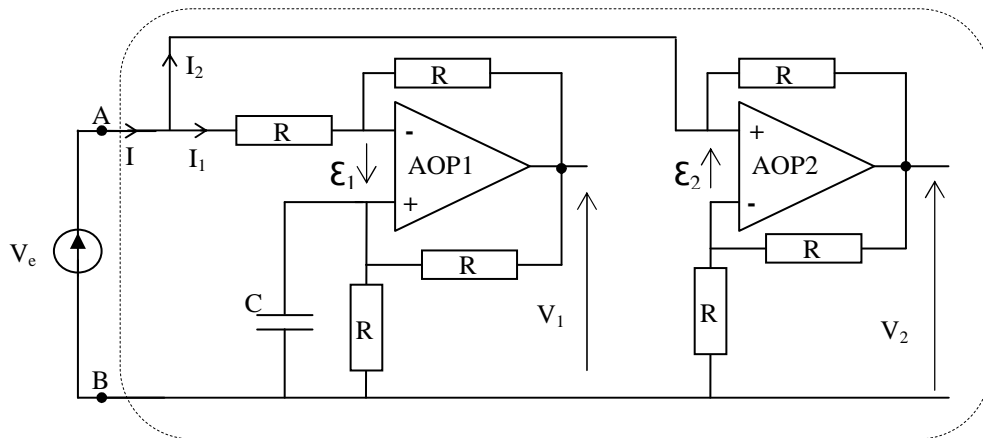


NOM :	Correction Examen Final EL80	Note : /20
Durée : 1H40. Calculatrice non autorisée car inutile. Aucun document personnel n'est autorisé. Téléphone portable interdit.		

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 7,5

Considérons le montage suivant dans lequel les deux AOP, supposés parfaits, sont alimentés de façon symétrique ($\pm E$).



On se propose de déterminer l'admittance Y_{AB} du montage encadré vu des bornes A et B. Pour cela, on a ajouté une source de tension parfaite (V_e) entre les bornes A et B.

1) Déterminez la tension différentielle ϵ_1 en fonction V_e , V_1 , R et C.

1
$$V_1^+ = \frac{\frac{V_1}{R}}{C_p + \frac{2}{R}} = \frac{V_1}{2 + RCp} \quad \text{et} \quad V_1^- = \frac{\frac{V_1}{R} + \frac{V_e}{R}}{\frac{2}{R}} = \frac{V_1 + V_e}{2}$$

d'où
$$\epsilon_1 = V_1^+ - V_1^- = \frac{-V_1 RCp - V_e (2 + RCp)}{2(2 + RCp)}$$

En déduire l'expression de V_1 en fonction V_e , R et C.

1 En regardant ϵ_1 nous constatons que la rétroaction est négative. En conséquence, tant que l'AOP1 n'est pas saturé et tant que son gain propre peut être considéré comme infini, $\epsilon_1 = 0$. On en déduit alors
$$V_1 = \frac{-V_e (2 + RCp)}{RCp}$$

2) Déterminez I_1 en fonction V_e , V_1 et R .

0,5

$$I_1 = \frac{V_e - V_1}{2R}$$

En déduire l'expression de I_1 en fonction V_e , R et C .

Déterminez alors $Y_1 = \frac{I_1}{V_e}$ l'admittance d'entrée du premier montage utilisant l'AOP1.

En remplaçant V_1 par son expression, on obtient:

1

$$I_1 = V_e \frac{(1 + RCp)}{R^2 Cp} \quad \text{et enfin} \quad Y_1 = \frac{I_1}{V_e} = \frac{(1 + RCp)}{R^2 Cp}$$

3) Déterminez la tension différentielle ϵ_2 en fonction V_e , V_2 , et R .

1

$$V_2^+ = V_e \quad \text{et} \quad V_2^- = \frac{V_2}{2} \quad \text{d'où} \quad \epsilon_2 = V_2^+ - V_2^- = V_e - \frac{V_2}{2}$$

En déduire l'expression de V_2 en fonction V_e et R .

