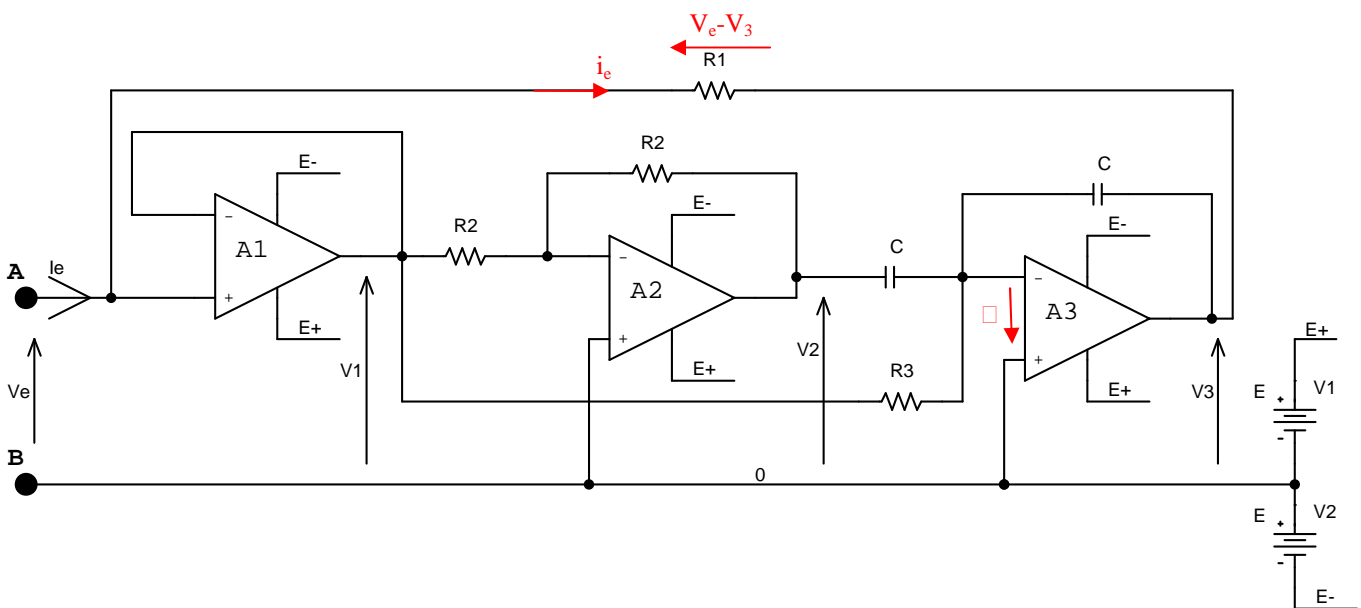


NOM :	<b>Correction</b>	Note :
<b>Examen Final EL80</b>		/20
Durée : 1H40. Calculatrice non autorisée car inutile. Aucun document personnel n'est autorisé. Téléphone portable interdit.		

Pour chaque réponse, on expliquera la démarche qui conduit au résultat proposé. Les expressions mathématiques seront exprimées littéralement avant d'être éventuellement calculées de façon numérique.

**EXERCICE 1** 4

Considérons le montage suivant :



On suppose que les amplificateurs opérationnels sont parfaits et que le montage fonctionne en régime linéaire non saturé.

- 2,5 1) Déterminez les expressions suivantes :  
(justifiez vos réponses):

**$V_1$  en fonction de  $V_e$**

A1 est monté en suiveur d'où  $V_1(p) = V_e(p)$

**$V_2$  en fonction de  $V_1$**

A2 est monté en amplificateur inverseur d'où  $V_2(p) = -\frac{R_2}{R_2} V_1(p)$

$V_2(p) = -V_1(p) = -V_e(p)$

$V_3$  en fonction de  $V_2$  et  $V_1$

A3 est monté en sommateur inverseur.

$$\varepsilon = - \frac{V_2 C_p + \frac{V_1}{R_3} + V_3 C_p}{2C_p + \frac{1}{R_3}} . \text{ Comme la rétroaction est négative, tant}$$

que l'AOP n'est pas saturé et tant que son gain propre est infini,  $\varepsilon = 0$ .

$$\text{D'où } V_3(p) = -V_2(p) - \frac{V_1(p)}{R_3 C_p}$$

1,5 2) Déterminez  $Z_{AB}$  l'impédance d'entrée du montage vu des bornes A et B.

