

Fiche de cours Énergie électrique

L'essentiel du chapitre en deux pages

définitions · lois · méthodes · à savoir par cœur

1 PORTEURS DE CHARGE ET INTENSITÉ DU COURANT

Définition. Un **courant électrique** est un déplacement d'ensemble de **porteurs de charge** : les *électrons libres* dans un métal, les *ions* dans une solution électrolytique. Le **sens conventionnel** du courant va, à l'extérieur du générateur, de la borne + vers la borne - ; les électrons circulent en sens inverse.

Définition. L'**intensité** I est le **débit de charges** à travers une section du conducteur :

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \quad (I \text{ en A, } Q \text{ en C, } \Delta t \text{ en s}), \quad \text{et} \quad N = \frac{Q}{e} \text{ électrons, } e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C.}$$

Remarque. L'intensité est la même en tout point d'une branche (circuit série) : une ampoule ne « consomme » pas de charges, elle convertit de l'énergie. À un nœud, la somme des intensités qui arrivent est égale à la somme des intensités qui repartent (loi des nœuds).

2 SOURCE RÉELLE DE TENSION

Définition. Une **source réelle de tension** est modélisée par une source idéale de **force électromotrice** E (en V) en série avec une **résistance interne** r (en Ω). En convention générateur, la tension entre ses bornes vaut

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

Propriété — caractéristique. La courbe $U(I)$ est une **droite décroissante** : ordonnée à l'origine E (tension à vide, $I = 0$), coefficient directeur $-r$. Elle coupe l'axe des abscisses pour l'**intensité de court-circuit** $I_{cc} = E/r$.

Méthode — point de fonctionnement. le **point de fonctionnement** du circuit est le point d'intersection de la caractéristique du générateur et de celle du récepteur : il donne le couple $(I; U)$ effectivement imposé. Avec un conducteur ohmique R , il se retrouve par le calcul : $E - rI = RI$, soit

$$I = \frac{E}{R + r}.$$

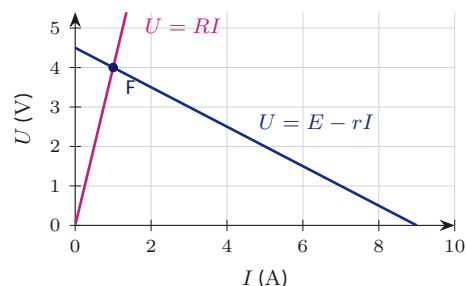


Figure 1 — Caractéristiques d'une pile ($E = 4,5 \text{ V}$, $r = 0,50 \Omega$) et d'un conducteur ohmique ($R = 4,0 \Omega$); point de fonctionnement F.

3 PUISSANCE, ÉNERGIE ET EFFET JOULE

Définition. La **puissance électrique** reçue ou fournie par un dipôle parcouru par I et soumis à U vaut $P = UI$ (en W); l'**énergie** transférée pendant Δt vaut $\mathcal{E} = P \Delta t$ (en J).

Propriété — effet Joule. Un **conducteur ohmique** ($U = RI$) convertit intégralement l'énergie reçue en transfert thermique :

$$P_J = UI = RI^2 \quad (R \text{ en } \Omega).$$

C'est l'effet recherché dans un radiateur ou une bouilloire, subi dans les fils et dans la résistance interne d'une pile.

Propriété — bilan de puissance d'une source réelle. En multipliant $U = E - rI$ par I :

$$\underbrace{EI}_{\text{puissance totale fournie}} = \underbrace{UI}_{\text{puissance transférée au circuit}} + \underbrace{rI^2}_{\text{pertes par effet Joule}}.$$

Définition. Le **rendement** d'un convertisseur est $\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reçue}}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{utile}}}{\mathcal{E}_{\text{reçue}}}$: sans unité, toujours inférieur à 1 (souvent exprimé en %).

Les pertes valent $P_{\text{reçue}} - P_{\text{utile}}$.

