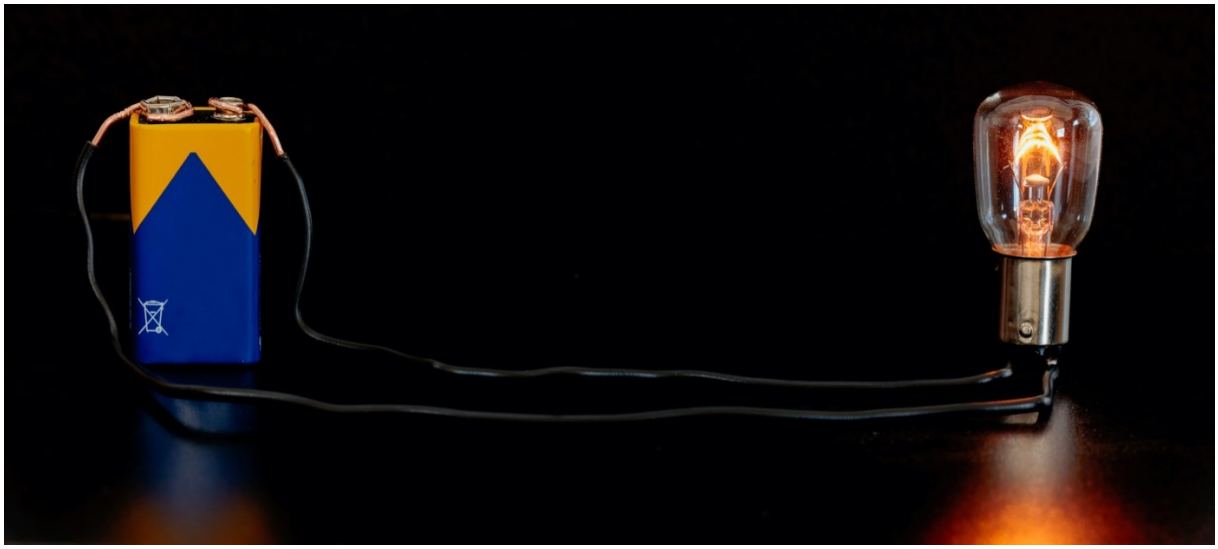
5.

Générateurs et récepteurs



© Henri Weyer

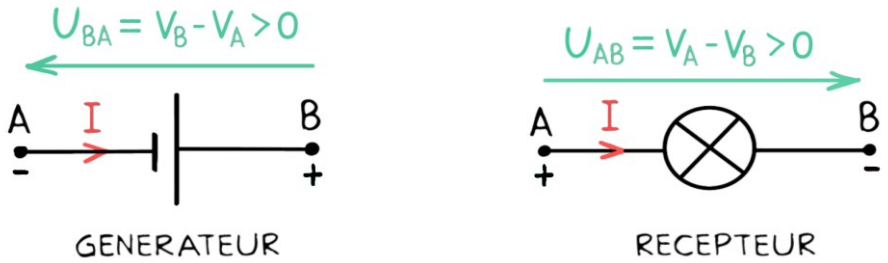
Sommaire

1. Rappels 1
   1.1 Conventions pour les circuits électriques 1
   1.2 Puissance électrique 1
   1.3 Résistance électrique 1
   1.4 Lois des circuits 2
2. Lois de Kirchhoff 3
   2.1 Première loi de Kirchhoff (Loi des nœuds) 3
   2.2 Deuxième loi de Kirchhoff (Loi des mailles) 3
3. Récepteurs 5
   3.1 Conducteur ohmique 5
      3.1.1 Loi d'Ohm 5
      3.1.2 Caractéristique $I = f(U)$ d'un conducteur ohmique 5
      3.1.3 Puissance dissipée par effet Joule 6
   3.2 Conducteur non linéaire 7
      3.2.1 Représentation graphique $I = f(U)$ d'une lampe à incandescence 7
      3.2.2 Résistance statique et résistance dynamique 7
4. Générateurs 9
   4.1 Caractéristique $U = f(I)$ d'une pile 9
   4.2 Loi d'Ohm pour un générateur 10
   4.3 Bilan énergétique 10
   4.4 Rendement d'un générateur 11
   4.5 Représentation d'un générateur non idéal 11
5. Détermination du point de fonctionnement d'un circuit simple 12
   5.1 Résolution numérique 12
   5.2 Résolution graphique 12
6. Pour en savoir plus 13
7. Exercices 14

1. Rappels

1.1 Conventions pour les circuits électriques

- L'**intensité du courant électrique** est indiquée, dans un circuit électrique, à l'aide d'une flèche qui pointe du pôle positif du générateur vers le pôle négatif du générateur (sens conventionnel du courant électrique). À travers un générateur, le courant électrique circule du pôle négatif vers le positif.
- La **tension électrique** positive entre deux points d'un circuit électrique est indiquée à l'aide d'une flèche qui pointe du potentiel plus élevé vers le potentiel moins élevé.



1.2 Puissance électrique

La puissance électrique nous renseigne sur la « vitesse » des transformations énergétiques qui ont lieu dans un circuit électrique.

La **puissance électrique** d'un dipôle est égale à l'énergie électrique qu'il fournit/reçoit par unité de temps :

$$\mathcal{P}_{\text{el}} = \frac{\Delta E_{\text{el}}}{\Delta t}$$

En notant U la tension positive aux bornes d'un dipôle, la puissance électrique s'écrit :

$$\mathcal{P}_{\text{el}} = U \cdot I$$

1.3 Résistance électrique

La résistance électrique est la propriété des matériaux à s'opposer au passage du courant électrique.

La résistance R d'un conducteur est le quotient de la tension U appliquée entre ses bornes par l'intensité I du courant qui le traverse :

$$R = \frac{U}{I}$$

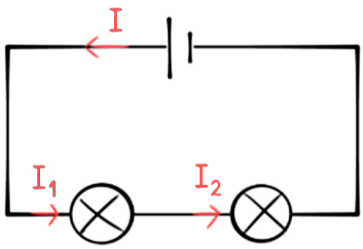
Unité SI : $[R] = \left[\frac{U}{I}\right] = 1\ \frac{\text{V}}{\text{A}} = 1\ \Omega$ (ohm)

En transformant la formule ci-dessus, on obtient pour l'intensité du courant à travers le conducteur :

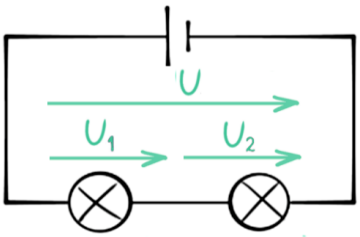
$$I = \frac{U}{R}$$

1.4 Lois des circuits

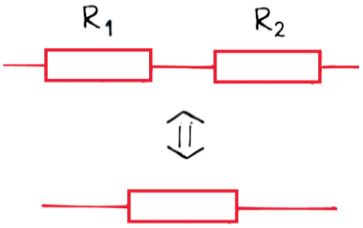
Circuit série :



$I = I_1 = I_2$

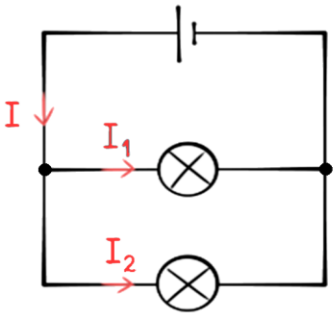


$U = U_1 + U_2$

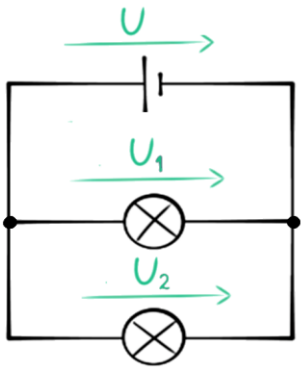


$R = R_1 + R_2$

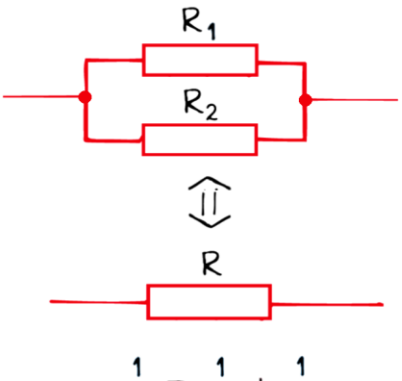
Circuit parallèle :



$I = I_1 + I_2$



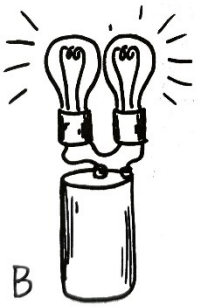
$U = U_1 = U_2$



$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

As-tu-compris ?

