

Chapitre 14 Physique : Énergie et puissance électriques

A) Courant électrique continu

1) Courant électrique et porteurs de charges

► Un courant électrique est un **déplacement d'ensemble, ordonné, de particules chargées**.

► **Les porteurs de charge électrique** sont les particules responsables du déplacement de la charge électrique et dépendent du milieu considéré (**doc. 1**).

► **Par convention**, le sens du courant est celui du déplacement des porteurs de charges **positives**.

Doc. 1. Porteurs de charge et charge électrique selon le milieu considéré.

Milieu	Porteurs de charge	Charge électrique (C)
Solide conducteur métallique	Électrons libres	- e
Solution électrolytique	Cations X^{n+}	+ n × e n entier naturel
	Anions X^{n-}	- n × e n entier naturel

La charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

2) Intensité du courant électrique

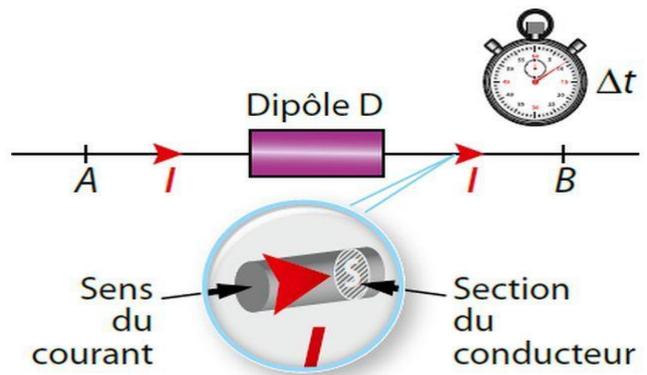
► L'intensité du courant électrique est un **débit de charges électriques** à travers la section S d'un conducteur. **Doc. 2** :

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

I : intensité du courant électrique en ampères (A)

$|Q|$: valeur absolue de la charge électrique Q en coulombs (C) traversant la section S du conducteur pendant Δt

Δt : durée en secondes (s)



© Belin Éducation/Humensis, 2019 Physique Chimie 1re
© Marse

► **En régime continu**, l'intensité du courant électrique **ne varie pas au cours du temps**.

B) Sources réelles de tension continue : caractéristique et modélisation

1) Définition d'une source de tension continue

► Une **source de tension continue** est un **générateur** qui impose le sens de circulation des porteurs de charge électrique dans le circuit. **Elle est responsable du déplacement d'ensemble, ordonné** des porteurs de charge électrique.

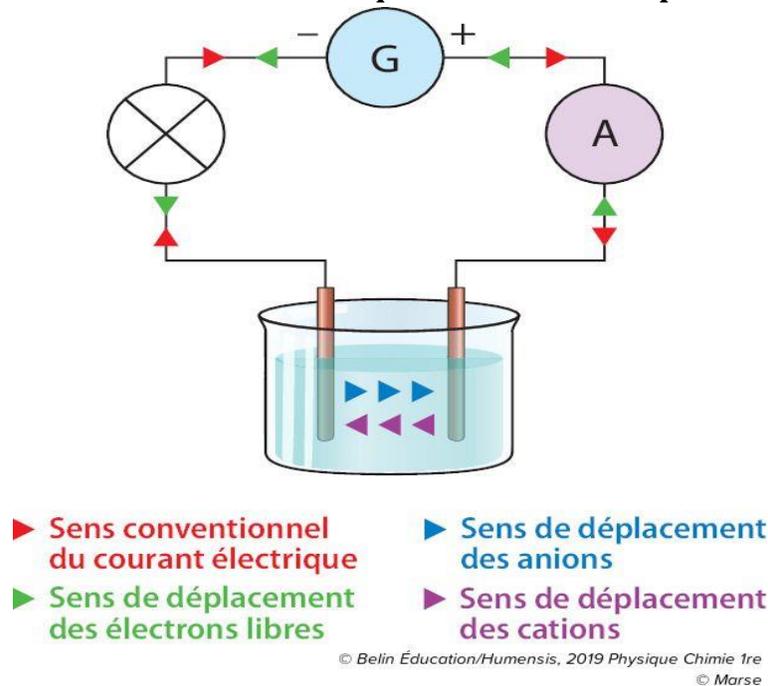
► Une source de tension continue est caractérisée par sa **tension à vide**, notée E . C'est la **tension** que l'on mesure à ses bornes lorsqu'elle **ne débite pas de courant**.

► **Par convention**, le courant électrique circule dans le circuit **de la borne positive vers la borne négative** du générateur.

