Électronique
Chapitre 1

Correction – TD – Circuits électriques

Remarque : exercice avec $\star$: exercice particulièrement important, à maîtriser en priorité (de même que les exemples de questions de cours des “ce qu'il faut savoir faire”) | [$\bullet \circ \circ$] : difficulté des exercices

I Vrai-faux/questions courtes

1 - La relation $R_{\text{éq}} = \frac{R_1R_2R_3}{R_1+R_2+R_3}$ n'est même pas homogène !

Pour trois résistances, on a $\dfrac{1}{R_{\text{éq}}} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3}$.

Donc $\dfrac{1}{R_{\text{éq}}} = \dfrac{R_2R_3}{R_1R_2R_3} + \dfrac{R_1R_3}{R_1R_2R_3} + \dfrac{R_1R_2}{R_1R_2R_3}$, d'où $R_{\text{éq}} = \dfrac{R_1R_2R_3}{R_2R_3+R_1R_3+R_1R_2}$ (et cette fois-ci c'est bien homogène).

II Associations de résistances

1 - R_2 et R_3 sont en parallèles et forment une résistance équivalente $R_{\text{éq1}} = \dfrac{R_2R_3}{R_2+R_3}$.

Puis R_1 et $R_{\text{éq1}}$ sont en série et forment une résistance équivalente totale

$$\boxed{R_{\text{éq}} = R_1 + R_{\text{éq1}} = R_1 + \frac{R_2R_3}{R_2+R_3}.}$$

2 - R_2, R_3 et R_4 sont en série, donc équivalentes à une résistance $R_{\text{éq1}} = R_2 + R_3 + R_4$.

Puis R_1 et $R_{\text{éq1}}$ sont en parallèle et forment une résistance équivalente totale

$$\boxed{R_{\text{éq}} = \frac{R_1R_{\text{éq1}}}{R_1+R_{\text{éq1}}} = \frac{R_1(R_2+R_3+R_4)}{R_1+R_2+R_3+R_4}.}$$

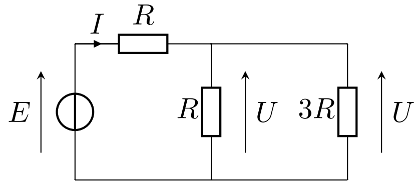
3 - Trois résistances en parallèle, voir exercice I :

$$\boxed{R_{\text{éq}} = \frac{R_1R_2R_3}{R_2R_3+R_1R_3+R_1R_2}.}$$

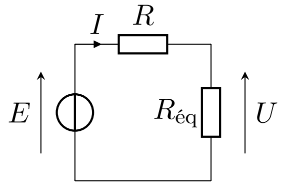
4 - On ne peut pas décrire le dipôle AB par une résistance équivalente, puisqu'il y a un condensateur !

III Circuit à deux mailles

1 - On voit déjà que U est la tension aux bornes des deux résistances de droite, car elles sont en parallèle :



On peut regrouper ces deux résistances et encore avoir la tension U :



Avec $R_{\text{éq}} = \dfrac{R \times 3R}{R + 3R} = \dfrac{3R}{4}$.

On est alors dans une situation de diviseur de tension :

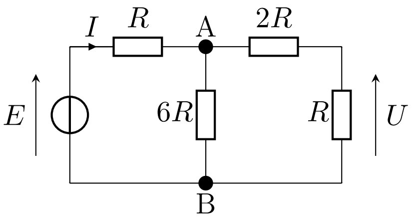
$$U = E \times \frac{R_{\text{éq}}}{R_{\text{éq}} + R} = E \times \frac{\frac{3R}{4}}{\dfrac{3R}{4} + R} = E \times \frac{\dfrac{3R}{4}}{\dfrac{7R}{4}} = E \times \frac{3}{7},$$

soit donc $\boxed{U = \dfrac{3E}{7} = 1{,}29\,\text{V}.}$

⋆ Pour le courant I : on peut utiliser le tout dernier schéma, car on a

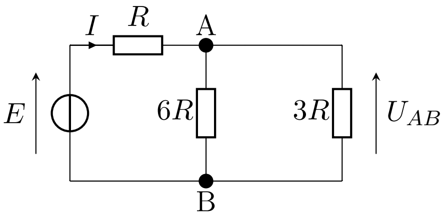
$$I = \frac{U}{R_{\text{éq}}} = \frac{\dfrac{3E}{7}}{\dfrac{3R}{4}}, \quad \text{soit} \quad \boxed{I = \frac{4E}{7R} = 1{,}14\,\text{mA}.}$$

2 - Le circuit de départ :



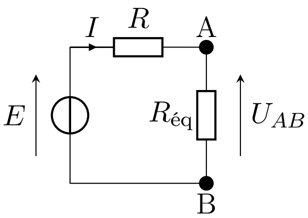
⋆ On calcule d'abord la résistance équivalente entre A et B :

On regroupe d'abord R et $2R$:



Attention : en faisant ceci, on a perdu la tension U. Elle est "noyée" dans la résistance équivalente et ce schéma ne peut plus permettre de la trouver. Il faudra à la fin retourner au schéma de départ du circuit.

Ensuite on regroupe $6R$ et $3R$ qui sont en parallèles :

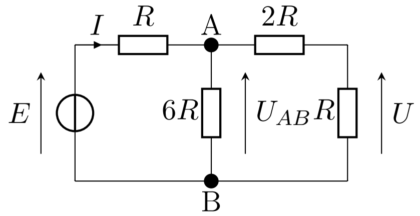


Avec $R_{\text{éq}} = \dfrac{6R \times 3R}{6R + 3R} = 2R$.

Il faut voir qu'on a toujours les points A et B, et donc toujours la tension U_{AB}. On la détermine avec un diviseur de tension (possible car les deux résistances restantes sont en série) :

$$U_{AB} = E \times \frac{R_{\text{éq}}}{R_{\text{éq}} + R} = E \times \frac{2R}{2R + R} = \frac{2E}{3}.$$

⋆ Pour trouver U, on doit revenir au schéma de départ, sachant que maintenant on connait l'expression de U_{AB} :



$2R$ et R tout à droite sont en série donc on peut appliquer un diviseur de tension. La tension totale est U_{AB}. Donc :

$$U = U_{AB} \times \frac{R}{R+2R} = U_{AB} \times 13\frac{2E}{3} \times 13, \quad \text{soit} \quad \boxed{U = \frac{2E}{9} = 0{,}67\,\mathrm{V}.}$$

$\star$ Pour le courant I : notons U_1 la tension dans la résistance la plus à droite, en convention récepteur.

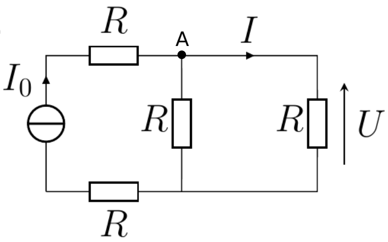
On a donc $I = \dfrac{U_1}{R}$, mais il faut trouver U_1.

On fait une loi des mailles dans la grande maile : $E - U_1 - U_{AB} = 0$, donc $U_1 = E - U_{AB} = E - \dfrac{2E}{3} = \dfrac{E}{3}$.

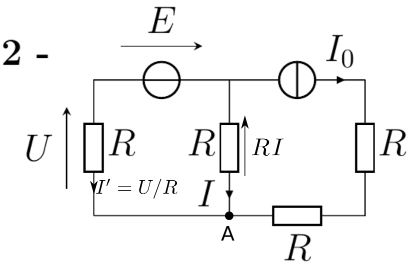
On a donc $\boxed{I = \dfrac{E}{3R} = 0{,}67\,\mathrm{mA}.}$

IV Circuits simples

1 -



2 -



1 - Indice : faire un diviseur de courant sur le nœud en A

$I = I_0 \times \dfrac{R}{R+R} = \dfrac{I_0}{2}$.

Ensuite on en déduit U avec la loi d'Ohm : $U = RI = \dfrac{RI_0}{2}$.

2 - Indice : utiliser la petite maille de gauche. Puis loi des nœuds sur le nœud du bas.