1. On dispose de deux lampes identiques. On branche d'abord une seule lampe, et ensuite les deux lampes en série à une même pile de tension supposée fixe.



a. Dans le circuit avec les deux lampes…

A. l'intensité du courant est plus petite.
B. l'intensité du courant est plus grande.
C. l'intensité du courant reste identique.
D. la tension aux bornes de la pile est plus petite.

Justifier.

b. Dans quel circuit est transformée le plus de puissance électrique ?

A. A
B. B
C. Identique pour les deux circuits

Justifier.

c. Quelles seraient les réponses aux questions précédentes si les deux lampes étaient branchées en parallèle ?

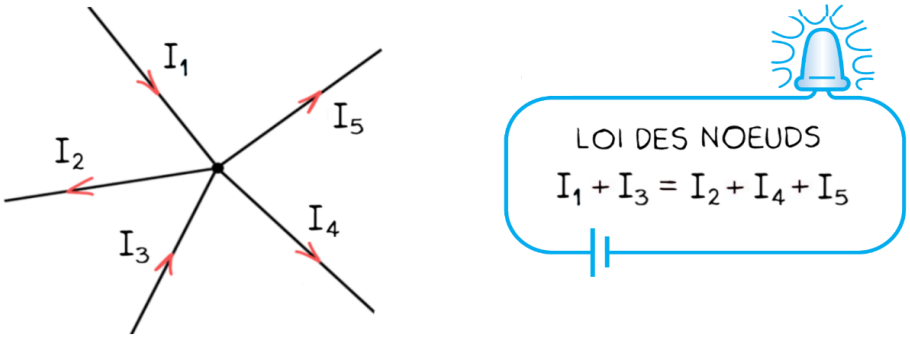
2. Lois de Kirchhoff

Les lois des circuits découlent des lois de Kirchhoff, établies en 1845 par le physicien allemand Gustav Kirchhoff.

2.1 Première loi de Kirchhoff (Loi des nœuds)

La somme des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des intensités des courants sortant de ce nœud :

$$\sum I_{\text{arrivant}} = \sum I_{\text{sortant}}$$



La première loi de Kirchhoff décrit la **conservation de la charge** dans un circuit électrique :

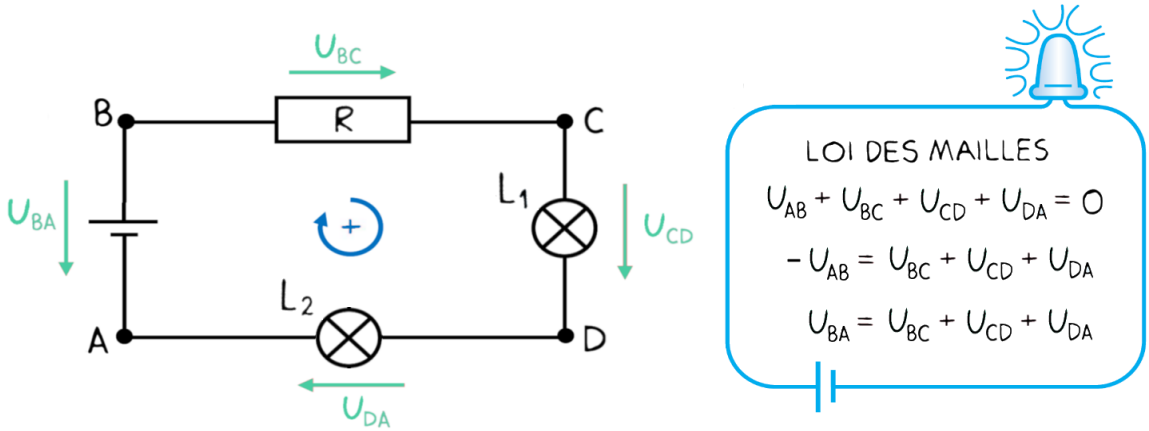
Il n'y a en effet aucune perte de charges électriques dans un circuit électrique. La charge totale arrivant en un point du circuit à chaque instant est égale à celle repartant de ce point.

2.2 Deuxième loi de Kirchhoff (Loi des mailles)

La deuxième loi de Kirchhoff décrit la **conservation de l'énergie** lorsque qu'une charge parcourt entièrement une maille[1] :

La somme algébrique des tensions le long d'une maille est toujours égale à zéro :

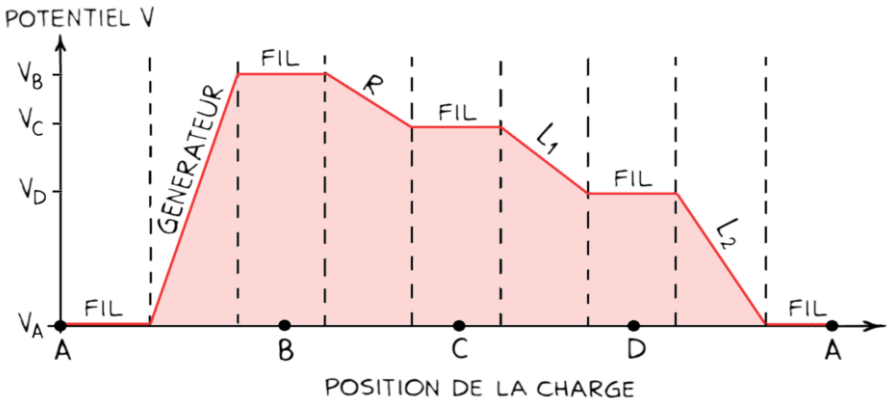
$$\sum_i U_i = 0$$



[1] Une maille est une boucle fermée d'un circuit électrique pour lequel on ne passe pas deux fois par le même nœud.

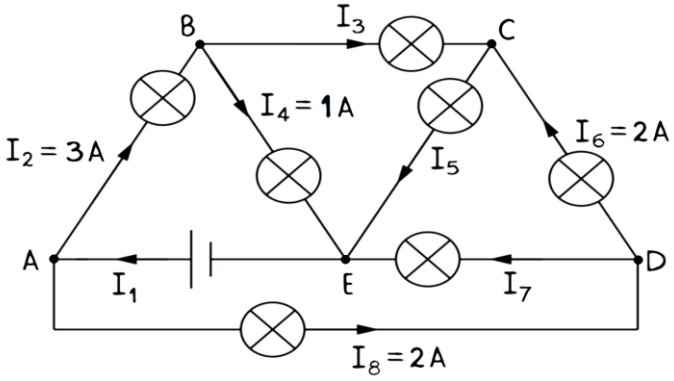
Le courant électrique peut être considéré comme un déplacement de charges positives à travers la maille, dans le sens + indiqué sur la figure[2]. Une charge $q > 0$ se déplaçant le long de la maille subit des variations d'énergie potentielle électrique. Elle reçoit de l'énergie potentielle électrique lors de la traversée du générateur, car $V_A < V_B$. Ensuite, lors du passage par les trois récepteurs, la charge perd à chaque fois de l'énergie potentielle électrique, car $V_B > V_C > V_D > V_A$. La différence de potentiel entre le point final et le point initial est nulle. Lorsque la charge a parcouru la maille entière, son énergie potentielle électrique finale est donc égale à son énergie potentielle électrique initiale**.** La charge a cédé toute l'énergie qu'elle a reçue du générateur.

$$V_f - V_i = V_A - V_A = U_{AA} = 0$$

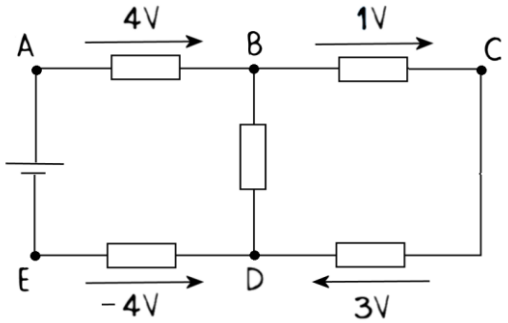


As-tu-compris ?

2. Déterminer les intensités de courant I_1, I_3, I_5 et I_7.



3. Calculer les tensions U_{BD} et U_{AE}. Si $V_E = 0\text{V}$, calculer les potentiels des points A, B, C et D.



[2] En réalité, les électrons libres de charge négative se déplacent dans le sens inverse.

