

Nom :**Prénom :**

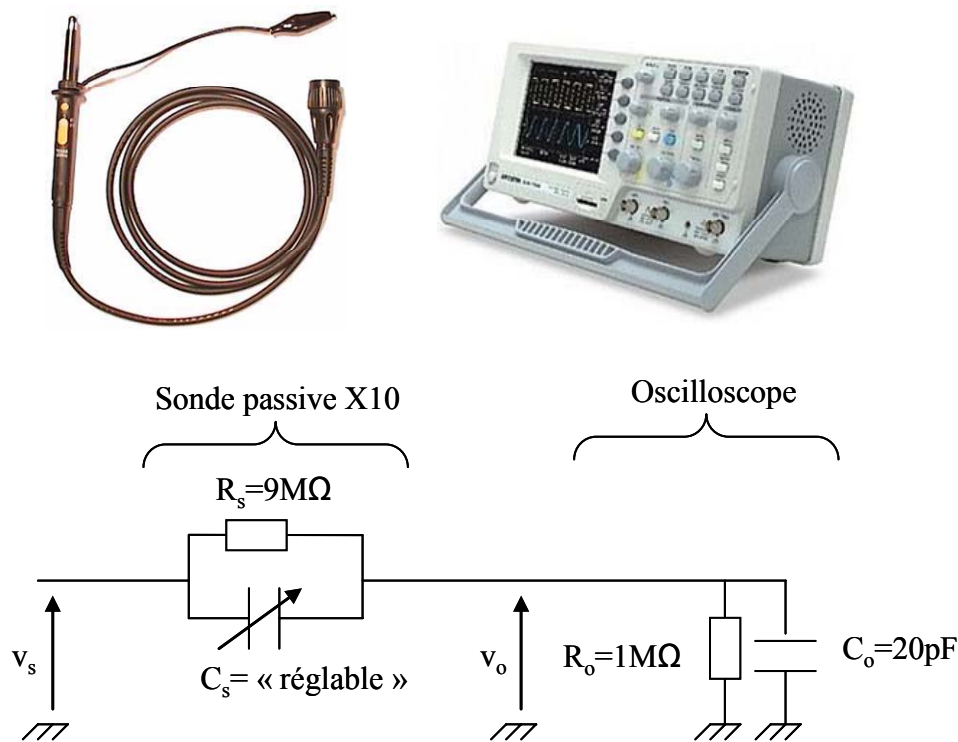
Devoir surveillé du Vendredi 26 Mars 2010 (durée impartie = 2h00)

Documents non autorisés

Calculatrice autorisée

Partie 1. : Le filtrage passif (7 pts)

Soit une sonde d'atténuation (x10) reliée à l'entrée d'un oscilloscope dont le schéma équivalent est rappelé ci-dessous (C_s est une capacité réglable de 0,1 pF à 20 pF).



1.1. Déterminer la fonction de transfert $\underline{T}(j\omega) = \underline{V}_0 / \underline{V}_s$. (2pts)

$$\text{Soit } \begin{cases} Z_{eq_s} = Z_{c_s} \cdot R_s / (Z_{c_s} + R_s) = R_s / (1 + j\omega R_s C_s) \\ Z_{eq_0} = Z_{c_0} \cdot R_o / (Z_{c_0} + R_o) = R_o / (1 + j\omega R_o C_o) \end{cases}$$

$$\text{Or } \underline{T}(j\omega) = \underline{V}_0 / \underline{V}_s = Z_{eq_0} / (Z_{eq_s} + Z_{eq_0})$$

$$\text{d'où } \underline{T}(j\omega) = \frac{R_o / (1 + j\omega R_o C_o)}{R_o / (1 + j\omega R_o C_o) + R_s / (1 + j\omega R_s C_s)}$$

$$= \frac{R_o \cdot (1 + j\omega R_s C_s)}{R_o \cdot (1 + j\omega R_s C_s) + R_s \cdot (1 + j\omega R_o C_o)}$$

$$= R_0 \cdot \frac{(1 + j\omega R_s C_s)}{R_0 + R_s + j\omega(R_s R_0 C_s + R_s R_0 C_0)}$$

$$= \frac{R_0}{R_0 + R_s} \cdot \frac{(1 + j\omega R_s C_s)}{1 + j\omega \left(\frac{R_s R_0 C_s + R_s R_0 C_0}{R_0 + R_s} \right)}$$