0,5

En regardant ϵ_2 nous constatons que la rétroaction est négative. En conséquence, tant que l'AOP2 n'est pas saturé et tant que son gain propre peut être considéré comme infini, $\epsilon_2 = 0$. On en déduit alors $V_2 = 2V_e$

4) Déterminez I_2 en fonction V_e , V_2 et R .

0,5

$$I_2 = \frac{V_e - V_2}{R}$$

En déduire l'expression de I_2 en fonction V_e , et R .

$$I_2 = -\frac{V_e}{R}$$

Déterminez alors $Y_2 = \frac{I_2}{V_e}$ l'admittance d'entrée du deuxième montage utilisant l'AOP2.

1

$$Y_2 = \frac{I_2}{V_e} = -\frac{1}{R} \quad \text{le montage réalise une résistance négative}$$

5) Déterminez enfin $Y_{AB} = \frac{I}{V_e}$, l'admittance du montage total.

0,5

$$Y_{AB} = \frac{I}{V_e} = \frac{I_1 + I_2}{V_e} = \frac{1}{R^2 Cp}$$

A quoi est équivalent ce montage?

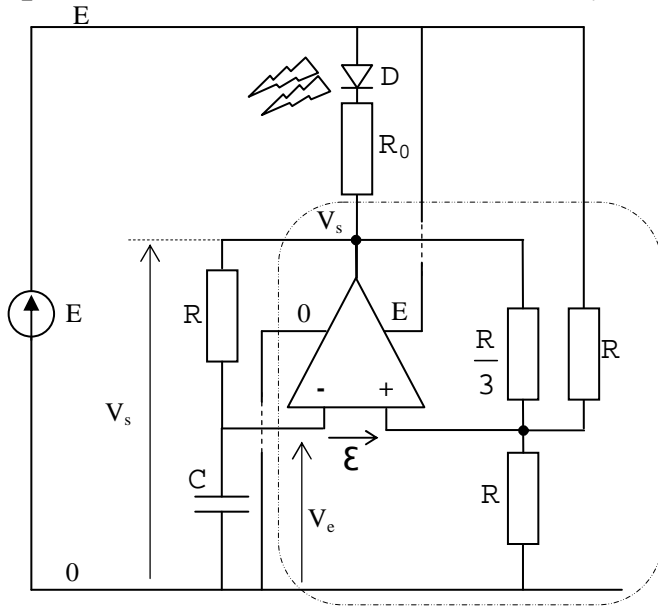
0,5

$$Y_{AB} = \frac{1}{R^2 Cp} \quad \text{est l'admittance d'une self d'inductance} \quad L = R^2 C$$

EXERCICE 2

7

Considérons le montage suivant dans lequel l'AOP, supposé parfait, est alimenté de façon **dissymétrique** (0,+E).



D est une diode (LED) électroluminescente (courant 5mA pour une tension directe de 1,5V).

La source de tension E est l'alimentation du montage

Etude de la partie encadrée seule

0,5

1) Déterminez la tension différentielle ε en fonction de V_e , V_s , R et E.

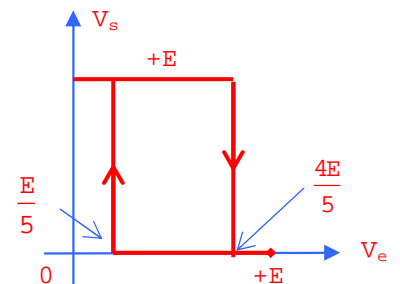
$$v^+ = \frac{\frac{3V_s}{R} + \frac{E}{R}}{\frac{3}{R} + \frac{2}{R}} = \frac{3V_s + E}{5} \quad \text{et} \quad v^- = V_e \quad \text{d'où} \quad \varepsilon = v^+ - v^- = \frac{3V_s + E - 5V_e}{5}$$

1,5

2) Faire l'étude de la partie encadrée seule. Que réalise cette partie. Représenter V_s en fonction de V_e .

On remarque que la rétroaction est positive. L'AOP fonctionnera donc en saturation ($V_s = 0$ quand $\varepsilon < 0$ et $V_s = E$ quand $\varepsilon > 0$).