Correction :

Petite maille de gauche : $U + E = RI$

Et loi des nœud en bas : $I + I_0 + U/R = 0$.

On a alors deux équations pour deux inconnues (U et I). Dans la première on isole $U = RI - E$, on injecte dans la seconde :

$$I + I_0 + \frac{RI - E}{R} = 0$$

$$2I = \frac{E}{R} - I_0$$

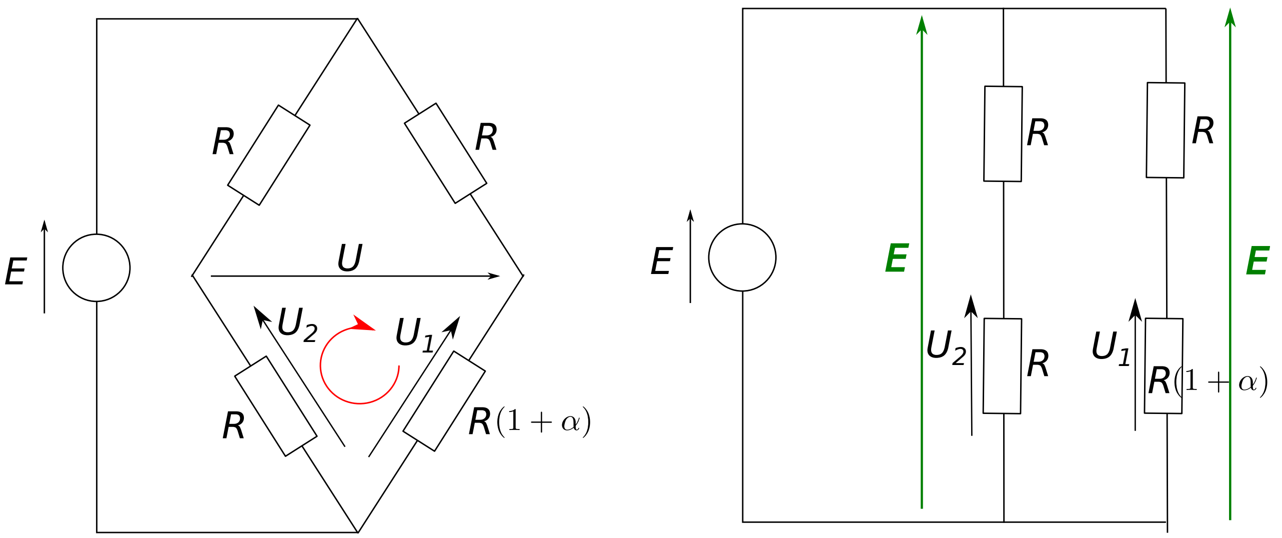
$$\boxed{I = \frac{E}{2R} - \frac{I_0}{2}.}$$

Et donc $U = RI - E = \dfrac{E}{2} - \dfrac{RI_0}{2} - E$ soit $\boxed{U = -\dfrac{E}{2} - \dfrac{RI_0}{2}.}$

V Capteur

Loi des mailles dans la boucle 1 : $U - U_1 + U_2 = 0$, donc $U = U_1 - U_2$.
Il faut ensuite obtenir U_1 et U_2. On utilise un diviseur de tension pour chacun (ci-dessous à droite on a refait le schéma du circuit un peu différemment pour mieux voir comment faire les diviseurs). La grande tension est E dans les deux cas. On peut bien appliquer un diviseur de tension car les résistances sont deux à deux en série.

- $U_1 = E \times \dfrac{R(1+\alpha)}{R + R(1+\alpha)} = E \times \dfrac{1+\alpha}{2+\alpha}$
- $U_1 = E \times \dfrac{R}{R+R} = \dfrac{E}{2}$.



On a donc $U = U_1 - U_2 = E \times \dfrac{1+\alpha}{2+\alpha} - \dfrac{E}{2}$, soit $\boxed{U = E\dfrac{2(1+\alpha)-(2+\alpha)}{2(2+\alpha)} = E\dfrac{\alpha}{2(2+\alpha)}}$.

