

TD 13

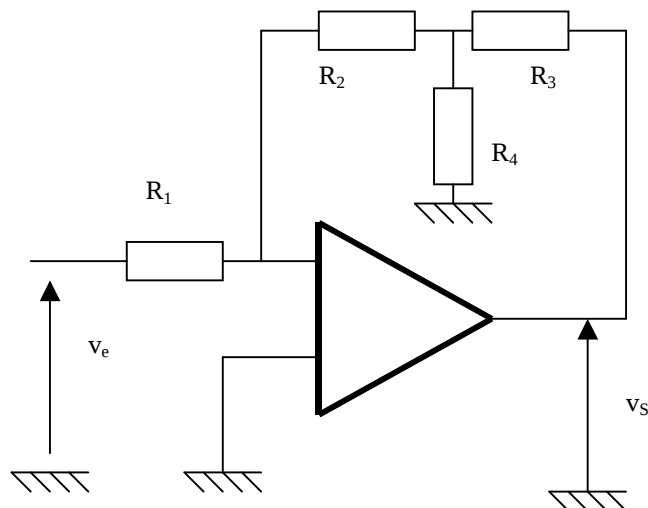
Amplificateur inverseur, non inverseur, produit gain-bande; amplificateur d'instrumentation; amplificateur sommateur; convertisseur courant-tension

***exercice traité en classe

***exercice 13.1

On désire réaliser un amplificateur ayant un gain $G = -100$ et dont l'impédance d'entrée soit au moins de $50 \text{ k}\Omega$.

1. Proposer le montage le plus simple utilisant un seul amplificateur opérationnel et des résistances pour réaliser cet amplificateur.
2. Quelles valeurs des résistances proposeriez vous ?
3. Dans la pratique on ne peut disposer de résistances supérieures à plusieurs centaines de $\text{k}\Omega$. Peut on réaliser le montage précédent si les valeurs des résistances à choisir doivent être inférieures à $500 \text{ k}\Omega$?
4. On se propose alors de prendre le montage suivant pour réaliser l'amplificateur de gain $G = -100$, d'impédance d'entrée supérieure ou égale à $50 \text{ k}\Omega$ et des résistances inférieures à $500 \text{ k}\Omega$



- a) préciser sur ce schéma la borne inverseuse et la borne non inverseuse.
- b) Déterminer l'expression du gain $G = v_s/v_e$ en fonction des 4 résistances.

c) Proposer des valeurs numériques pour les 4 résistances.

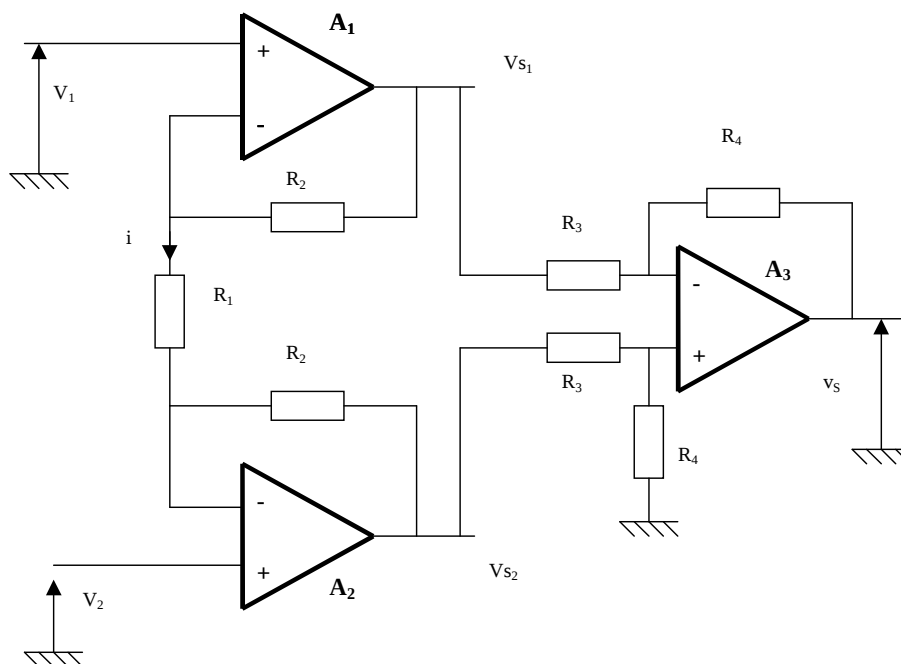
***exercice 13.2

On désire réaliser un amplificateur inverseur ayant un gain $G = -20$ et dont l'impédance d'entrée soit au moins de $20 \text{ k}\Omega$.

