| | | |
|---|---|---|
| université de BORDEAUX | *ANNEE UNIVERSITAIRE 2019 / 2020*<br>***DST D'AUTOMNE***<br>**PARCOURS / ETAPE :** ***CP100*** **Code UE :** ***4TBX103U***<br>**Epreuve :** ***Electrocinétique 1***<br>**Date :** ***15 novembre 2019*** **Heure :** ***14h00*** **Durée :** ***1h30***<br>**Documents :** ***non autorisés***<br>**Epreuve de M/Mme :** ***M. Aïche et D. Mondieig*** | **Collège Sciences et Technologies** |

**Les trois exercices sont indépendants**

## Exercice 1 (5,5 points) (+2pts)

Le principe d'utilisation d'une plaque chauffante consiste à faire circuler un courant électrique à travers une résistance dite de « chauffe », montée en série avec un générateur de tension. Le montage ci-contre (Figure 1) est un exemple de plaque chauffante équipée d'un réseau de résistances de valeurs *R, R/2 et 2R* pouvant être sélectionnées grâce à un thermostat (système d'interrupteurs) qui relie à chaque fois, deux entrées du réseau parmi les quatre (*1, 2, 3 et 4*) disponibles.

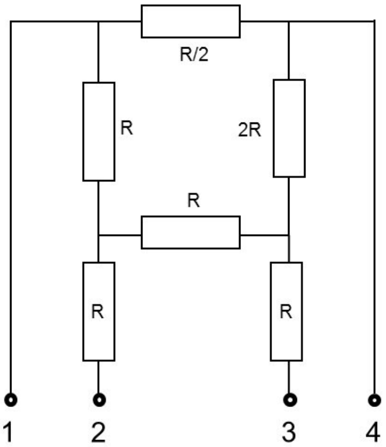



Figure 1

1° Recopier le schéma ci-contre sur votre copie et **sans faire de calculs**, indiquer les branches parcourues par un courant en précisant à chaque fois le sens, lorsqu'un générateur supposé idéal est placé entre 1 et 2 avec la borne + connectée à l'entrée 1 (3 et 4 étant libres).

