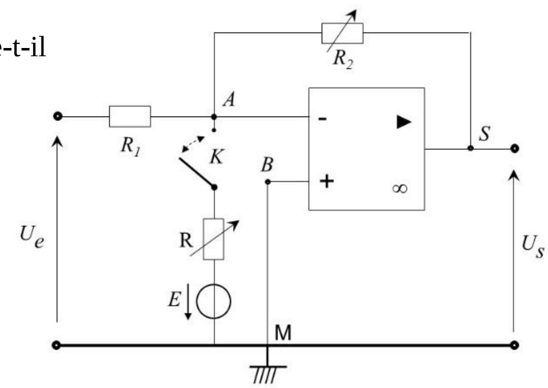
université de BORDEAUX	*ANNEE UNIVERSITAIRE 2018 / 2019* ***DST** DE PRINTEMPS* **PARCOURS / ETAPE :** ***CP200MPC*** **Code UE :** 4TBX208U **Epreuve :** ***Electrocinétique 2*** **Date :** *12 avril 2019* **Heure :** ***14h00*** **Durée :** ***1h30*** **Documents :** ***non autorisés*** **Epreuve de M/Mme :** ***M. Aïche et D. Mondieig***	**Collège Sciences et technologies**

Vous devez respecter les notations de l'énoncé et préciser pour chaque réponse, le numéro de la question posée.

Exercice 1 (Amplificateur opérationnel) **(5.5 points)**

On étudie le circuit de la figure ci-contre, comprenant une résistance $R_1 = 580\Omega$, deux résistances variables R_2 et R dont on aura à déterminer les valeurs, un générateur de tension continue $E=14V$, un interrupteur K et un amplificateur opérationnel (A.O) idéal, alimenté par deux tensions –Vcc et +Vcc, avec Vcc=15V.



a) Rappeler à quelles conditions, l'A.O fonctionne-t-il en régime linéaire ?
Rép : 0.5pt
- *la tension de sortie soit comprise entre +Vcc et –Vcc*
- *présence d'une contre-réaction négative*
- *la tension de sortie Us = A Ue avec A le coefficient d'amplification constant.*

b) L'interrupteur K étant ouvert, établir la relation littérale qui lie la tension de sortie U_S à la tension d'entrée U_e en fonction de R_1 et R_2.

Rép : Méthode des nœuds. Au nœud A : $\frac{U_e+U_{MA}}{R_1} + \frac{U_{SA}}{R_2} + i^- = 0$

AO est idéal $\Rightarrow$ $i^- = 0$ *et* $V_A = V_B = 0\ V$

Donc : $\frac{U_e}{R_1} + \frac{U_S}{R_2} = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{U_S = -\frac{R_2}{R_1} U_e}$ 1 pt

c) La tension U_e est générée par une électrode qui permet de mesurer le *pH* d'une solution. Cette dépendance en fonction du *pH* est linéaire et a pour expression :

$$U_e = -0{,}058 \cdot pH + 0{,}406\ V \qquad avec\ \ 0 \le pH \le 14$$

d) En déduire l'expression de la tension U_S en fonction de *pH* et de la résistance variable R_2.
Rép :

$$\boxed{U_S = -\frac{R_2}{R_1}(-0.058 \cdot pH + 0{,}406)} \ \ 0.5\text{pt}$$

e) Dans cette expression de la forme $U_s = a \cdot pH + b$, le coefficient a, représente la pente $\frac{\Delta U_s}{\Delta pH}$. Calculer la valeur à donner à R_2 pour que la tension U_S varie de 0,1 V lorsque le pH varie d'une unité.

Rép : par identification avec l'équation de Us : $a = \frac{R_2}{R_1} 0.058 = \frac{\Delta U_S}{\Delta pH} = \frac{0.1}{1} = 0.1$

D'où $\boxed{R_2 = \frac{a}{0.058} R_1 = \frac{0.1}{0.058} \cdot 580 = 1\ k\Omega}$ 1 pt

f) On ferme maintenant l'interrupteur K, donner la nouvelle expression de la tension de sortie U_S en fonction de R_1, R_2, E et R.

Rép : *Méthode des nœuds. Au nœud A :* $\frac{U_e+U_{MA}}{R_1}+\frac{U_{SA}}{R_2}+\frac{-E+U_{MA}}{R}+i^-=0$

En appliquant AO idéal : $\frac{U_e}{R_1}+\frac{U_S}{R_2}+\frac{-E}{R}=0 \Rightarrow \frac{U_S}{R_2}=\frac{E}{R}-\frac{U_e}{R_1} \Rightarrow \boxed{U_S=R_2\left(\frac{E}{R}-\frac{U_e}{R_1}\right)}$ 1 pt

g) Calculer la valeur à donner à R pour que la tension de sortie U_S = 0,7 V pour pH = 7.

