

NOM :

Correction
Examen Final EL80

Note :

21

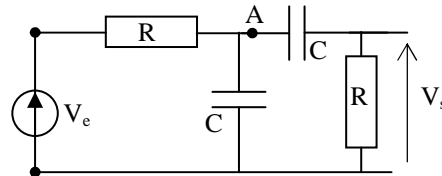
Durée : 1H40. Calculatrice non autorisée car inutile. Aucun document personnel n'est autorisé. Téléphone portable interdit.

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

7,5

Considérons le filtre suivant :



- 2) 1) Déterminez $T(p) = \frac{V_s(p)}{V_e(p)}$, la fonction de transfert opérationnelle du filtre. Mettre $T(p)$ sous la forme $T(p) = \frac{\tau_1 p}{D(p)}$ où $D(p)$ est un second ordre dont on déterminera les caractéristiques.

$$V_s = V_A \frac{RCp}{1 + RCp} = \frac{\frac{V_E}{R}}{\frac{1}{R} + Cp + \frac{1}{R + \frac{1}{Cp}}} \cdot \frac{RCp}{1 + RCp} \quad (\text{diviseur de tension et})$$

Millman pour V_A).

$$V_s = V_E \frac{1}{1 + RCp + \frac{RCp}{RCp + 1}} \cdot \frac{RCp}{1 + RCp} = V_E \frac{RCp}{(1 + RCp)^2 + RCp}$$

D'où $T(p) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{RCp}{1 + 3RCp + (RCp)^2}$

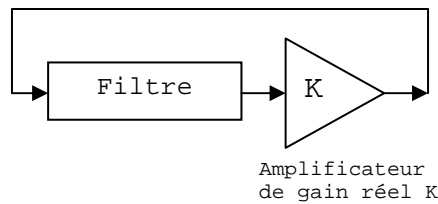
Le dénominateur est un second ordre qui a pour caractéristiques $\omega_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{\tau_1}$ et $m = \frac{3}{2}$

- 2) 2) Pour quelle pulsation (ω_1) la fonction de transfert complexe $\underline{T}(j\omega)$ associée à $T(p)$ est-elle réelle pure ? Déterminez alors la valeur de la fonction de transfert complexe pour cette pulsation.

$\underline{T}(j\omega) = \frac{jRC\omega}{1 - (RC\omega)^2 + 3jRC\omega}$ pour que $\underline{T}(j\omega_1)$ soit réelle, il suffit que son dénominateur soit imaginaire pur (car le numérateur est imaginaire pur). Donc il faut que $1 - (RC\omega_1)^2 = 0$.

D'où $\omega_1 = \frac{1}{RC}$. A cette pulsation, $\underline{T}(j\omega_1) = \frac{1}{3}$

On souhaite maintenant réaliser un oscillateur avec ce filtre en utilisant la structure suivante:



3) Déterminez l'amplification critique K_c qui permet d'obtenir la condition de juste oscillation. Expliquez la démarche.

1,5

Pour obtenir la condition de juste oscillation (condition de Barkhausen), il faut qu'il existe une pulsation pour laquelle $K_c \underline{T}(j\omega) = 1$ (voir cours). Comme K_c et 1 sont des nombres réels, il faut que $\underline{T}(j\omega)$ soit réelle. Ce qui est possible pour $\omega_1 = \frac{1}{RC}$ donc lorsque $\underline{T}(j\omega_1) = \frac{1}{3}$. On en

déduit alors
$$K_c = \frac{1}{\underline{T}(j\omega_1)} = 3.$$

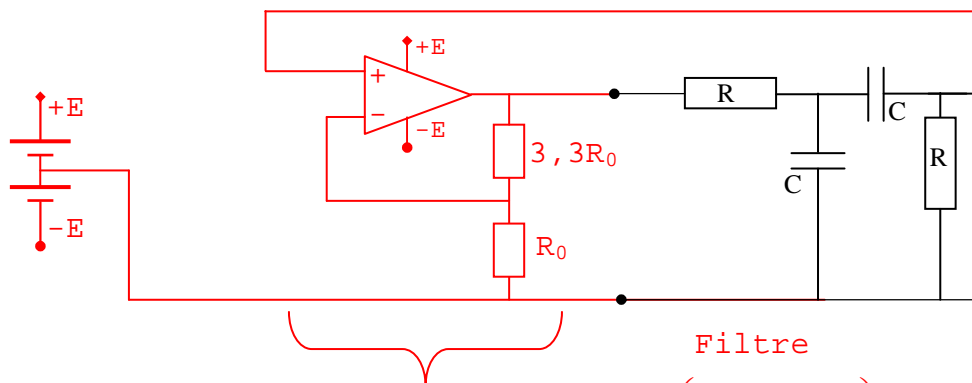
En pratique comment doit-on choisir K pour être certain du démarrage des oscillations ?

