

Table des matières

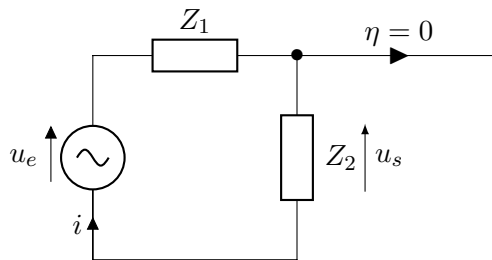
10	Rétroaction des systèmes linéaire	2
10.1	Exercices d'application	2
10.1.1	Pont diviseur de tension.....	2
10.1.2	Fonction de transfert de l'ALI.....	2
10.1.3	ALI et association de filtres.....	2
10.1.4	Montage sommateur.....	3
10.1.5	Montage dérivateur.....	4
10.1.6	Comparateur à seuils asymétriques.....	4
10.2	Problèmes	4
10.2.1	Étude d'un filtre en régime linéaire.....	4
10.2.2	Résistance négative.....	5
10.2.3	Étude d'un filtre en régime linéaire.....	6
10.3	Oral Banque PT	6
10.3.1	Filtre de BESSEL.....	6
10.3.2	Montage intégrateur.....	7
10.4	Annales	7
10.4.1	Montage intégrateur.....	7
10.4.2	Pédale de guitare à effet.....	8
10.4.3	Conditionnement du signal.....	9

10 Rétroaction des systèmes linéaire

10.1 Exercices d'application

10.1.1 Pont diviseur de tension

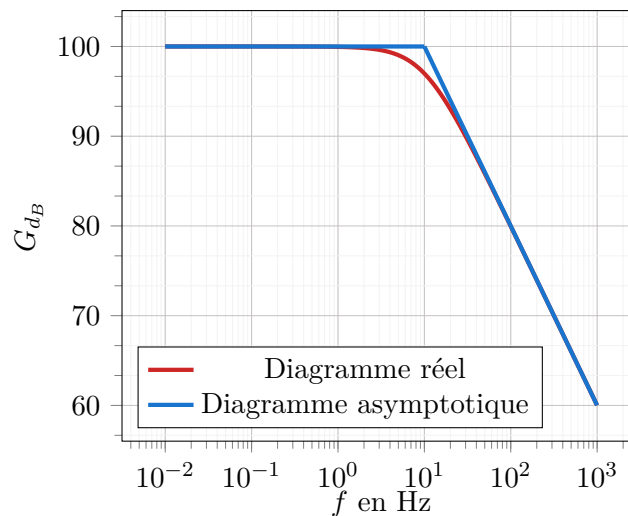
On considère le montage classique du pont diviseur de tension :



1. Retrouver la loi du pont diviseur de tension à l'aide de la loi des nœuds en terme de potentiels.

10.1.2 Fonction de transfert de l'ALI

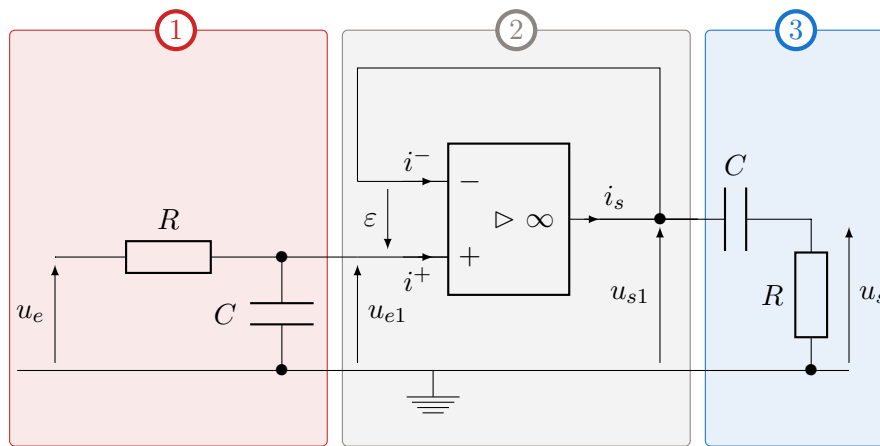
On donne ci-dessous la fonction de transfert d'un ALI réel.