Il faut déterminer le rapport  $Z_{AB}(p) = \frac{V_e(p)}{I_e(p)}$ .

$$I_e(p) = \frac{V_e - V_3}{R_1} = \frac{1}{R_1} \left( V_e + V_2 + \frac{V_1}{R_3 C_p} \right) \text{ or } V_1 = V_e \text{ et } V_2 = -V_e$$

$$\text{d'où } I_e(p) = \frac{1}{R_1} \left( \cancel{V_e} - \cancel{V_e} + \frac{V_e}{R_3 C_p} \right)$$

$$Z_{AB}(p) = \frac{V_e(p)}{I_e(p)} = R_1 R_3 C_p$$

A quoi le montage est-il équivalent vu des bornes A et B?

$Z_{AB}(p) = R_1 R_3 C_p$  est l'impédance opérationnelle d'une self.

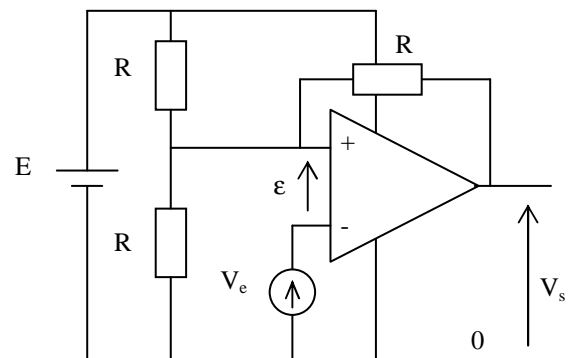
$$\text{donc } L = R_1 R_3 C$$

## EXERCICE 2

4

Considérons le montage suivant :

On supposera que l'amplificateur opérationnel est idéal (amplification infinie avec saturation possible).



1) Calculez la tension différentielle  $\varepsilon$  à l'entrée de l'AOP en fonction de  $E$ ,  $V_e$ ,  $V_s$  et  $R$ .

$$\varepsilon = \frac{\frac{E}{R} + \frac{V_s}{R}}{\frac{3}{R}} - V_e = \frac{E + V_s - 3V_e}{3}$$

1,5

En déduire le fonctionnement du montage (expliquez clairement les différents cas).

On remarque que la rétroaction est positive. L'AOP sera

donc saturé.  $V_s = \begin{cases} V_{\text{sat}+} = E & \text{quand } \varepsilon > 0 \\ V_{\text{sat}-} = 0 & \text{quand } \varepsilon < 0 \end{cases}$

1,5

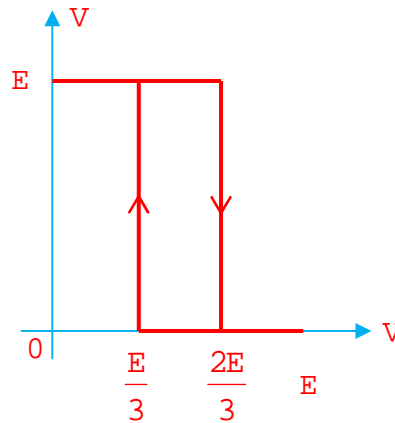
- Quand  $V_s = V_{\text{sat}+}$ ,  $V_s$  basculera à  $V_{\text{sat}-}$  quand  $\square$  passera par 0. C'est à dire lorsque  $V_e$  vérifiera  $E + V_s - 3V_e = 0$ . D'où

$$V_e = \frac{2E}{3}$$

- Quand  $V_s = V_{\text{sat}-}$ ,  $V_s$  basculera à  $V_{\text{sat}+}$  quand  $\square$  passera par 0. C'est à dire lorsque  $V_e$  vérifiera  $E + V_s - 3V_e = 0$ . D'où

$$V_e = \frac{E}{3}$$

2) Représentez la tension de sortie  $V_s$  en fonction de  $V_e$ .

