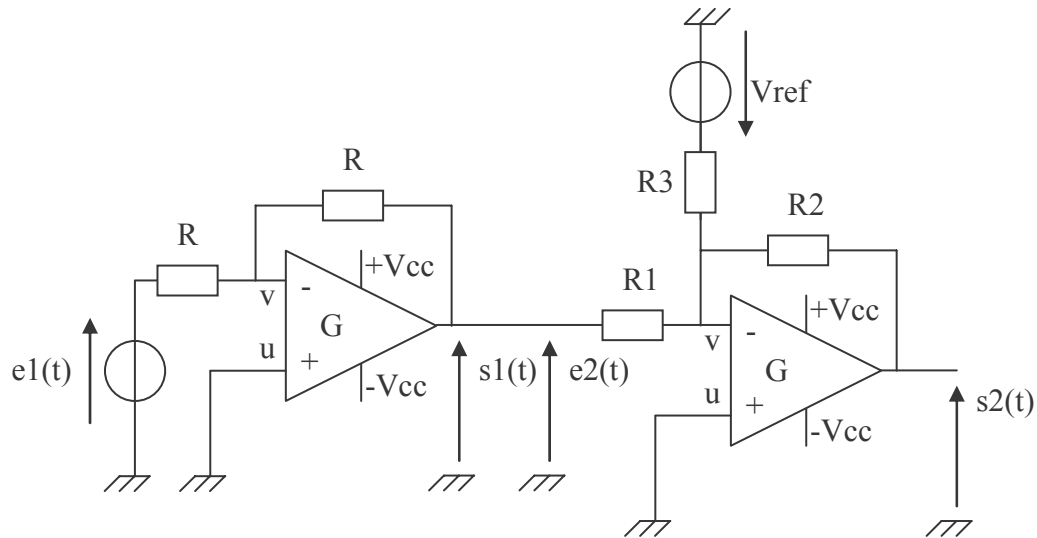


Nom :**Prénom :**

- Devoir surveillé "**à trous**" (durée impartie = 2h00)
- La calculatrice est autorisée.
- L'énoncé est à lire entièrement mais la plupart des questions sont indépendantes.

Partie 1. : Amplificateurs opérationnels et montages usuels (10 points)

1.1. Déterminer le régime de fonctionnement probable des deux ampli-op en justifiant. (0.5pt)

1.2. Exprimer $s_1(t) = f(e_1(t))$. (0.5pt)

1.3. Exprimer $s_2(t) = f(R_3, R_1, V_{ref}, R_2, e_2(t))$. (1pt)

1.4. Vérifier que $s_2(t) = R_2 \left(\frac{e_1(t)}{R_1} - \frac{V_{ref}}{R_3} \right)$ et calculer les résistances R_2 et R_3 afin de convertir la plage de tension $e_1[-1V, +1V]$ en $s_2[0, +1 V]$ (par exemple : $-0,5[V]$ en entrée donne $+0,25[V]$ en sortie). On donne : $R_1=100[k\Omega]$; $V_{ref}=-5[V]$. (1pt)

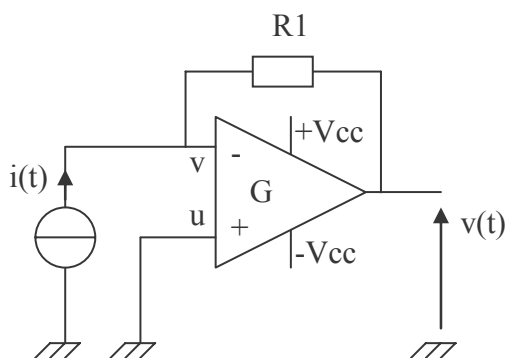
1.5. Représenter l'Ampli-op réel à l'aide d'un model équivalent en y faisant figurer les variables : $u(+)$; $v(-)$; s ; Z_e ; Z_s ; i_{b1} ; i_{b2} ; V_{os} ; $\underline{G}(f)$ et $\underline{R}_{mc}(f)$ et ce qu'elles représentent. (1pt)

1.6. A quoi est due la tension de décalage V_{os} ? (0,5pts)

1.7. Quelles peuvent être les conséquences de cette tension sur la sortie s d'un montage ? (donner l'équation de $\Delta s = f(A_0, V_{os})$ avec A_0 : gain statique du montage). (0,5pt)

1.8. Pourquoi les courants i_{b1} et i_{b2} sont non nuls ? (0,5pt)

Certains capteurs, tels que les photodiodes mais aussi certains biocapteurs, génèrent un courant de très faible amplitude, typiquement dans le domaine du nano-ampère [nA]. Aussi avant de les amplifier on préfère généralement les convertir en tension grâce à des dispositifs comme celui ci-dessous...