■ DONNÉES — Valeurs et ordres de grandeur à connaître

- $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ • $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$ • $1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$ • $1 \text{ mAh} = 3,6 \text{ C}$. Batterie de capacité Q et de tension U : $\mathcal{E} \approx UQ$.
- Puissances : lampe à LED 10 W • ordinateur portable 50 W • bouilloire ou radiateur 2 kW • voiture 100 kW • TGV 10 MW • réacteur nucléaire 1 GW .

4 SAVOIR-FAIRE DU CHAPITRE

► SAVOIR-FAIRE

- Relier charge, intensité, durée et nombre d'électrons ; identifier les porteurs de charge d'un milieu.
- Exploiter une caractéristique $U(I)$: lire E et r , déterminer le point de fonctionnement.
- Calculer une puissance, une énergie (J, Wh, kWh) et le coût d'une consommation.
- Établir le bilan de puissance d'un circuit et évaluer les pertes par effet Joule.
- Calculer le rendement d'un convertisseur (pile, moteur, chargeur, panneau) et commenter sa valeur.

5 EXEMPLES TYPES

★ EXEMPLE — point de fonctionnement et rendement d'une pile

Pile $E = 4,5 \text{ V}$, $r = 0,50 \Omega$ fermée sur $R = 4,0 \Omega$: $I = \frac{E}{R+r} = \frac{4,5}{4,5} = 1,0 \text{ A}$ et $U = E - rI = 4,0 \text{ V}$ (point F de la figure 1). Bilan : $EI = 4,5 \text{ W}$ fournis, $UI = 4,0 \text{ W}$ transférés au conducteur ohmique, $rI^2 = 0,50 \text{ W}$ perdus dans la pile ; $\eta = 4,0/4,5 = 0,89$, soit 89 %.

★ EXEMPLE — énergie stockée et rendement d'un chargeur

Batterie de téléphone : $U = 3,7 \text{ V}$, capacité $Q = 4000 \text{ mAh} = 4,0 \text{ A}\cdot\text{h}$, donc $\mathcal{E} = UQ = 3,7 \times 4,0 = 15 \text{ Wh}$, soit $5,3 \times 10^4 \text{ J}$. Si le chargeur absorbe $P = 12 \text{ W}$ pendant $\Delta t = 2,0 \text{ h}$, il consomme 24 Wh : le rendement de la charge vaut $\eta = (3,7 \times 4,0)/24 = 0,62$, soit 62 % ; le reste est dissipé par effet Joule.

★ EXEMPLE — bilan de puissance d'un moteur

Un moteur de résistance interne $r' = 0,80 \Omega$ fonctionne sous $U = 12 \text{ V}$ avec $I = 3,0 \text{ A}$: il reçoit $P = UI = 36 \text{ W}$, en dissipe $P_J = r'I^2 = 7,2 \text{ W}$ et fournit $P_{\text{méca}} = 36 - 7,2 = 29 \text{ W}$. Son rendement vaut $\eta = 28,8/36 = 0,80$, soit 80 %.

★ EXEMPLE — effet Joule, énergie et coût

Une bouilloire de $P = 2,0 \text{ kW}$, alimentée sous $U = 230 \text{ V}$, est parcourue par $I = P/U = 8,7 \text{ A}$ et se comporte comme un conducteur ohmique de résistance $R = U/I = 26 \Omega$. Utilisée $6,0 \text{ min}$ par jour, elle consomme $\mathcal{E} = 2,0 \times 0,10 = 0,20 \text{ kWh}$ par jour, soit 73 kWh par an : à $0,25 \text{ €}$ le kWh, environ 18 € par an.

✗ PIÈGES

- Confondre le sens du courant et le sens de déplacement des électrons (opposés dans un métal).
- Écrire $U = E + rI$: en fonctionnement générateur, la résistance interne *diminue* la tension disponible.
- Utiliser $P_J = RI^2$ pour un dipôle non ohmique (moteur, pile) : RI^2 ne compte alors que les pertes, la puissance reçue reste UI .
- Mélanger les unités d'énergie : $\mathcal{E} = P \Delta t$ donne des joules si Δt est en secondes, des Wh si Δt est en heures.
- Annoncer un rendement supérieur à 1 : identifier d'abord la puissance *reçue* et la puissance *utile*.