1. En déduire la nature du filtre équivalent à l'ALI, puis son gain statique μ_0 et sa fréquence de coupure f_0 .

10.1.3 ALI et association de filtres

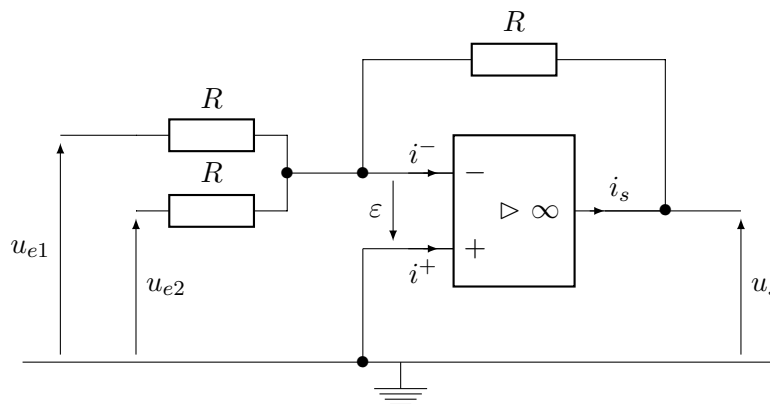
On associe un filtre de type RC à un deuxième filtre de type CR , à travers un ALI dans le montage ci-contre. L'ALI sera considéré idéal et son fonctionnement sera pris en régime linéaire.



1. Etablir le lien entre la tension u_{e1} et la tension u_{s1} du montage impliquant l'ALI et noté [2] sur le schéma ? Quel est le nom d'un tel montage ?
2. Quel rôle joue le filtre noté [1] pris isolément ? Vous justifierez votre réponse par une analyse asymptotique haute et basse fréquence. Même question pour le filtre noté [3].
3. Déterminer la fonction de transfert $\underline{H}(\omega) = \frac{u_s}{u_e}$ du filtre complet {1+2+3}.
4. Tracer le schéma électrique de l'association des filtres [1] et [3] sans le montage [2]. Aurait-on obtenu la même fonction de transfert ? Un argument qualitatif est attendu.
5. Tracer le diagramme de BODE asymptotique du filtre complet {1+2+3}.

10.1.4 Montage sommateur

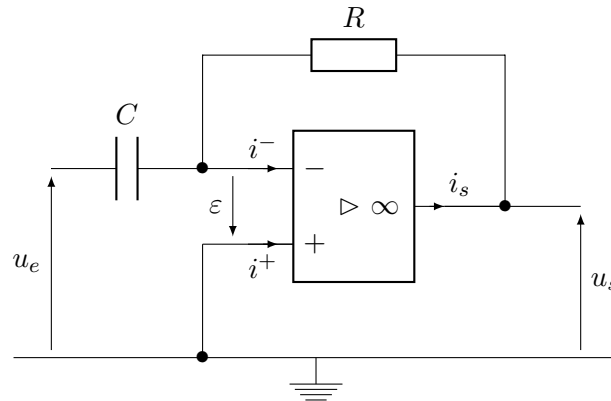
On considère le montage ci-dessous dans lequel l'ALI est idéal et fonctionne en régime linéaire.



1. Exprimer u_s en fonction de u_{e1} et u_{e2} .

10.1.5 Montage dérivateur

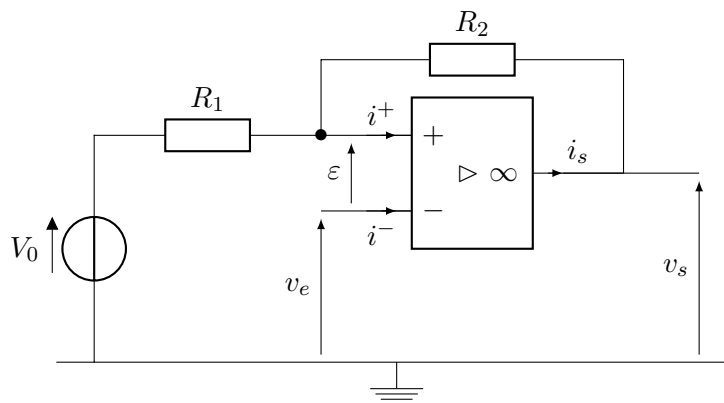
On considère le montage ci-dessous dans lequel l'ALI est idéal et fonctionne en régime linéaire.