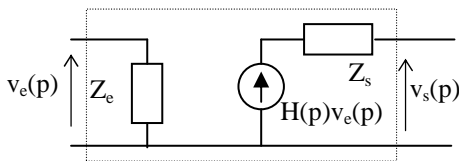


1

### EXERCICE 3

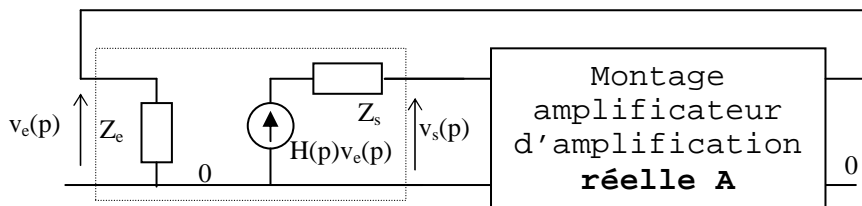
7

Considérons le filtre linéaire qui a pour schéma équivalent le modèle suivant :



- $Z_e$  et  $Z_s$  sont des résistances pures ( $Z_e=10K$  et  $Z_s$  vaut environ  $100K$ )
- $H(p)$  est la fonction de transfert du filtre. Ses diagrammes de Bode sont données aux pages 6 et 7.

On souhaite réaliser un oscillateur avec ce filtre en le plaçant dans une boucle fermée.



1,5

- 1) Expliquez comment on doit choisir A afin d'obtenir une condition de **juste oscillation**.  
(Expliquez la méthode et les raisons de cette méthode)

Explications détaillées : voir cours

Il faut qu'il existe une pulsation  $\omega_{osc} = 2\pi f_{osc}$  telle que  $A.H(j\omega_{osc}) = 1$ . Comme l'amplification A est réelle, on recherche dans le diagramme de bode en phase de  $\underline{H}$ , s'il existe une pulsation pour laquelle la fonction de transfert  $\underline{H}$  est réelle.

- 2) Déterminez la valeur de l'amplification critique  $G_c$ .

Pour la fréquence  $f_{osc} = 2\text{kHz}$ , la fonction de transfert  $\underline{H}$  est réelle et vaut  $\underline{H}(j\omega_{osc}) = -0,1$  car

1,5

$$\begin{cases} 20 \log |\underline{H}(j\omega_{osc})| = -20\text{dB} \\ \text{Arg}(\underline{H}(j\omega_{osc})) = -180^\circ \end{cases}$$

d'où l'amplification critique  $G_c$

$$G_c = \frac{1}{\underline{H}(j\omega_{osc})} = -10$$

En réalité, comment doit-on choisir l'amplification pour être certain d'obtenir des oscillations.

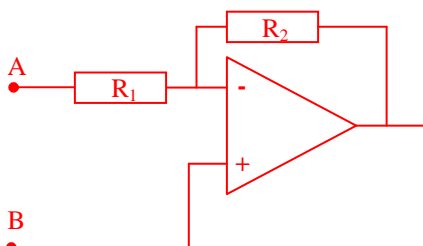
0,5

En pratique on choisira  $|G| > |G_c|$

Par exemple  $G_c = -12$

- 3) Proposez un montage (schéma + valeur des composants) permettant de réaliser l'amplificateur nécessaire à l'obtention certaine des oscillations.

Il suffit de réaliser un montage inverseur classique à amplificateur opérationnel.



