PHYSIQUE-CHIMIE · PREMIÈRE / COURS

Énergie et puissance électriques, effet Joule et rendement

Astrolab Cours · astrolabcours.fr

01 Le problème

Une pile neuve affiche 4,5 V. Branchée sur une lampe, on ne mesure plus que 4 V à ses bornes. Un chargeur de téléphone chauffe. Un moteur électrique ne rend jamais toute l'énergie qu'on lui donne. Où passe l'énergie qui manque ? Presque toujours au même endroit : en **chaleur**.

01 L'idée : la pompe d'une fontaine

Dans une fontaine, une pompe fait monter l'eau, l'eau redescend en faisant tourner une petite roue, puis revient à la pompe.

- L'**eau** qui circule, ce sont les porteurs de charge (les électrons dans un métal).
- Le **débit** de l'eau, c'est l'intensité du courant.
- La **hauteur** à laquelle la pompe monte l'eau, c'est la tension.
- Les **frottements** de l'eau dans les tuyaux chauffent un peu l'eau : c'est l'effet Joule. Même à l'intérieur de la pompe, il y en a.

01 Intensité et porteurs de charge

L'**intensité** du courant est le débit de charges électriques :

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

I en ampères (A), Q en coulombs (C), Δt en secondes.

Dans les métaux, les porteurs de charge sont des **électrons**, qui circulent en sens inverse du sens conventionnel du courant. Dans les solutions, ce sont des **ions**. Chaque électron porte la charge $-e$, avec $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C.

La source réelle de tension

Une pile n'est pas parfaite. On la modélise par une source idéale de tension E (la force électromotrice, sa tension à vide) en série avec une petite résistance interne r.

$$U_{PN} = E - r\,I$$

Plus la pile débite, plus la tension à ses bornes baisse. La partie rI est « perdue » à l'intérieur de la pile, où elle chauffe. C'est la pompe qui frotte sur elle-même.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/energie-electrique/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

Puissance et énergie

Puissance électrique reçue (ou fournie) par un dipôle :

$$P = U \times I$$

Énergie transférée pendant Δt :

$$\mathcal{E} = P \times \Delta t$$

P en watts, $\mathcal{E}$ en joules si Δt est en secondes, en wattheures si Δt est en heures.

L'effet Joule

Une résistance traversée par un courant convertit toute l'énergie électrique reçue en énergie thermique. Avec la loi d'Ohm $U = RI$:

$$P_J = R\,I^2$$

C'est utile dans un radiateur ou une bouilloire, gênant partout ailleurs : dans les câbles, dans les moteurs, dans les chargeurs.

Bilan et rendement d'un convertisseur

Un convertisseur (moteur, lampe, panneau solaire, pile) reçoit une énergie sous une forme et en rend une autre. Une partie est toujours perdue, presque toujours en chaleur.

$$P_{\text{reçue}} = P_{\text{utile}} + P_{\text{perdue}} \qquad \eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reçue}}}$$

Le rendement est toujours **inférieur à 1**. Un bon moteur électrique dépasse 0,9 ; une lampe à incandescence n'atteint pas 0,05, elle chauffe surtout.

Pour la pile : elle convertit l'énergie chimique. Puissance totale EI, puissance perdue rI^2, puissance utile fournie au circuit $U_{PN}I$. On vérifie que $EI = U_{PN}I + rI^2$.

Exemple guidé

Une pile a une force électromotrice $E = 4{,}5\ \text{V}$ et une résistance interne $r = 2{,}0\ \Omega$. Elle débite $I = 0{,}25\ \text{A}$ dans une lampe. Calcule la tension aux bornes de la pile et son rendement.

1. **La tension** : $U = E - rI = 4{,}5 - 2{,}0 \times 0{,}25 = 4{,}0\ \text{V}$.
2. **La puissance fournie à la lampe** : $P_{\text{utile}} = UI = 4{,}0 \times 0{,}25 = 1{,}0\ \text{W}$.
3. **La puissance perdue par effet Joule** dans la pile : $rI^2 = 2{,}0 \times 0{,}25^2 = 0{,}125\ \text{W}$.
4. **La puissance totale** produite : $EI = 1{,}125\ \text{W}$. On vérifie : $1{,}0 + 0{,}125 = 1{,}125$.
5. **Le rendement** : $\eta = \dfrac{1{,}0}{1{,}125} \approx 0{,}89$, soit 89 %.

Retour au problème

Les 0,5 V qui manquent sont perdus dans la résistance interne de la pile. Cette énergie part en chaleur, par

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/energie-electrique/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

effet Joule, comme celle qui fait chauffer le chargeur ou le moteur. Aucun convertisseur n'a un rendement de 100 %.

Les pièges

- $P = UI$ pour tout dipôle, $P = RI^2$ seulement pour la puissance dissipée par effet Joule.
- Le **kilowattheure** est une énergie : $1\ \text{kWh} = 3{,}6 \times 10^6\ \text{J}$.
- La tension aux bornes d'une pile **baisse** quand elle débite.
- Un rendement s'écrit sans unité, entre 0 et 1 (ou en pourcentage).

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/energie-electrique/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits