

Chapitre 12 : Aspects énergétiques des phénomènes électriques

Pour mettre à disposition de plus en plus d'énergie électrique sans utiliser de combustibles fossiles ou fissiles, de nouveaux convertisseurs sont développés.

Pb : Comment comparer ces convertisseurs énergétiques entre eux ?



I. Rappels de seconde

Activité 1 : Electricité en seconde

1) Le circuit électrique

Un circuit électrique est composé d'au moins un générateur, un récepteur (résistance, moteur, DEL... et des fils de connexion.

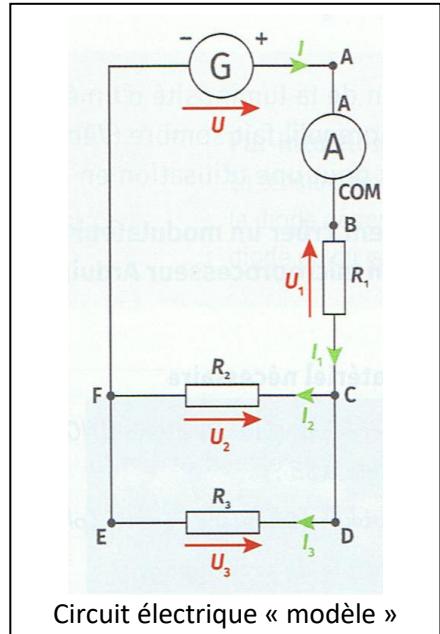
Un dipôle est un élément d'un circuit électrique possédant deux bornes.

Un nœud est une connexion qui relie au moins trois dipôles entre eux.

Une maille est un chemin fermé, ne comportant pas forcément de générateur.

Dans le circuit « modèle » représenté ci-contre, identifier :

- Les nœuds : C et D (ils sont identiques) ainsi que F et E (ils sont identiques)
 - Les mailles : il y en a trois : ACFA, CDEF et ADEA
- Les dipôles peuvent être associés en **série ou en dérivation**. Dans le circuit « modèle », comment sont associés :
 - Le générateur et la résistance R_1 : **série**
 - Les résistances R_2 et R_3 : **dérivation**



Circuit électrique « modèle »

Le courant électrique est un mouvement d'ensemble de particules chargées, appelés porteurs de charge. Dans un circuit électrique, ce sont les électrons, chargés négativement, qui sont mis en mouvement par le générateur.

L'intensité du courant, notée I , se mesure avec un ampèremètre, son unité est l'ampère A.

Observer le circuit modèle et répondre aux questions suivantes :

- L'ampèremètre est-il branché en **série** ou en **dérivation** ? **série**
- Quelles sont les deux bornes utilisées pour le branchement de l'ampèremètre ? **A et com (com toujours vers le - du générateur)**.
- Que se passerait-il si on inversait ces deux bornes ? **le courant mesuré serait négatif**

- Parmi les intensités représentées sur le circuit (I , I_1 , I_2 et I_3), quelle(s) est(sont) celle(s) mesurée(s) par l'ampèremètre ? **l'ampèremètre mesure $I=I_1$**

La tension électrique est une grandeur caractérisant une différence d'état électrique entre deux points d'un circuit. Elle est représentée par une flèche. Ainsi, dans le circuit modèle, la tension U_2 est égale à la tension U_{CF} (la flèche pointe vers C).

La tension électrique, notée U , se mesure avec un voltmètre, son unité est le volt V.

Remarque : Pour mesurer la tension électrique aux bornes d'un dipôle, on branche le voltmètre en dérivation sur les bornes de ce dipôle.