Avec  $\frac{R_2}{R_1} = 12$

Par exemple  $\begin{cases} R_1 = 10 \text{ K}\Omega \\ R_2 = 120 \text{ K}\Omega \end{cases}$

1,5

Quelle est l'impédance d'entrée de ce montage ?  
A-t-elle une influence sur le montage global ?

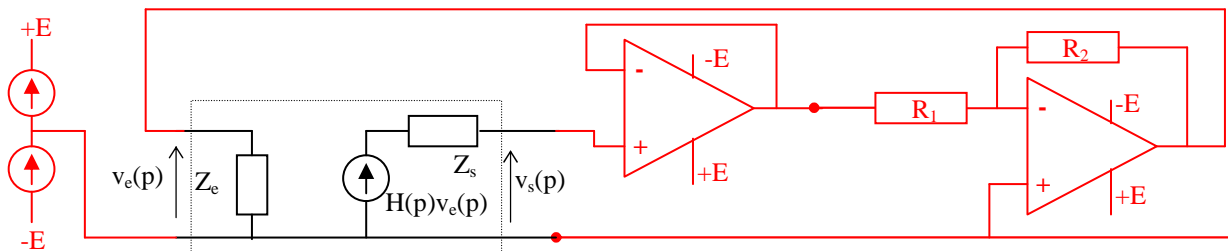
L'impédance d'entrée du montage inverseur vaut  $Z_{AB} = R_1$   
Attention ! L'impédance de sortie du filtre est grande (environ  $100k\Omega$ ). Si on veut éviter de modifier la tension de sortie du filtre quand on branche l'amplificateur nous avons 3 solutions :