1. Exprimer $\underline{u_s}$ en fonction de $\underline{u_e}$.
2. En déduire l'équation reliant $u_s(t)$ et $u_e(t)$.

10.1.6 Comparateur à seuils asymétriques

On donne le montage suivant :

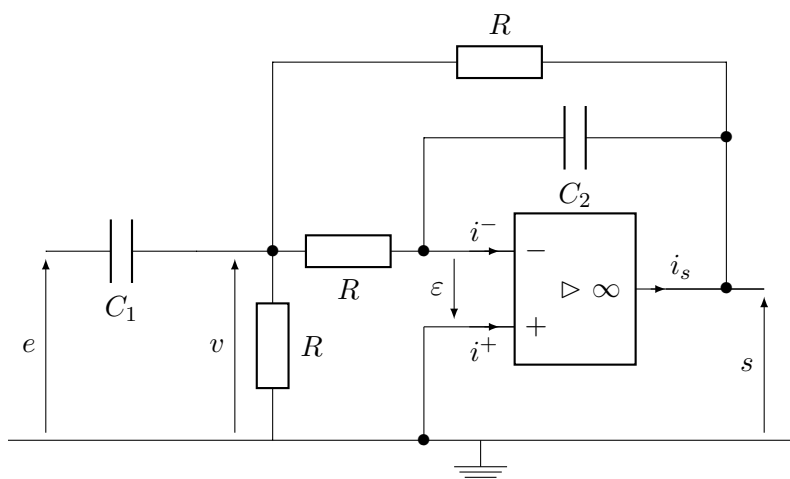


1. Dans quel régime fonctionne l'ALI a priori ?
2. Établir, sous l'hypothèse de fonctionnement en saturation, la condition de bascule de $v_s = +V_{\text{sat}}$ à $v_s = -V_{\text{sat}}$.
3. Faire de même pour la condition de bascule de $v_s = -V_{\text{sat}}$ à $v_s = +V_{\text{sat}}$.
4. En déduire le tracé de la caractéristique $v_s = f(v_e)$.

10.2 Problèmes

10.2.1 Étude d'un filtre en régime linéaire

On donne le circuit électrique ci-dessous dans lequel fonctionne un ALI idéal en régime linéaire. Les dipôles sont tous idéaux.



1. Rappeler les hypothèses associées à un ALI idéal, tracer sa caractéristique, et nommer les diverses zones de fonctionnement.
2. Établir une relation entre les tensions complexes $\underline{s}$ et $\underline{v}$.
3. Dédire de la loi des nœuds, une nouvelle relation entre $\underline{v}$, $\underline{s}$ et $\underline{e}$.
4. Montrer alors que la fonction de transfert du filtre s'écrit

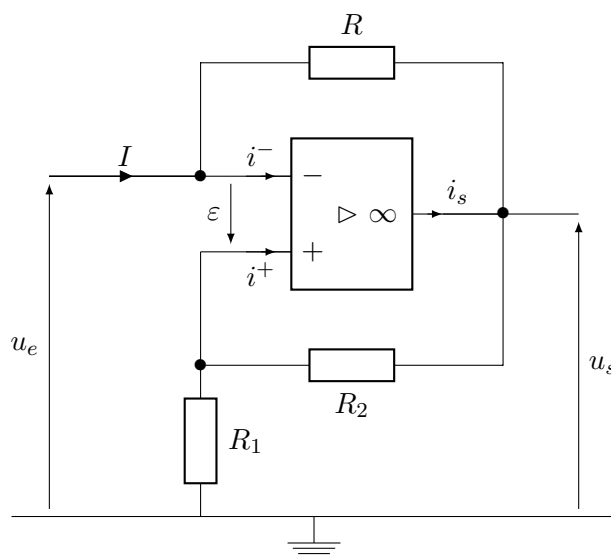
$$\underline{H}(\omega) = \frac{\underline{s}}{\underline{e}} = \frac{H_0}{3 + jQ \left(x - \frac{1}{x} \right)}$$

où $x = \frac{\omega}{\omega_0}$. On exprimera H_0 , Q , ω_0 en fonction de R , C_1 , C_2 .

5. Représenter le diagramme de BODE asymptotique de ce filtre : quelle est sa nature ?
6. On note ω_c la pulsation de coupure, et on donne $e(t) = E_1 \cos \left(\frac{\omega_c}{100} t + \varphi_1 \right) + E_2 \cos(\omega_c t) + E_3 \cos(100\omega_c t + \varphi_3)$, en déduire l'expression de $s(t)$.