Observer le circuit modèle et répondre aux questions suivantes :

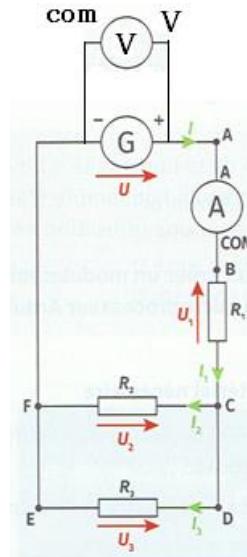
- Nommer en utilisant les lettres A, B, C, D, E et F, les différentes tension fléchées (U , U_1 , U_2 et U_3) :

$$U = U_{AF}, U_1 = U_{BC}, U_2 = U_{CF}, U_3 = U_{DE}$$

- Les tensions ont été fléchées en respectant la convention « générateur » pour le générateur et la convention « récepteur » pour les autres dipôles. Quelle différence observez-vous entre ces deux conventions ?

Les tensions sont comptées positivement pour les générateurs si la flèche tension est dans le même sens que l'intensité du courant. En revanche, pour les récepteurs, les tensions sont comptées négativement si la flèche tension est dans le sens opposé à l'intensité du courant qui traverse les dipôles.

- Représenter sur le circuit, un voltmètre permettant de mesurer la tension U_2 .



Le com est toujours relié au -

- Que se passerait-il si on inversait les deux bornes du voltmètre précédent ?

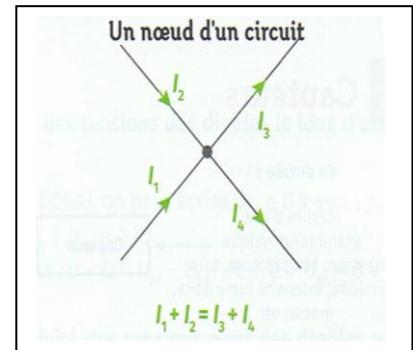
La tension indiquerait une valeur négative

2) Relations entre les grandeurs électriques

- Loi des nœuds :

La somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui partent de ce nœud.

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$



- Loi des mailles :

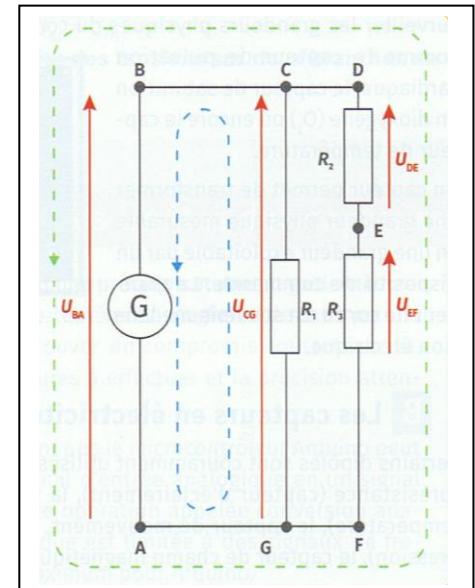
La somme des tensions des dipôles le long d'une maille est égale à 0 V.

- En parcourant la maille (AGFEDCBA), dans le circuit ci-contre, exprimer la tension U_{BA} en fonction de U_{DE} et U_{EF} :

$U_{BA} = U_{BC} + U_{CD} + U_{DE} + U_{EF} + U_{FG} + U_{GA}$. Or la tension aux bornes d'un fil est nulle donc : $U_{BC} = U_{CD} = U_{FG} = U_{GA} = 0$ V donc $U_{BA} = U_{DE} + U_{EF}$

- En parcourant la maille (AGCBA), dans le circuit ci-contre, exprimer la tension U_{BA} en fonction de U_{CG} :

$U_{BA} = U_{BC} + U_{CG} + U_{GA}$ Or la tension aux bornes d'un fil est nulle donc : $U_{BC} = U_{GA} = 0$ V donc $U_{BA} = U_{CG}$



- La loi d'Ohm :

La loi d'Ohm relie la tension aux bornes d'un résistor (résistance) et l'intensité du courant qui le traverse.

Son expression est : $U = R \times I$

Autrement dit, la tension U aux bornes d'une résistance R est proportionnelle à l'intensité I qui la traverse. Le coefficient de proportionnalité étant la valeur de la résistance R .