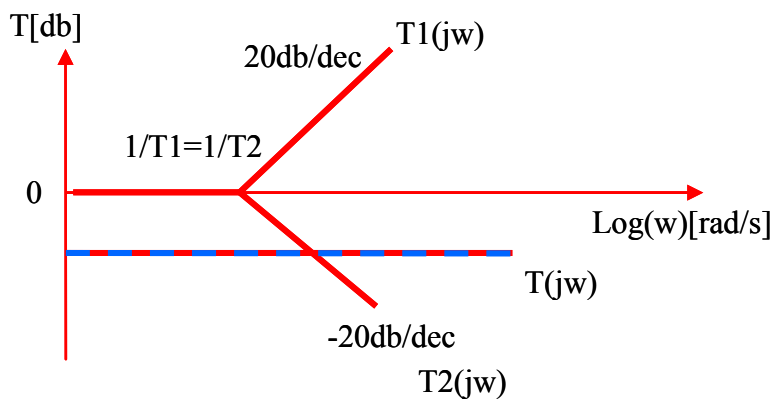
1.2. Montrer que cette fonction de transfert peut se mettre sous la forme :

$$\underline{T}(j\omega) = A \underline{T}_1 \underline{T}_2 \text{ avec } \begin{cases} \underline{T}_1 = 1 + j\omega\tau_1 \\ \underline{T}_2 = \frac{1}{1 + j\omega\tau_2} \end{cases} \text{ en identifiant } A, \underline{T}_1, \underline{T}_2, \tau_1 \text{ et } \tau_2 \text{ (1pt)}$$

$$\underline{T}(j\omega) = A \cdot \frac{1 + j\omega\tau_1}{1 + j\omega\tau_2} \text{ avec } \begin{cases} A = \frac{R_0}{R_0 + R_s} \\ \tau_1 = R_s C_s \\ \tau_2 = \frac{R_s R_0 C_s + R_s R_0 C_0}{R_0 + R_s} \end{cases}$$

Cette fonction de transfert peut donc être vue comme la mise en cascade de trois filtres...

1.3. Tracer dans un même plan de Bode les modules (réduits aux asymptotes) de A , \underline{T}_1 et \underline{T}_2 sachant que $\tau_2 = \tau_1$ (renseigner au maximum les tracés) (2pts)



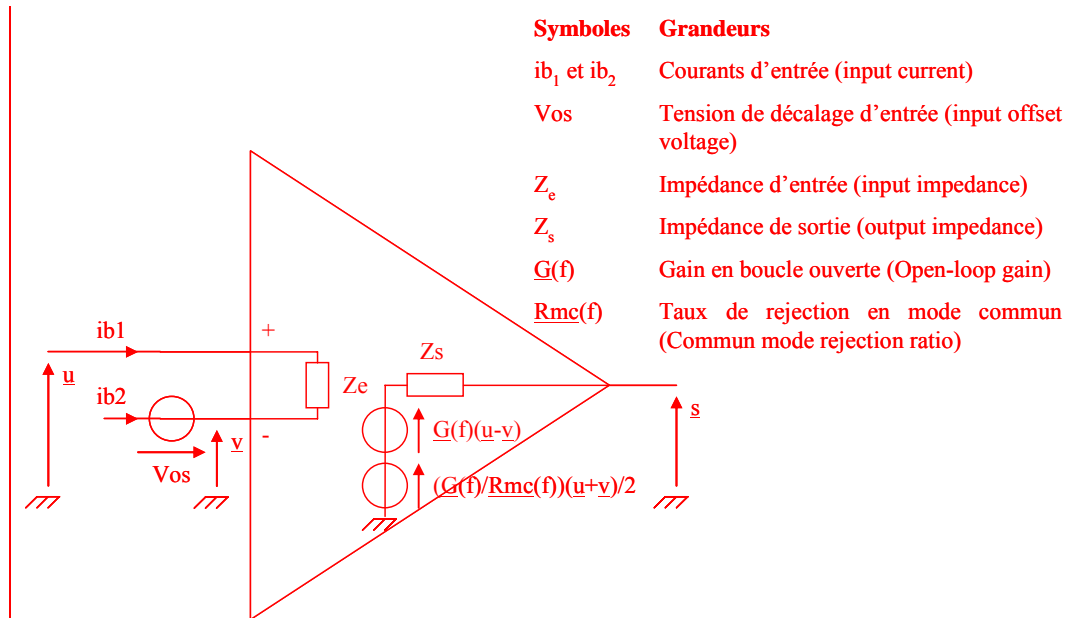
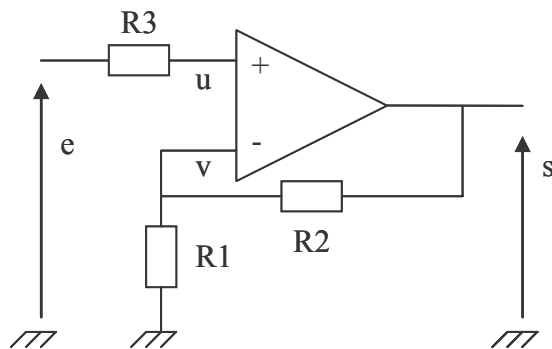
1.4. Tracer (sur le même plan) le module (réduit aux asymptotes) de \underline{T} (1pt)

