

Source : Bell Labs

LES TRANSISTORS ET LES IMPERFECTIONS DE L'AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL

Évaluation formative – Imperfections
de l'amplificateur opérationnel

S2 APP5GE
GEL213
Hiver 2022

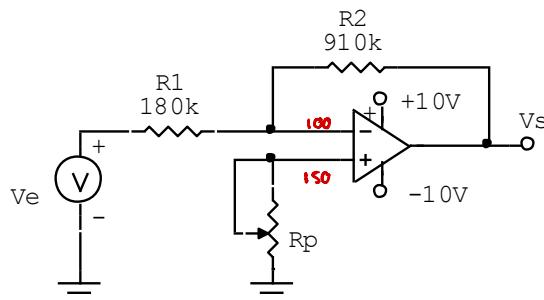
Pr Serge Charlebois
Pr Jean-François Pratte

Département de génie électrique et de génie
informatique
Faculté de génie
Université de Sherbrooke

Problème 1

On a mesuré les courants de polarisation de l'ampli-op utilisé dans le circuit ci-contre et on a obtenu $I_{B+} = 150 \text{ nA}$ et $I_{B-} = 100 \text{ nA}$.

À quelle valeur devra être ajustée R_p afin d'annuler l'effet des courants de polarisation, c'est-à-dire afin d'obtenir $V_s = 0$ lorsque $V_e = 0$?



$$V_- = I_- (R_1 \| R_p)$$

$$V_+ = I_+ R_b$$

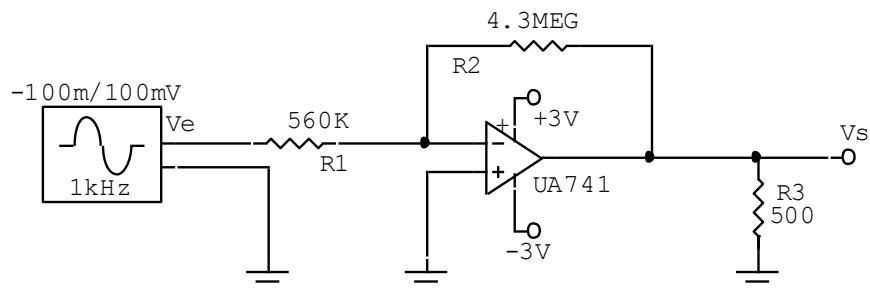
$$I_- (R_1 \| R_p) = I_+ R_b$$

$$0.6666 \cdot 150.27 = R_b$$

$$R_b = 100\text{ k}\Omega$$

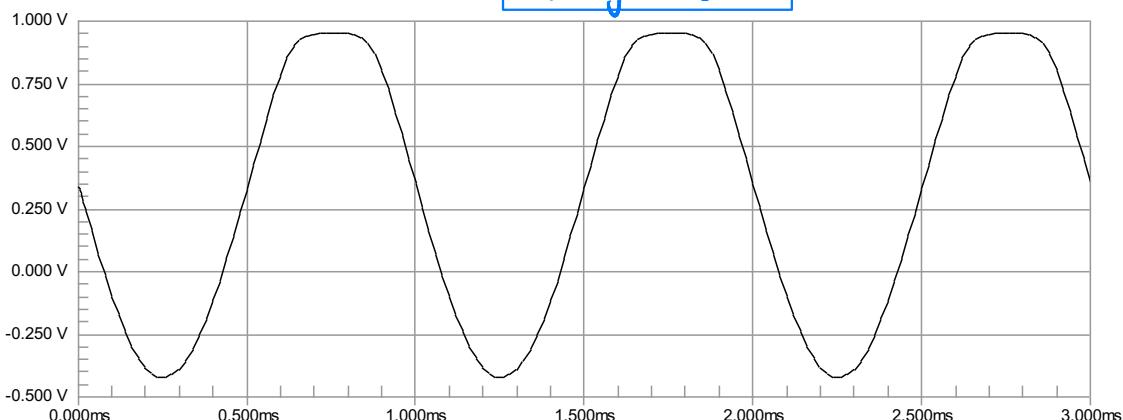
Problème 2

Soit le circuit suivant :



Si l'amplificateur opérationnel se comportait de façon idéale, on observerait à sa sortie un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz évoluant entre environ +750 mV et -750 mV. Voici le signal que l'on observe en pratique :

P.8 guide étudiant



Expliquer ce comportement.