0,5

Afin d'être certain du démarrage des oscillations, on choisira une amplification hypercritique $K > K_c = 3$.

Proposez un schéma de l'oscillateur complet (faire apparaître les alimentations sous la forme de sources continues).

1,5



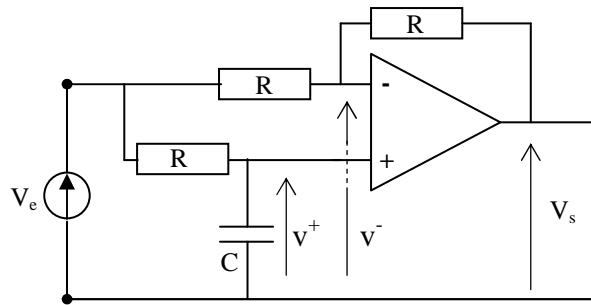
Montage d'amplification = $\left(1 + \frac{3, 3R_0}{R_0}\right) = 4, 3 > 3$

On prendra par exemple $R_0 = 10k\Omega$

EXERCICE 2

4

Considérons le montage suivant dans lequel l'AOP, supposé idéal, est alimenté de façon symétrique :



- 2) 1) Déterminez les expressions des tensions v^+ et v^- en fonction de $V_e(p)$ et $V_s(p)$

$$v^+ = V_e \frac{1}{1 + RCp} \quad (\text{diviseur de tension})$$

$$v^- = \frac{\frac{V_e}{R} + \frac{V_s}{R}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{V_s + V_e}{2}$$

En déduire $T(p) = \frac{V_s(p)}{V_e(p)}$ la fonction de transfert opérationnelle du montage.

$\varepsilon = v^+ - v^- = V_e \frac{1}{1 + RCp} - \frac{V_s + V_e}{2}$ On remarque que la rétroaction est négative. Par conséquent, tant que l'AOP n'est pas saturé et tant que son gain propre peut être supposé infini, la tension $\varepsilon = v^+ - v^-$ sera nulle.

D'où $V_e \frac{1}{1 + RCp} = \frac{V_s + V_e}{2}$ et donc $T(p) = \frac{1 - RCp}{1 + RCp}$

- 2) 2) Déterminez le module et l'argument de $\underline{T}(j\omega)$ la fonction de transfert harmonique associée à $T(p)$.

$$\underline{T}(j\omega) = \frac{1 - jRC\omega}{1 + jRC\omega}$$

$$\|\underline{T}(j\omega)\| = \frac{\sqrt{1 + (-RC\omega)^2}}{\sqrt{1 + (RC\omega)^2}} \quad \text{d'où} \quad \|\underline{T}(j\omega)\| = 1$$

$$\text{Arg}(\underline{T}(j\omega)) = \text{arctg}(-RC\omega) - \text{arctg}(RC\omega)$$

D'où $\text{Arg}(\underline{T}(j\omega)) = -2 \text{arctg}(RC\omega)$

EXERCICE 3

2,5

Considérons la sinusoïde suivante $A \cos(\omega t)$. Avec $A=0,1V$ et $\omega = 2\pi f$ où f peut varier de 0 à 25KHz

On souhaite amplifier cette sinusoïde d'un facteur **100** à l'aide **d'un seul amplificateur** opérationnel. Les AOPs disponibles dans notre laboratoire possèdent les caractéristiques suivantes :

	AOP1	AOP2	AOP3	AOP4
I_b	500pA	50nA	40pA	80pA
SR	5V/ms	3V/ μ s	2V/ μ s	1V/ μ s
GBW	500KHz	500KHz	3MHz	3,5MHz
V_{os}	5mV	15mV	150 μ V	50 μ V
$\Delta V_{os}/\Delta T$	10 μ V/ $^{\circ}$ C	15 μ V/ $^{\circ}$ C	3 μ V/ $^{\circ}$ C	0.5 μ V/ $^{\circ}$ C

I_b : Courant de polarisation

SR : Slew Rate

GBW : Produit gain.Bande

V_{os} : Tension d'offset à l'entrée

$\Delta V_{os}/\Delta T$: Dérive thermique d'offset.