1.5. La sonde est elle compensée, surcompensée ou sous compensée ? (1pt)

La sonde est parfaitement compensée

Partie 2. : Amplificateurs opérationnels et montages usuels (6 points)**Modèle équivalent de l'aop réel**

2.1. 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 ; ib_1 ; ib_2 ; V_{os} ; $G(f)$ et $R_{mc}(f)$ et ce qu'elles représentent. (1pt)

**Imperfections statiques...**

2.2. Justifier le rôle joué par la résistance R3 et à quoi elle doit être équivalente (1pt)

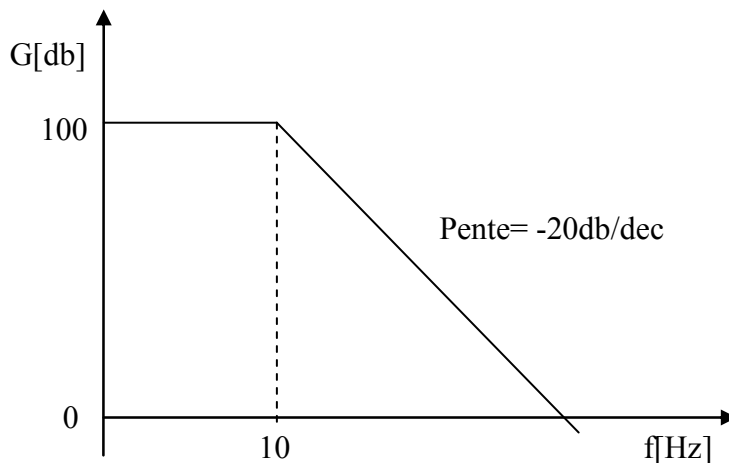
La résistance R3 à pour fonction de compenser une partie des effets dus au courant de polarisation.

On choisi une résistance $R3=R2//R1$ (ie. de telle sorte que les résistances vues des bornes u et v soient identiques).

Ainsi la chute de tension « x » due au courant de polarisation moyen sera égalée aux deux entrées, si bien que ses effets sur la sortie seront parfaitement annulés ($s=G(u+x-v-x)=G(u-v)$).