C'est à cause d'un problème de DC on voit que la sortie commence à environ 350mV et non à 0 et à cause de cette température qui est off et cela ne fait pas une bonne caractéristique non linéaire

Problème 3

Soit le circuit suivant dans lequel l'ampli-op peut être considéré comme idéal à l'exception des paramètres suivants : $I_{B^+} = 50 \text{ nA}$, $I_{B^-} = 40 \text{ nA}$ et $V_{off} = 5 \text{ mV}$. Quelle est sa tension de sortie DC V_s si $V_{in} = 0 \text{ V}$?

$$V_{off} = R_3 V_{off}$$

$$= \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot 5 \text{ mV}$$

$$= 19.70 \text{ mV}$$

$$V_+ = \left(39000 \cdot 20 \cdot 10^{-9}\right) \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$= 7.68 \text{ mV}$$

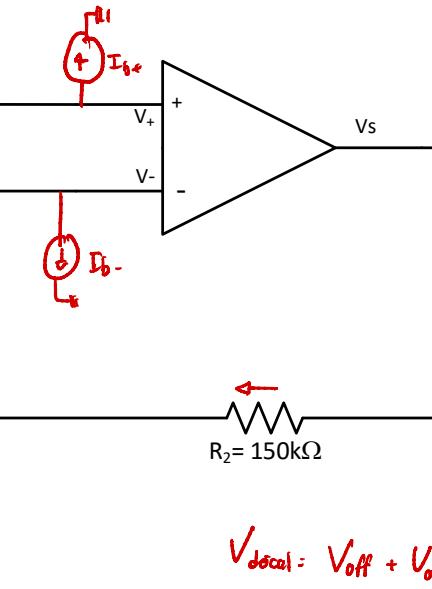
$$I_{A_B} = I_{B^+} + I_{B^-}$$

$$I_{A_B} = V_- \cdot 0 / R_2$$

$$I_{A_B} = V_- \cdot V_+ / R_2$$

$$\frac{V_+ \cdot V_-}{R_2} = I_{B^+} + \frac{V_-}{R_2}$$

$$V_s = \left(R_2 I_{B^-} + \frac{V_- R_2}{R_1}\right) + V_- \quad \xrightarrow{V_+ = 0 \text{ V}} \quad V_s = \left(150000 \cdot 40 \cdot 10^{-9} + 0\right) + 0$$



$$V_{décal} = V_{off} + V_{o,I_{B^-}} + V_{o,I_{B^+}}$$

$$V_{décal} = 19.70 + 7.68 + 6$$

$$V_{décal} = 33.38 \text{ mV} \text{ dans les pires cas}$$

Problème 4

Soit un ampli-op avec un produit gain-largeur de bande de 20 MHz. Si cet ampli-op est utilisé pour former un circuit d'amplificateur inverseur avec un gain en boucle fermée A_{VCL} de -10 (20 dB), quel est sa fréquence de coupure ? Répétez pour A_{VCL} de 100 (40 dB).