1pt

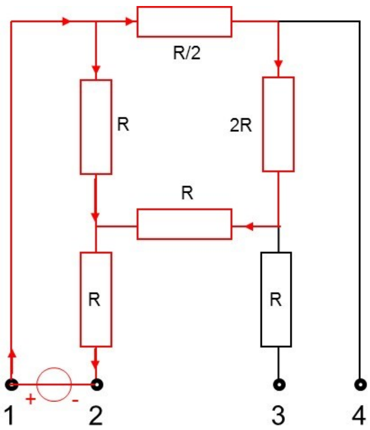


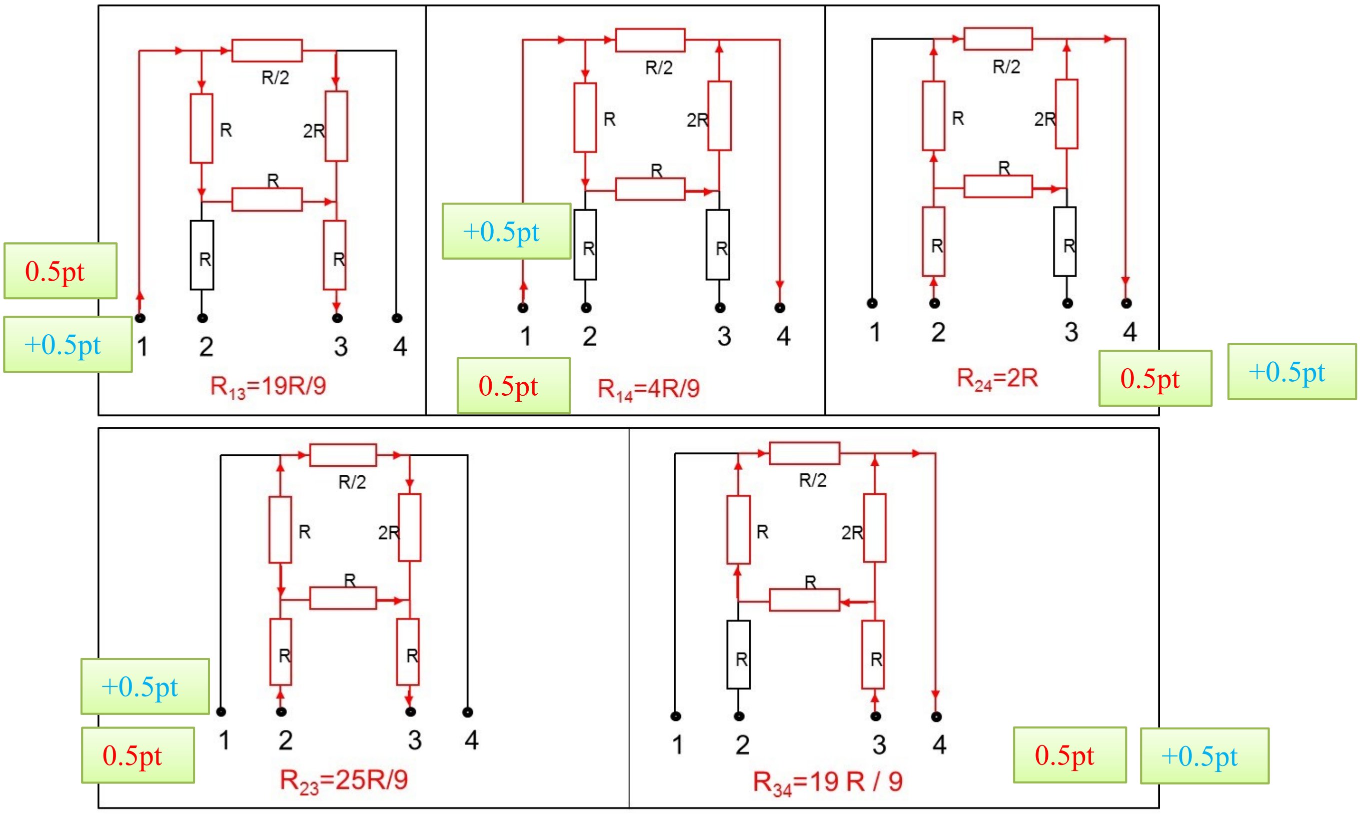

Figure 1

2° Déterminer la résistance équivalente $R_{12}$ entre les entrées *1* et *2* en fonction de *R*.

$$R_{12} = (\frac{R}{2} + 2R + R)//(R) + R = \frac{7R}{2}R/(\frac{7R}{2} + R) + R = \frac{7R^2}{9R} + R = \frac{16R}{9}$$

1pt

3° Déterminer de la même manière, les résistances $R_{13}$, $R_{14}$, $R_{23}$, $R_{24}$ et $R_{34}$ puis les classer par ordre croissant des valeurs.




*Classement :* $R_{14}=\frac{4R}{9}$ $\quad R_{12}=\frac{16R}{9}$ $\quad R_{13}=R_{34}=\frac{19R}{9}$ $\quad R_{24}=2R$ $\quad R_{23}=\frac{25\,R}{9}$

4° Quelles sont les deux bornes qui permettent d'obtenir la puissance maximale de chauffe ?

NB : Le recours à la transformation Kennelly **n'est pas nécessaire** dans cet exercice.

*On sait que P=UI avec U la tension aux bornes de la résistance équivalente $R_{ij}$.*

*Le générateur d'alimentation (supposons de fem E) est en série avec cette résistance. La loi des mailles donne : $E-R_{ij}I=0$ soit $E=R_{ij}I=U$. La tension aux bornes de la résistance étant constante $U=E=R_{ij}I$, on en déduit que P=E I est donc que la puissance est maximale si le courant I est maximal. Comme le produit $R_{ij}.I$ est une constante, le courant I est maximal si $R_{ij}$ est minimal. Conclusion : la puissance est maximale entre les bornes 1 et 4 ($R_{ij}=R_{14}$).* 1 pt -0.5pt

## Exercice 2 (8.5 points) (-1.5 points)

On demande à deux étudiants de proposer un schéma électrique du montage étudié lors d'une séance de travaux pratiques. Ce montage est composé d'un générateur de tension de *f.e.m* $\boldsymbol{E}=\boldsymbol{4V}$ supposé idéal, alimentant un circuit composé de trois résistances fixes $\boldsymbol{R_1}=4\Omega$, $\boldsymbol{R_2}=10\Omega$, $\boldsymbol{R_3}=6\Omega$ et d'une résistance variable $\boldsymbol{r}$. Les deux schémas proposés (*Fig. 2A et Fig. 2B*) sont donnés ci-dessous :

