Chapitre 02 – Systèmes électriques en régime continu

Correction des travaux dirigés

<u>Exercice 01 : résistances équivalentes</u>

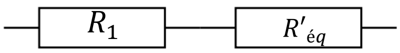
Exemple A :

$$R_{éq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10{,}0 \times 22{,}0}{10{,}0 + 22{,}0} = 6{,}88\ k\Omega$$

Exemple B :

$$R_{éq} = R_1 + R_2 = 10{,}0 + 4{,}70 = 14{,}7\ k\Omega$$

Exemple C :



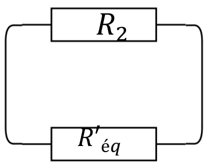
1ère étape : on cherche la résistance équivalente aux deux résistances R_1 en dérivation

$$R'_{éq} = \frac{R_1 \times R_1}{R_1 + R_1} = \frac{R_1}{2} = 5{,}00 k\Omega$$

2ème étape : on cherche la résistance équivalente à l'ensemble $R'_{éq}$ et R_1 en série

$$R_{éq} = R_1 + R'_{éq} = 15{,}0\ k\Omega$$

Exemple D :



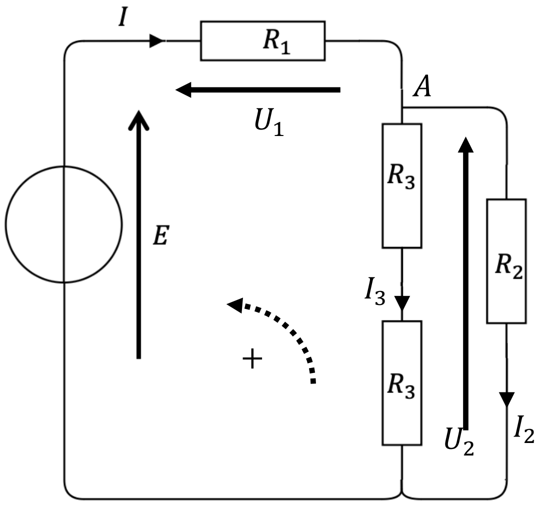
1ère étape : on cherche la résistance équivalente aux deux résistances R_1 en dérivation

$$R'_{éq} = \frac{R_1 \times R_1}{R_1 + R_1} = \frac{R_1}{2} = 5{,}00\ k\Omega$$

2ème étape : on cherche la résistance équivalente à l'ensemble $R'_{éq}$ et R_2 en dérivation

$$R_{éq} = \frac{R'_{éq} \times R_2}{R'_{éq} + R_2} = \frac{5{,}00 \times 22{,}0}{5{,}00 + 22{,}0} = 4{,}07\ k\Omega$$

Exercice 02 : lois de Kirchhoff et loi d'Ohm



1. Voir schéma
2. Valeur de la tension U_1, en volt :
   D'après la loi d'Ohm, en convention récepteur
$$U_1 = R_1 \times I$$
$$U_1 = 22{,}12 \times 10^3 \times 2{,}53 \times 10^{-3} = 55{,}96\,V$$
$$U_1 = 5{,}596 \times 10^1\ V$$
3. Loi des mailles :
$$-E + U_1 + U_2 = 0$$
$$\Leftrightarrow U_2 = E - U_1$$
$$\Leftrightarrow U_2 = 90{,}5 - 55{,}96 = 34{,}54\,V = 3{,}454 \times 10^1\ V$$
4. Valeur de l'intensité I_2 :
   D'après la loi d'Ohm, en convention récepteur
$$U_2 = R_2 \times I_2 \Leftrightarrow I_2 = \frac{U_2}{R_2}\ donc\ I_2 = \frac{34{,}54}{30{,}51 \times 10^3}$$
$$I_2 = 1{,}095 \times 10^{-3}\ A$$

5. Valeur de la résistance R_3 :

Loi des nœuds en A :
$$I = I_3 + I_2$$
$$\Leftrightarrow I_3 = I - I_2 = 2{,}53 \times 10^{-3} - 1{,}095 \times 10^{-3} = 1{,}435 \times 10^{-3}\ A$$
D'après la loi d'Ohm :
$$U_2 = (2 \times R_3) \times I_3$$
$$\Leftrightarrow R_3 = \frac{U_2}{2 \times I_3} = \frac{3{,}454 \times 10^1}{2 \times 1{,}435 \times 10^{-3}} = 1{,}203 \times 10^4\,\Omega = 1{,}203 \times 10^1\,k\Omega$$