Imperfections dynamiques

On veut réaliser un système ayant une amplification de 120[dB] sur une bande passante de fréquence allant de 0 à 1k[Hz]. Pour cela on dispose d'AOPs ayant la caractéristique suivante:



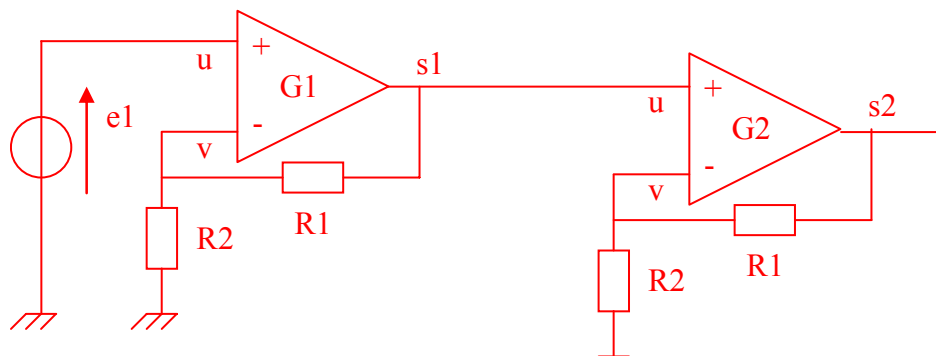
2.3. Donner le facteur de mérite $F1$ de cet AOP. (1pts)

Le facteur de mérite = la fréquence lorsque le gain G est unitaire (0db) soit $F1=1$ [MHz].

2.4. Justifier combien d'AOPs il est nécessaire d'utiliser (1pt)

Si l'on veut que le système ait une bande passante de 1k, chaque montage doit donc avoir une bande passante de 1k. Compte tenu de la caractéristique des AOPs cela revient à dire que chaque montage doit avoir un gain de 60db. Or si l'on veut atteindre un gain de 120db cela revient à mettre en cascade 2 amplificateurs non inverseur, donc 2 AOPs sont nécessaires à cette réalisation.

2.5. Dessiner le schéma du montage (1pt)

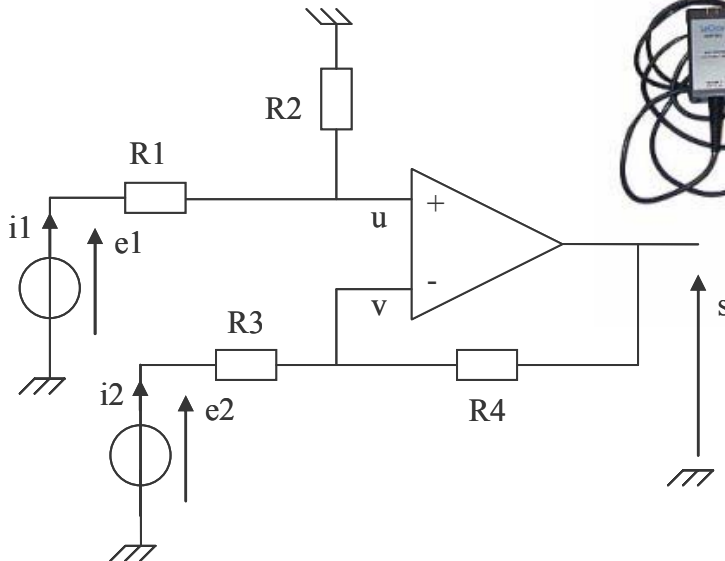


Avec $20\log(1+R1/R2)=60\text{db}$

Ceci étant dit, la sortie peut être distordue si l'amplitude du signal d'entrée dépasse une certaine valeur...c'est l'effet du Slew Rate ($Sr=0,5\text{V}/\mu\text{s}$). On rappelle que : $Sr = f_{\text{max}} \cdot 2\pi \cdot A \cdot E_{\text{max}}$ avec A le gain du montage

2.6. Calculer l'amplitude maximale de ce signal. On prendra $A_{\text{db}}=120\text{db}$ et $f_{\text{max}}=1\text{k[Hz]}$. (1pt)

$E_{\text{max}}=0,5 \cdot 10^6 / (2\pi \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^3) = 80\mu\text{V}$

