

# 1 Le courant continu

## A Nature des porteurs de charge

➤ On appelle courant continu un courant électrique dont l'intensité ne varie pas au cours du temps (**doc. 1**). Par convention, le courant électrique se déplace dans le circuit de la borne + du générateur vers la borne -.

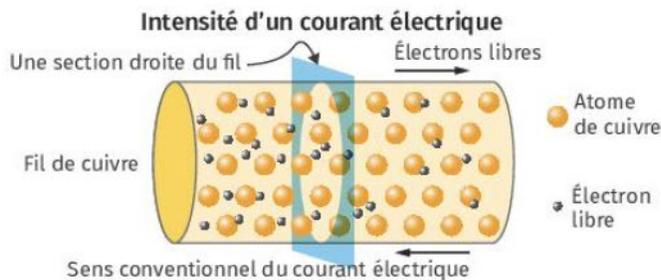
Le courant électrique est un déplacement de particules chargées appelées porteurs de charge.

➤ Dans les métaux, les porteurs de charge sont les électrons chargés négativement, et dans les liquides, les porteurs de charge sont des ions, positifs ou négatifs.

Chaque porteur de charge est caractérisé par sa masse (exprimée en kilogramme) et sa charge électrique (exprimée en coulomb, symbole C).

## B Débit de charges et intensité d'un courant continu

➤ Pour un courant continu, l'intensité du courant circulant à travers un conducteur de section  $S$  est égale à la charge électrique  $\Delta q$  traversant la surface  $S$  par unité de temps  $\Delta t$ . On peut parler de débit de charges. Au niveau microscopique, l'atome métallique possède un ou plusieurs électrons dits « libres » qui peuvent se mettre en mouvement.



L'intensité est exprimée en ampère, unité équivalente à  $C \cdot s^{-1}$ . Ces trois grandeurs  $I$ ,  $\Delta q$  et  $\Delta t$  sont liées par la relation :

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

avec  $I$  en ampère (A),  $\Delta q$  en coulomb (C) et  $\Delta t$  en seconde (s).

## C Le générateur réel de tension continue

➤ Le courant continu est généré par un générateur (on emploie souvent le mot source) de tension continue, comme les piles ou les accumulateurs (batteries).

➤ On distingue deux types de générateurs de tension continue :

- la source idéale, caractérisée par sa tension à vide  $E_0$  (en V). La tension à ses bornes est constante :  $U = E_0$  (**doc. 2**) ;
- la source réelle, que l'on modélise en série d'une source idéale de tension à vide  $E_0$  et d'une résistance interne  $r$  en ohm ( $\Omega$ ) en série. La tension à ses bornes dépend de l'intensité  $I$  du courant débité :  $U = E_0 - r \cdot I$  (**doc. 3**).

### Doc. 1 Source de courant continu

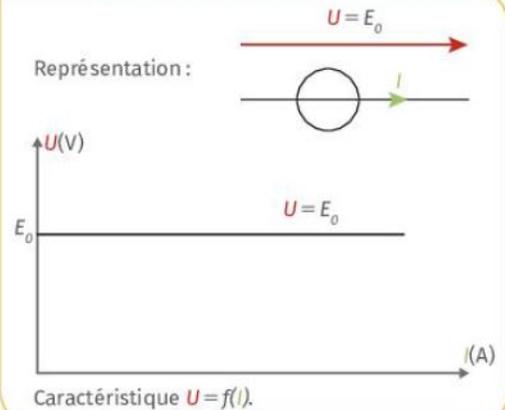


### Éviter les erreurs

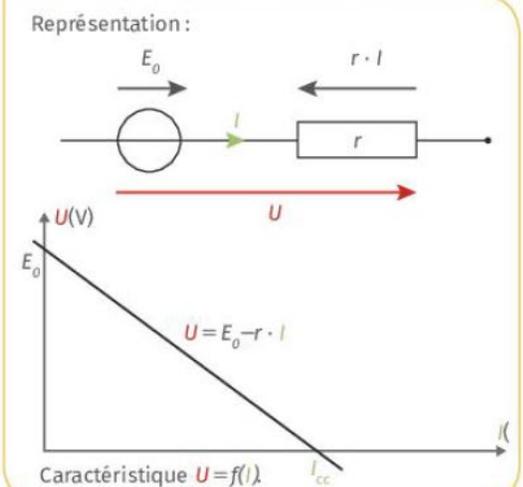
➤ Attention : le courant va du pôle + vers le - du générateur mais les électrons (chargés négativement) vont du pôle - vers le + !



### Doc. 2 Source idéale de tension



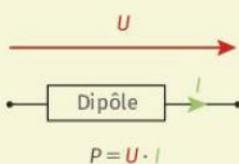
### Doc. 3 Source réelle de tension



## 2 Puissance et énergie transférée

### A Puissance électrique

La puissance convertie par un dipôle électrique est notée  $P$  et s'exprime en watt (W). Pour un dipôle soumis à une tension  $U$  entre ses bornes et parcouru par un courant d'intensité  $I$ , on peut écrire :  $P = U \cdot I$ .



*Exemple :* les bornes de recharge d'une voiture électrique ont des puissances qui varient de 2 kW à 7 kW. La durée de recharge est plus courte pour une borne plus puissante, mais elle sera plus onéreuse car, à tension égale, sa structure doit pouvoir supporter des courants électriques plus importants.

*Exemples de puissance d'appareils courants :*

Appareil	Puissance	Appareil	Puissance
Veilleuse d'appareil	1 W	Fer à repasser	1200 W
Lampe	30 W	Lave-linge	2500 W
Chauffage électrique	750 W	Four	3000 W
Téléviseur	150 W	Plaque de cuisson	6000 W

### B Relation entre puissance et énergie

L'énergie convertie par un appareil électrique fonctionnant pendant une durée  $\Delta t$  est égale à  $E = P \cdot \Delta t = U \cdot I \cdot \Delta t$ ,

avec  $E$  en joule (J),  $P$  en watt (W),  $\Delta t$  en seconde (s),  $U$  en volt (V) et  $I$  en ampère (A).

L'énergie convertie par un appareil électrique est donc proportionnelle à la puissance  $P$  de l'appareil électrique et à la durée d'utilisation  $\Delta t$ .

### C Cas des dipôles ohmiques : l'effet Joule

Le dipôle ohmique est caractérisé par sa résistance  $R$  et vérifie la loi d'Ohm  $U = R \cdot I$ .

Sa puissance  $P$  s'exprime donc :  $P = U \cdot I = (R \cdot I) \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$   
avec  $P$  en watt (W),  $R$  en ohm ( $\Omega$ ) et  $I$  en ampère (A).

Au niveau microscopique, les interactions entre les électrons libres et leur support de déplacement peuvent être modélisées par une force de frottement. Le matériau s'échauffe : c'est l'effet Joule. Le matériau s'échauffe d'autant plus que le courant électrique est important.

L'énergie  $E$  (J) convertie en énergie thermique par effet Joule s'exprime par :  $E = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$ .

L'effet Joule peut poser des problèmes de dépense énergétique à minimiser ou encore de surchauffe (doc. 5), d'autant plus si l'intensité du courant est électrique est importante, mais l'effet Joule peut aussi être exploité (doc. 6).

#### Doc. 4 Borne de recharge de voiture

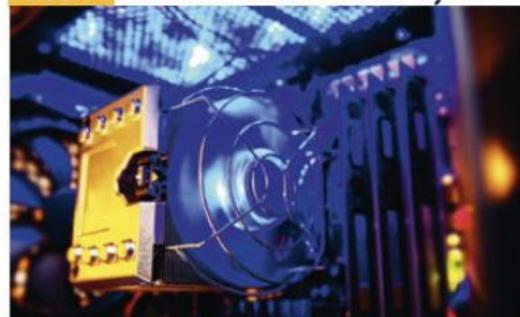


#### Éviter les erreurs

L'unité usuelle d'énergie de transfert électrique (factures, etc.) est le kWh, avec la puissance exprimée en kW et la durée en h.

- $1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3600 \text{ J}$ .
- $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$ .

#### Doc. 5 Les contraintes de l'effet Joule



Cet ordinateur ultraperformant doit être équipé de ventilateurs optimisés pour limiter la surchauffe de ses microprocesseurs.

#### Doc. 6 Une utilisation de l'effet Joule



La formation de givre entraîne l'arrêt d'une éolienne. Une peinture antigivre conductrice de courant électrique permet de dégivrer l'éolienne par l'effet Joule.

## D Bilan de puissance dans un circuit

➤ Soit un circuit composé d'un générateur et de plusieurs dipôles  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  et  $D_4$  (doc. 7). Comme l'énergie totale du circuit se conserve, on peut établir une relation entre l'énergie délivrée par le générateur et les énergies converties par les différents dipôles :

$$E_{\text{générateur}} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4.$$

En divisant cette relation par la durée  $\Delta t$ , on obtient une relation entre les différentes puissances :

$$P_{\text{générateur}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4.$$

Cette relation s'appelle le bilan de puissance.

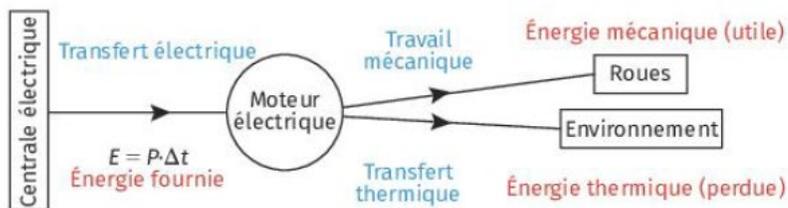
Elle permet de calculer le rendement d'un dispositif en identifiant la puissance utile et la puissance fournie au circuit.

## 3 Rendement d'un convertisseur

### A Définition du rendement d'un convertisseur

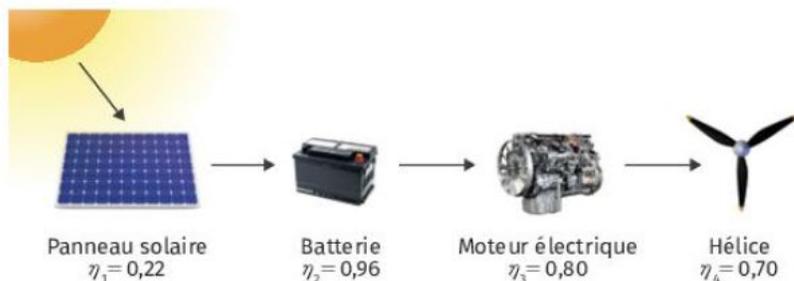
➤ L'énergie ne se produit pas, mais elle peut être convertie et transférée d'un système à un autre. C'est un convertisseur d'énergie qui effectue cette transformation. Le rendement  $\eta$  (êta) d'un convertisseur est égal à :

$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{fournie}}} = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{fournie}}}$$



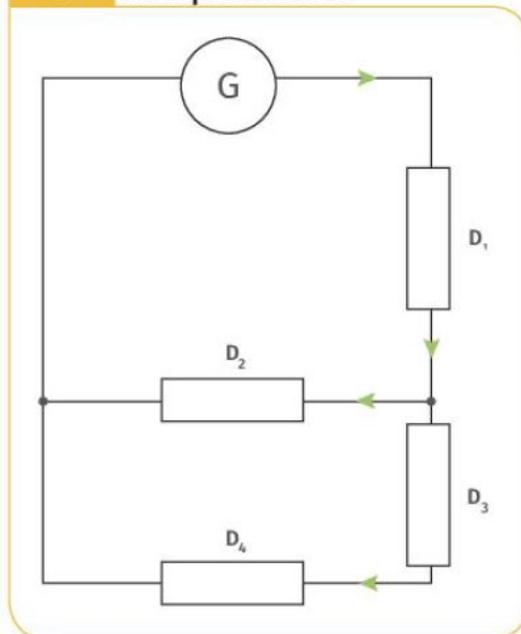
### B Rendement global d'une chaîne énergétique

➤ Dans le cas d'une chaîne comportant plusieurs convertisseurs, le rendement global est égal au produit des rendements individuels de chaque élément.



$$\eta_{\text{tot}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 = 0,22 \times 0,96 \times 0,80 \times 0,70 = 0,12 = 12 \%$$

### Doc. 7 Exemple de circuit



Éviter les erreurs

➤ Un rendement a une valeur toujours comprise entre 0 et 1.