3. Récepteurs

3.1 Conducteur ohmique

3.1.1 Loi d'Ohm

L'intensité du courant I à travers un conducteur ohmique est proportionnelle à la tension U à ses bornes :

$$I \sim U$$

La résistance d'un conducteur ohmique est donc constante : $R = \frac{U}{I} = \text{const}$

3.1.2 Caractéristique $I = f(U)$ d'un conducteur ohmique

On branche un conducteur ohmique aux bornes d'un générateur à tension variable et on mesure pour différentes tensions U l'intensité de courant I traversant le conducteur ohmique.

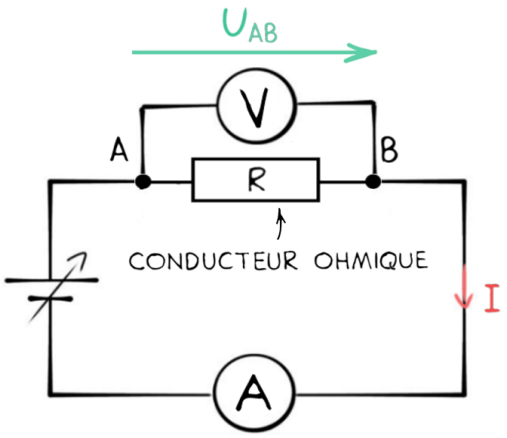
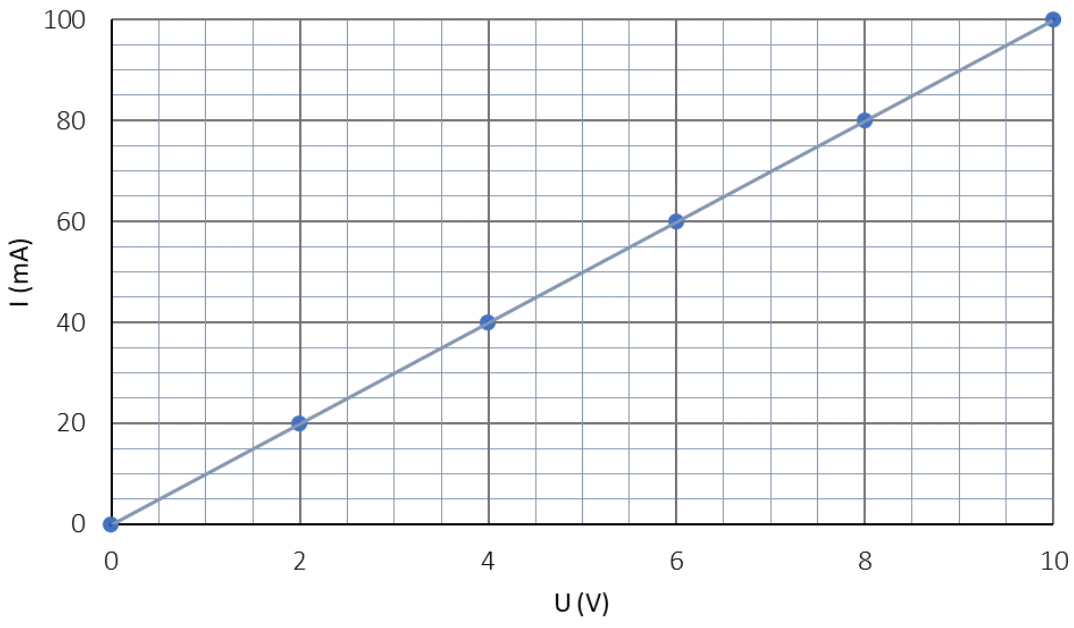


Tableau des mesures :

U(V)	0	2	4	6	8	10
I(mA)	0	20	40	60	80	100

Représentation graphique $I = f(U)$:



La caractéristique $I = f(U)$ d'un conducteur ohmique est une droite passant par l'origine. La pente a de la droite est égale à l'inverse de la résistance du conducteur ohmique :

$$\mathrm{a} = \frac{\Delta I}{\Delta U} = \frac{1}{R}$$

La caractéristique $I = f(U)$ d'un conducteur ohmique est une droite d'équation :

$$I = \frac{1}{R} \cdot U$$

Pour le conducteur ohmique correspondant à la représentation graphique :

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{10\ \mathrm{V}}{0{,}1\ \mathrm{A}} = 100\ \Omega$$

$$I = \frac{1}{100} \cdot U = \frac{U}{100} \qquad \text{(grandeurs en unités SI)}$$

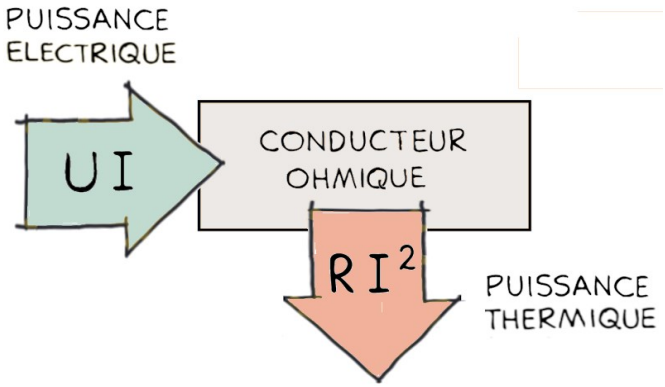
3.1.3 Puissance dissipée par effet Joule

Puissance électrique reçue par un conducteur ohmique :

$$\begin{aligned} \mathcal{P}_{él} &= U \cdot I \\ &= (R \cdot I) \cdot I \\ &= R \cdot I^2 \end{aligned}$$

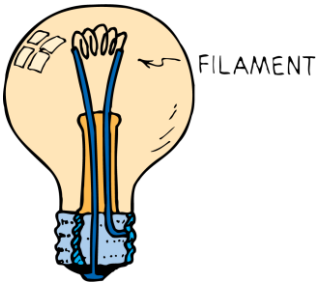
Cette puissance électrique reçue est intégralement transformée en puissance thermique cédée à l'environnement. Cet effet est appelé **effet Joule.** La puissance thermique dissipée par effet Joule s'écrit donc :

$$\mathcal{P}_{th} = R \cdot I^2$$

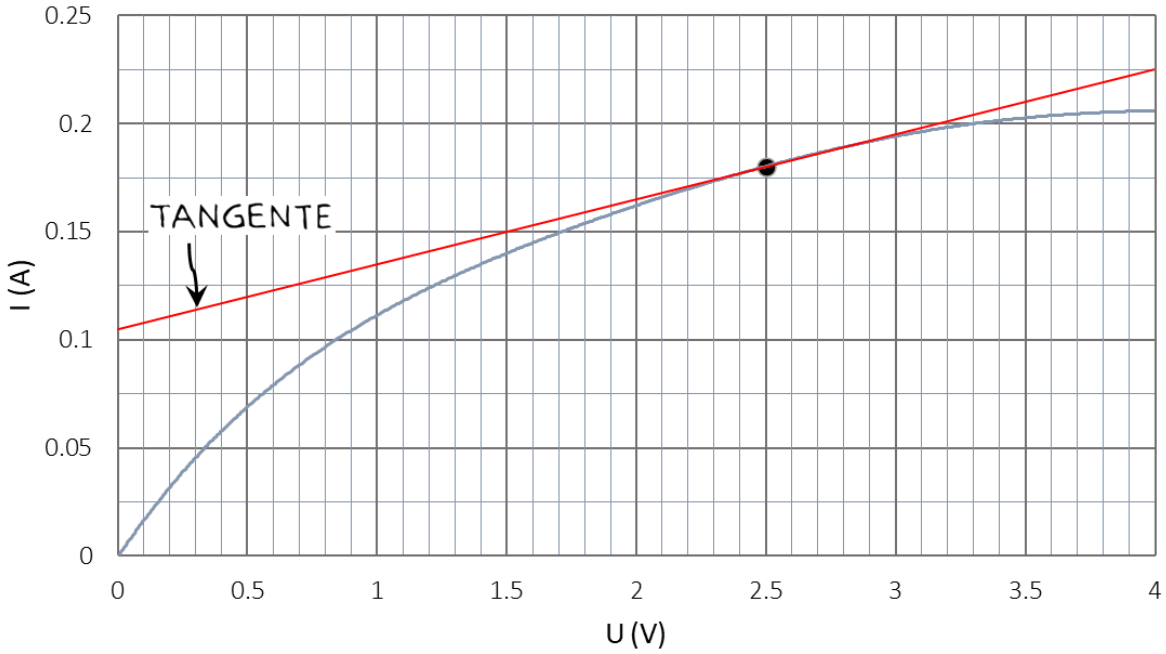


3.2 Conducteur non linéaire

Un conducteur non linéaire est un conducteur pour lequel la représentation graphique $I = f(U)$ n'est pas une fonction linéaire. Ceci signifie que la valeur de la résistance du conducteur non linéaire varie en fonction de la tension appliquée à ses bornes. Un exemple d'un conducteur non linéaire est la lampe à incandescence. La résistance électrique de son filament métallique augmente avec la température et donc avec l'intensité du courant électrique (effet Joule).