- Lorsque $V_s = V_{\text{sat}+} = +E$ c'est-à-dire lorsque $\varepsilon > 0$, la sortie basculera à $V_s = V_{\text{sat}-} = 0$ quand ε passera par 0 donc quand $V_e = \frac{4E}{5}$.
- Lorsque $V_s = V_{\text{sat}-} = 0$ c'est-à-dire lorsque $\varepsilon < 0$, la sortie basculera à $V_s = V_{\text{sat}+} = +E$ quand ε passera par 0 donc quand $V_e = \frac{E}{5}$.



Etude du montage complet

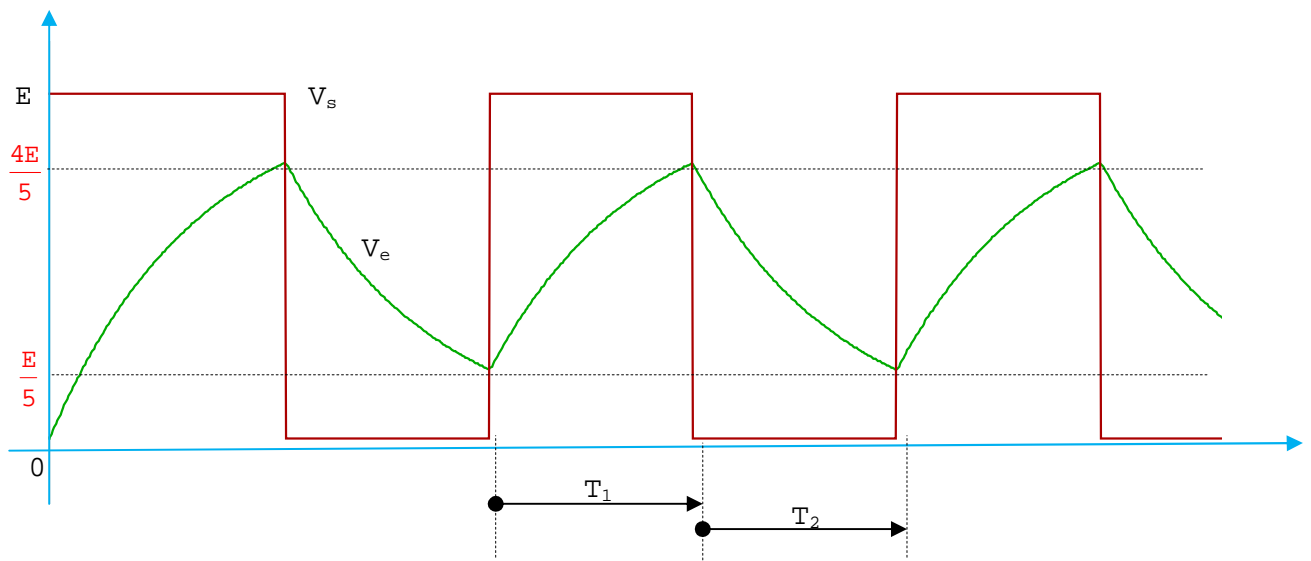
3,5

- 3) Faire l'étude du montage complet. Représenter sur le même graphique $V_e(t)$ et $V_s(t)$. Décomposer $V_e(t)$ en deux parties remarquables (faire apparaître deux temps distinct T_1 et T_2 dans le régime permanent). Déterminer alors les caractéristiques de ces deux parties. On fera les schémas équivalents nécessaires aux calculs des caractéristiques de ces deux parties (calcul de T_1 et T_2)

Le montage complet réalise un multivibrateur astable à hystérésis.

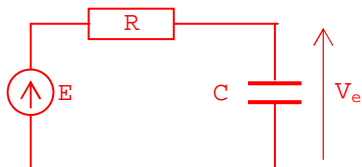
- Lorsque V_s bascule à $V_{\text{sat}+} = +E$, le condensateur se charge au travers de R . La LED n'éclaire pas.
- Lorsque V_s bascule à $V_{\text{sat}-} = 0$, le condensateur se décharge au travers de R . La LED éclaire.

Le signal $V_e(t)$ sera composé de branches d'exponentielle tandis que $V_s(t)$ sera composé de créneaux constituant un signal carré. La LED clignotera à la fréquence des oscillations.