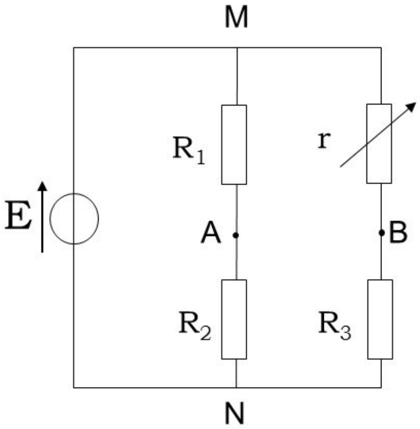



Fig. 2A

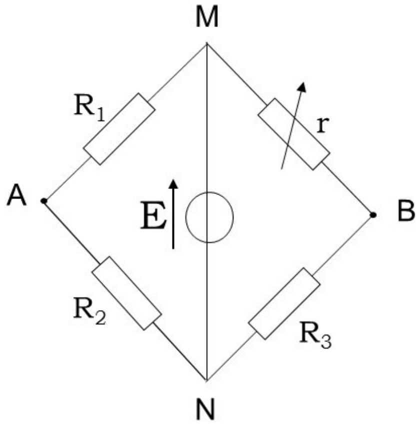



Fig. 2B

Question préliminaire : Ces deux schémas sont-ils équivalents ? Donner quelques éléments pour justifier votre réponse.

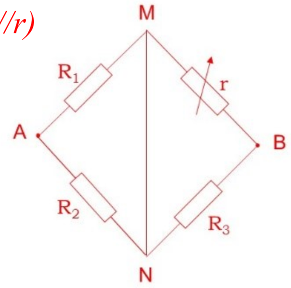
*Ces deux schémas sont équivalents. Les branches contenant $R_1$ en série avec $R_2$ et $R_3$ en série avec r sont identiques dans les deux schémas et le générateur E est en dérivation par rapport à ces deux branches et la borne + est orientée de façon identique.* 1,5 pts

On demande maintenant aux étudiants de relier les points A et B du circuit par un fil (de résistance nulle) et de déterminer la valeur du courant $I_{AB}$ circulant à travers ce fil en fonction de la résistance variable *r*. Pour ce faire, on propose de mettre en œuvre le théorème de Thévenin et de déterminer le générateur de tension équivalent au circuit entre les points *A* et *B* à vide.

1° Déterminer l'expression littérale de la résistance $R_{AB}$ équivalente au montage entre A et B en fonction de $r, R_1, R_2$ *et* $R_3$.

*Dans le circuit de la figure 2B rendu passif entre A et B on a : $(R_1//R_2)+(R_3//r)$*

*(M et N désignent le même nœud)*

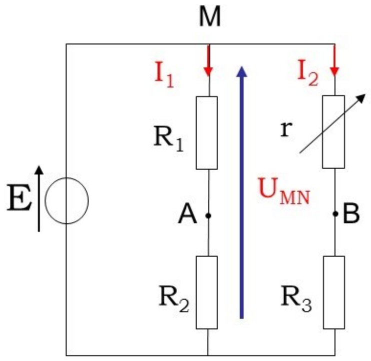



$$\boxed{R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} + \frac{R_3 r}{R_3+r}}$$

1 pts + 0.5 pts

2° Déterminer l'expression littérale de la tension $U_{AB}$ entre A et B en fonction de $r, R_1, R_2, R_3$ *et* $E$.

*On remarque que le générateur est idéal et que ses bornes sont connectées aux nœuds M et N, par conséquent $U_{MN}=E$. On appelle $I_1$ et $I_2$ les courants dans les deux branches (voire figure)*




*On peut écrire que la tension* $U_{MN} = (R_1+R_2)\, I_1 = (R_3+r)\, I_2 = E$

*D'où* $I_1 = \frac{E}{(R_1+R_2)}$ *et* $I_2 = \frac{E}{(R_3+r)}$

*On peut écrire la tension $U_{AB}$ comme :* $U_{AB} = U_{AM} + U_{MB}$ ou bien $U_{AB} = U_{AN} + U_{NB}$

Avec la première relation de Chasles :

$U_{AB} = U_{AM} + U_{MB} = -R_1 I_1 + r I_2 = -R_1 \frac{E}{(R_1+R_2)} + r \frac{E}{(R_3+r)}$

$$\boxed{U_{AB} = -\frac{R_1}{(R_1+R_2)} E + \frac{r}{(R_3+r)} E}$$

2 pts -1 pts

*PS: On obtient plus rapidement le même résultat, en utilisant le « pont diviseur »*

3° Quelles relations lient *($R_{AB}$, $U_{AB}$)* à *($R_{TH}$, $E_{TH}$)* ?