3.2.1 Représentation graphique $I = f(U)$ d'une lampe à incandescence



3.2.2 Résistance statique et résistance dynamique

Dans le cas d'un conducteur non linéaire, on peut calculer la résistance pour un point de fonctionnement donné en mesurant l'intensité de courant I le traversant, ainsi que la tension U à ses bornes. Il s'agit de la **résistance statique** R_{stat} du conducteur :

$$R_{stat} = \frac{U}{I}$$

Pour le point indiqué dans la représentation graphique :

$$R_{stat} = \frac{2{,}50\ \text{V}}{0{,}18\ \text{A}} = 13{,}9\ \Omega$$

La résistance statique ne renseigne pas sur l'augmentation de l'intensité du courant I qui se produit si la tension U augmente. Il se pourrait en effet qu'une faible augmentation de la tension entraîne la destruction du conducteur, conséquence d'un courant trop élevé.

C'est la **résistance dynamique** r_{dyn} du conducteur qui nous permet de prévoir cette augmentation de l'intensité du courant provoquée par une faible augmentation de la tension aux bornes du conducteur.

La résistance dynamique est égale au quotient de la faible variation de la tension appliquée ΔU_{petit} au conducteur par la faible variation de l'intensité de courant ΔI_{petit} traversant le conducteur, ces faibles variations de tension et de courant étant notées $\mathrm{d}U$ et $\mathrm{d}I$:

$$r_{dyn} = \lim_{\Delta I \to 0} \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}I}$$

La résistance dynamique d'un conducteur est égale à l'inverse de la **pente de la tangente à la courbe** au point considéré. Plus la pente de la tangente en un point de la courbe est petite, plus la résistance dynamique du conducteur est grande pour le point de mesure considéré. La valeur de la pente de la tangente nous informe sur la variation de l'intensité du courant au point considéré de la courbe pour une certaine augmentation de la tension aux bornes du conducteur. En effet :

- Si r_{dyn} est grande, alors l'augmentation de l'intensité du courant sera petite (pas de danger)
- Si r_{dyn} est petite, alors l'augmentation de l'intensité du courant sera grande (danger)

Pour le point indiqué dans la représentation graphique :

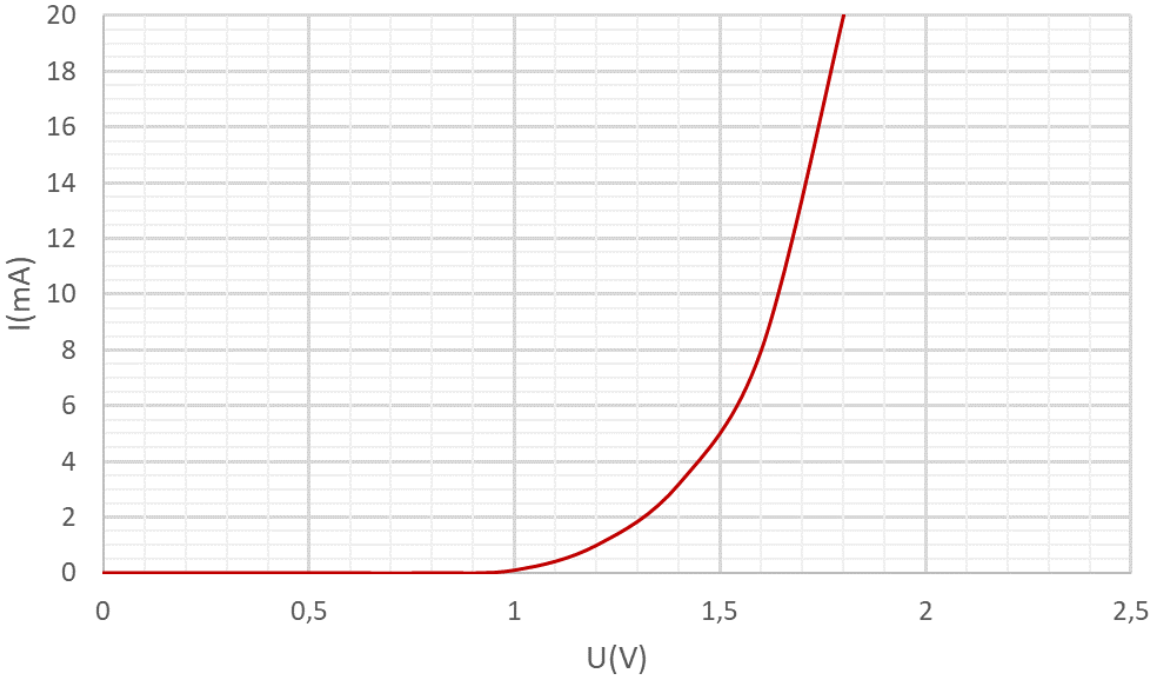
$$r_{dyn} = \frac{1}{a} = \frac{2{,}50\ \mathrm{V}}{0{,}075\ \mathrm{A}} = 33{,}3\ \Omega$$

As-tu-compris ?

4. Faire la représentation graphique $I = f(U)$ de deux conducteurs ohmiques, si on suppose que $R_1 < R_2$. Expliquer.

5. Comment reconnaît-on graphiquement que la résistance dynamique d'un récepteur diminue si l'intensité du courant I augmente ?

6. La représentation graphique ci-dessous donne l'intensité de courant qui traverse une LED en fonction de la tension appliquée à ses bornes. Déterminer la résistance statique ainsi que la résistance dynamique de la LED lorsqu'on applique à ses bornes une tension de 1,5 V.



4. Générateurs

4.1 Caractéristique $U = f(I)$ d'une pile

On branche une résistance variable aux bornes d'une pile et on mesure pour différentes intensités de courant I traversant le générateur la tension U aux bornes du générateur.

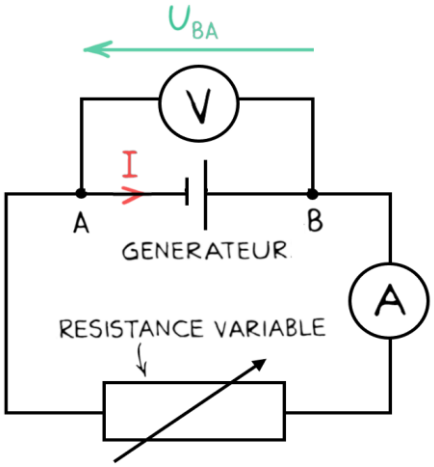
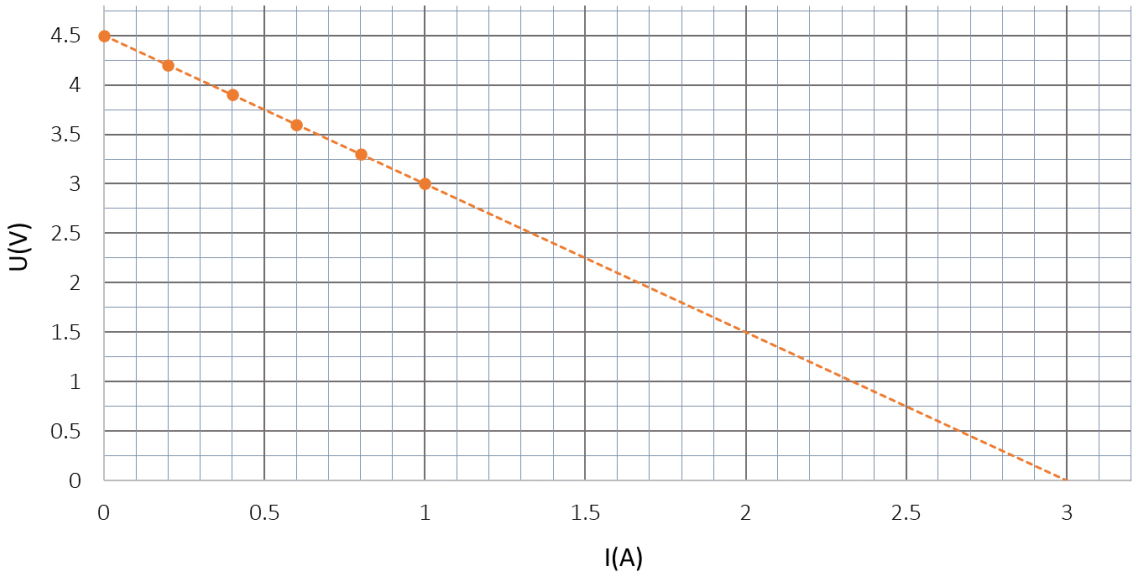


Tableau des mesures :

I(A)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
U(V)	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5

Représentation graphique $U = f(I)$:



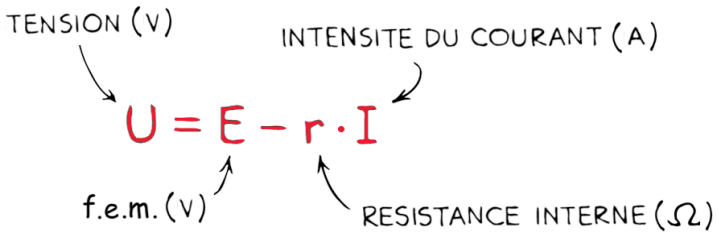
La caractéristique $U = f(I)$ de la pile est une droite d'équation :

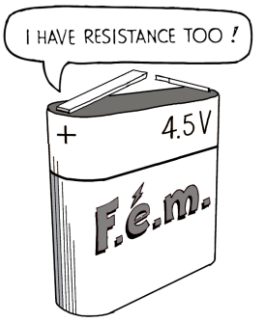
$$U = a \cdot I + b$$

- L'ordonnée à l'origine $b = 4{,}5$ V représente la tension U aux bornes de la pile lorsque $I = 0$ (circuit ouvert). Il s'agit de la tension à vide appelée **force électromotrice (ou f.é.m.)** $\boldsymbol{E}$ de la pile.
- La pente négative $a = \frac{\Delta U}{\Delta I} = -\frac{4{,}5\ \text{V}}{3\ \text{A}} = -1{,}5\ \Omega$ a la même unité qu'une résistance. La **résistance interne** $\boldsymbol{r}$ de la pile est donc égale à l'opposé de la pente a.
  Ainsi :

$$U = E - r \cdot I = 4{,}5 - 1{,}5 \cdot I \qquad \text{(grandeurs en unités SI)}$$

4.2 Loi d'Ohm pour un générateur





- La tension U aux bornes de la pile est maximale lorsqu'aucun courant ne traverse la pile ($I = 0$). Cette tension maximale correspond à la force électromotrice E de la pile.
- La tension U chute linéairement quand l'intensité du courant I traversant la pile augmente.
- En reliant les deux pôles de la pile par un fil conducteur, on met la pile en court-circuit. La tension U aux bornes de la pile est alors nulle et l'intensité de courant est maximale. On l'appelle **intensité de court-circuit I_{cc}**

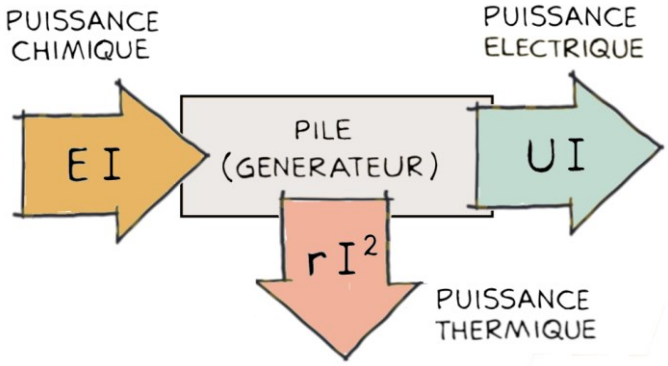
$$U = E - r \cdot I_{cc} = 0$$
$$I_{cc} = \frac{E}{r}$$

4.3 Bilan énergétique

Multiplions l'expression de la loi d'Ohm pour un générateur par I :

$$U \cdot I = (E - r \cdot I) \cdot I = E \cdot I - r \cdot I^2 \quad \Rightarrow \quad E \cdot I = U \cdot I + r \cdot I^2$$

Tous les termes ont la dimension d'une puissance et cette équation traduit la conservation de l'énergie.



- Un générateur transforme différentes formes de puissances (chimique, mécanique, rayonnée, …) en séparant les charges électriques :

$$\mathcal{P}_{reçue} = E \cdot I \quad (input)$$

- Une partie de la puissance reçue est dissipée par effet Joule dans la résistance interne du générateur (sous forme de puissance thermique). En effet, le générateur devient chaud lors de l'utilisation.

$$\mathcal{P}_{th} = r \cdot I^2$$

- Le reste de la puissance reçue est transformé en puissance électrique utile qui est fournie par le générateur au circuit électrique.

$$\mathcal{P}_{utile} = U \cdot I \quad (output)$$

4.4 Rendement d'un générateur

Le rendement d'un dipôle électrique est défini par la relation :

$$\eta = \frac{\mathcal{P}_{utile}}{\mathcal{P}_{reçue}} = \frac{U \cdot I}{E \cdot I} = \frac{U}{E} \quad (I \neq 0)$$

Exemples

Pour le couple de mesures $(I = 0{,}4\text{A}\,, U = 4{,}1\text{V})$ de la représentation graphique :

$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{4{,}1\ \text{V}}{4{,}5\ \text{V}} = 0{,}91 = 91\%$$

Pour le couple $(I = 1\text{A}\,, U = 3\text{V})$:

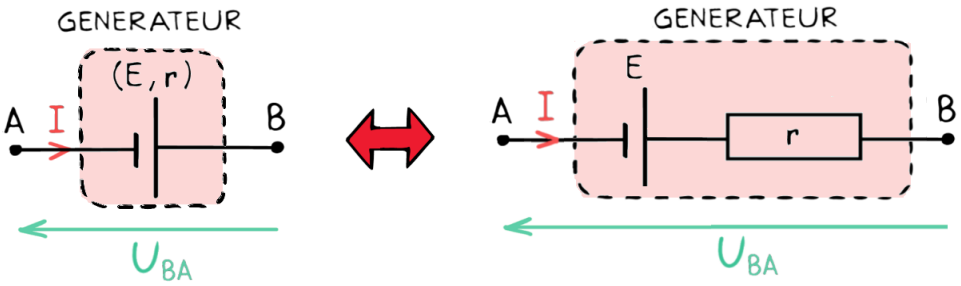
$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{3\ \text{V}}{4{,}5\ \text{V}} = 0{,}67 = 67\%$$

Comme l'intensité du courant est plus grande, une plus grande partie de la puissance reçue par le générateur est dissipée par effet Joule (33 %).

En reliant les deux pôles de la pile par un fil conducteur (court-circuit), la tension aux bornes de la pile est nulle : $U = 0$. Le rendement du générateur est alors $\eta = 0$. Toute la puissance reçue est cédée par effet Joule à l'environnement sous forme de puissance thermique.

4.5 Représentation d'un générateur non idéal

Un générateur réel peut être considéré comme le branchement en série d'un générateur idéal de f.é.m. E et d'une résistance ohmique r.



On peut considérer que l'énergie potentielle électrique des charges traversant le générateur réel augmente lors du passage à travers le générateur idéal de f.é.m. E, pour ensuite diminuer lors du passage à travers la résistance r par effet Joule (elles cèdent une partie de l'énergie reçue directement au générateur qui s'échauffe).

As-tu-compris ?

7. Quelles sont les 2 grandeurs caractéristiques d'une pile ? Expliquer brièvement leur signification.

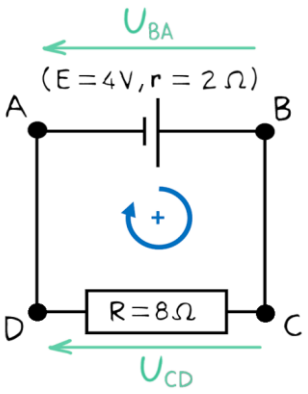
8. Expliquer ce qu'on entend par courant de court-circuit.

5. Détermination du point de fonctionnement d'un circuit simple

Le but est d'établir le **point de fonctionnement** d'un circuit simple composé d'un générateur et d'un conducteur ohmique, c'est-à-dire le couple de valeurs (U, I) unique valable pour ce circuit.

5.1 Résolution par le calcul

Considérons le circuit simple comprenant une pile de f.é.m. $E = 4\ \text{V}$ et de résistance interne $r = 2\ \Omega$ et un conducteur ohmique de résistance $R = 8\ \Omega$.