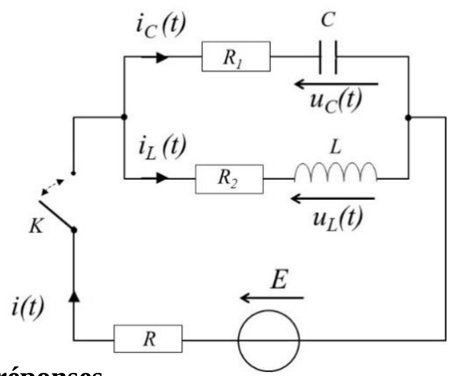
Rép : $\frac{U_e}{R_1}+\frac{U_S}{R_2}=\frac{E}{R} \Rightarrow R=\frac{E}{\left(\frac{U_e}{R_1}+\frac{U_S}{R_2}\right)}$ Appli. Num. : $\boxed{R=\frac{14}{\left(\frac{-0.058*7+0.406}{0.58}+\frac{0.7}{1}\right)}=20\,k\Omega}$ 0.5pt

h) Donner la relation entre U_S et pH. Donner la valeur du pH pour U_S= 0,34 V

$$U_S=R_2\left(\frac{E}{R}-\frac{U_e}{R_1}\right)=1k\Omega\left(\frac{14}{20}-\frac{-0.058\cdot pH+0.406}{0.580}\right)=0.7+0.1\cdot pH-0.7=0.1\cdot pH$$

D'où $\boxed{U_S=0.1\cdot pH}$ 0.5pt *Application pour U_S= 0.34 V on a un pH = 3,4* 0.5pt

Exercice 2 (Régime transitoire) **(5 points)**



On considère le circuit ci-contre comprenant un générateur de tension continue ***E*** de résistance interne ***R*** relié à travers un interrupteur *K* à deux branches montées en dérivation, comprenant les dipôles (***R₁, C***) et (***R₂, L***). Les courants ***i(t)***, ***i_C(t)***, ***i_L(t)*** s'établissent dans le circuit lorsqu'à ***t=0*** on ferme l'interrupteur *K*. Le condensateur ***C*** est initialement déchargé. On notera $t=0^-$ l'instant précédent immédiatement la fermeture de K et $t=0^+$ l'instant suivant immédiatement la fermeture de K.

Remplir le ***Tableau 1*** de la feuille jointe en annexe en **justifiant les réponses**.

Exercice 3 (Régime variable) **(9.5 points)**

On considère le montage de la figure 1, alimenté par une source de tension alternative sinusoïdale ***e(t)***, placée entre les bornes *A* et *B* du circuit. La fréquence du générateur est réglée de sorte que la pulsation ω = ***10 rad.s⁻¹***. Les capacités des condensateurs ***C₁*** et ***C₂*** sont égales à ***12,5 mF*** et ***25 mF*** respectivement.
On donne $R_1=\frac{8}{3}\Omega$ et $R_2=12\Omega$.

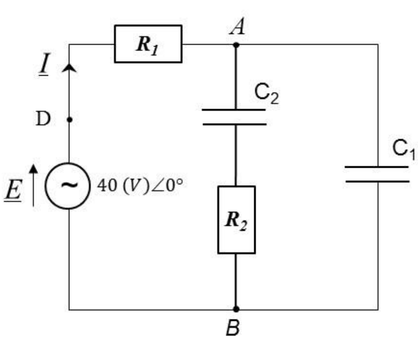


Figure 1

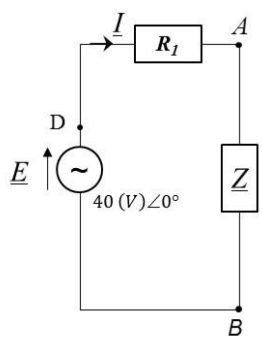


Figure 2

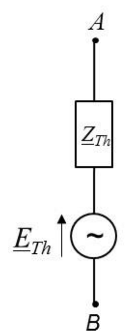


Figure 3

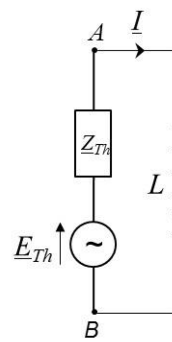


Figure 4

1°- On considère le circuit de la **Figure 1**. Ecrire l'expression temporelle de $e(t)=u_{DB}(t)$.
Quelle est l'amplitude efficace complexe $\underline{E}$ qui lui est associée, sous la forme cartésienne a+jb ?