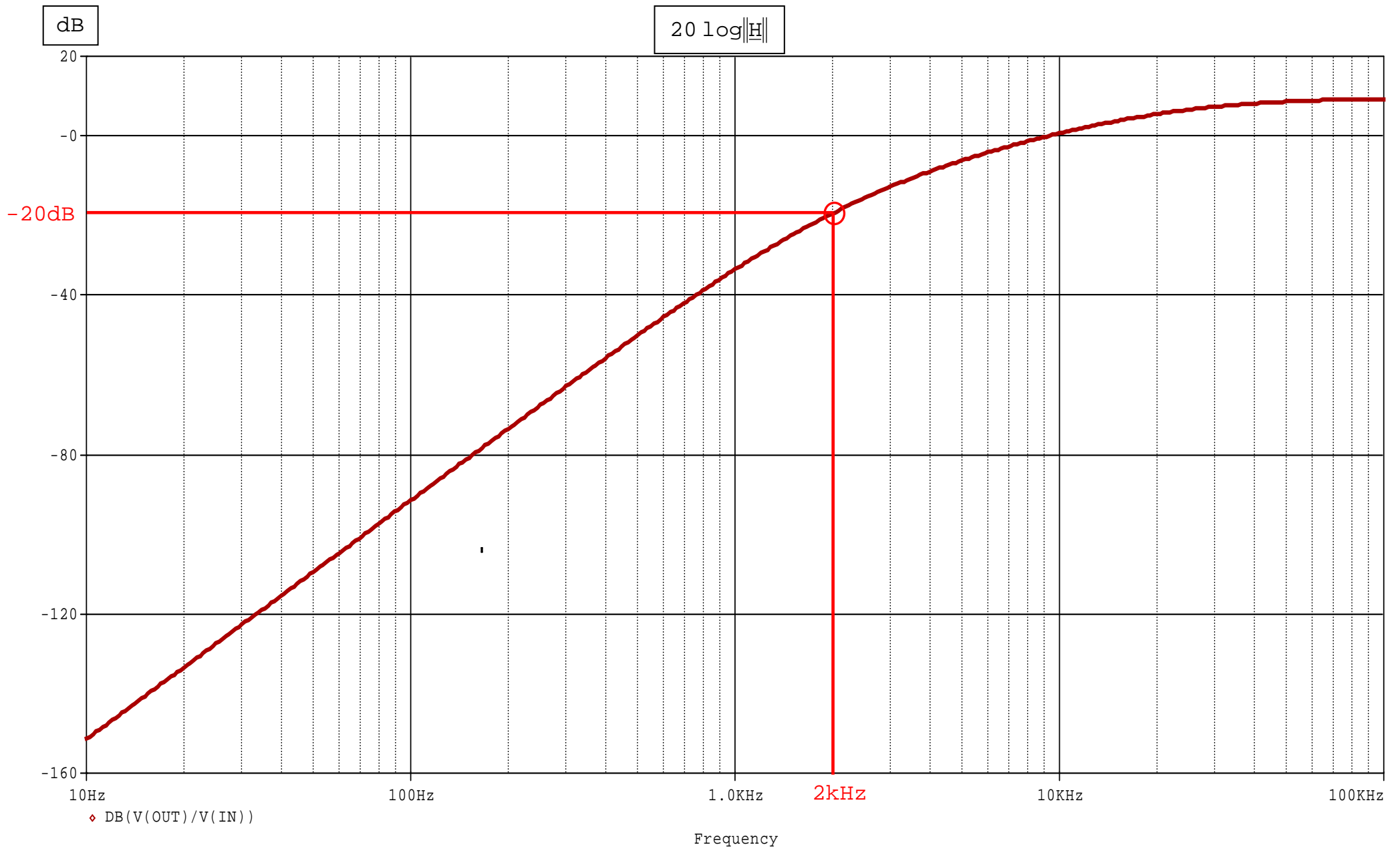
1

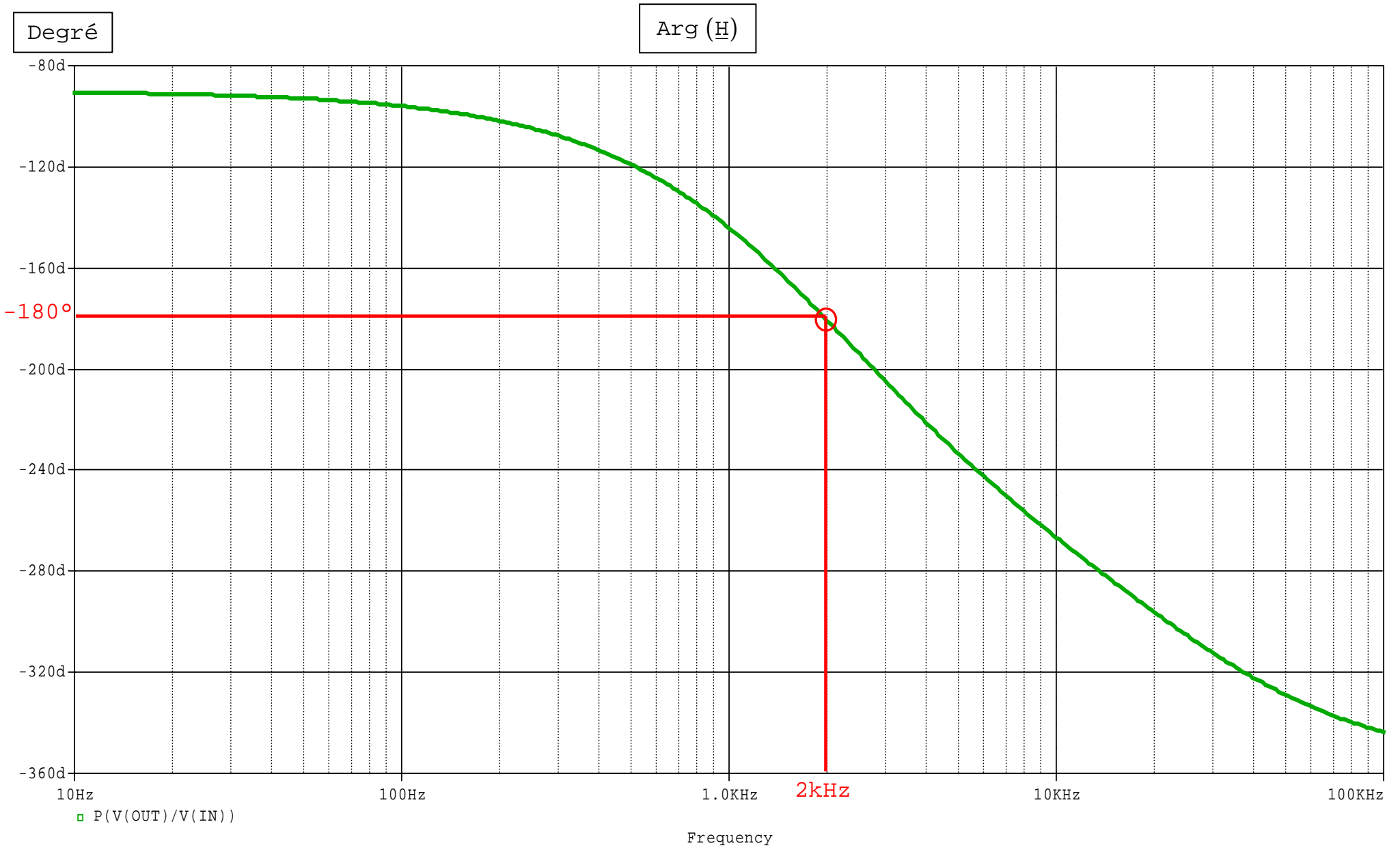
1. choisir  $R_1 \gg Z_s$ . Ce qui est difficile car  $Z_s$  est déjà très grande.
2. Faire jouer à  $Z_s$  le rôle de  $R_1$ . A éviter car  $Z_s$  n'est peut-être pas connue avec précision.
3. Intercaler un étage suiveur.