*$R_{Th}=R_{AB}$ et $E_{Th}=U_{AB}$* 0,5 pt

4° Comment choisir la résistance *r* (en fonction de $R_1, R_2$ *et* $R_3$) pour que la valeur de la tension $U_{AB}$ soit positive ?

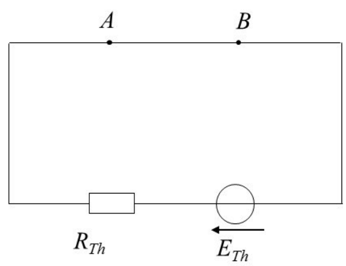
*La tension* $U_{AB} > 0$ *si* $-R_1 \frac{E}{(R_1+R_2)} + r \frac{E}{(R_3+r)} > 0 \Leftrightarrow \frac{r}{(R_3+r)} > \frac{R_1}{(R_1+R_2)} \Leftrightarrow r(R_1+R_2) > R_1 (R_3+r)$

$U_{AB} > 0$ *si* $r(R_1+R_2) - R_1 r > R_1 R_3 \Leftrightarrow r R_2 > R_1 R_3$ *càd* $\boxed{r > \frac{R_1 R_3}{R_2}}$ 1 pts -0.5 pts

5° Représenter schématiquement le générateur de Thévenin trouvé, puis relier les bornes A et B par un fil. En déduire l'expression littérale du courant $I_{AB}$ en fonction de $E_{TH}$ et $R_{TH}$ puis en fonction de $r, R_1, R_2, R_3$ *et* $E$.

1 pts -0.5 pts

$E_{Th} = R_{Th} \cdot I_{AB} \Rightarrow \boxed{I_{AB} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}}$




$$\boxed{I_{AB} = \frac{-\frac{R_1}{(R_1+R_2)} E + r \frac{r}{(R_3+r)} E}{\frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} + \frac{R_3 r}{R_3+r}}}$$

0,5 pts

6° Pour quelle valeur de $r$, le courant entre $A$ et $B$ s'annule-t-il ? Calculer $r$.

$$I_{AB} = 0 \iff \frac{-R_1\frac{E}{(R_1+R_2)}+r\frac{E}{(R_3+r)}}{\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}+\frac{R_3 r}{R_3+r}} = 0 \iff -R_1\frac{E}{(R_1+R_2)} + r\frac{E}{(R_3+r)} = 0 \iff \boxed{r = \frac{R_1R_3}{R_2} \Rightarrow r = \frac{24}{10} = 2{,}4\Omega}$$

7° On remplace dans le montage de la Figure *2A et 2B*, la résistance $R_3$ par une résistance inconnue X. On place un Ampèremètre entre A et B (l'Ampèremètre est équivalent à une très faible résistance que l'on négligera) et on modifie la valeur de la résistance $r$ jusqu'à ce que le courant $I_{AB}$ lu sur l'Ampèremètre soit nul. On trouve $r=22\Omega$. Quelle est alors la valeur de la résistance X ? Quel usage peut-on faire de ce montage ?

*On remplace dans la reation précédente $R_3$ par X, on obtient :* $r = \frac{R_1X}{R_2} \Rightarrow \boxed{X = \frac{rR_2}{R_1} = \frac{22\cdot 10}{4}\Omega = 55\Omega}$ 0,5 pts

*Ce montage réalise la fonction d'Ohmmètre (mesure de valeur de résistance)*

0,5 pts

**<u>Exercice</u> 3 (6 points) (+0 points)**

En considérant le montage de la Figure 3:

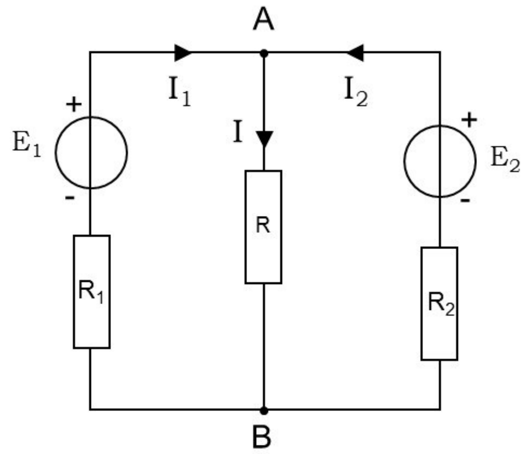
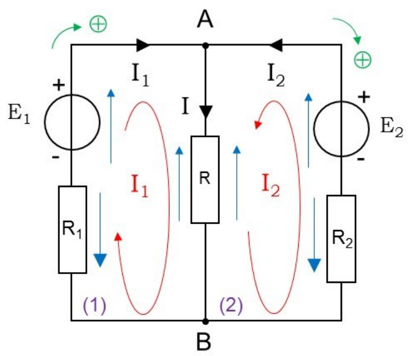