Rép : $\boxed{e(t)=40\sqrt{2}\cos(10t)}$ 0.5pt $\boxed{\underline{E}=40}$ 0.5pt

2° Calculer les impédances complexes $\underline{Z}_1$ *et* $\underline{Z}_2$ associées aux condensateurs ***C₁*** et ***C₂***.

Rép : $\underline{Z}_1 = -\frac{j}{C_1\omega} = -\frac{j}{12.5\cdot10^{-3}\cdot10} = -8j$ 0.5pt $\underline{Z}_2 = -\frac{j}{C_2\omega} = -\frac{j}{25\cdot10^{-3}\cdot10} = -4j$ 0.5pt

3°- On simplifie le circuit de départ pour obtenir celui de la **Figure 2.**

a) Calculer l'impédance complexe $\underline{Z}$ de la **Figure 2** (sous la forme cartésienne a+jb).

Rép : $\frac{1}{\underline{Z}} = \frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2+\underline{Z}_{R2}} \Rightarrow \underline{Z} = \frac{\underline{Z}_1\cdot(\underline{Z}_2+\underline{Z}_{R2})}{\underline{Z}_1+\underline{Z}_2+\underline{Z}_{R2}} = \frac{-8j\cdot(-4j+12)}{12-12j} = -\frac{8(1+3j)}{3\cdot(1-j)} = -\frac{8(1+3j)(1+j)}{3\cdot2} = \frac{8}{3}(1-2j)$

$$\boxed{\underline{Z} = \frac{8}{3}(1-2j)}$$ 1 pt

b) En déduire :

- l'expression de l'amplitude efficace complexe ***I*** **et** temporelle ***i(t)*** du courant délivré par le générateur

Rép : Dans la maille :

$$\underline{E} - \underline{R}_1\cdot\underline{I} - \underline{Z}\cdot\underline{I} = 0 \Rightarrow \underline{I} = \frac{\underline{E}}{\underline{R}_1+\underline{Z}} = \frac{40}{\frac{8}{3}+\frac{8}{3}(1-2j)} = \frac{15\cdot(1+j)}{4}$$

0.5 pt **0.5 pt**

0.5 pt $\boxed{\underline{I} = \frac{15}{4}(1+j)} \Rightarrow \boxed{|\underline{I}| = \frac{15\cdot\sqrt{2}}{4}}$ *et* $\boxed{\varphi_I = atan\left(\frac{1}{1}\right) = \frac{\pi}{4}}$ *d'où* $\boxed{i(t) = \frac{15\cdot\sqrt{2}}{4}\sqrt{2}\cos\left(10t+\frac{\pi}{4}\right)}$

- l'expression de l'amplitude efficace complexe $\underline{U}_{AB}$ et temporelle $u_{AB}(t)$ de la tension entre *A* et *B*.

Rép :

$$\underline{U}_{AB} = \underline{Z}\cdot\underline{I} = \frac{8}{3}(1-2j)\cdot\frac{15}{4}(1+j) = 10(3-j) \quad d'où \quad \boxed{\underline{U}_{AB} = 10\,(3-j)}$$ **0.5 pt**

$|\underline{U}_{AB}| = 10\sqrt{10}$; $\varphi_U = atan\left(-\frac{1}{3}\right) = -18.4°$ *d'où* $\boxed{u_{AB}(t) = 10\sqrt{10}\cdot\sqrt{2}\cos 1\left(0t - \frac{18.4\pi}{180}\right)}$ **0.5 pt**

0.5 pt

4°- Trouver le générateur de tension sinusoïdale de Thévenin **(Figure 3)** équivalent à l'ensemble du circuit de la **Figure 1,** entre les points *A* et *B*. Montrer que $\boldsymbol{\underline{E}_{Th} = 10\,(3-j)}$ et $\boldsymbol{\underline{Z}_{Th} = \frac{2}{3}(3-j)}$.

Rép : *entre A et B la tension du générateur de Thévenin est égale à la tension entre A et B :*

0.5 pt $\boxed{\underline{E}_{Th} = \underline{U}_{AB} = 10\,(3-j)}$ et $\boxed{\underline{Z}_{Th} = \underline{Z}_{AB} = \frac{\underline{Z}}{R1} = \frac{\frac{8}{3}(1-2j)\cdot\frac{8}{3}}{\frac{8}{3}\cdot(2-2j)} = \frac{4}{3}\cdot\frac{(1-2j)\cdot(1+j)}{2} = \frac{2}{3}(3-j)}$ **1 pt**

5°- On branche entre les bornes *A* et *B* du générateur de Thévenin une bobine L. Quelle valeur faut-il donner à l'inductance L pour que l'impédance équivalente du circuit devienne résistive ? Calculer dans ces conditions la valeur efficace du courant ***i(t)*** débité par le générateur de Thévenin de valeur efficace $\boldsymbol{E_{Th}}$. Donner l'expression temporelle du courant ***i(t)***.

Rép : Soit $\underline{Z}_L$ *l'impédance* **de la bobine :** $\underline{Z}_L = jL\omega = j10L$ **0.25 pt**

$$\underline{Z}_e = \underline{Z}_{Th} + \underline{Z}_L \Rightarrow \underline{Z}_e = \frac{2}{3}(3-j) + j10L = 2 + j\left(10L - \frac{2}{3}\right)$$ **0.25 pt**

Pour que $\underline{Z}_e$ *soit résistive il faut que la partie réactive de l'impédance (imaginaire) soit nulle :*

Il faut que :

$$\boxed{\left(10L - \frac{2}{3}\right) = 0 \Rightarrow L = \frac{1}{15}\ Henry}$$ **0.25 pt**

$\underline{E}_{Th} = \underline{Z}_e\cdot\underline{I} \Rightarrow \boxed{\underline{I} = \frac{\underline{E}_{Th}}{\underline{Z}_e} = \frac{10\,(3-j)}{2} = 5(3-j)}$ **d'où** $\boxed{I = |\underline{I}| = 5\sqrt{10}\ \ et\ \ \phi_I = atan\left(-\frac{1}{3}\right) \approx -18.4°}$

0.5 pt **0.5 pt**

Et donc : $\boxed{i(t) = 5\sqrt{10}\ \cdot \sqrt{2}\cos\left(10t - \frac{18.4\cdot\pi}{180}\right)}$ **0.25 pt**

Question bonus (1 point)

Retrouver l'expression de la tension $\underline{U}_{AB}$ en utilisant la "méthode des nœuds" appliquée au montage de la **Figure 1)**.

Rép : Au nœud A :

$$\frac{\underline{E}+\underline{U}_{BA}}{\underline{Z}_{R1}} + \frac{\underline{U}_{BA}}{\underline{Z}_1} + \frac{\underline{U}_{BA}}{\underline{Z}_2+\underline{Z}_{R2}} = 0 \ \Rightarrow \frac{\underline{E}}{\underline{Z}_{R1}} = \ \underline{U}_{AB}\left(\frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2+\underline{Z}_{R2}} + \frac{1}{\underline{Z}_{R1}}\right) \ \Rightarrow \frac{\underline{E}}{8/3} = \ \underline{U}_{AB}\left(\frac{1}{-8j} + \frac{1}{-4j+12} + \frac{1}{8/3}\right)$$

$$\frac{3\underline{E}}{2} = \ \underline{U}_{AB}\left(\frac{j}{2} + \frac{3+j}{10} + \frac{3}{2}\right) \ \Rightarrow\ 15\cdot 40 = \underline{U}_{AB}(6j+18) \Rightarrow \underline{U}_{AB} = \frac{100\cdot(3-j)}{10}$$

D'où $\boxed{\underline{U}_{AB} = 10\cdot(3-j)}$

FIN

Annexe à détacher et à joindre à votre copie

Nom	
Prénom	
Groupe	

Exercice 2 (Tableau 1 : Remplir le tableau ci-dessous en **justifiant les réponses)**

	t = 0^-	t = 0^+	Régime permanent ($t \to +\infty$)
0.75 pt $i_L(t)$	0	0	$\frac{E}{R_2+R}$
0.75 pt $i_C(t)$	0	$\frac{E}{R_1+R}$	0
0.75 pt $i(t)$	0	$\frac{E}{R_1+R}$	$\frac{E}{R_2+R}$
0.75 pt $u_C(t)$	0	0	$\frac{R_2}{R_2+R}E$
0.75 pt $u_L(t)$	0	$\frac{R_1}{R_1+R}E$	0

Justifications des réponses :

<u>*t* = 0^-</u> Aucun courant, aucune tension dans le montage. Le condensateur est non chargé. **0.25 pt**
<u>*t* = 0^+</u> Condensateur se comporte en interrupteur fermé – continuité de la tension u(0+)=u(0-) Bobine se comporte en interrupteur ouvert – continuité du courant i(0+)=i(0-) **0.5 pt**
<u>$t \rightarrow +\infty$</u> Condensateur se comporte en interrupteur ouvert – courant ic nul Bobine se comporte en interrupteur fermé – tension uL nulle **0.5 pt**