Faire le schéma de l'oscillateur complet (ne pas oublier les alimentations de l'amplificateur) (le filtre restera modélisé par son quadripôle équivalent).

1







## Questions de cours

5

Justifiez chacune de vos réponses.

1) Considérons un Amplificateur Opérationnel dont:

- le produit gain.bande vaut 5MHz
- le gain en boucle ouverte dans la bande passante vaut 120dB.

- Déterminez sa fréquence de transition  $f_T$  ?

On rappelle que la fréquence de transition est la fréquence à laquelle l'AOP a une amplification de 1. Comme l'AOP a un produit gain bande constant dans sa bande coupée,  $1 \cdot f_T = \text{GBW}$ . D'où  $f_T = \text{GBW} = 5\text{MHz}$

0,5

- Déterminez sa fréquence de coupure  $f_c$  ?

$\text{GBW} = 10^{\frac{120\text{dB}}{20}} \cdot f_c = 10^6 \cdot f_c$  d'où  $f_c = 5\text{Hz}$

0,5

- Si on réalise, avec cet AOP, un montage amplificateur non inverseur d'amplification 200, quelle bande passante peut-on espérer ? (justifiez votre réponse)

Nous avons vu en cours que le montage amplificateur non inverseur présente un produit gain bande identique à celui de l'AOP seul.

$\text{GBW}_{\text{montage}} = \text{GBW}_{\text{AOP}} = 200 F_0$  où  $F_0$  est la fréquence de coupure du montage amplificateur d'amplification 200. On en déduit donc que la bande passante de notre montage:

1,5

$$F_0 = \frac{\text{GBW}_{\text{AOP}}}{200} = 25\text{KHz}$$

1,5

2) Expliquez ce qu'est le défaut d'offset d'un AOP. (définition, unité et ordre de grandeur (si possible) pour les AOP que vous connaissez)

Voir cours

1

3) Montrez qu'en régime sinusoïdal, l'amplitude maximale et la fréquence de la tension de sortie d'un AOP sont limités par le Slew Rate (SR). (retrouvez et démontrez la formule)

Voir cours