Figure 3

1°) Donner l'expression littérale des courants $I_1$, $I_2$ et $I$ qui circulent dans les différentes branches du circuit (**conserver le sens des courants** de la Figure 3) en fonction de $E_1$, $E_2$, $R_1$, $R_2$ et $R$. Pour ce faire, on mettra en œuvre la méthode des courants de maille.




0.5 pts

+0.5 pts

*Maille (1) :* $E_1 - RI_1 - R_1I_1 - RI_2 = 0 \iff E_1 - (R+R_1)\,I_1 - RI_2 = 0 \iff \boxed{(R+R_1)\,I_1 + RI_2 = E_1}$ 0.5 pts

*Maille (2) :* $-E_2 + RI_1 + RI_2 + R_2I_2 = 0 \iff E_2 = (R+R_2)\,I_2 + RI_1 = 0 \iff \boxed{RI_1 + (R+R_2)\,I_2 = E_2}$ 0.5 pts

+0.5 pts

*Par la méthode de combinaison, on multiplie l'équation de la maille (1) par –R et l'équ. de la maille (2) par (R+R₁) et on fait la somme. Il reste :*

$$-RRI_2 + (R+R_1)(R+R_2)\,I_2 = -RE_1 + E_2\,(R+R_1) \iff \boxed{I_2 = \frac{-RE_1 + E_2\,(R+R_1)}{R_1(R+R_2) + RR_2}}$$ 0,5 pts

*Par un calcul similaire on obtient pour $I_1$ :*

$$\boxed{I_1 = \frac{E_1(R+R_2) - E_2\,R}{R(R+R_1) + R_1R_2}}$$ 0,5 pts

*Pour le courant dans la branche MN :*

$$I = I_1 + I_2 = \frac{E_1(R+R_2) - E_2\,R - RE_1 + E_2\,(R+R_1)}{R(R+R_1) + R_1R_2} = \frac{R_2\,E_1 + R_1\,E_2}{R(R+R_1) + R_1R_2}$$ 0,5 pts

2°) Quelle condition sur le courant $I_1$ doit être respectée pour que le générateur de f.e.m $E_1$ fonctionne en dipôle actif ? Pour quelles valeurs de $E_1$, fonction de *$R$, $R_2$ et $E_2$*, cette condition est-elle respectée ?

*Le générateur $E_1$ fonctionne en dipôle actif si la flèche de tension à ses bornes et celle du courant qui le traverse, sont orientées dans le même sens. Dans le montage de la figure 3, si le sens indiqué pour $I_1$ est correct alors, d'après la convention de signe, la valeur du courant $I_1$ doit être positive.*

-0.5 pts

$$I_1 > 0 \Leftrightarrow \frac{E_1(R+R_2) - E_2\,R}{R(R+R_1)+R_1R_2} > 0 \quad \Leftrightarrow \quad E_1(R+R_2) - E_2\,R > 0 \quad \Leftrightarrow \quad \boxed{E_1 > \frac{E_2\,R}{(R+R_2)}}$$

1pt

0,5 pts

3°) On suppose que la f.e.m. $E_2$ du générateur 2 est constante et la f.e.m. du générateur 1 peut varier entre $E_{1min}$ et $E_{1max}$. La résistance $R$ étant fixée, trouver la valeur de $R_1$ telle que le courant débité par le générateur 2 soit nul, lorsque $E_1 = E_{1max}$.

Application numérique ($E_1$ varie entre 6 et 7V, $R$ = 100Ω , $E_2$ = 1,5V)

$$I_2 = 0 \Leftrightarrow \frac{-RE_{1max} + E_2\,(R+R_1)}{R(R+R_1)+R_1R_2} = 0 \Leftrightarrow -RE_{1max} + E_2\,(R+R_1) = 0 \Leftrightarrow \boxed{R_1 = R\left(\frac{E_{1max}}{E_2} - 1\right)}$$

1 pt

-0.5 pts

*A.N :*

$$\boxed{R_1 = 100\left(\frac{7}{1,5} - 1\right) = \frac{1100}{3}\,\Omega = 366,67\,\Omega}$$

0,5 pt

- FIN -