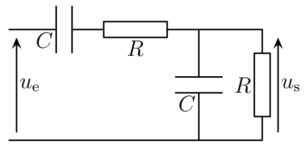
Données : $R_1 = 10$ kΩ, $R_2 = 90$ kΩ.



1. Déterminer à partir de la fonction de transfert $\underline{H}(\mathrm{j}\,\omega) = \dfrac{\underline{U_s}}{\underline{U_e}}$ l'équation différentielle reliant $u_s(t)$ à $u_e(t)$.
2. Déterminer la fonction de transfert $\underline{H_E}(\mathrm{j}\,\omega) = \dfrac{\underline{E}}{\underline{U_e}}$, $\underline{E}$ étant l'amplitude complexe associée à $\varepsilon(t) = v_+ - v_-$.
   En déduire l'équation différentielle liant $\varepsilon(t)$ à $u_e(t)$.
3. On applique un échelon de tension de faible amplitude E constante à l'entrée $u_e(t)$ du montage, initialement au repos, à un instant choisi comme origine des temps.
   Déterminer les expressions de $\varepsilon(t)$ et de $u_s(t)$ et tracer les courbes correspondantes. On supposera $\varepsilon(0) = 0$ et $u_s(0) = 0$.
4. Que pensez-vous de la cohérence des conditions initiales ?
5. On permute les bornes $+$ et $-$ et on suppose que l'AO fonctionne toujours en régime linéaire.
   Déterminer les nouvelles expressions des fonctions de transfert et des équations différentielles liant d'une part $u_s(t)$ à $u_e(t)$ et d'autre part $\varepsilon(t)$ à $u_e(t)$.
   Montrer que le montage ainsi réalisé est instable.

Exercice 8 FILTRE EN PONT DE WIEN

On considère le montage ci-dessous.



1. Déterminer la fonction de transfert $\underline{T}(\mathrm{j}\,\omega) = \dfrac{\underline{U_s}}{\underline{U_e}}$.
2. Déterminer à partir de $\underline{T}(\mathrm{j}\,\omega)$ l'équation différentielle reliant $u_s(t)$ à $u_e(t)$.
3. Déterminer $T(\omega)$ et la phase $\varphi(\omega)$.
4. Déterminer le maximum T_{max} de $T(\omega)$ et la fréquence f_0 correspondante.
5. Déterminer les fréquences de coupure et la bande passante.
6. Tracer les diagrammes de BODE.

Exercice 9 FILTRE À STRUCTURE DE RAUCH

Les AO sont supposés idéaux en régime linéaire.

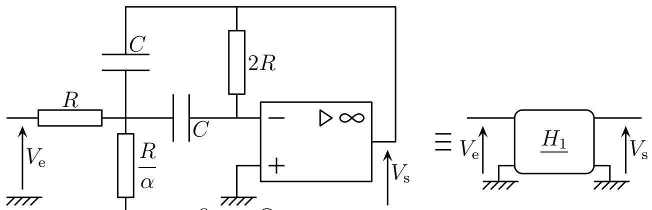


figure ①

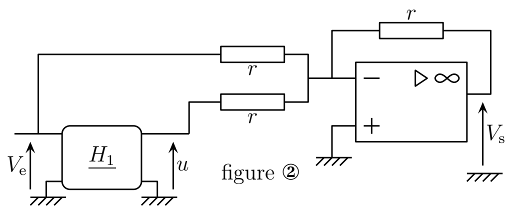


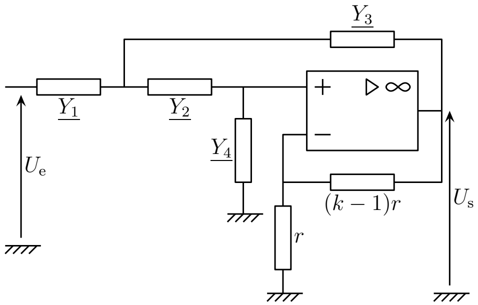
figure ②

1. Déterminer la fonction de transfert $\underline{H_1}(\mathrm{j}\,\omega) = \dfrac{\underline{V_s}}{\underline{V_e}}$ du montage de la figure ①.
2. Ce filtre est inséré dans le montage de la figure ②.
   Déterminer la nouvelle fonction de transfert et les valeurs numériques des pulsations et des fréquences caractéristiques.

Données : $R = 10$ kΩ ; $C = 1{,}6.10^{-8}$ F ; $\alpha = 10$.

Exercice 10 Structure de Sallen et Key

On considère le filtre ci-dessous où les dipôles sont caractérisés par leurs admitances $\underline{Y_i} = \dfrac{1}{\underline{Z_i}}$. On suppose l'AO idéal, en régime linéaire et on étudie la fonction de transfert $\underline{H}(\mathrm{j}\,\omega) = \dfrac{\underline{U_s}}{\underline{U_e}}$.

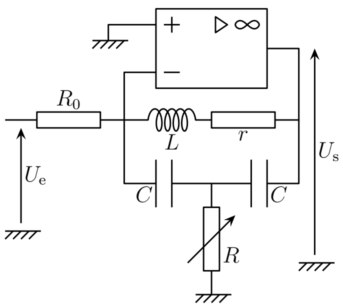


1. Montrer que la fonction de transfert s'écrit $\underline{H}(\mathrm{j}\,\omega) = \dfrac{k\underline{Y_1}\,\underline{Y_2}}{\underline{Y_1}\,\underline{Y_2} + (1-k)\underline{Y_2}\,\underline{Y_3} + \underline{Y_4}(\underline{Y_1} + \underline{Y_2} + \underline{Y_3})}$.
2. On choisit $\underline{Z_1} = \underline{Z_2} = R$; $\underline{Z_3} = \underline{Z_4} = \dfrac{1}{\mathrm{j}\,C\,\omega}$ et $k = 1{,}56$.
   (a) Déterminer le type de filtre et les valeurs numériques des pulsations caractéristiques (centrale, de coupure).
   (b) Sur quelle plage de valeur de k le filtre est-il stable ?
3. Mêmes questions lorsque $\underline{Z_1} = \underline{Z_2} = \dfrac{1}{\mathrm{j}\,C\,\omega}$; $\underline{Z_3} = \underline{Z_4} = R$ et $k = 1{,}56$.
4. Mêmes questions lorsque $\underline{Z_1} = \underline{Z_3} = R$; $\underline{Z_2} = \dfrac{1}{\mathrm{j}\,C\,\omega}$; $\underline{Z_4} = (C /\!\!/ R)$ et $k = 2$.

Données : $R = 1{,}0$ kΩ ; $C = 1{,}6.10^{-7}$ F ; $r = 10$ kΩ.

Exercice 11 Filtre très sélectif

On considère le filtre ci-dessous et la fonction de transfert $\underline{H}(\mathrm{j}\,\omega) = \dfrac{\underline{U_s}}{\underline{U_e}}$. On suppose l'AO idéal en régime linéaire.



1. Déterminer l'expression de la fonction de transfert et le type de filtre.
2. Déterminer la condition que doit vérifier R pour assurer une résonance du filtre et déterminer alors la pulsation de cette résonance.