Dans un **conducteur métallique** : les électrons libres circulent de la borne **négative** vers la borne positive du **générateur**, c'est-à-dire dans le sens inverse du sens conventionnel du courant.

Dans une **solution électrolytique** : les **cations** chargés positivement, circulent dans le **sens conventionnel** du courant et les **anions**, chargés négativement, circulent dans le **sens inverse du sens conventionnel** (doc. 3).

Doc. 3. Sens conventionnel du courant électrique et sens réel des porteurs de charges.

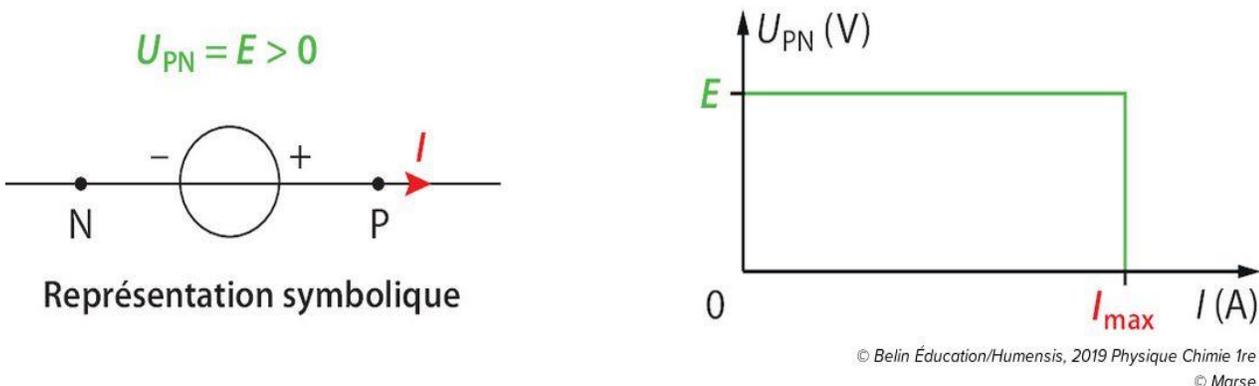


2) Caractéristique tension-courant d'une source de tension continue

a. Sources idéales de tension continue

Une source **idéale** de tension continue délivre une **tension constante** $U_{PN} = E$ quelle que soit l'intensité du courant qui la parcourt, jusqu'à une valeur maximale de l'intensité à ne pas dépasser.

Doc. 4. Représentation et caractéristique tension-courant d'une source idéale de tension continue $U_{PN} = E$.

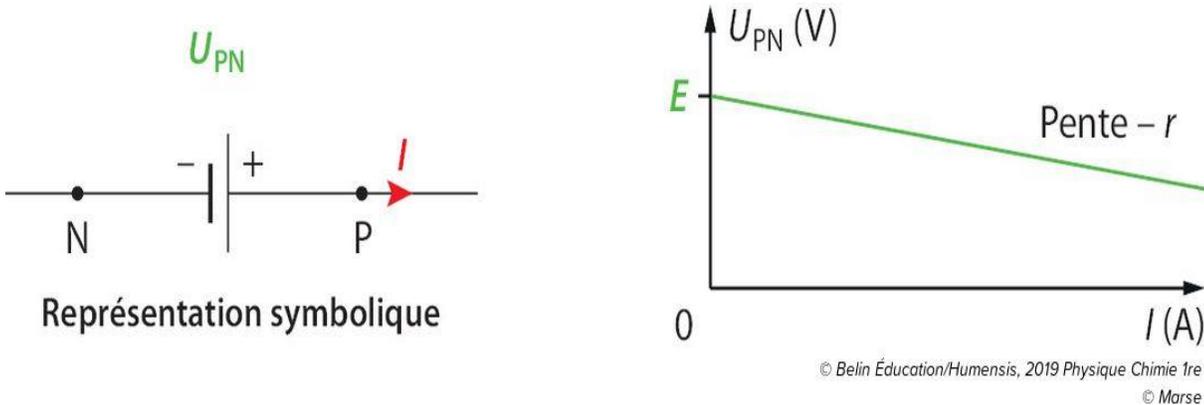


E est la **tension à vide** de la source idéale de tension.

b. Sources réelles de tension continue

► La **caractéristique tension-courant** d'une source **réelle** de tension continue, comme par exemple une pile, est la courbe représentative de U_{PN} en fonction de I : c'est une droite de **coefficient directeur négatif** (ou de **pente négative**).

Doc. 5. Caractéristique tension-courant d'une source réelle de tension continue.