10.2.2 Résistance négative

On donne le circuit électrique ci-dessous dans lequel fonctionne un ALI idéal. Les dipôles sont tous idéaux.



1. Rappeler les hypothèses associées à un ALI idéal, tracer sa caractéristique, et nommer les diverses zones de fonctionnement.
2. Pour un régime quelconque, établir le lien entre, d'une part V^- , I et u_s , et d'autre part V^+ et u_s .
3. En régime linéaire, en déduire une relation entre u_e et I .
4. A quelle condition bascule-t-on en régime de saturation à $+V_{\text{sat}}$? Exprimer dans ce cas la relation entre u_e , I et V_{sat} , ainsi que la relation entre u_e et I .

5. A quelle condition bascule-t-on en régime de saturation à $-V_{\text{sat}}$? Exprimer dans ce cas la relation entre u_e , I et V_{sat} , ainsi que la relation entre u_e et I .
6. Tracer la caractéristique statique u_e en fonction de I en précisant les zones correspondant au fonctionnement en régime linéaire, en saturation positive et négative. Montrer que dans un intervalle donné de u_e , ce circuit se comporte comme un dipôle de résistance négative R_N que vous exprimerez en fonction de R_1 , R_2 et/ou R .

10.2.3 Étude d'un filtre en régime linéaire

Soit le circuit électrique de la figure 10.1, dans lequel l'ALI est idéal et fonctionne en régime linéaire.

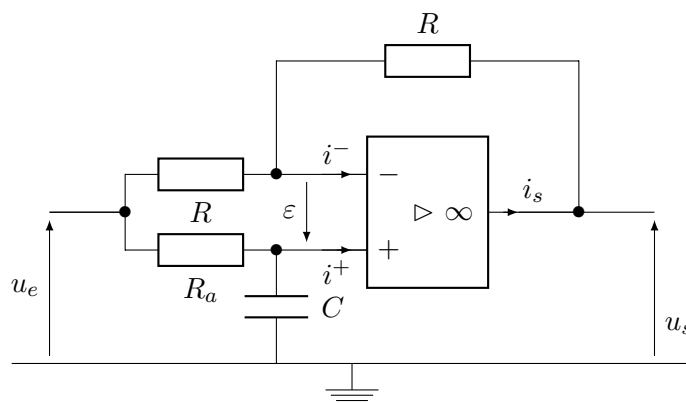


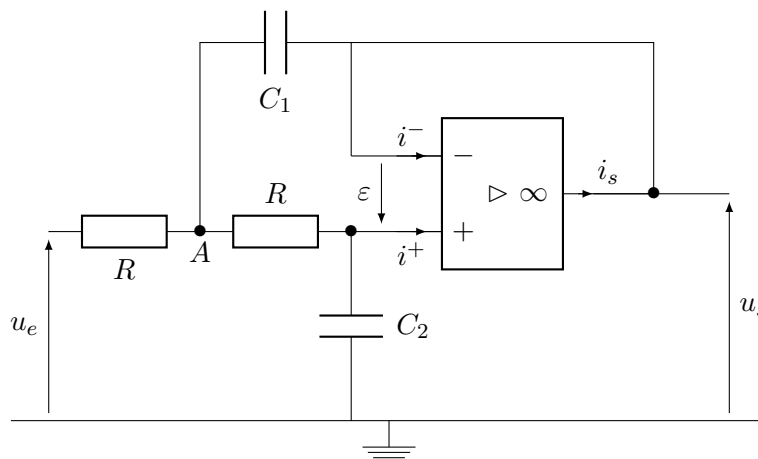
Fig. 10.1

1. Tracer la caractéristique d'un ALI idéal, et mettre en évidence ses divers régimes de fonctionnement.
2. Établir la fonction de transfert de ce circuit en fonction de R_a , C et des grandeurs usuelles.
3. Établir le diagramme de BODE asymptotique ce circuit. Exprimer ensuite le gain. Quel nom peut-on alors attribuer à ce filtre ?
4. On définit pour ce filtre une pulsation « de coupure » ω_c telle que la phase du filtre soit $\phi(\omega_c) = -\frac{\pi}{2}$. En donner l'expression.
5. On donne $u_e(t) = E_1 \cos(\frac{\omega_c}{100}t + \phi_1) + E_2 \cos(\omega_c t) + E_3 \cos(100 \times \omega_c t + \phi_3)$, en déduire l'expression de $u_s(t)$.