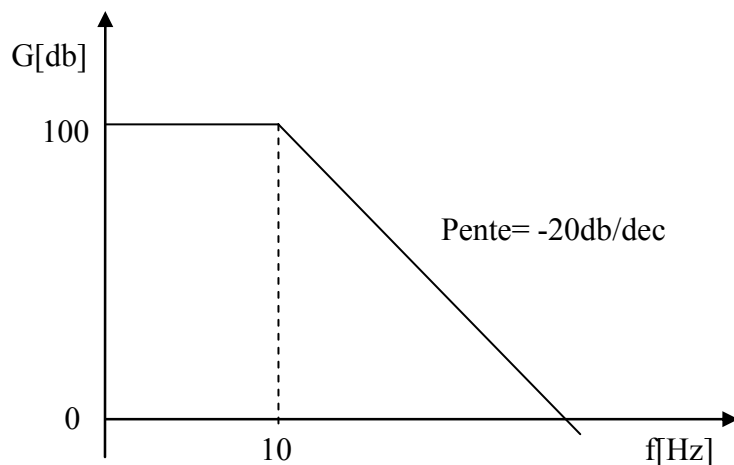


1.9. Exprimer cette conversion par une fonction $v(t) = f(R1, i(t))$. (1pts)

1.10. Préciser et justifier si il est préférable d'utiliser un amplificateur avec un étage d'entrée à JFET ayant un courant d'entrée de l'ordre du [pA] ou si l'on peut se contenter d'un étage d'entrée à Jonction Bipolaire ayant un courant d'entrée de l'ordre du [nA]. (0.5pt)

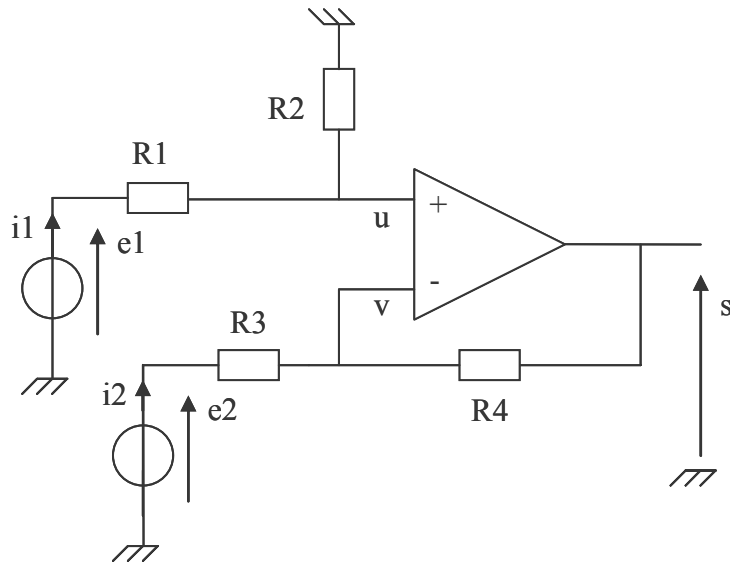
1.11. Préciser et justifier si il est préférable d'utiliser une résistance R1 de l'ordre du [MΩ] ou de l'ordre de l'[Ω]. (0.5pt)

On veut réaliser un système ayant une amplification de 60[dB] sur une bande passante de fréquence allant de 0 à 100[kHz]. Pour cela on dispose d'AOPs ayant la caractéristique suivante:



1.12. Justifier combien d'AOPs il est nécessaire d'utiliser. (2pts)

1.13. Donner le facteur de mérite F1 de cet AOP. (0.5pts)

Partie 2. : Amplificateur différentiel (5 points)

2.1. Retrouver l'expression: $s = e1.a - e2.b$ avec $a = \left(\frac{R4 + R3}{R2 + R1}\right) \frac{R2}{R3}$ et $b = \left(\frac{R4}{R3}\right)$. (2pts)

On montre que s peut s'écrire sous la forme:

$$s = Ad \left[e1 - e2 + \frac{1}{R'_{mc}} \cdot \frac{e1 + e2}{2} \right] = \left(\frac{a+b}{2}\right) \cdot [Ud + Umc \cdot \frac{(a-b)}{(\frac{a+b}{2})}]$$

2.2. Quelle condition les résistances doivent elles remplir pour que la rejection en mode commun soit infinie ? Justifier. (1pt)