<u>Exercice 03 : carte de contrôle de luminosité (inspiré du sujet SNIR 2016)</u>

1. Par un pont diviseur de tension, on obtient :

$$\boldsymbol{v_e = \frac{R_1}{R_1 + R_{LDR}} \times V_{CC}}$$

2. Détermination de la valeur de R_1 :

$$\frac{v_e}{V_{CC}} = \frac{R_1}{R_1 + R_{LDR}} \quad \Rightarrow \quad (R_1 + R_{LDR})\,\frac{v_e}{V_{CC}} = R_1$$

$$R_1 = R_1\frac{v_e}{V_{CC}} + R_{LDR}\frac{v_e}{V_{CC}} \quad \Rightarrow \quad R_1 - R_1\frac{v_e}{V_{CC}} = R_{LDR}\frac{v_e}{V_{CC}} \quad \Rightarrow \quad R_1(1 - \frac{v_e}{V_{CC}}) = R_{LDR}\frac{v_e}{V_{CC}}$$

Donc :

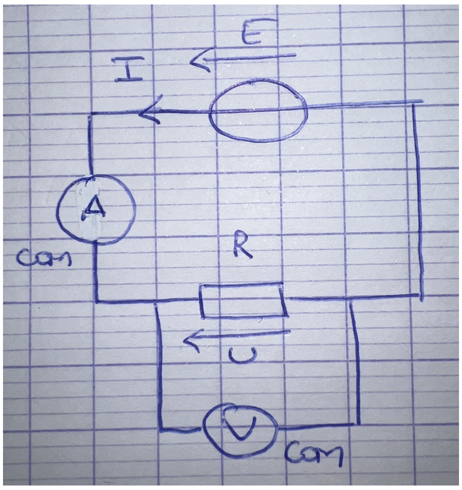
$$R_1 = \frac{R_{LDR}\frac{v_e}{V_{CC}}}{1 - \frac{v_e}{V_{CC}}} \quad donc \;\; \boldsymbol{R_1 = \frac{R_{LDR} \times v_e}{V_{CC} - v_e}}$$

3. On lit : $\boldsymbol{v_e = 1,6V}$ et $\boldsymbol{R_{LDR} = 20k\Omega}$.

4. Valeur de R_1 :

$$R_1 = \frac{20 \times 10^3 \times 1{,}6}{5{,}0 - 1{,}6} = \boldsymbol{9,41\ k\Omega}$$

Exercice 04 :



1. Nombre d'électrons, noté N, qu'est capable de délivrer cette batterie :

$$N = \frac{C}{|q_{electron}|} = \frac{4352 \times 10^{-3} \times 3600}{1{,}60 \times 10^{-19}}$$
$$= \mathbf{9{,}79 \times 10^{22}} \ \boldsymbol{électrons}$$

2. Schéma électrique du montage : voir ci-contre

3. Valeur de l'intensité électrique, notée I, que délivre cette batterie :

$$P = 70{,}0 + 400 + 900 = 1{,}370 \ W$$

Or :

$$P = U \times I \Leftrightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{1{,}370}{4{,}35} = \mathbf{3{,}15 \times 10^{2}} \ \boldsymbol{mA}$$

4. Valeur de la résistance électrique R :

D'après la loi d'Ohm, en convention récepteur :

$$U = R \times I \Leftrightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{4{,}35}{0{,}315} = \mathbf{1{,}381 \times 10^{1}} \ \boldsymbol{\Omega}$$

5. Valeur de de l'autonomie de cette batterie :

$$C = I \times \Delta t \Leftrightarrow \Delta t = \frac{C}{I} = \frac{4352}{3{,}15 \times 10^{2}} = 13{,}82 \ h \ soit \ \boldsymbol{13h49min}$$

6. On pose un produit en croix :

$$1{,}370 \ W \Leftrightarrow 57\%$$
$$P_{tot} \quad \Leftrightarrow 100\%$$

Donc $P_{tot} = \frac{1{,}370}{0{,}57} = 2{,}40 \ W$. Alors : $\frac{P_{tot}}{U} = \frac{2{,}40}{4{,}35} = 5{,}52 \times 10^{2} \ mA$

$$\Delta t = \frac{C}{I} = \frac{4352}{5{,}52 \times 10^{2}} = 7{,}88 \ h \ soit \ \boldsymbol{7h53min}$$