2,5

1) Quel(s) AOP peut-on utiliser pour amplifier notre sinusoïde d'un facteur 100 ?

(Les réponses non justifiées ne seront pas retenues).

1. Pour amplifier d'un facteur 100 une sinusoïde dont la fréquence peut varier entre 0 et 25KHz, il faut que l'amplificateur opérationnel ait un produit gain bande au moins égal à $100 \times 25\text{KHz}$ soit 2,5MHz.

2. En sortie de l'amplificateur, la sinusoïde aura une amplitude de $100 \times 0,1V$ soit 10V. La pente maximale à reproduire vaudra $100 \times 2\pi f_{\max}$ soit 1,57V/ μ s.

Il faudra donc choisir un amplificateur ayant :

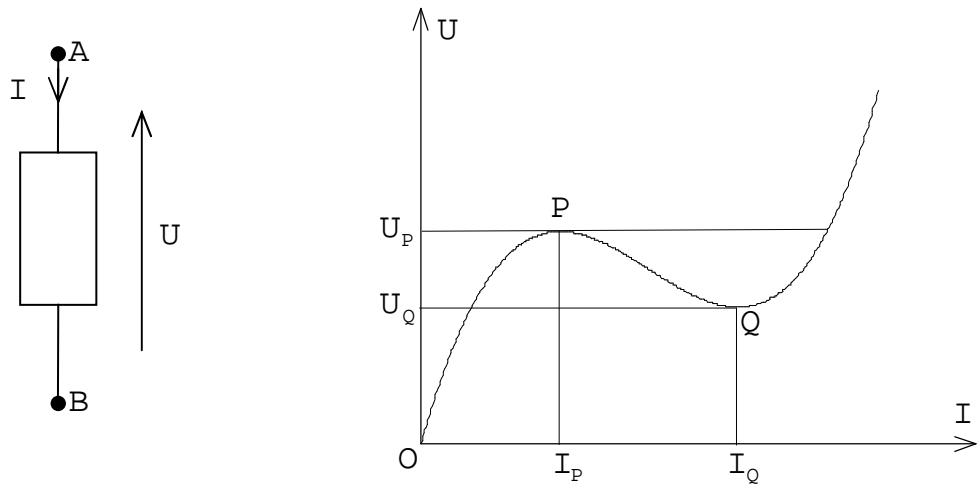
- Un produit gain bande supérieur ou égal à 2,5MHz.
- Un slew rate d'au moins 1,57V/ μ s.

Le seul Amplificateur qui convient est l'AOP3

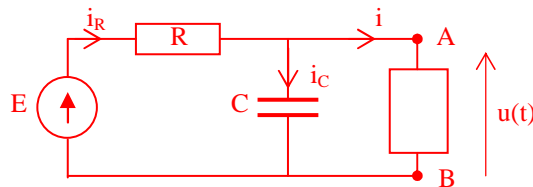
EXERCICE 4

3,5

Considérons un dipôle AB ayant la caractéristique $U = f(I)$ suivante :



- 1) Proposez un montage réalisant un oscillateur avec le dipôle AB.



Expliquez le rôle et l'influence sur les oscillations des composants du montage proposé.

E et R déterminent la condition d'oscillation.

C assure la continuité de $u(t)$.