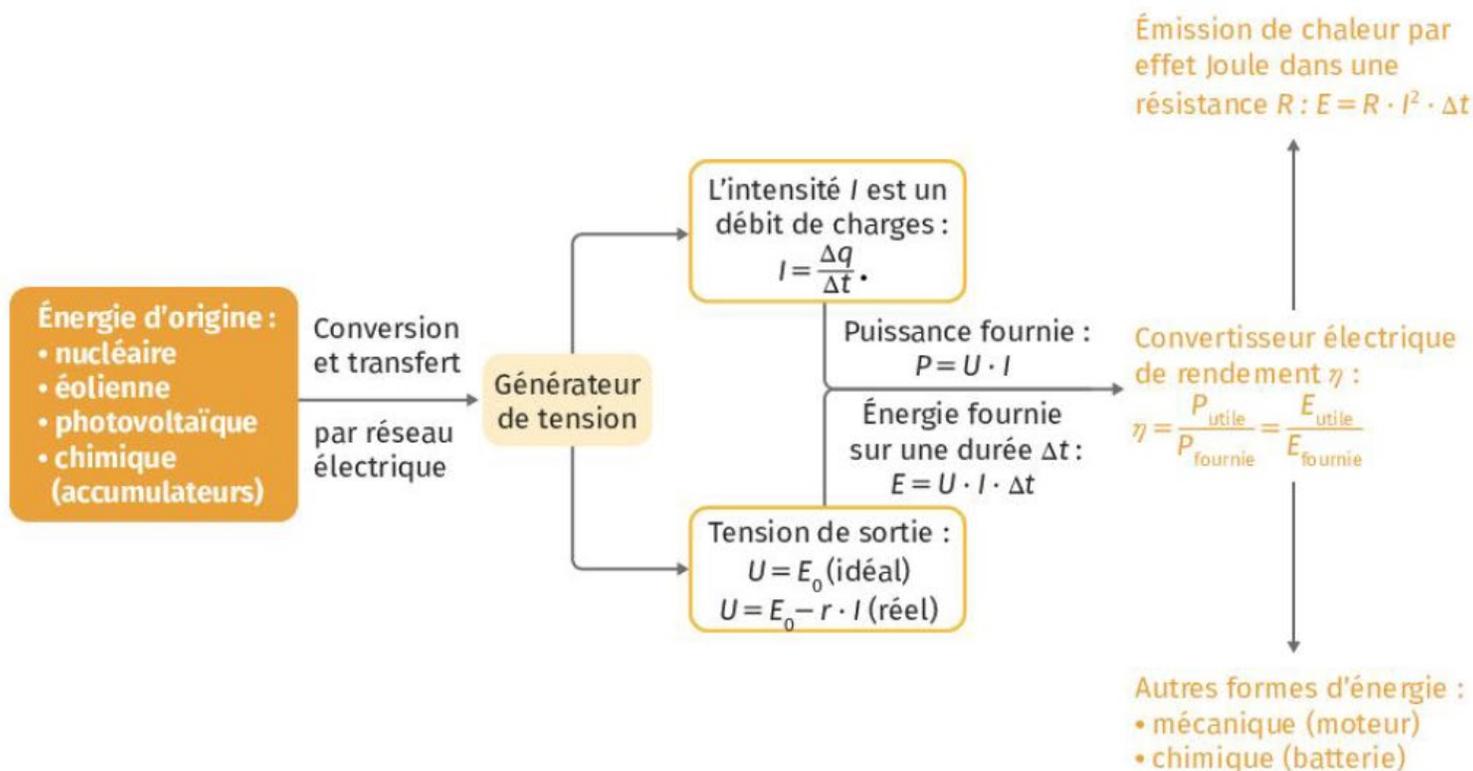
### Pas de malentendu

➤ Il existe différentes formes d'énergie : mécanique, nucléaire ou chimique par exemple. En électricité, on préfère le terme d'énergie de transfert électrique à celui d'énergie électrique car l'électricité ne permet pas de stockage de l'énergie. L'énergie peut aussi se transmettre par transfert thermique ou radiatif.

### Doc. 8 Quelques convertisseurs d'énergie



## Les éléments essentiels de la modélisation



### ► Rendement d'une chaîne énergétique

Pour des convertisseurs successifs, le rendement global  $\eta$  est égal au produit des rendements de chaque convertisseur :  $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n$ .

Sachant qu'un rendement a une valeur positive inférieure à 1, on en déduit qu'à chaque convertisseur ajouté dans la chaîne énergétique, le rendement global  $\eta$  diminue, ce qui correspond à une perte d'énergie utile.

## Les limites de la modélisation

De nombreuses simplifications sont à effectuer lors de la mise en application des notions abordées dans ce chapitre. En voici quelques-unes :

- on considère en général qu'un générateur est une source idéale de tension. En pratique, le générateur a une résistance interne  $r$  qui ne peut être négligée dans le cas où sa valeur est significative par rapport à la résistance totale dans le circuit ;
- la température peut modifier les caractéristiques des dipôles électriques, phénomène qui n'a pas été pris en compte ici ;
- on considère que la résistance des fils conducteurs est nulle, ce qui est une approximation. Pour des fils

de grandes longueurs, la dissipation énergétique par effet Joule peut ne pas être négligeable ;

- lors du calcul du rendement théorique d'un convertisseur, de faibles pertes d'énergie sont volontairement oubliées (frottement, rayonnement, échauffement) afin de rendre les calculs plus faciles.