- Quelle est l'intensité qui traverse la résistance d'un grille-pain de valeur $R = 33 \Omega$ branché sur le secteur $U = 230$ V ?

$$I = U / R = 230 / 33 = 6.97 \text{ A}$$

II. Intensité d'un courant continu

Activité 2 : Intensité d'un courant continu et débit de charges

Les moteurs électriques permettent de propulser des véhicules électriques mais aussi des sondes spatiales.

Les intensités des courants dans ces deux dispositifs sont-elles comparables ?

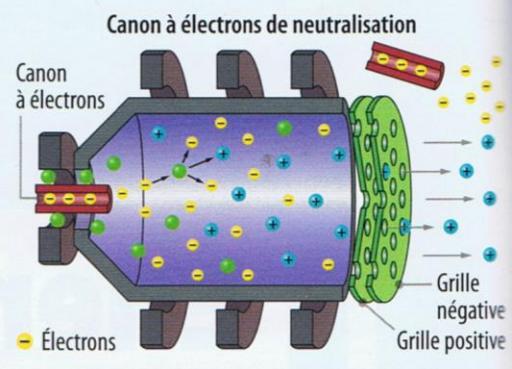
Doc. 1 Un moteur électrique

Chaque minute, pour rouler à $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, la batterie de cette voiture débite 5 000 milliards de milliards d'électrons pour alimenter le moteur électrique.



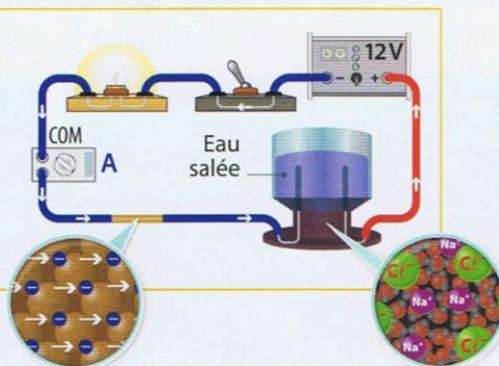
Doc. 2 Un moteur ionique

La propulsion ionique est une technique utilisée par la Nasa pour propulser certaines sondes spatiales. Un canon à électrons permet de transformer des atomes de xénon en ions Xe^{2+} qui sont injectés entre une grille positive et une autre négative. Ces ions sont accélérés par le champ électrique créé entre les deux grilles chargées. Un moteur ionique peut éjecter une masse de $0,18 \text{ g}$ d'ions Xe^{2+} par minute.



Doc. 3 Courant électrique dans un circuit fermé

L'intensité du courant mesurée par un ampèremètre correspond au débit de charge électrique c'est-à-dire à la valeur absolue de la charge électrique qui traverse une section du circuit pendant une seconde.



Doc. 4 Données nécessaires

Charge électrique d'un électron :
 $q = -e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
1 milliard = 10^9

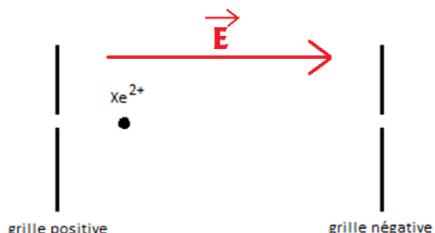
Masse molaire du Xénon :
 $M(\text{Xe}) = 131,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Nombre d'Avogadro :
 $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- 1) A l'aide des documents 1 et 4, déterminer la charge électrique Q_1 fournie chaque minute par la batterie pour faire fonctionner le moteur électrique de la voiture.

Charge $Q_1 = \text{nombre d'électron} \times \text{charge d'un seul électron} = 5000.10^9.10^9 \times (-1.6.10^{-19}) = -800 \text{ C}$ (coulombs)

- 2) Schématiser ci-dessous le champ électrique créé entre les deux grilles à la sortie du moteur du document 2, et vérifier que la force électrique appliquée sur les ions Xe^{2+} permet de les accélérer.



$$\vec{F} = q_{\text{Xe}^{2+}} \cdot \vec{E} = +2e \cdot \vec{E}$$

Cette force est donc orientée de la grille positive vers la grille négative comme le champ électrique. Les ions Xe^{2+} sont donc bien accélérés puisque le vecteur \vec{F} est orienté vers la gauche.

- 3) A l'aide du document 2, déterminer la quantité de matière, puis le nombre d'ions Xe^{2+} qui passent entre les grilles du moteur ionique chaque minute. En déduire la charge électrique totale Q_2 qui a traversé les grilles pendant cette durée.

$$\text{Quantité de matière : } n(\text{Xe}^{2+}) = \frac{m(\text{Xe}^{2+})}{M(\text{Xe})}$$

$$n(\text{Xe}^{2+}) = \frac{0,18}{131,3} = 1,4 \times 10^{-3} \text{ mol.}$$

$$\text{Nombre d'ions Xe}^{2+} : N = n(\text{Xe}^{2+}) \times N_A.$$

$$N = 8,3 \times 10^{20} \text{ ions.}$$

$$Q_2 = N \times (2 \times e) = 2,6 \times 10^2 \text{ C} > 0.$$

4) Comparer les intensités des courants électriques des deux moteurs.

$$I_1 = \frac{|Q_1|}{\Delta t_1} = \frac{800}{60} = 13 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{|Q_2|}{\Delta t_2} = \frac{264}{60} = 4,4 \text{ A.}$$

L'intensité du courant électrique dans le moteur électrique est trois fois plus élevée que celle du moteur ionique.

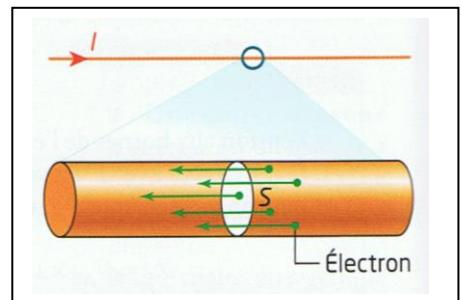
5) Citer des particules chargées responsables de l'apparition d'un courant électrique et proposer une relation liant l'intensité I du courant électrique et la valeur absolue de la charge électrique $|Q|$ qui traverse une section de conducteur pendant une durée Δt .

On vient de voir que les électrons et les ions (ici, des cations) sont des particules responsables de l'apparition d'un courant électrique.

La relation demandée est $I = \frac{|Q|}{\Delta t}$.

A retenir :

L'intensité I d'un courant électrique continu peut s'interpréter microscopiquement comme le débit de charges électriques (électrons dans un fil électrique ou ions dans les solutions électrolytiques) traversant une section S d'un conducteur.



$$I = \frac{|Q|}{\Delta t}$$

avec I : intensité du courant électrique en Ampère (A)

$|Q|$: valeur absolue de la charge électrique en Coulombs (C)

Δt : durée en secondes (s)

Remarques :

- Par convention, le sens de circulation du courant électrique correspond au sens contraire de déplacement des électrons.
- En régime continu, l'intensité du courant électrique ne varie pas au cours du temps.

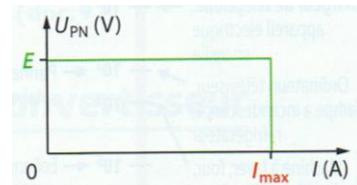
III. Source réelle de tension continue

TP : Modéliser une source réelle de tension

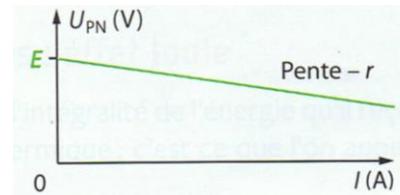
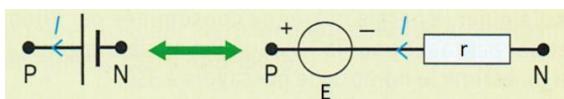
A retenir :