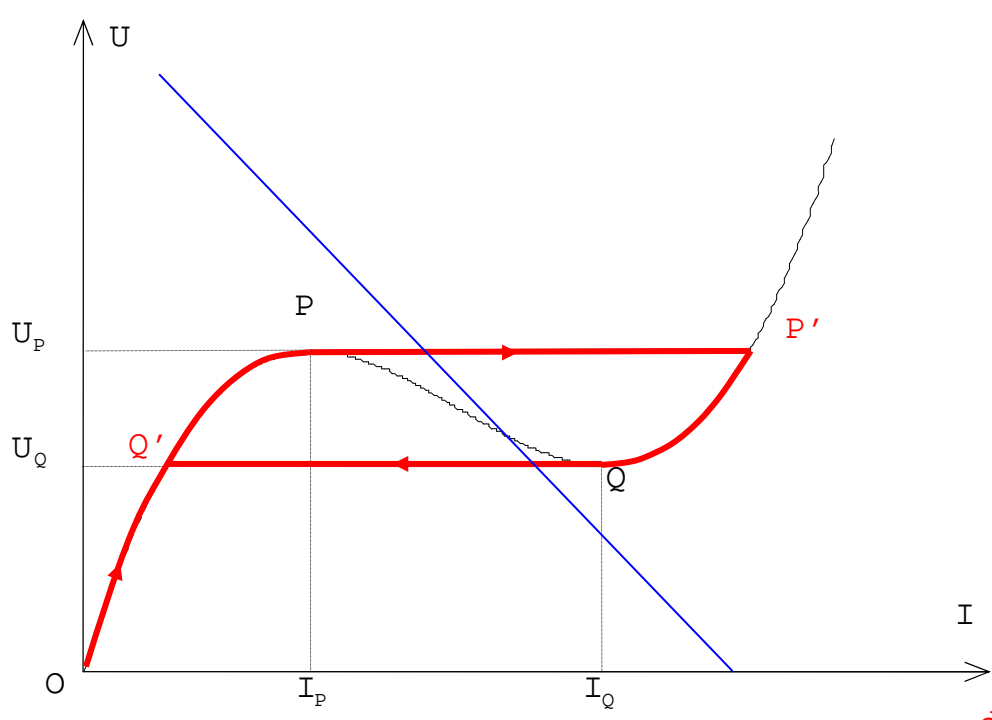
R et C influencent la fréquence des oscillations.

Comment doit-on choisir les valeurs des composants du montage pour obtenir des oscillations de façon certaine?

Il faut et il suffit que la droite d'équation $u = E - Ri_R$ coupe la caractéristique en N en un seul point situé sur le tronçon PQ.

- 2) Lorsque les conditions d'oscillation sont réunies, tracez la trajectoire, dans le plan $U = f(I)$, du point de fonctionnement du dipôle AB depuis le démarrage des oscillations (avec des conditions initiales nulles) jusqu'au régime permanent. (Expliquez votre construction graphique).

1.5



L'évolution de $u(t)$ se détermine à partir de $\frac{du}{dt}$. Or

$$\frac{du}{dt} = \frac{i_R - i}{C}$$

Tant que $i_R - i > 0$, $u(t)$ est croissante.

Tant que $i_R - i < 0$, $u(t)$ est décroissante.

En 0, $i_R - i > 0$ donc le point de fonctionnement se déplace à u croissant jusqu'en P.

En P $i_R - i > 0$, pour que u puisse croître le point de fonctionnement saute en P'.

En P' $i_R - i < 0$ le point de fonctionnement se déplace à u décroissant jusqu'en Q.

En Q $i_R - i < 0$, pour que u puisse décroître le point de fonctionnement saute en Q'.

En Q' on recommence.

Questions de cours

3,5

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 ?

0,5

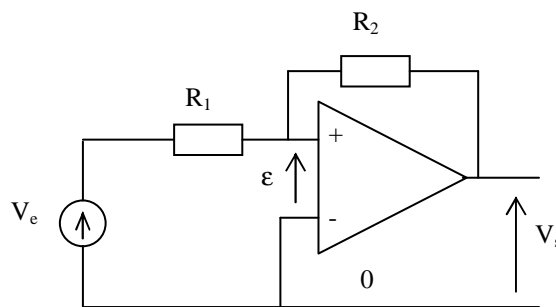
On rappelle que la fréquence de transition est la fréquence à laquelle l'AOP a une amplification de 1. Comme l'AOP a un produit gain bande constant dans sa bande coupée, $1 \cdot f_T = \text{GBW}$. D'où $f_T = \text{GBW} = 5\text{MHz}$

- Déterminez sa fréquence de coupure f_c ?

0,5

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

2) Considérons le montage suivant dans lequel l'AOP est alimenté de façon symétrique :



2,5

Etudiez et expliquez le fonctionnement de ce montage puis représentez graphiquement V_s en fonction de V_e .

C'est le comparateur à hystérésis étudié en cours.
Voir poly du cours AOP