1. Proposer le montage le plus simple utilisant un seul amplificateur opérationnel et deux résistances pour réaliser cet amplificateur.
2. Quelles valeurs des résistances proposeriez vous ? (la plus élevée des résistances ne pouvant dépasser $1\text{M}\Omega$).
3. Si le produit gain bande de l'amplificateur opérationnel réel utilisé dans ce montage est de 10^7 Hz , quelle est la plus grande fréquence du signal d'entrée que l'on peut amplifier sans déformation ?

***exercice 13.3

Un amplificateur d'instrumentation est réalisé conformément au schéma de la figure suivante. On supposera que les trois amplificateurs opérationnels utilisés sont tous idéaux : Gain infini, impédance d'entrée infinie et résistance de sortie nulle.



1. Justifier pourquoi ce montage est un montage stable.
1. Exprimer le courant i circulant dans la résistance R_1 en fonction des tensions d'entrée sur les amplificateurs $A_1 (v_1)$ et $A_2 (v_2)$.
2. En déduire les tensions de sortie des amplificateurs $A_1(v_{s1})$ et $A_2 (v_{s2})$ en fonction des tensions d'entrée et des résistances R_1 et R_2 .
3. En déduire l'expression de la tension de sortie de l'amplificateur $A_3 (v_s)$ en fonction de v_1 et v_2 et des résistances R_1, R_2, R_3, R_4 . On montrera qu'elle s'écrit sous la forme $v_s = K(v_2-v_1)$. Préciser l'expression de K .
4. On désire maintenant réaliser un gain K réglable entre 5 et 500. On prend $R_4 = 2R_3$ et on choisit pour R_2 la valeur de $75.5 \text{ k}\Omega$. Quelles sont les valeurs prises par R_1 pour réaliser ces deux gains ? Montrer alors que la résistance R_1 peut être constituée d'une résistance fixe suivie d'un potentiomètre. Quelle serait la valeur de la résistance fixe si l'on prend un potentiomètre de $100 \text{ k}\Omega$ (potentiomètre de résistance allant de 0 à $100\text{k}\Omega$) ?

exercice 13.4

Un amplificateur **opérationnel réel** est caractérisé par un gain qui varie suivant la fréquence.

La relation est $A_d = \frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_0}}$ avec $A_0 = 5 \cdot 10^5$ et $f_0 = 5 \text{ Hz}$.

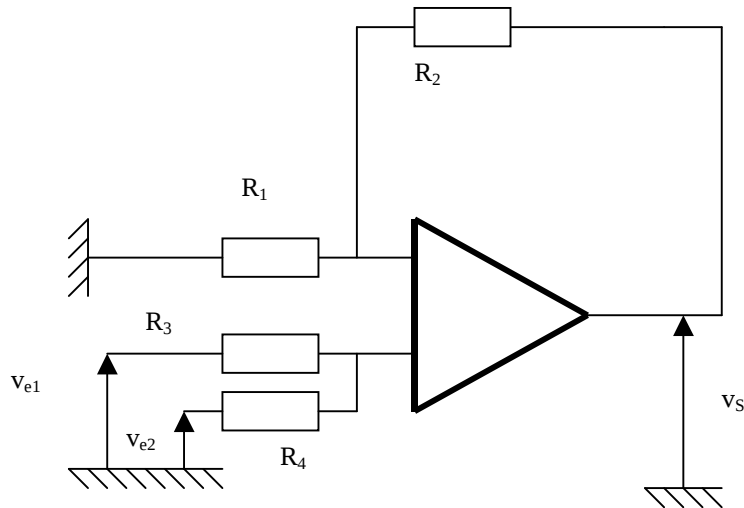
On veut réaliser un amplificateur inverseur de gain 52 dB. Quelle sera sa fréquence maximale de fonctionnement?

exercice 13.5

On réalise le schéma suivant:

$R_1 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 70 \text{ k}\Omega$ $R_3 = 25 \text{ k}\Omega$ $R_4 = 50 \text{ k}\Omega$.

1. Positionner sur le montage l'entrée inverseuse et non inverseuse.
2. Donner l'expression littérale puis numérique de la tension de sortie en fonction des tensions d'entrée.



exercice 13.6

Un amplificateur **opérationnel réel** est caractérisé par un gain qui varie suivant la fréquence.

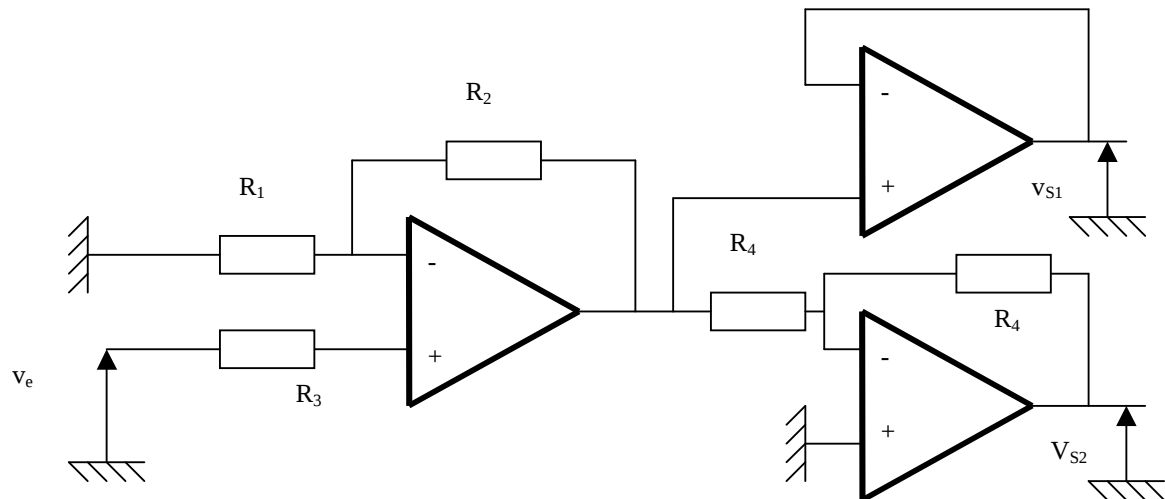
La relation est $A_d = \frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_0}}$ avec $A_0 = 2 \cdot 10^5$ et $f_0 = 10 \text{ Hz}$.

1. Tracer le diagramme asymptotique du module puis le diagramme réel du module de cette fonction de transfert.
2. Pour quelle fréquence le gain est-il égal à 0 dB (ou 1 en valeur cartésienne)? Cette fréquence est désignée dans un amplificateur opérationnel réel par fréquence de transition.

exercice 13.7

Etudier le circuit suivant.