On a :

$$U_{BA} = U_{CD}\ (= U)$$

$$E - r \cdot I = R \cdot I$$

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{4\ \text{V}}{8\ \Omega + 2\ \Omega} = 0{,}4\ \text{A}$$

$$U = R \cdot I = 8\ \Omega \cdot 0{,}4\ \text{A} = 3{,}20\ \text{V}$$

Le point de fonctionnement du circuit est le couple $(3{,}2\ \text{V} ; 0{,}4\ \text{A})$.

5.2 Résolution graphique

Considérons le même circuit simple et représentons sur un même graphique les caractéristiques linéaires $U = f(I)$:

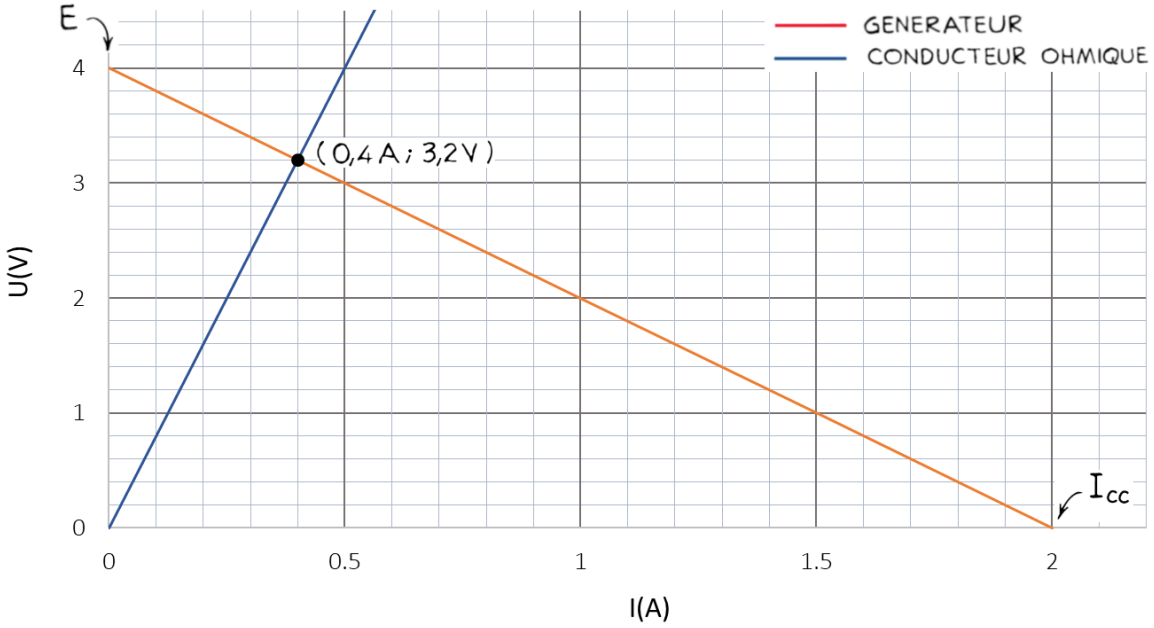
- du générateur :

$$U = E - r \cdot I = 4 - 2\,I$$

- du conducteur ohmique :

$$U = R \cdot I = 8\,I$$

Le point de fonctionnement du circuit équivaut à l'intersection des deux caractéristiques.



Remarque

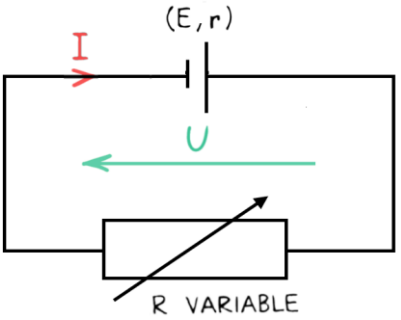
La résolution graphique est pratique si le récepteur est non linéaire.

6. Pour en savoir plus

Optimisation de l'énergie électrique fournie par un générateur

Dans certains domaines de l'électronique, comme par exemple en télécommunication, on ne recherche pas à obtenir le meilleur rendement, mais la plus grande puissance utile fournie quitte à augmenter la part de l'énergie dissipée par effet Joule.

On branche une résistance variable aux bornes du générateur et on veut déterminer pour quelle valeur de la résistance variable la puissance utile fournie par le générateur est maximale.



Pour les cas extrêmes, on obtient pour la puissance utile :

- Circuit ouvert : $R \to \infty \Rightarrow I = 0 \Rightarrow \mathcal{P} = U \cdot I = 0$
- Court-circuit : $R = 0 \Rightarrow I = I_{cc} \Rightarrow U = 0 \Rightarrow \mathcal{P} = 0$

Entre ces 2 valeurs, la puissance utile va être maximale pour une certaine résistance.

Exprimons la puissance utile en fonction de la résistance R :

$$\begin{aligned}\mathcal{P}(R) &= U \cdot I \\ &= (R \cdot I) \cdot I \\ &= R \cdot I^2 \\ &= R \cdot \frac{E^2}{(R+r)^2}\end{aligned}$$

La puissance utile est maximale lorsque la dérivée de la puissance $\mathcal{P}$ en fonction de la résistance R est nulle :

$$\begin{aligned}\frac{\mathrm{d}\mathcal{P}}{\mathrm{d}R} &= 0 \\ \frac{E^2}{(R+r)^2} - \frac{2R \cdot E^2}{(R+r)^3} &= 0 \\ E^2 \cdot \frac{R+r-2R}{(R+r)^3} &= 0 \\ E^2 \cdot \frac{r-R}{(R+r)^3} &= 0 \\ r - R &= 0 \\ R &= r\end{aligned}$$

La puissance utile est maximale si la résistance R est égale à la résistance interne r du générateur.

Puissance utile maximale d'un générateur :

$$\mathcal{P} = r \cdot \frac{E^2}{(r+r)^2} = \frac{E^2}{4r}$$

Point de fonctionnement :

$$I = \frac{E}{r+r} = \frac{1}{2}\frac{E}{r} = \frac{1}{2}I_{cc}$$

$$U = E - r \cdot \frac{1}{2}\frac{E}{r} = \frac{1}{2}E$$

Rendement :

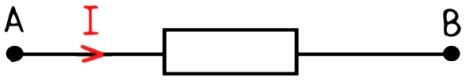
$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{1}{2}$$

La puissance utile fournie par le générateur au circuit est maximale, bien que 50% de l'énergie totale soit perdue sous forme de chaleur,

7. Exercices

Lois de Kirchhoff

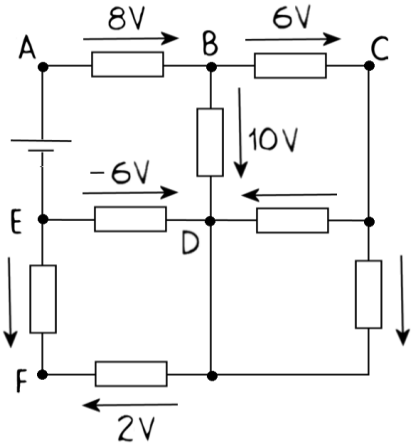
1. Un courant électrique traverse un conducteur ohmique.



a. Le potentiel électrique est-il plus élevé en A ou en B ? Expliquer.

b. Le courant électrique est-il plus élevé en A ou en B ? Expliquer.

2. Calculer les valeurs de toutes les tensions représentées.



Si $V_E = 0\text{V}$, calculer les potentiels de tous les autres points.

3. Pour les deux circuits complexes A et B ci-dessous :

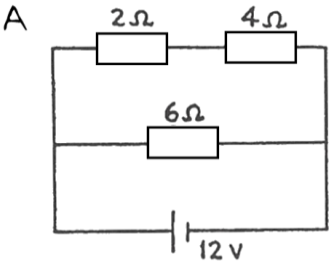
a. Déterminer la résistance équivalente à l'aide de réductions successives d'associations d´éléments en série ou en parallèle.

b. Calculer l'intensité de courant débitée par le générateur.

c. Compléter les cases du tableau en justifiant.

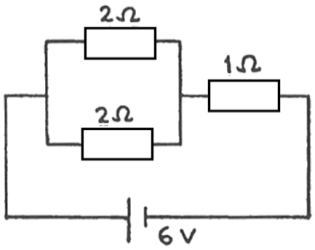
d. Calculer la puissance électrique totale transformée dans les résistances et comparer-la à la puissance fournie par le générateur. Conclure.

A



R	I	U	P_{el}
2 Ω			
4 Ω			
6 Ω			

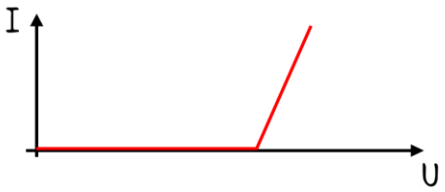
B



R	I	U	P_{el}
2 Ω			
2 Ω			
1 Ω			

Récepteurs

4. La caractéristique $I = f(U)$ d'un électrolyseur est la suivante :

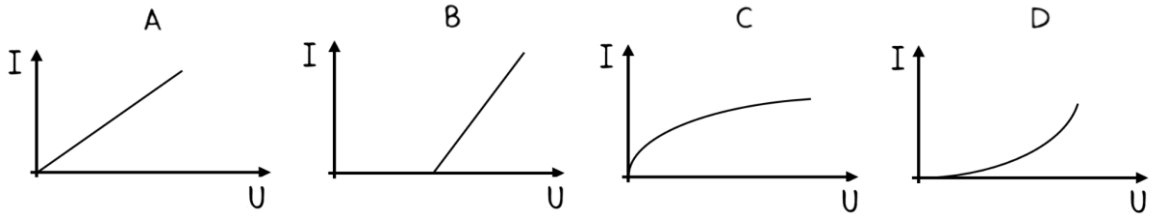


a. Décrire le comportement de l'électrolyseur.

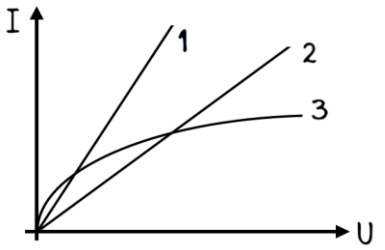
b. Les affirmations suivantes sont-elles correctes ? Motiver votre choix.

- Le récepteur vérifie la loi d'Ohm.
- Le récepteur n'est pas un conducteur ohmique.
- La résistance statique du récepteur reste constante, dès qu'un courant électrique traverse le récepteur.
- La résistance dynamique du récepteur reste constante, dès qu'un courant électrique traverse le récepteur.

5. Une lampe, dont la résistance augmente avec la température, est branchée aux bornes d'un générateur de tension variable. On mesure l'intensité de courant traversant la lampe pour différentes valeurs de la tension aux bornes de la lampe. Lequel des graphiques suivants correspond aux résultats de nos mesures ?



6. Le graphique ci-contre représente l'intensité du courant I en fonction de la tension U aux bornes de 3 récepteurs.



Les affirmations suivantes sont-elles vraies ou fausses ?

	Affirmation	Vrai	Faux
1	La loi d'Ohm est valable pour les 3 récepteurs.		
2	La résistance statique du récepteur 1 est constante.		
3	La résistance dynamique du récepteur 2 est constante.		
4	Le récepteur 1 conduit mieux le courant électrique que le récepteur 2.		
5	La résistance dynamique du conducteur 3 diminue si la tension aux bornes du récepteur augmente.		
6	On a : $R_1 < R_2$.		

Générateurs

7. Expliquer comment on peut mesurer la f.é.m. d'une pile.

8. Vrai ou faux ? Motiver votre réponse.

La tension aux bornes aux bornes d'une pile réelle est toujours inférieure à la f.é.m. de la pile, lorsqu'elle débité un courant d'intensité I.

9. Quels sont les deux grandeurs caractérisant une pile ?

A. La tension à vide et la résistance interne
B. La tension à vide et la force électromotrice
C. La force électromotrice et la tension aux bornes de la pile
D. La tension aux bornes de la pile et la résistance interne
E. Aucune des réponses

10. La tension aux bornes d'une pile dans un circuit ouvert vaut $U = 4{,}5\ \mathrm{V}$.

La f.é.m. de la pile est-elle :

A. inférieure à 4,5 V
B. égale à 4,5 V
C. supérieure à 4,5 v

Expliquer.

11. La tension à vide aux bornes d'une pile débitant un courant électrique est égale à $9\ \mathrm{V}$. La f.é.m. de la pile…

A. est inférieure à $9\ \mathrm{V}$
B. est égale à $9\ \mathrm{V}$
C. est supérieure à $9\ \mathrm{V}$
D. peut être inférieure ou supérieure à $9\ \mathrm{V}$

12. Expliquer pourquoi la tension aux bornes d'une pile diminue quand l'intensité du courant débitée augmente.

13. Que valent la tension aux bornes d'une pile et l'intensité du courant I, si on relie les bornes de la pile à l'aide d'un fil électrique en cuivre ?

14. Expliquer les échanges d'énergie en présence, lorsque qu'une pile est court-circuitée.

15. Que vaut l'énergie utile fournie au circuit électrique, lorsque :

a. le circuit électrique est ouvert ?

b. la pile est court-circuitée ?

Justifier.

16. Une résistance R variable est branchée aux bornes d'un générateur de f.é.m E et de résistance interne r. Laquelle des propositions est correcte ?

A. La tension aux bornes du générateur augmente si la valeur de R augmente
B. La tension aux bornes du générateur augmente si la valeur de R diminue
C. La tension aux bornes du générateur diminue si la valeur de R diminue
D. La tension aux bornes du générateur tend vers zéro si R tend vers infini
E. L'intensité du courant débitée par le générateur tend vers zéro si R tend vers zéro

17. On a une pile de f.é.m. E et de résistance interne r.

a. Quelle est la valeur maximale de l'intensité du courant électrique que peut débiter cette pile ?

b. Quand l'intensité prend-elle cette valeur ?

c. Quelle est alors la tension aux bornes de la pile ?

d. Que vaut alors le rendement de la pile ?

18. Une résistance est branchée aux bornes d'un générateur de f.é.m. E et de résistance interne r. On branche ensuite une deuxième résistance parallèlement à la première. Laquelle des propositions est correcte ?

A. La tension aux bornes du générateur augmente
B. La tension aux bornes du générateur diminue
C. La tension aux bornes du générateur reste constante
D. Il est impossible de prévoir, sans calculs, comment la tension aux bornes du générateur va varier

19. La tension aux bornes d'un générateur est de 8,25 V lorsqu'il débite un courant d'intensité 1,5 A et de 7,0 V lorsque le courant vaut 2,0 A. Calculer la f.é.m., la résistance interne, ainsi que le rendement de ce générateur.

20. On désire tracer la représentation graphique $U = f(I)$ d'une pile. Pour ceci on dispose deux multimètres, d'une résistance variable, d'un interrupteur poussoir, ainsi de fils de connexion.

a. Faire le schéma du montage électrique permettant d'effectuer cette représentation graphique. Préciser en outre le rôle de chacun des multimètres employés.

b. Les différentes mesures sont consignées dans le tableau suivant :

I en mA	0	100	200	300	400	500	600
U en V	4,70	4,55	4,39	4,25	4,12	3,95	3,82

c. Tracer la représentation graphique $U = f(I)$ de la pile.

d. En utilisant de la représentation graphique, déterminer la f.é.m. E de la pile et sa résistance interne r.

e. Calculer la tension aux bornes de la pile lorsqu'elle débite un courant de 450 mA. Contrôler la valeur obtenue à l'aide de la courbe.

f. Calculer alors la puissance chimique fournie à la pile.

g. Calculer l'intensité de court-circuit I_{cc}.

21. Une pile possède une f.é.m. $E = 1{,}50$ V et une résistance interne $r = 0{,}50\ \Omega$.

a. Dessiner la caractéristique $U = f(I)$ pour I allant de 0 A à 1 A.

b. Déterminer sur le graphique la tension U, si la pile débite un courant de 0,50 A. Vérifier le résultat en calculant la tension U.

c. Déterminer sur le graphique l'intensité du courant I débitée par la pile si la tension aux bornes de la pile vaut 1,15 V. Vérifier votre résultat en calculant la tension U.

d. Calculer l'intensité de court-circuit de cette pile.

22. On aimerait déterminer la f.é.m. et la résistance interne d'une pile. À cet effet, on branche en premier lieu un voltmètre à la pile. Le voltmètre indique alors une valeur de 6,0 V. Ensuite on relie la pile et le voltmètre à un récepteur et à un ampèremètre. Les indications du voltmètre et de l'ampèremètre sont respectivement 5,8 V et 100 mA. Quelles sont les valeurs de la f.é.m. et la résistance interne de la pile ?

Circuits simples

23. On branche un conducteur ohmique de résistance variable R aux bornes d'un générateur de f.é.m. $E = 6{,}0\ \text{V}$ et de résistance interne r. Le courant débitée par le générateur vaut $I = 0{,}50\ \text{A}$, si $R = 10\ \Omega$.

a. Déterminer la résistance interne r, ainsi l'intensité du courant I si $R = 15\ \Omega$.

b. Déterminer l'intensité du courant I, si la résistance variable est court-circuitée.

