

FICHE DE COURS

Énergie électrique

Courant électrique, puissance, effet Joule et générateurs

1. Intensité et débit de charges

Le **courant électrique** est un déplacement d'ensemble de **porteurs de charge** (électrons dans un métal, ions dans une solution). L'**intensité** I mesure le **débit de charges** à travers une section du conducteur :

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \quad I \text{ en A, } Q \text{ en C, } \Delta t \text{ en s}$$

Le **sens conventionnel** du courant est celui du déplacement des charges **positives**, donc **opposé** au déplacement réel des électrons dans un métal.

Pour N électrons traversant une section : $Q = N \times e$ avec $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Exemple : Un conducteur est traversé par un courant $I = 2,0 \text{ A}$ pendant $\Delta t = 1,0 \text{ min}$. Combien d'électrons ont traversé une section ?

$$Q = I \times \Delta t = 2,0 \times 60 = 120 \text{ C} \quad N = \frac{Q}{e} = \frac{120}{1,60 \times 10^{-19}} = 7,5 \times 10^{20} \text{ électrons}$$

2. Puissance et énergie électriques

Pour un dipôle traversé par un courant d'intensité I et soumis à une tension U :

$$\mathcal{P} = U \times I \quad \mathcal{P} \text{ en W, } U \text{ en V, } I \text{ en A}$$

L'énergie transférée pendant la durée Δt vaut :

$$E = \mathcal{P} \times \Delta t \quad E \text{ en J}$$

Unité pratique de facturation : le **kilowattheure**.

$$1 \text{ kWh} = 1000 \times 3600 = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

Ordres de grandeur : LED 10 W, ordinateur portable 60 W, four 2000 W, plaque induction 3000 W.

3. Effet Joule et dipôles ohmiques

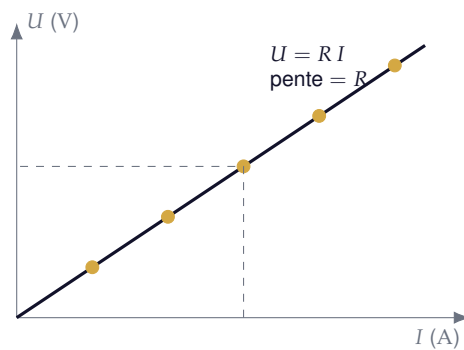
Un **conducteur ohmique** de résistance R vérifie la **loi d'Ohm** :

$$U = R \times I \quad R \text{ en } \Omega$$

Toute l'énergie reçue par un conducteur ohmique est **intégralement dissipée** sous forme thermique : c'est l'**effet Joule**.

$$\mathcal{P}_J = U \times I = R I^2 = \frac{U^2}{R}$$

L'effet Joule est **recherché** dans un radiateur ou un grille-pain, et **subi** (donc nuisible) dans les câbles de transport et les composants électroniques.



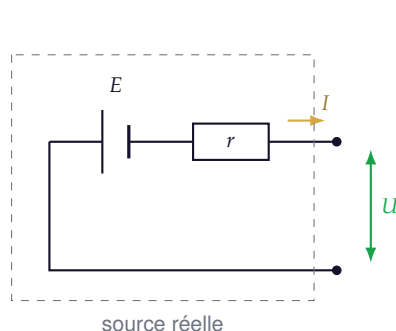
Caractéristique d'un conducteur ohmique : droite passant par l'origine

4. Modèle d'une source réelle de tension

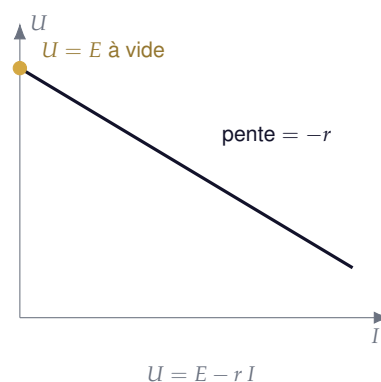
Une **source réelle** de tension continue se modélise par une source **idéale** de force électromotrice E en **série** avec une **résistance interne** r . Sa caractéristique est :

$$U = E - r I$$

- à vide ($I = 0$) : $U = E$, la tension est maximale ;
- en charge, la tension **chute** d'autant plus que le courant débité est grand.



source réelle



Exemple : Une pile de f.é.m. $E = 4,5 \text{ V}$ et de résistance interne $r = 1,5 \Omega$ débite $I = 0,40 \text{ A}$.

$$U = E - r I = 4,5 - 1,5 \times 0,40 = 3,9 \text{ V}$$

La chute de tension interne vaut $0,60 \text{ V}$: cette énergie est dissipée par effet Joule *dans* la pile.

5. Bilan de puissance et rendement

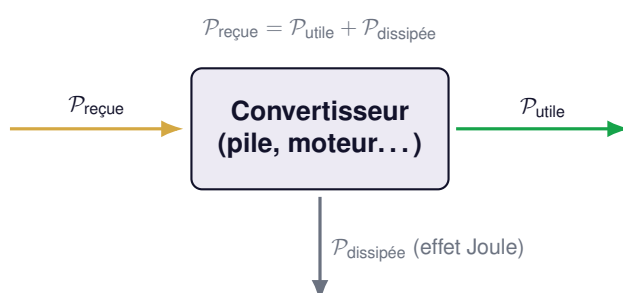
Pour un générateur, en multipliant $U = E - rI$ par I :

$$\underbrace{UI}_{\text{puissance utile fournie au circuit}} = \underbrace{EI}_{\text{puissance totale produite}} - \underbrace{rI^2}_{\text{puissance dissipée par effet Joule}}$$

Le **rendement** d'un convertisseur est le rapport de la puissance utile à la puissance reçue :

$$\eta = \frac{\mathcal{P}_{\text{utile}}}{\mathcal{P}_{\text{reçue}}} \quad 0 \leq \eta \leq 1$$

Il est toujours **inférieur à 1** : une partie de l'énergie est systématiquement dissipée.



Exemple : Reprenons la pile précédente ($E = 4,5 \text{ V}$, $r = 1,5 \Omega$, $I = 0,40 \text{ A}$).

$$\mathcal{P}_{\text{totale}} = EI = 4,5 \times 0,40 = 1,8 \text{ W} \quad \mathcal{P}_J = rI^2 = 1,5 \times (0,40)^2 = 0,24 \text{ W}$$

$$\mathcal{P}_{\text{utile}} = UI = 3,9 \times 0,40 = 1,56 \text{ W} \quad \eta = \frac{1,56}{1,8} = 0,87 = 87\%$$

Intensité : $I = \frac{Q}{\Delta t}$ — un débit de charges.

Puissance : $\mathcal{P} = UI$; énergie : $E = \mathcal{P} \Delta t$ ($1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$).

Effet Joule : $\mathcal{P}_J = RI^2$ — toute l'énergie reçue par un conducteur ohmique est dissipée en chaleur.

Source réelle : $U = E - rI$ — la tension chute quand le courant débité augmente.

Rendement : $\eta = \frac{\mathcal{P}_{\text{utile}}}{\mathcal{P}_{\text{reçue}}} < 1$.