- Une source de tension continue est un générateur caractérisé par sa tension à vide (appelée aussi force électromotrice), notée E . C'est la tension que l'on mesure lorsqu'elle ne débite pas de courant.
- Une source idéale de tension continue délivre une tension constante quelle que soit l'intensité du courant qui la parcourt :

$$U_{PN} = E$$



- Une source réelle de tension continue peut être modélisée comme l'association en série d'une source idéale de tension continue de force électromotrice E et d'une résistance interne r :



$$U_{PN} = E - rI$$

avec E : tension à vide ou fem en V, r : résistance interne en Ω et I : intensité en A

IV. Le bilan de puissance

1) Puissance et énergie électrique

La puissance est une grandeur indiquant l'aptitude d'un système à convertir rapidement l'énergie : c'est un débit d'énergie !

$$P = \frac{\epsilon}{\Delta t}$$

avec P : puissance en watt (W)
 ϵ : Energie en joule (J)
 Δt : durée en seconde (s)

La puissance électrique mise en jeu dans des dispositifs usuels peut prendre des ordres de grandeurs très variés :

Puissance électrique en entrée (W)					Puissance électrique en sortie (W)	
Calculatrice	Smartphone	Lampe à LED	Ordinateur	Radiateur	Éolienne	Centrale nucléaire
10^{-3}	10^0	10^1	10^2	10^3	$10^5 - 10^6$	10^9

La puissance électrique d'un dipôle est définie comme le produit de la tension aux bornes de ce dipôle et de l'intensité qui le traverse :

$$P_{élec} = U \times I$$

avec P : puissance en watt (W)
U : tension en volt (V)
I : intensité en ampère (A)

Remarques :

L'expression de l'énergie électrique reste inchangée : $\varepsilon_{elec} = P_{elec} \times \Delta t$

Bien que l'USI de l'énergie soit le joule, on utilise également le kilowattheure (kW.h) comme unité d'énergie.

→ Etablir la conversion kW.h en joule :

$$1 \text{ kWh} = 1000 \times 3600 \text{ W.s} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

2) Bilan de puissance et rendement d'un convertisseur

TP Rendement d'une cellule photovoltaïque

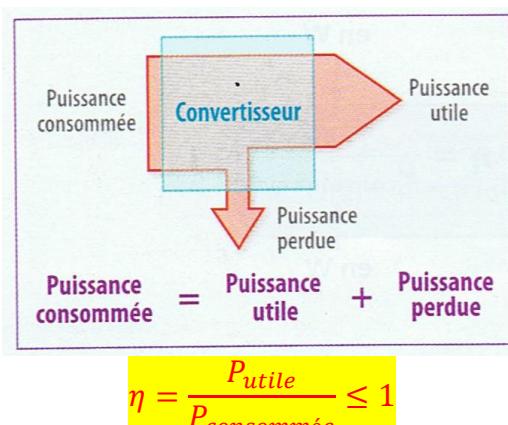
À retenir :

Contrairement à ce qui est dit dans le langage courant, l'énergie ne peut pas être produite : elle se transforme !

Un convertisseur d'énergie est un dispositif qui convertit une forme d'énergie, dite énergie entrante, en une autre forme d'énergie, dite énergie sortante.

L'énergie sortante est l'énergie utile à la réalisation d'un service (par exemple s'éclairer, se chauffer, se déplacer...)

Le rendement d'un convertisseur est le rapport entre la puissance utile pour réaliser ce service, et la puissance consommée, c'est-à-dire la puissance absorbée pour réaliser ce service :



Le rendement n'a pas d'unité et peut s'exprimer en %

Remarque : effet Joule

TP effet Joule

Un conducteur ohmique convertit l'intégralité de l'énergie électrique qu'il reçoit sous forme d'énergie thermique : c'est ce que l'on appelle l'effet Joule.

$$P_J = U_{AB} \times I = R \times I^2 = \frac{U_{AB}^2}{R}$$