VI Circuits simples avec interrupteurs

1 - ⋆ Tous les courants à travers des interrupteurs ouverts sont nuls : $i_1 = 0$ et $i_2 = 0$.

⋆ Loi des nœuds : $i_3 = i_1 - i_2 = 0$.

⋆ $u_R = Ri_1 = 0$.

⋆ $u_3 = 0$ car interrupteur fermé.

⋆ Loi des mailles dans la petite boucle de droite : $u_2 - u_3 = 0$ donc $u_2 = 0$.

⋆ Loi des mailles dans la grande maille : $E - u_1 - u_R - u_3 = 0$, donc $u_1 = E$.

Donc attention : pour un interrupteur ouvert, $i = 0$, mais la tension à ses bornes n'est pas forcément nulle.

2 - ⋆ Tous les courants à travers des interrupteurs ouverts sont nuls : $i_2 = 0$.

⋆ $u_1 = 0$ et $u_3 = 0$ car interrupteur fermé.

⋆ Loi des mailles dans la petite boucle de droite : $u_2 - u_3 = 0$ donc $u_2 = 0$.

⋆ Loi des mailles dans la grande maille : $E - u_1 - u_R - u_3 = 0$, donc $u_R = E$.

⋆ $i_1 = u_R/R = E/R$.

⋆ Loi des nœuds : $i_3 = i_1$.

VII Puissance et énergie

1 - Appareils en dérivation donc chacun sous une tension de 220 V (valeur efficace).

Courant dans la bouilloire : $I_1 = \dfrac{1300\,\mathrm{W}}{220\,\mathrm{V}} = 5{,}91\,\mathrm{A}$.

Courant dans le grille pain : $I_2 = \dfrac{1100\,\mathrm{W}}{220\,\mathrm{V}} = 5{,}00\,\mathrm{A}$.

Courant total : 10,91 A, ce qui fait sauter le fusible.

VIII Pont de Wheastone

1 - Loi des mailles : $U_{AC} - U_1 + U_3 = 0$, donc $U_{AC} = U_1 - U_3$.

Diviseur de tension : $U_1 = E\dfrac{R_1}{R_1 + R}$.

Diviseur de tension : $U_3 = E\dfrac{R_3}{R_3 + R_2}$.

Donc $U_{AC} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad U_1 = U_3$

$$\Leftrightarrow \quad E\frac{R_1}{R_1 + R} = E\frac{R_3}{R_3 + R_2}$$

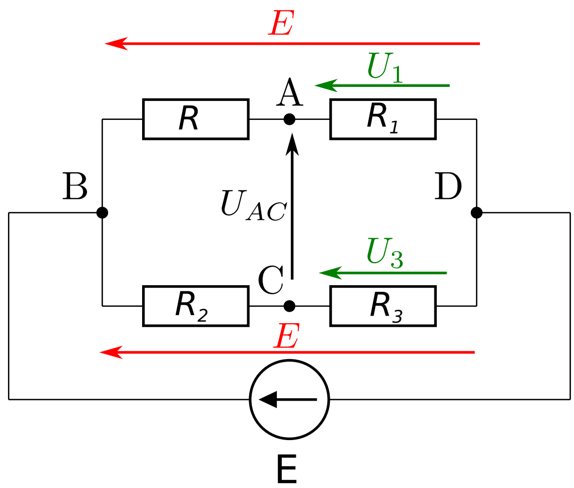
$$\Leftrightarrow \quad R_1(R_3 + R_2) = R_3(R_1 + R)$$

$$\Leftrightarrow \quad R_1R_3 + R_1R_2 = R_3R_1 + R_3R$$

$$\Leftrightarrow \quad \boxed{R_1R_2 = R_3R.}$$

2 - Il faut utiliser un voltmètre, à brancher entre A et C. Remarque : le courant qui passe dans le voltmètre est négligeable car il est équivalent à une résistance très grande ; ceci ne perturbe donc pas le circuit, on peut encore faire un diviseur de tension.