$$20000000 = -10 \cdot f_{BCL} = 2 \text{ MHz}$$

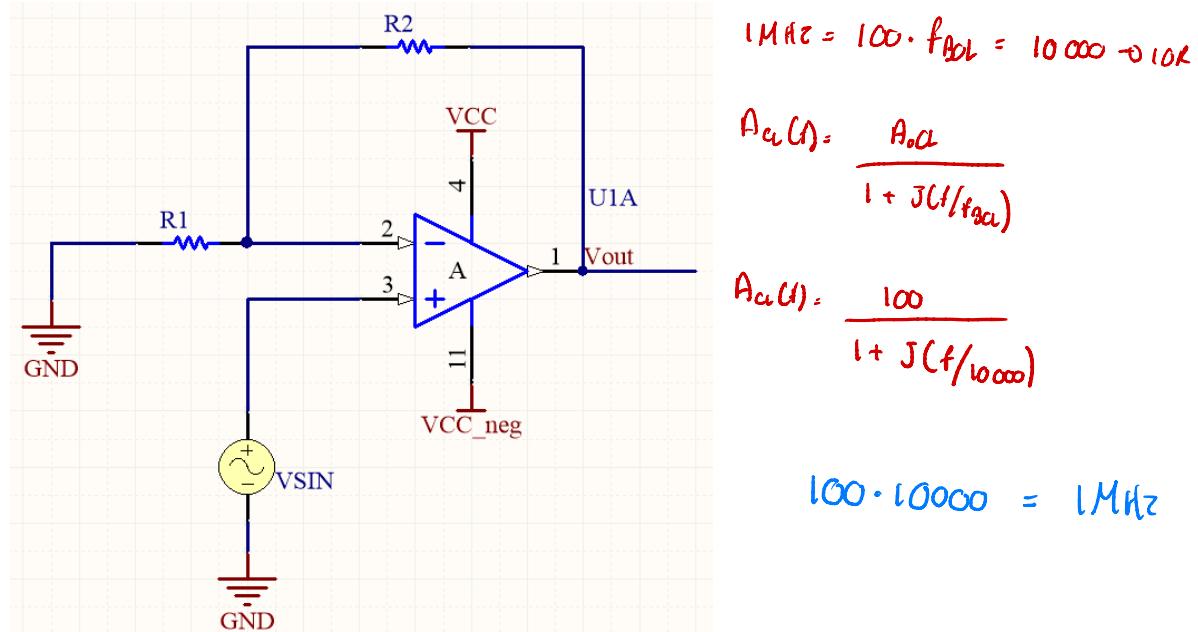
$$20000000 = 100 f_{BCL} = 200 \text{ KHz}$$

Problème 5

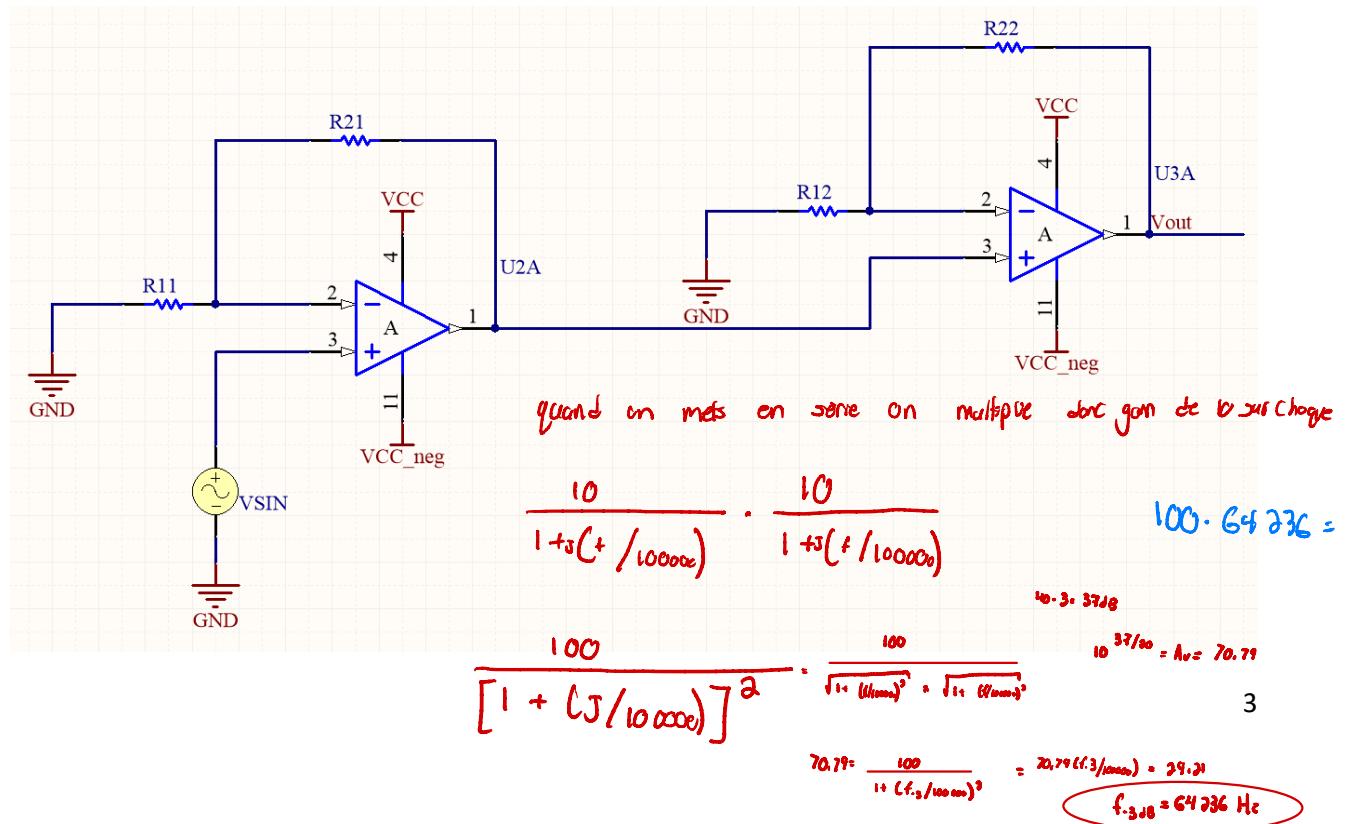
On désire construire un amplificateur non-inverseur avec un gain de 100 V/V à partir d'ampli-op. L'edit ampli-op à un produit gain-largeur de bande de 1 MHz. On vous demande de comparer les deux alternatives ci-dessous.

Écrire l'équation du gain en boucle fermée en fonction de la fréquence pour chaque alternative et comparer la fréquence de coupure des deux solutions.

Alternative 1 : utiliser 1 ampli-op pour obtenir le gain de 100, avec $R_2/R_1=99$



Alternative 2 : utiliser 2 ampli-ops en cascade pour obtenir le gain de 100, Avec $R_{21}/R_{11}=R_{22}/R_{12}=9$



Problème 6

Considérant la bande passante à puissance maximum (traduction libre de *full power bandwidth*, hambley p671, eq 13.36) des ampli-op LF444, LM324 et TL062, quelle est la fréquence maximum respective pour chacun des ampli-ops pour obtenir 1 Volt à la sortie.

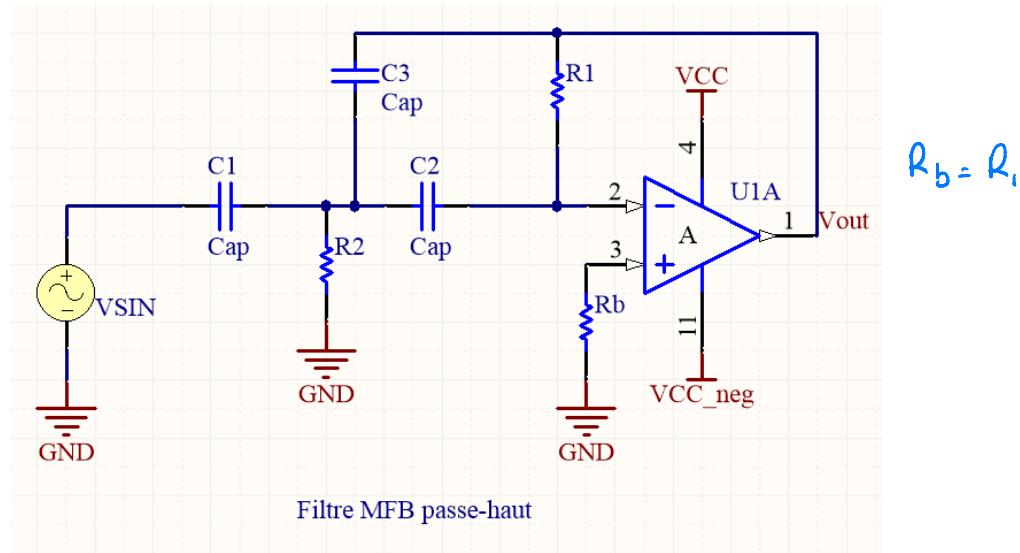
$$TL062: \frac{3.5 \cdot 10^6}{2\pi \cdot 1} = 557 \text{ KHz}$$

$$LM324: \frac{0.5 \cdot 10^6}{2\pi \cdot 1} = 79.57 \text{ KHz}$$

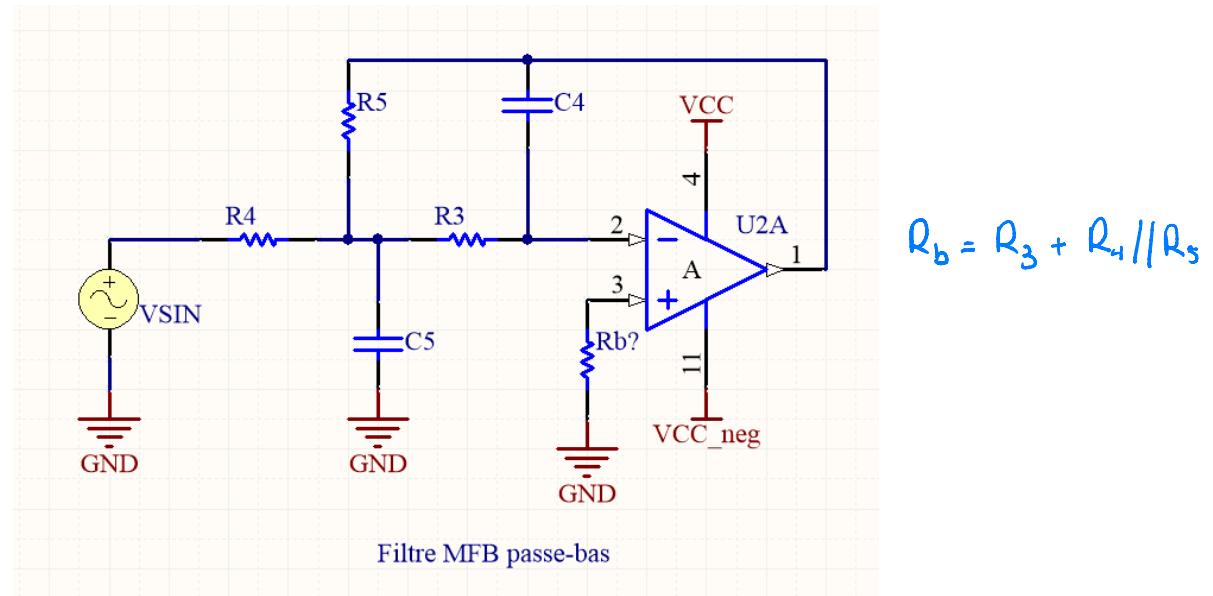
Problème 7

Pour les deux schémas ci-dessous, trouver la valeur de R_b respective pour annuler l'effet des courants de polarisation I_b .

Cas 1)



Cas 2)



Problème 8

Vrai ou faux ? Justifier si possible.

- Un ampli-op idéal à une impédance d'entrée nulle et une impédance de sortie infinie.
Faux entrée infinie et sortie nulle
- La tension de sortie d'un ampli-op non idéal est limitée et dépend de la conception interne de l'ampli-op. Quand le signal de sortie tente de dépasser ces limites, le signal de sortie est tronqué.
Vrai
- Le courant de sortie maximum d'un ampli-op limitera la tension de sortie davantage pour une résistance de charge élevée plutôt que faible.
Faux une faible est préférable
- Le produit gain-largeur de bande d'un ampli-op change selon le gain en boucle fermée en fonction du gain en boucle ouverte.
Faux c'est propre à chaque ampli-op
- Après sa fréquence de coupure, le gain d'un ampli-op réel diminue de -40 déc./dB.
Faux - 20 dB/decade

Problème 9

Selon la fiche technique de l'ampli-op OP467 :

- Quel est le produit gain-largeur de bande lorsqu'il est polarisé entre +/- 15 V et lorsqu'il est polarisé entre +/- 5 V ?
15V = 28 MHz 5V = 22 MHz
- Quel est le taux de balayage maximum pour un gain en boucle fermée de -1 lorsqu'il est polarisé entre +/- 15 V et lorsqu'il est polarisé entre +/- 5 V ?
15V = 350 V/us 5V = 90 V/us
- Quel est le courant de polarisation Ib lorsqu'il est polarisé entre +/- 15 V et lorsqu'il est polarisé entre +/- 5 V, considérant la plage d'opération en température entre -40° Celsius et 85° Celsius ?
*15V = typ 150 nA 5V = typ 150 nA
Max 700 nA Max 200 nA*
- Selon la figure 6, quel est le produit gain-largeur de bande ?

$$80 \text{ dB} = 20 \cdot \log(A_v)$$

$$10^{80/20} = 10000$$

à 80 dB on voit que ce drop à environ 4 kHz

$$\text{gain-largeur} = \text{gain} \cdot \text{fcr}$$

$$\text{gain-largeur} = 10000 \cdot 4000$$

$$\text{gain-largeur} = 40 \text{ MHz}$$