2.3. Calculer R2 et R4 pour que l'amplification de mode différentiel soit égale à 40[db]. On donne R1=2,2[kΩ] et R3=2,2[kΩ] et $\frac{R4}{R3} = \frac{R2}{R1}$ (ie a=b). (0,5pt)

On souhaite amplifier une tension différentielle (e1-e2) issue de l'activité électrique d'un rat (e1=1,0005[mV] et e2=0,9995[μV]). Dans ce but, on propose d'utiliser un amplificateur différentiel ayant un gain différentiel Ad=40[db]. Mais en raison d'une imprécision sur les résistances de 1% sa rejection en mode commun sera limitée à R'mc=80[dB].

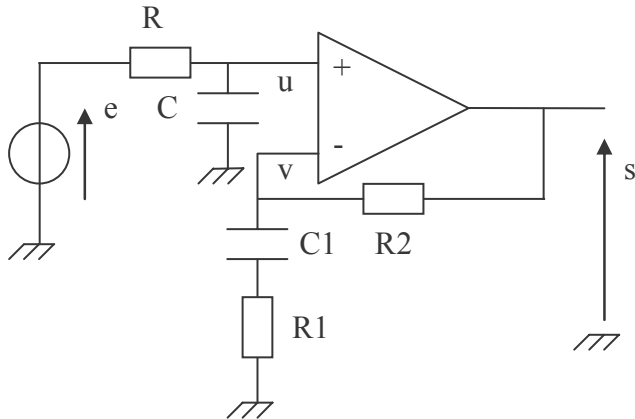
2.4. Calculer la valeur de la tension différentielle Ud et de la tension en mode commun Umc. (0,5pts)

2.5. Calculer la valeur de la tension de sortie sTheo (Rmc infini) et sExpe (R'mc=80db) et en déduire l'erreur de mesure commise. (1pt)

$$|\text{Erreur}| = \left| \frac{s_{\text{Theo}} - s_{\text{Expe}}}{s_{\text{Theo}}} \right| \%$$

Partie 3. : Le filtrage actif (5 pts)

3.1. On dispose d'un signal issu de l'enregistrement d'une voie par un microphone. Le spectre audible s'étend de 20 Hz pour les fréquences les plus graves, à 20 kHz pour les fréquences les plus aiguës. Ce signal doit être transmis sur une ligne téléphonique qui a une bande passante plus restreinte. On veut donc effectuer un filtrage pour ne garder que les fréquences correspondant au spectre de la voie et compatible avec la norme téléphonique. Pour cela, on utilise le filtre représenté ci-dessous.



3.2. Montrer que la fonction de transfert du montage ci-dessus peut se mettre sous la forme: (2pts)

$$\frac{s}{e} = (1 + (R1C1 + R2C1).p) \cdot \frac{1}{(1 + R1C1.p)} \cdot \frac{1}{(1 + RCp)}$$

3.3. Cette fonction de transfert peut être vue comme la mise en cascade de trois filtres. Identifier l'intégrateur et les deux passes bas puis tracer à main levée le diagramme de Bode asymptotique de chaque filtre et déduire très simplement celui de la fonction de transfert du montage. On donne: $1/(R1C1+R2C1) < 1/(R1C1) < 1/(RC)$ (1,5pts)

Soient les fonctions de transfert suivantes :

$$H1(p) = \frac{2}{p^2 + p + 1} \quad H2(p) = \frac{p}{p^2 + p + 1} \quad H3(p) = \frac{4p^2}{p^2 + \sqrt{2}.p + 1}$$

3.4. Déterminer le type de filtre dont il s'agit pour chacune des fonctions en précisant les paramètres importants (pulsations propre ω_0 , gain H_0 , facteur d'amortissement z). (1,5pts)

On rappelle quelques formes canoniques du deuxième ordre:

$$h(p) = H_0 \frac{1}{1 + 2\xi \frac{p}{\omega_0} + \left(\frac{p}{\omega_0}\right)^2} \equiv \text{PBas} \quad h(p) = H_0 \frac{2\xi \frac{p}{\omega_0}}{1 + 2\xi \frac{p}{\omega_0} + \left(\frac{p}{\omega_0}\right)^2} \equiv \text{PBande} \quad h(p) = H_0 \frac{\left(\frac{p}{\omega_0}\right)^2}{1 + 2\xi \frac{p}{\omega_0} + \left(\frac{p}{\omega_0}\right)^2} \equiv \text{PHaut}$$