1. Donner les expressions de V_{S1} et V_{S2} en fonction de v_e .
2. Quelle est la relation entre V_{S1} et V_{S2} ?

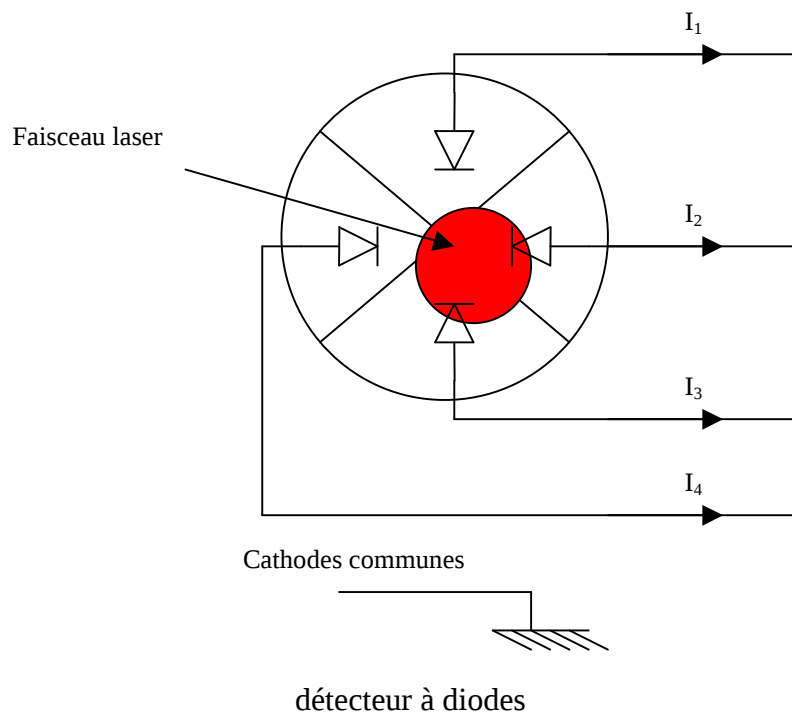


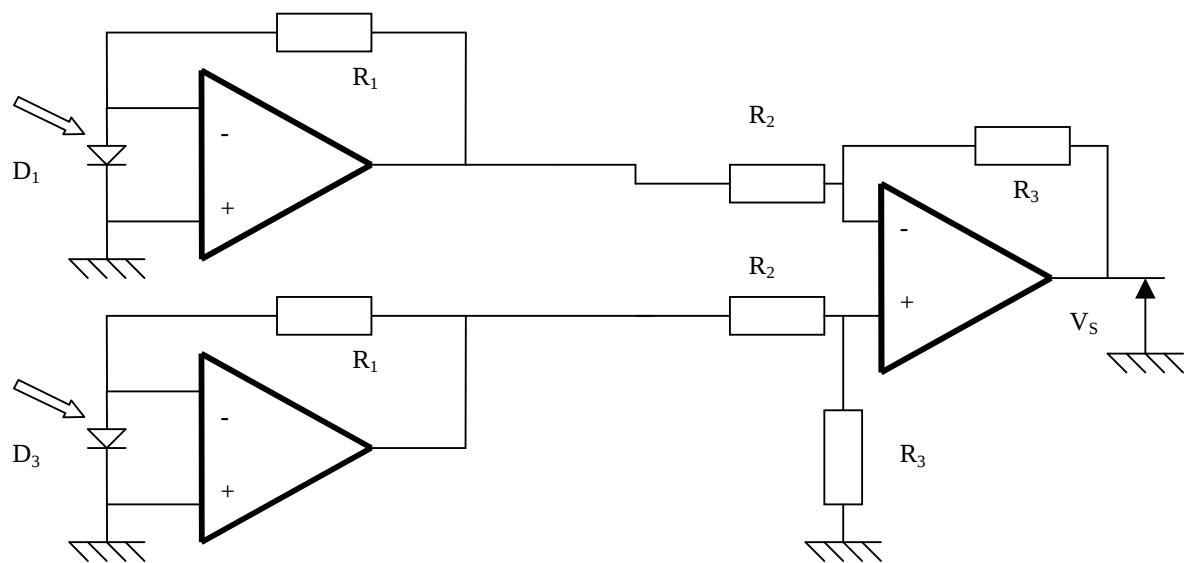
exercice 13.8

Un circuit d'alignement de faisceau lumineux est constitué d'un capteur à diodes à quatre cadrans , d'amplificateurs opérationnels et d'un système d'asservissement du faisceau (non représenté sur les figures suivantes).

Expliquez le fonctionnement du capteur. Soit Φ_i le flux lumineux reçu par chaque diode. En déduire l'expression de la tension de sortie V_s .

On précisera le rôle des amplificateurs du premier étage et le rôle de l'amplificateur délivrant la tension de sortie V_s .





Système de conversion

réponses 13.1

1. Montage inverseur simple à 2 résistances R_1 et R_2 .

L'impédance d'entrée est R_1

2. Il faut donc $R_2 = 100 R_1$. Comme $R_1 \min = 50k\Omega$; alors $R_2 \min = 5M\Omega$.
3. Non car $R_2 \min > 500k\Omega$. Si on prenait $R_2 = 500k\Omega$ alors il faudrait choisir $R_1 = 5k\Omega$ qui est une impédance d'entrée trop petite.
4.
 - a) La borne + est la borne reliée à la masse; la borne - est reliée aux résistances. La contre réaction s'effectuant toujours sur l'entrée -.

$$b) G = -\frac{R_2}{R_1} \left\{ \frac{R_3}{R_2} + \frac{R_3}{R_4} + 1 \right\}$$

- d) Il y a une infinité de possibilités. Choisissons $R_3 = R_2$ la relation précédente devient:

$$G = -\frac{R_2}{R_1} \left\{ \frac{R_2}{R_4} + 2 \right\}$$

Si l'on prend le rapport $R_2/R_1 = 8$ par exemple; il en découle le rapport $R_2/R_4 = 10,5$.