► La **tension à vide**, pour $I = 0$ A, de la source **réelle** de tension continue est :

$U_{PN}(0) = E$. L'équation de la caractéristique est $U_{PN} = E - r \times I$

3) Modélisation d'une source réelle de tension continue

► Une source **réelle** de tension continue peut-être modélisée par l'association **série** d'une source **idéale** de tension continue E et d'une **résistance** r appelée **résistance interne** de la source réelle de tension continue (**doc. 6**).

$$U_{PN} = U_{PN'} + U_{N'N} = E - U_{NN'} = E - U_r = E - r \times I$$

On retrouve bien l'équation de la caractéristique avec cette modélisation.

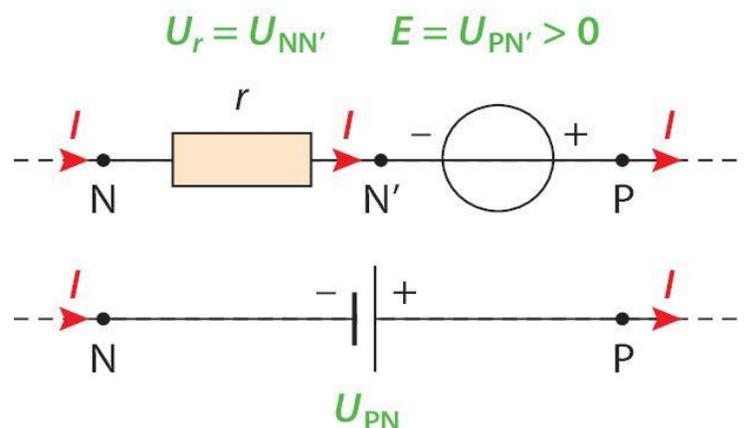
U_{PN} : tension en volts (V)

E : tension à vide en volts (V)

r : résistance interne en ohms (Ω)

I : intensité du courant en ampères (A)

Doc. 6. Représentation d'une source réelle de tension continue.



Ne pas confondre...

...capacité et charge électrique...

Dans le langage courant, la « capacité » d'une pile rechargeable désigne la charge électrique (en C) que peut faire circuler cet accumulateur pendant un cycle complet de décharge. Elle est indiquée en mA · h (avec 1 mA · h = 3,6 C).

Éviter les erreurs...

... en faisant attention aux signes des grandeurs électriques :

- $U_{PN} > 0$ (P pour « positif » et N pour « négatif »).
- $I > 0$ avec I « sortant » par P et « rentrant » par N (ou I orienté de N vers P).

C) Bilan de puissance

1) Puissance électrique

► Une **puissance électrique** est un **débit d'énergie**, c'est-à-dire une quantité d'énergie fournie par un système à un autre par unité de temps :

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

P : puissance en watts (W)

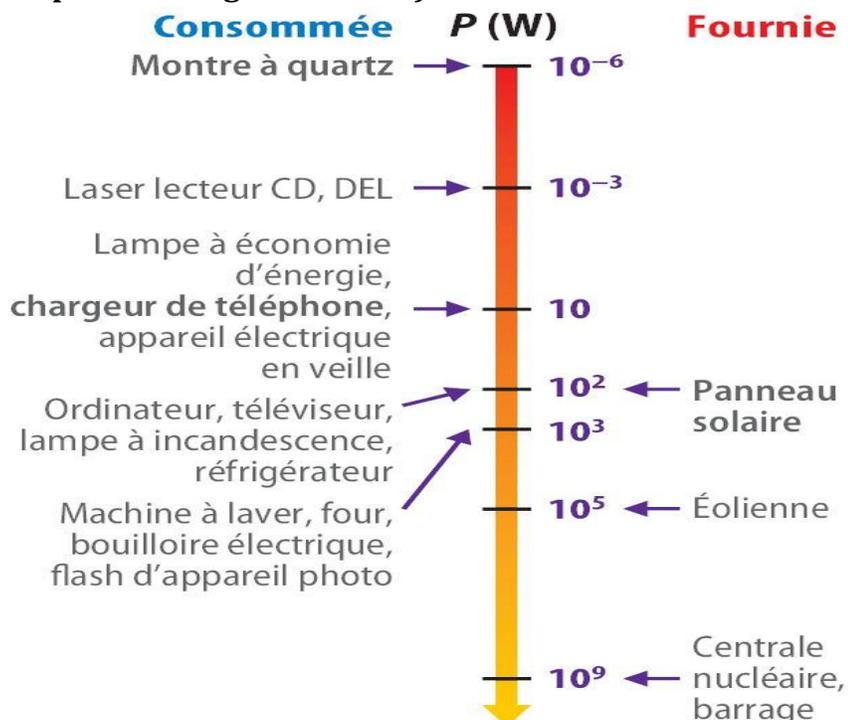
E : énergie en joules (J)