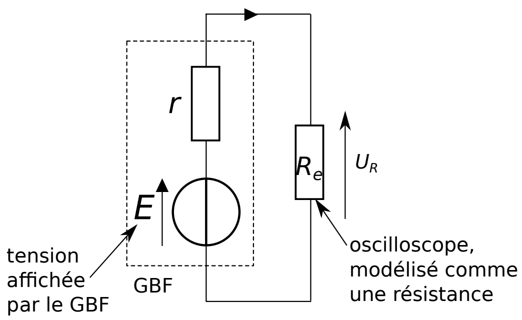
3 - $R = \dfrac{R_1R_2}{R_3} = 875\,\Omega$.

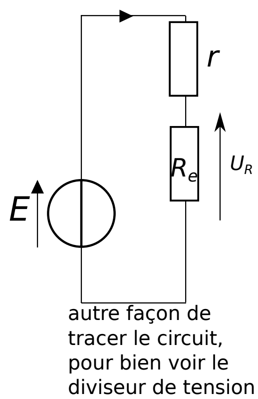


IX Résistance d'entrée d'un oscilloscope

Cf schéma ci-contre. L'oscilloscope mesure la tension $U_R = E\dfrac{R_e}{R_e + r} = E\dfrac{10^6}{10^6 + 50} = 0{,}99995\,E$.

C'est très proche de E, et heureusement.

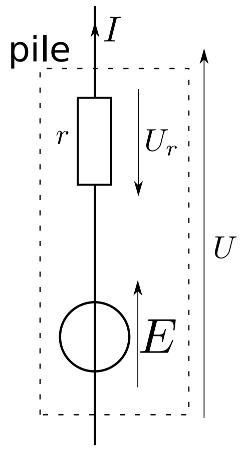




X Modèle de pile

On mesure une tension de 3,0 V aux bornes d'une pile qui débite un courant de 0,10 A. La tension de la même pile tombe à 2,2 V lorsque l'intensité délivrée est de 0,20 A.

1 - La pile est modélisée par une fem E idéale en série avec une résistance interne r (cf ci-contre).



La pile délivre donc une tension $U = E - U_r = E - rI$.
Ici on dispose de deux mesures : pour $U_1 = 3\,\mathrm{V}$ le courant est $I_1 = 0{,}1\,\mathrm{A}$, et pour $U_2 = 2{,}2\,\mathrm{V}$ on mesure $I_2 = 0{,}2\,\mathrm{A}$.
On a donc le système suivant :

$$\begin{cases} U_1 = E - rI_1 \\ U_2 = E - rI_2 \end{cases}$$

Les deux inconnues sont E et r.
Si on soustrait les deux équations, on obtient :

$$U_1 - U_2 = -rI_1 + rI_2 = r(I_2 - I_1), \quad \text{d'où} \quad \boxed{r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = 8{,}0\,\Omega.}$$

Si on injecte cette expression de r dans la première équation, on peut isoler E :

$$U_1 = E - \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}\,I_1, \quad \text{d'où} \quad E = U_1 + \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}\,I_1 \quad \text{soit} \quad \boxed{E = \frac{U_1 I_2 - U_2 I_1}{I_2 - I_1} = 3{,}8\,\mathrm{V}.}$$

2 - Pour $U = 3{,}0\,\mathrm{V}$ on sait que la pile débite $0{,}10\,\mathrm{A}$. Donc elle fournit au reste du circuit une puissance

$$\boxed{\mathcal{P}_{\text{fournie circuit}} = U \times I = 0{,}30\,\mathrm{W}.}$$

La puissance perdue dans la pile est celle dissipée par la résistance par effet Joule :

$$\boxed{\mathcal{P}_{\text{perdue}} = U_r \times I = rI \times I = 0{,}08\,\mathrm{W}.}$$

Remarque : La fem de la pile produit une puissance

$$\mathcal{P}_{\text{fem}} = E \times I = 0{,}38\,\mathrm{W}.$$

Cette puissance est d'une part fournie au circuit, d'autre part dissipée par effet Joule : on a bien

$$\mathcal{P}_{\text{fem}} = \mathcal{P}_{\text{fournie circuit}} + \mathcal{P}_{\text{perdue}}.$$