24. On a un générateur ayant une f.é.m. de 9,0 V et une résistance interne de $2{,}0\ \Omega$.

a. On branche une résistance aux bornes de la de sorte que la tension aux bornes du générateur soit égal à 7,0 V. Le courant débité par le générateur est alors égal à :

A. 0,5 A B. 1,0 A C. 1,5 A D. 2,0 A

b. Le rendement du générateur est alors égal à :

A. 0,75 B. 0,76 C. 0,77 D. 0,78 E. 0,79

c. On change la résistance aux bornes du générateur par une résistance plus petite. La puissance utile du générateur est alors égal à 4,0 W. Le courant débité par le générateur est alors égal à :

A. 0,44 A B. 0,50 A C. 0,71 A D. 2,50 A E. 4,00 A

25. Une batterie de voiture de f.é.m. $E = 12{,}0\ \text{V}$ débite un courant de 60 A lors du démarrage de la voiture. La tension aux bornes de la voiture vaut alors 9,8 V. Déterminer :

a. la résistance interne de la batterie

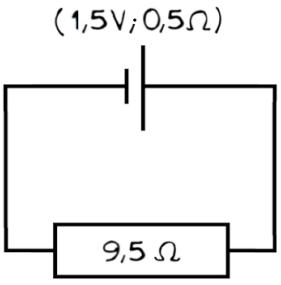
b. la résistance du démarreur lors du démarrage

c. le courant de court-circuit de la batterie

d. la puissance utile et la puissance dissipée par effet Joule

e. le rendement de la batterie

26. Une pile (1,5 V ; 0,5 Ω) est reliée à un conducteur ohmique de résistance 9,5 Ω.



a. Déterminer le point de fonctionnement du circuit.

b. Indiquer sur un schéma la puissance chimique, la puissance utile et la puissance dissipée par effet Joule.

27. Une pile de f.é.m. E et de résistance interne $r = 5{,}0\ \Omega$ est reliée à un conducteur ohmique de résistance R. Le point de fonctionnement du circuit vaut : $U_{AB} = 10{,}0\ \text{V}$; $I = 3{,}0\ \text{A}$
Déterminer :

a. la résistance R

b. la f.é.m. E

c. le courant de court-circuit I_{cc}

28. Un circuit comprend un générateur (9,0 V ; 0,5 Ω), ainsi que deux résistances identiques $R = 10\ \Omega$ branchées en série.

a. Dessiner le schéma du circuit.

b. Déterminer la tension aux bornes du générateur, ainsi que l'intensité de courant débitée par le générateur, ainsi que le rendement du générateur.

29. Un circuit comprend un générateur (9,0 V ; 0,5 Ω), ainsi que deux résistances identiques $R = 10\ \Omega$ branchées en parallèle.

a. Dessiner le schéma du circuit.

b. Déterminer la tension aux bornes du générateur, ainsi que l'intensité de courant débitée par le générateur.

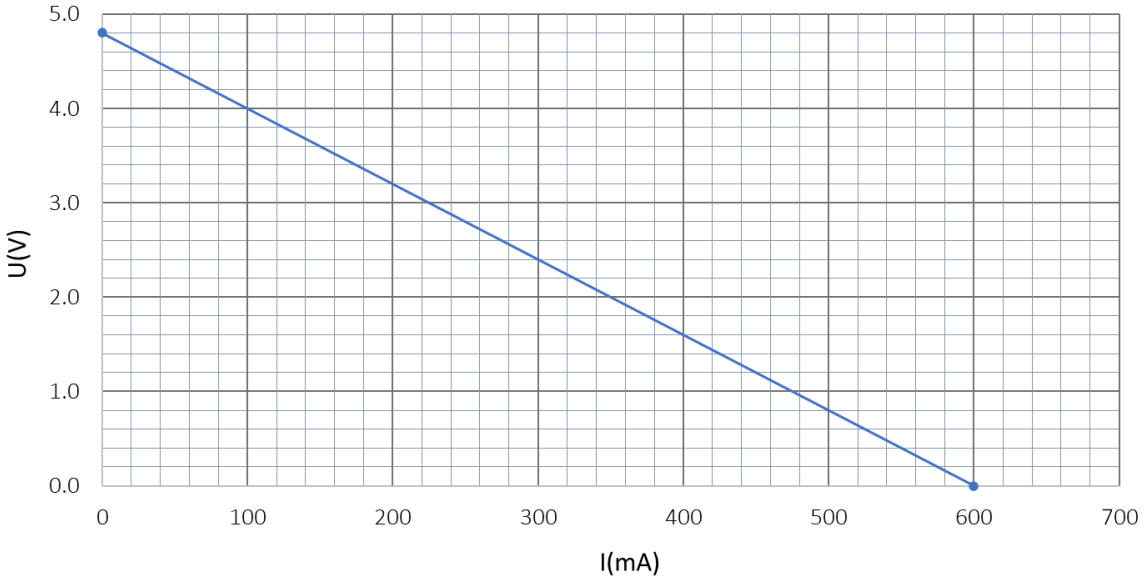
30. Un générateur est relié à différents conducteurs ohmiques. Lorsqu'il est relié à une résistance de 10 Ω, le courant débité par le générateur vaut 750 mA et lorsqu'il est relié à une résistance de 22 Ω, le courant débité par le générateur vaut 375 mA. Déterminer la tension aux bornes du générateur quand il est relié à une résistance de 15 Ω.

Révision

A. Les affirmations suivantes sont-elles vraies ou fausses ?

	Affirmation	Vrai	Faux
1	La loi des mailles décrit la conservation de l'énergie.		
2	La tension aux bornes d'une pile peut être supérieure à la force électromotrice.		
3	La force électromotrice d'une pile représente la tension à vide.		
4	Un générateur électrique peut être symbolisé par une source tension idéale associée à une résistance en série.		
5	La tension aux bornes d'un générateur réel diminue si l'intensité du courant débitée par le générateur augmente		
6	Une pile fournit au circuit une énergie électrique égale à $E \cdot I \cdot \Delta t$.		
7	La puissance utile fournie par une pile peut être supérieure à la puissance reçue.		
8	Le rendement d'une pile court-circuitée est nul.		
9	La puissance thermique libérée par un conducteur ohmique est proportionnelle à l'intensité de courant le traversant.		
10	La résistance dynamique d'un conducteur ohmique est constante.		
11	Si la résistance statique d'un conducteur est constante, alors on a $I \sim U$.		

B. Le graphique ci-dessous représente la variation de la tension U aux bornes d'un générateur de f.é.m. E et de résistance interne r en fonction de l'intensité du courant I débitée par le générateur. On branche ensuite un conducteur ohmique de résistance R aux bornes du générateur. L'intensité du courant débitée par le générateur vaut $400\ \text{mA}$.



Indiquer l'affirmation qui est correcte :

a. La f.é.m. E du générateur vaut :

A. 5,00 V B. 4,90 V C. 4,80 V D. 4,60 V

b. La résistance interne r du générateur vaut :

A. 8,0 Ω B. 8,2 Ω C. 8,3 Ω D. 80 Ω E. 82 Ω

c. La résistance R du conducteur ohmique vaut :

A. 0,35 Ω B. 0,40 Ω C. 0,48 Ω D. 3,50 Ω E. 4,00 Ω F. 4,75 Ω

d. Que vaut la puissance utile P_{utile} fournie par le générateur ?

A. 0,64 W B. 0,72 W C. 0,84 W D. 1,24 W E. 1,92 W

e. Que vaut la puissance thermique P_{th} dissipée par effet Joule ?

A. 0,14 W B. 0,24 W C. 1,44 W D. 2,4 W E. 1,44 W F. 24 W

f. On branche un deuxième conducteur ohmique identique en série avec le premier. Que vaut la tension U aux bornes du générateur ?

A. 2,0 V B. 2,2 V C. 2,4 V D. 2,6 V E. 2,8 V

Crédits Photos

© Henri Weyer – **p.0** (page titre)

Crédits Illustrations

Des remerciements particuliers sont adressés à Paul G. HEWITT. Les illustrations sont, sauf indication contraire, l'œuvre de Paul G. Hewitt et des auteurs du cours. Les illustrations de Paul G. HEWITT ont été retravaillées par Laurent HILD, avec l'autorisation écrite et personnelle de l'auteur. Les illustrations originales sont des livres :

© HEWITT, Paul G., *Conceptual physics*, 2015, Pearson

© HEWITT, Paul G., SUCHOCKI John, *Conceptual physical science – Practice Book*, 2012, Pearson

© EPSTEIN Lewis C., HEWITT, Paul G., *Thinking Physics* – 1981, Insight Press