10.3 Oral Banque PT

10.3.1 Filtre de Bessel

On donne le filtre ci-dessous :



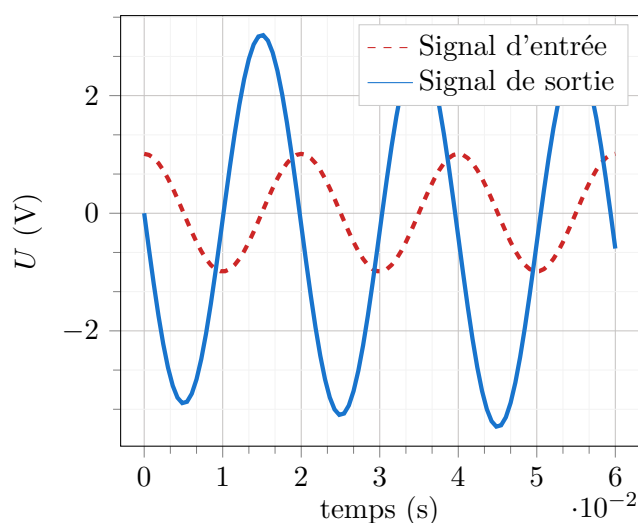
1. Tracer la caractéristique d'un ALI, rappeler ses divers régimes de fonctionnement et leur modélisation, puis donner un ordre de grandeur des impédances d'entrée et de sortie d'un ALI réel.

2. Établir la fonction de transfert de ce filtre et tracer son diagramme de BODE asymptotique.
3. On impose une tension créneau en entrée de fréquence fondamentale grande devant la pulsation de coupure du filtre de BESSEL. Discuter de la nature de la tension en sortie.

10.3.2 Montage intégrateur

On dispose d'un amplificateur linéaire intégré considéré idéal, d'une résistance R et d'un condensateur C . On souhaite réaliser un montage intégrateur.

1. Représenter ce montage.
2. Établir l'équation différentielle vérifiée par le signal de sortie $s(t)$ en fonction du signal d'entrée $e(t)$. Commenter.
3. Expérimentalement, on obtient le résultat ci-dessous. Commenter, vous discuter notamment des conformités et écarts au résultat théorique attendu.



10.4 Annales

10.4.1 Montage intégrateur

[2014 PT]

On considère le montage électronique de la figure 10.2, sur lequel est appliquée la tension $u_e = U_m \cos(\omega t)$, la pulsation ω étant réglable.

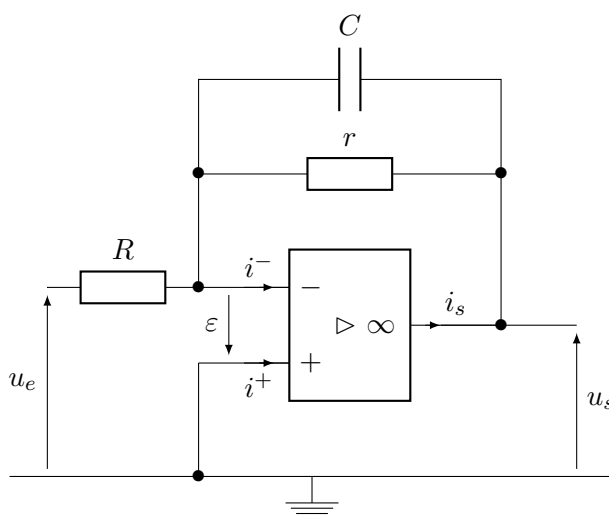


Fig. 10.2 – Montage intégrateur

On observe alors une tension de sortie $u_s = U_{sm} \cos(\omega t + \varphi_s)$. Les données sont r, R, C .

1. Trouver la fonction de transfert complexe $\underline{H} = \frac{u_s}{u_e}$ en fonction de ω et des données.
2. Avec $R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 100 \text{ nF}$ et $r = 100 \text{ k}\Omega$, donner les équations des asymptotes du gain en décibel en haute et basse fréquence et tracer l'allure du diagramme donnant le gain en décibel en fonction de $\log(\omega)$.
3. Dédire de l'étude précédente la relation temporelle liant u_e et u_s à basse fréquence.
4. Dédire de même la relation temporelle liant u_e et u_s à haute fréquence.
5. Préciser le domaine de pulsation pour lequel ce montage est intégrateur tel que $u_s = K_i \int u_e dt$. Donner l'expression littérale de K_i .
6. Calculer l'impédance d'entrée du montage.
7. L'impédance d'entrée n'étant pas infinie, ce montage ne forme pas un intégrateur idéal ; comment compléter ce montage pour s'approcher d'un intégrateur idéal ?

10.4.2 Pédale de guitare à effet

[2013 PT]

La pédale à effet commande un circuit électronique destiné à déformer le son produit par la corde de guitare. Plusieurs types d'effet peuvent être recherchés par le musicien.

1. Tracer la caractéristique statique d'un ALI idéal (représentant la tension de sortie en fonction de la tension différentielle d'entrée) et la commenter.

On étudie d'abord le circuit de la figure 10.3 où v_e est une tension sinusoïdale de pulsation ω . L'ALI est idéal et fonctionne en régime linéaire.

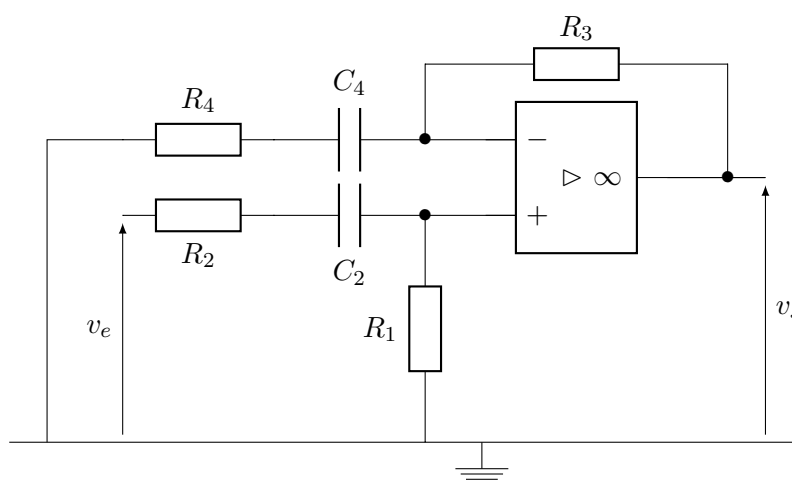


Fig. 10.3

2. Donner les schémas équivalents en basses et hautes fréquences de ce circuit.
3. Déterminer alors les expressions de la tension de sortie v_s .
4. En déduire la nature probable du filtre.
5. Déterminer la fonction de transfert $\underline{H}(\omega) = \frac{v_s}{v_e}$; la mettre sous la forme

$$\underline{H}(\omega) = \frac{\underline{H}_1(\omega) \times \underline{H}_2(\omega)}{\underline{H}_3(\omega) \times \underline{H}_4(\omega)}$$

où $\underline{H}_1(\omega)$, $\underline{H}_2(\omega)$, $\underline{H}_3(\omega)$ et $\underline{H}_4(\omega)$ sont 4 fonctions de transferts du premier ordre de la forme :

$$\underline{H}_1(\omega) = j \frac{\omega}{\omega_1} \quad \text{et} \quad \underline{H}_i(\omega) = 1 + j \frac{\omega}{\omega_i} \quad \text{pour } i = 2, 3 \text{ et } 4$$

On exprimera ω_i en fonction des composants.

Le diagramme de BODE réel de H est tracé sur la figure 10.4 de 1 à 20 kHz (échelle semi logarithmique).

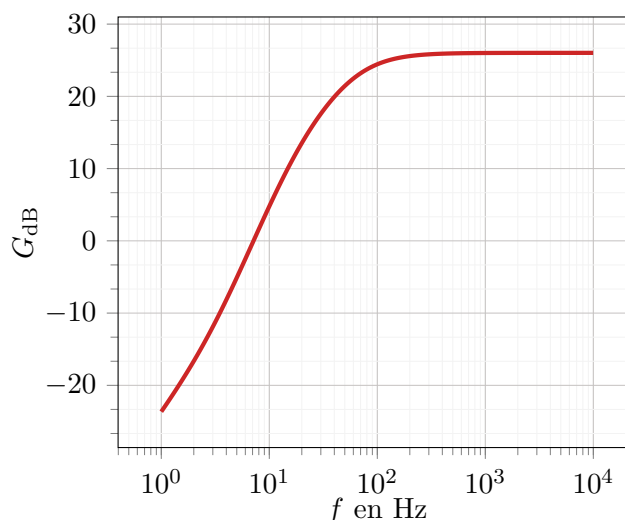


Fig. 10.4 – Diagramme de BODE

- Vérifier la valeur du gain maximum.
- Déterminer graphiquement la fréquence de coupure à -3 dB de ce filtre en expliquant la méthode utilisée. Commenter.