7. Valeur de la résistance interne R_{th} de cette batterie :

La résistance interne correspond à la valeur absolue du coefficient directeur de la droite.

$$R_{th} = \left|\frac{4{,}35 - 4{,}2}{0 - 0{,}425}\right| = \mathbf{0{,}35} \ \boldsymbol{\Omega}$$

Valeur de la tension à vide E_{th} :

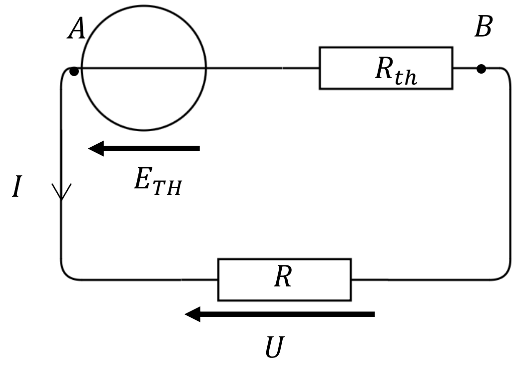
Cela correspond à l'ordonnée à l'origine de la droite.

$$\boldsymbol{E_{th}} = \mathbf{4{,}35} \boldsymbol{V}$$

8. L'équation de la droite est :

$$U = E_{TH} - R_{th} \times I \ donc \ \boldsymbol{U} = \mathbf{4{,}35 - 0{,}35} \times \boldsymbol{I}$$

9. Schéma électrique du montage illustrant la connexion de la batterie réelle à aux interfaces réseaux :



10. On reconnait un pont diviseur de tension :

$$\boldsymbol{U = \frac{R}{R_{th} + R} \times E_{TH}}$$

11. Valeur de la tension U :

$$U = \frac{R}{R_{th} + R} \times E_{TH} = \frac{13{,}81}{0{,}35 + 13{,}81} \times 4{,}35 \; donc \; \boldsymbol{U = 4{,}242\ V}$$

12. On sait que :

$$P = U \times I \Leftrightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{1{,}370}{4{,}242} = \boldsymbol{3{,}23 \times 10^2\ mA}$$

13. Valeur de l'autonomie de cette batterie :

$$\Delta t = \frac{C}{I} = \frac{4352}{3{,}23 \times 10^2} = 13{,}47\ h \; soit \; \boldsymbol{13h28min}$$

14. Après plusieurs cycles de charge/décharge, la résistance interne R_{th} de la batterie augmente ce qui entraine la diminution de la tension U délivrée par cette batterie car $U = \frac{R}{R_{th}+R} \times E_{TH}$.

Si la tension fournie U diminue, alors $I = \frac{P}{U}$ augmente donc **l'autonomie $\boldsymbol{\Delta t = \frac{C}{I}}$ diminue.**

Si la résistance interne R_{th} de la batterie augmente, les pertes par effet Joule au sein de la batterie augmente : $P_{joule} = R_{th} \times I^2$.

Exercice 05 : « Monsieur, je peux charger mon téléphone ? »

On détermine l'énergie électrique à fournir à une batterie :

$$\Delta E_{batterie} = P \times \Delta t = U \times I \times \Delta t = U \times C \; donc \; \Delta E_{batterie} = 4{,}35 \;\times 4{,}500 = 19{,}6 \; Wh$$

Pour tous les apprenants en une journée :

$$\Delta E_{batteries} = \Delta E_{batterie} \times 1500$$

Sur 30 semaines, à raison de cinq jours par semaine :

$$\Delta E_{30semaines} = \Delta E_{batteries} \times 30 \times 5 = \Delta E_{batterie} \times 1500 \times 30 \times 5 = 4{,}41 \; MWh$$

Cela donne un coût pour le lycée :

$$4{,}41 \times 370 = \mathbf{1632€}$$

Exercice 06 : concentration de dihydrogène dans l'air (SNEC 2021)

1. Le seuil de dégazage anormal des batteries est :

$$\begin{array}{l} 10\,000 ppm \Leftrightarrow 1\% \\ S_H \qquad \Leftrightarrow 0{,}4\% \end{array}$$