Partie 3. : Amplificateur différentiel (7 points)**...en considérant l'AOP idéal****3.1.** Quelle est l'impédance d'entrée vue par e_1 ? (0.5pt) **$Z_{e1} = R1 + R2$** **3.2.** Que faudrait il modifier pour que la sonde présente une impédance d'entrée infini sans pour autant modifier l'amplification ? (0.5pt)**Rajouter un suiveur à chaque entrée.****3.3.** Dans quel circonstance à t'on plus intérêt à utiliser une sonde différentiel qu'une sonde d'atténuation ? (1pt)**Lorsque l'on souhaite réaliser une mesure à l'oscilloscope sans imposer de masse supplémentaire...****3.4.** Retrouver l'expression: $s = e_1.a - e_2.b$ en identifiant a et b. (2pts)Hypothèse: $|u - v| < V_{sat} / G_0$ (ie. régime linéaire) $\Rightarrow (u - v) = s / G_0 = s / \infty = 0 \Rightarrow u = v$ (1)

$$\underline{qd} \ e1 = 0 \Rightarrow \text{Millman} : v = \frac{\frac{e2}{R3} + \frac{s_{e1=0}}{R4}}{1/R3 + 1/R4} \text{ or } v = 0 \Rightarrow 0 = \frac{e2}{R3} + \frac{s_{e1=0}}{R4} \Rightarrow s_{e1=0} / e2 = -\frac{R4}{R3} \quad (2)$$

$$\underline{qd} \ e2 = 0 \Rightarrow \text{Millman} : u = \frac{\frac{e1}{R1} + \frac{0}{R2}}{1/R1 + 1/R2} = \frac{R2.e1}{R2 + R1} \text{ et Millman} : v = \frac{\frac{0}{R3} + \frac{s_{e2=0}}{R4}}{1/R3 + 1/R4} = \frac{R3.s_{e2=0}}{R4 + R3} \quad (3)$$

$$(1) \text{ et } (3) \Rightarrow \frac{R2.e1}{R2 + R1} = \frac{R3.s_{e2=0}}{R4 + R3} \Rightarrow s_{e2=0} / e1 = \frac{R2(R4 + R3)}{R3(R2 + R1)} \quad (4)$$

Par application du théorème de superposition on trouve:

$$(2) \text{ et } (4) \Rightarrow s = s_{e1=0} + s_{e2=0} = \frac{R2(R4 + R3)}{R3(R2 + R1)} e1 - \frac{R4}{R3} e2$$

$$s = e1.a - e2.b \text{ avec } a = \left(\frac{R4 + R3}{R2 + R1}\right) \frac{R2}{R3} \text{ et } b = \left(\frac{R4}{R3}\right)$$

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

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

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

$$R'mc = \frac{a+b}{2(a-b)} \Rightarrow R'mc = \infty \text{ ssi } a = b$$

$$\Rightarrow \left(\frac{R4 + R3}{R2 + R1}\right) \frac{R2}{R3} = \frac{R4}{R3}$$

$$\Rightarrow (R4 + R3)R2 = R4(R2 + R1)$$

$$\Rightarrow R4.R2 + R3.R2 = R4.R2 + R4.R1$$

$$\Rightarrow R3.R2 = R4.R1$$

$$\text{ou } \frac{R3}{R4} = \frac{R1}{R2}$$

...en considérant l'AOP non idéal

En considérant à présent que le gain de l'AOP $\underline{G} = \frac{G_0}{1 + j\omega\theta}$ avec $G_0 \gg 1 + Ad$, on

montre que l'amplification différentiel $\underline{Ad}' = \frac{Ad'_0}{1 + j\omega\theta'}$ avec $Ad'_0 = Ad$ et $\theta' = \left(\frac{Ad + 1}{G_0}\right) \cdot \theta$

3.6. Quelle est l'expression de la fréquence de coupure de l'amplificateur différentiel ? (1pt)

$$fc = 1/2\pi \cdot \frac{G_0}{\theta(Ad + 1)}$$

3.7. Calculer la bande passante du montage sachant que le facteur de mérite de l'AOP est $F1 = 1\text{M}[\text{Hz}]$ et que le gain différentiel est $Ad = 9$. (1pt)

$$fc = \omega c / 2\pi = 1 / 2\pi\theta' = \frac{G_0}{2\pi \cdot \theta(Ad + 1)}$$

$$\text{or } G_0 = 2\pi \cdot \theta \cdot F1$$

$$\Rightarrow BP = fc = \frac{F1}{(Ad + 1)}$$

$$AN : BP = fc = \frac{1 \cdot 10^6}{(9 + 1)} = 1 \cdot 10^5 [\text{Hz}]$$