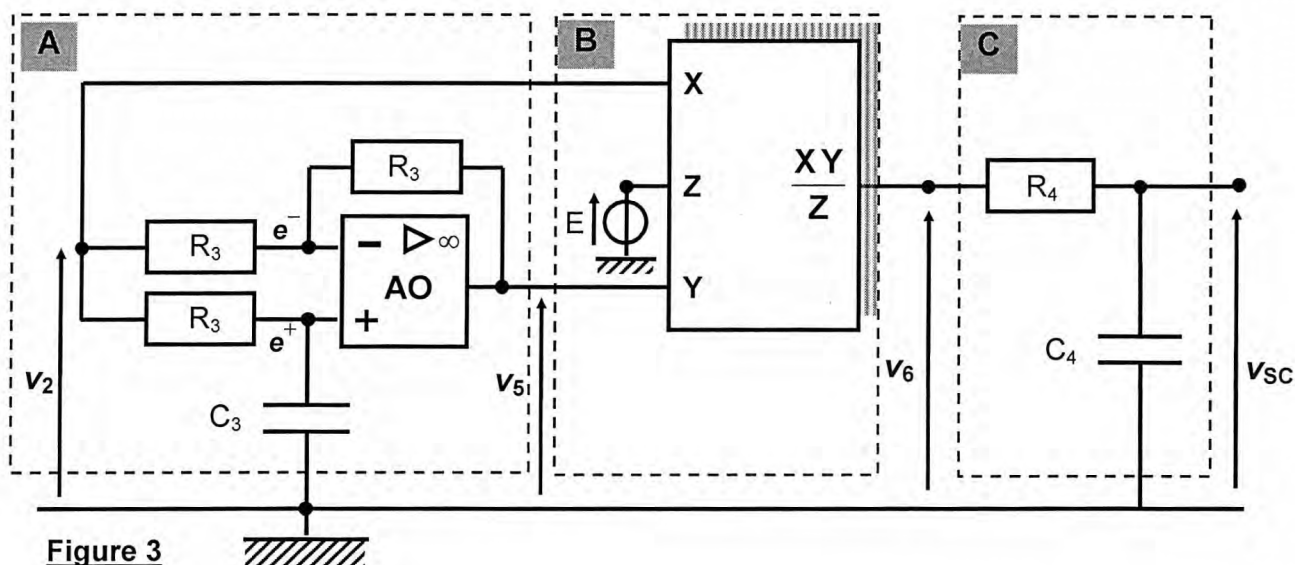
Données :

$$R_1 = R_3 = 1 \text{ M}\Omega \quad R_2 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_4 = 50 \text{ k}\Omega \quad C_2 = 10 \text{ nF} \quad C_4 = 50 \text{ nF}.$$

10.4.3 Conditionnement du signal

[2013 E3A PSI]

La tension $v_2(t) = V_0 \sin \omega t$ est injectée dans une série de trois montages élémentaires A , B et C ne comportant que des composants idéaux (figure 3).



- Écrire les tensions e^+ et e^- mesurées par rapport à la masse de potentiel nul, respectivement aux entrées non inverseuse et inverseuse de l'ALI en fonction des composants de l'étage A et des tensions v_2 et v_5

2. En déduire la transmittance $\underline{T}_A(j\omega) = \frac{v_5}{v_2}$. Comparer les amplitudes V_5 et V_2 puis exprimer le déphasage φ de v_5 par rapport à v_2 . Préciser la fonction de cet étage.

E représente une tension continue délivrée par un générateur.

3. Préciser le rôle joué par le bloc B . Exprimer la tension instantanée $v_6(t)$ en sortie de ce bloc, en fonction de l'amplitude V_0 , du déphasage φ , de la tension E , de la pulsation ω et de t .

Relation utilisable : $2 \sin(a) \sin(b) = \cos(a - b) - \cos(a + b)$.

4. Déterminer la fonction de transfert $\underline{T}_C(j\omega) = \frac{v_{SC}}{v_6}$. En déduire le rôle de l'étage C ainsi que sa pulsation caractéristique ω_c . Montrer que, par un choix judicieux de ω_c , la tension de sortie v_{SC} est continue et « image » de $\cos(\varphi)$.