Calcul de T_1 :

Il s'agit de calculer le temps que met le condensateur pour passer de $E/5$ à $4E/5$ soumis à une tension E au travers d'une résistance R



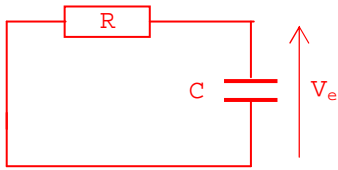
Si on prend comme origine des temps l'instant où $v_e(t) = \frac{E}{5}$ pour le calcul de T_1 ,

$$\text{alors } v_e(t) = \left(E - \frac{E}{5}\right) \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) + \frac{E}{5}.$$

Lorsque $t = T_1$, $v_e(T_1) = \frac{4E}{5}$ d'où $T_1 = RC \ln(4)$

Calcul de T_2 :

Il s'agit de calculer le temps que met le condensateur pour passer de $4E/5$ à $E/5$ soumis à une tension nulle au travers d'une résistance R



Si on prend comme origine des temps l'instant où $v_e(t) = \frac{4E}{5}$ pour le calcul de T_2 ,

$$\text{alors } v_e(t) = \left(-\frac{4E}{5}\right) \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) + \frac{4E}{5}.$$

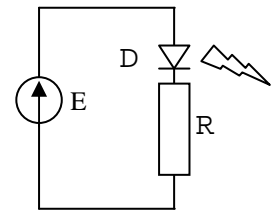
Lorsque $t = T_2$, $v_e(T_2) = \frac{E}{5}$ d'où $T_2 = RC \ln(4)$

D'où la fréquence du signal $f = \frac{1}{T_1 + T_2} = \frac{1}{2RC \ln(4)}$

1,5

4) En supposant que $E=12V$, déterminez la valeur de la résistance R_0 pour que la LED soit parcourue par un courant de 5mA lorsque les conditions d'allumage sont réunies.

Lorsque les conditions d'allumage sont réunies ($V_s=0$), nous avons le schéma suivant:



$$R_0 = \frac{E - V_D}{I_D} = \frac{12 - 1,5}{0.005} = 2,1k\Omega$$

Questions de cours 5,5

Justifiez chacune de vos réponses.

1,5

1) Condition de Barkhausen.

On désire réaliser un oscillateur sinusoïdal à partir de la structure suivante :



L'amplificateur possède un gain **réel** A et le filtre linéaire a une fonction de transfert harmonique $\underline{H}(j\omega)$.

Quelles conditions doivent remplir A et $\underline{H}(j\omega)$ pour que le système soit juste instable ? (justifier votre réponse)

(Détails voir cours)

Afin d'obtenir des oscillations, il faut qu'il existe une pulsation ω_{osc} telle que $A \cdot \underline{H}(j\omega_{osc}) = 1$.

Comme A est réel, il faut donc que la fonction de transfert du filtre soit réelle pour la pulsation ω_{osc}

2) Considérons un Amplificateur Opérationnel dont:

- la fréquence de transition vaut 2MHz
- le gain en boucle ouverte dans la bande passante vaut 100dB.

- Déterminez son produit gain bande.

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, $1 \cdot f_T = GBW$.

0,5

D'où $f_T = GBW = 2\text{MHz}$

- Déterminez sa fréquence de coupure f_c ?

0,5

$GBW = 10^{\frac{100\text{dB}}{20}} \cdot f_c = 10^5 \cdot f_c$ d'où $f_c = 20\text{Hz}$

- 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.

1,5

$GBW_{\text{montage}} = GBW_{\text{AOP}} = 200 F_0$ 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:

$$F_0 = \frac{GBW_{\text{AOP}}}{200} = 10\text{KHz}$$

1,5

3) En régime sinusoïdal, quelle est la relation qui lie le Slew Rate à la fréquence maximale et l'amplitude maximale d'une sinusoïde que l'amplificateur peut reproduire sur sa sortie sans distorsion (démontrer cette relation).

(voir cours)

Il faut que le Slew vérifie la relation $V_{\text{max}} 2\pi f_{\text{max}} \leq SR$