Avec $R_1 = 50k$ on trouve $R_2 = 400k$; $R_3 = 400k$; et $R_4 = 38,1k$.

réponses 13.2

1. Montage inverseur simple à 2 résistances R_1 et R_2 .
2. Comme $R_2 = 20 R_1$; avec $R_1 > 20k$ et $R_2 < 1M$.
On peut prendre $R_1 = 20k$; $R_2 = 400k$ jusqu'à $R_1 = 50k$ et $R_2 = 1M$
3. $10^7 = GB$ donc $B = F_{\max} = 107/20 = 500kHz$.

réponses 13.3

1. Le montage est stable car la contre-réaction de chaque amplificateur se fait sur l'entrée inverseuse.
2. $i = (v_1 - v_2)/R_1$.
3. $v_{s1} = v_1(1 + R_2/R_1) - v_2 R_2/R_1$ et $v_{s2} = v_2(1 + R_2/R_1) - v_1 R_2/R_1$.
4. On retrouve le sommateur inverseur et après calcul $v_s = v_{s2} R_4/R_3 - v_{s1} R_4/R_3$

On obtient le résultat $v_s = K (v_2 - v_1)$ avec $K = \frac{R_4}{R_3} \left\{ 2 \frac{R_2}{R_1} + 1 \right\}$

$$5. \quad 5 < K < 500. \text{ On a } 5 = 2 \left\{ 2 \frac{R_2}{R_{1\max}} + 1 \right\} \text{ et } 500 = 2 \left\{ 2 \frac{R_2}{R_{1\min}} + 1 \right\}$$

On trouve $R_{1\max} = 100,66\text{k}\Omega$ et $R_{1\min} = 0,606\text{k}\Omega$. Il suffit de mettre en série une résistance $R = 606 \Omega$ suivi d'un potentiomètre de $100 \text{ k}\Omega$.

réponses 13.4

A un gain de 52 dB correspond une amplification de 400.

Le produit gain-bande étant constant on en déduit que $F_{\max} = 5 \cdot 10^5 \times 5 / 400 = 6,28 \text{ kHz}$.

réponses 13.5

1. L'entrée inverseuse est située au nœud des résistances R_1 et R_2 .
2. On retrouve encore un montage sommateur. La tension de sortie est donnée par:

$$v_s = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left\{ \frac{R_3}{R_3 + R_4} \cdot v_2 + \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot v_1 \right\}$$

$$\text{A.N: } v_s = 5 v_2 + 10 v_1$$

réponses 13.6

1. Voir le tracé dans le diagramme de Bode
2. $F_t = 2\text{MHz}$

réponses 13.7

1. Le premier étage est un montage amplificateur non inverseur de gain $G = 1 + R_1/R_2$.
le second étage est constitué pour la partie supérieure d'un suiveur et pour la partie inférieure d'un inverseur. On obtient $v_{s1} = G v_e$ et $v_{s2} = -G v_e$
2. $v_{s1} = -v_{s2}$. Dans certaines applications (oscilloscope par exemple) on peut avoir besoin d'avoir une sortie en opposition de phase.

réponses 13.8

La diode débitera un courant inverse proportionnel au flux lumineux donc à la surface éclairé. Pour les segments verticaux sur le dessin (diodes 1 et 3) les flux lumineux ne sont pas identiques. Il suffit donc de convertir les flux lumineux en tension de commande qui servira à commander un asservissement en position. La bonne position est choisie quand les flux sont identiques c'est à dire lorsque la tension de commande est nulle.

Les premiers étages servent de convertisseurs courant tension. Le second étage est un sommateur inverseur.

On a donc les équations

$$v_{s1} = -R_1 I_1 \text{ et } v_{s2} = -R_1 I_3.$$

$$V_s = -\frac{R_3}{R_2} \bullet R_1 \{I_3 - I_1\} \text{ Comme } I_i = \alpha \Phi_i \text{ on en déduit: } V_s = -\alpha \frac{R_3}{R_2} \bullet R_1 \{\Phi_3 - \Phi_1\}$$

On opère de même pour les capteurs horizontaux avec les diodes D_2 et D_4 avec le même type de montage.