Donc :

$$\boldsymbol{S_H = 4000 \; ppm}$$

2. En régime permanent, on lit $\boldsymbol{I_H = 42 \; mA}$**.**
3. La résistance R_H est en **convention récepteur**.
4. Valeur de la puissance P_H reçue par la résistance R_H :

$$P_H = \; V_H \times I_H = 5 \times 42 \times 10^{-3} = \mathbf{2{,}10 \times 10^{-1}} \; \boldsymbol{W}$$

5. Valeur de l'énergie thermique dissipée :

$$\Delta E = P \times \Delta t = 0{,}2 \times 10 \times 60 = \mathbf{120} \; \boldsymbol{J}$$

6. On utilise la loi d'Ohm en convention récepteur :

$$V_H = \; R_H \times I_H \Leftrightarrow R_H = \frac{V_H}{I_H} \Leftrightarrow R_H = \frac{5}{42 \times 10^{-3}} = 119 \; \Omega \text{ soit } \mathbf{1{,}19 \times 10^2 \; \Omega}$$

7. On reconnait un pont diviseur de tension :

$$\boldsymbol{V_{RL} = \frac{R_L}{R_S + R_L} \times V_C}$$

8. On lit $\boldsymbol{\frac{R_S}{R_L} = 0{,}3}$
9. Valeur de la tension de seuil :

$$V_{RL\_seuil} = \frac{R_L}{R_S + R_L} \times V_C = \frac{1}{\frac{R_S}{R_L} + 1} \times V_C \qquad donc \qquad V_{RL\_seuil} = \frac{1}{0{,}3 + 1} \times 5 = \boldsymbol{3{,}85 \; V}$$

<u>Exercice 07 : Autonomie de la flamme d'un avion (SNIR 2019)</u>

1. Pour le modem Sigfox :

$$P = U \times I \quad donc \quad P = 3 \times 5 \times 10^{-9} = 15{,}0 \times 10^{-9}\, W = \mathbf{15{,}0\, nW}$$

Pour le capteur d'humidité :

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad donc \quad P = \frac{6{,}6 \times 10^{-4}}{10} = 6{,}60 \times 10^{-5}\, W = \mathbf{66\, \mu W}$$

2. Calcul de l'énergie totale E_1 consommée, pendant 10 minutes (pour un message) :

$$E_1 = 0{,}23 + 8{,}7 \times 10^{-2} + 0{,}6 + 8{,}91 \times 10^{-6} + 0{,}375 + 1{,}5 \times 10^{-2} + 6{,}6 \times 10^{-4} + 2 \times 10^{-3}$$

$$\boldsymbol{E_1 = 1{,}3\, J}$$

3. Calcul de l'énergie E_2 consommée par la flamme pendant un jour :

$$E_2 = 140 \times E_1 = \mathbf{182\, J}$$

4. Calcul du nombre de jours N de fonctionnement de la flamme :

Les deux piles peuvent fournir l'énergie suivante :

$$E_{pile} = U \times C \quad donc \quad E_{piles} = 2 \times U \times C = 2 \times 1{,}5 \times 64800 = 1{,}944 \times 10^5 J$$

Donc :

$$N = \frac{E_{piles}}{E_2} = \frac{1{,}944 \times 10^5}{182} = \mathbf{1068\, jours}$$

Les exigences sur l'autonomie sont respectées car $\mathbf{1068\, jours}$ est plus important que deux ans ($\mathbf{730\, jours}$)

<u>Exercice 08 :</u>

1. Sur une journée, l'énergie totale consommée par les composants est égale à :

$$\Delta E_{consommée} = 2{,}5 \times 4 + 1{,}2 \times 2 + 0{,}8 \times 5 + 0{,}5 \times 1 = 16{,}9\, Wh$$

La batterie est susceptible de fournir l'énergie suivante :

$$\Delta E = C \times U = 4000 \times 10^{-3} \times 3{,}7 = 14{,}8\, Wh$$

La durée d'utilisation totale est donc :

$$\Delta E = \frac{14{,}8}{16{,}9} = 0{,}876\, jours\ soit\ environ\ 21\ h$$

Ainsi, avec une utilisation moyenne des composants, la batterie du smartphone durerait environ 21 heures avant d'être complètement déchargée.

2. Le cahier des charges est validé.