Δt : durée en secondes (s)

► Un autre système d'unité est possible : E en Wh (wattheures) et Δt en h. La conversion est 1 Wh = 3600 J

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

Exemples de puissances P fournies ou consommées par des dispositifs courants (en gras les dispositifs à régime continu).



a. Puissance consommée par un dipôle récepteur

► Un dipôle a un caractère **récepteur** s'il reçoit de l'énergie électrique et la **consomme** en la convertissant en une autre forme d'énergie.

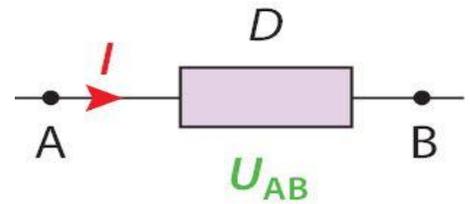
► La puissance électrique **consommée** par un dipôle **récepteur** est :

$$P_{\text{récepteur}} = U_{AB} \times I$$

P : puissance en watts (W)

U_{AB} : tension en volts (V)

I : intensité du courant électrique traversant le dipôle de A vers B en ampères (A)



© Belin Éducation/Humensis, 2019 Physi...
© Marse

b. Puissance fournie par un générateur

► Un dipôle a un caractère **générateur** s'il **fournit** de l'énergie électrique au reste du circuit.

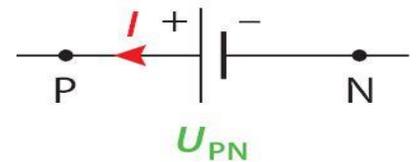
► La puissance électrique **produite** est **fournie** par un **générateur**, comme par exemple une pile, au reste du circuit :

$$P_{\text{générateur}} = U_{PN} \times I$$

P : puissance en watts (W)

U_{PN} : tension en volts (V)

I : intensité du courant électrique, orienté dans le sens conventionnel du courant en ampères (A)



© Belin Éducation/Humensis, 2019 Physi...
© Marse

2) Bilan de puissance dans un circuit

► Dans un circuit électrique, la puissance **produite**, fournie par le générateur, est égale à la puissance **consommée** par les récepteurs.

$$P_{\text{générateur}} = \Sigma P_{\text{consommées par le(s) récepteur(s)}}$$

Dans un circuit électrique, que les récepteurs soient associés en série ou en dérivation, la puissance (et donc l'énergie) fournie par le générateur est égale à la somme des puissances (ou des énergies) reçues par les récepteurs.

3) Bilan de puissance pour une pile réelle

► Le générateur produit une puissance $P_{\text{électrique}} = U_{PN} \times I$. En modélisant le générateur par une source **réelle** de tension continue, on démontre :

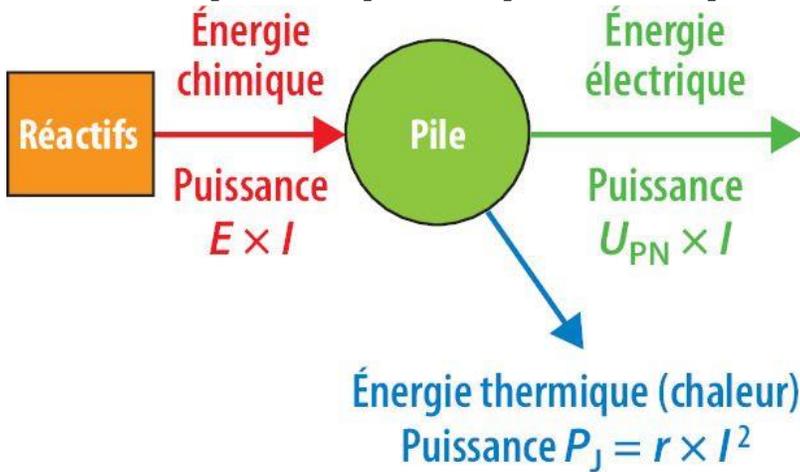
$$P_{\text{électrique}} = U_{PN} \times I = (E - r \times I) \times I = E \times I - r \times I^2 = E \times I - P_J$$

Le terme $E \times I$ représente la **puissance chimique fournie** par les réactifs chimiques de la pile.

La partie $P_J = r \times I^2$ de l'expression représente la **puissance dissipée sous forme de chaleur** par effet Joule dans la source réelle de tension, du fait de la présence de la résistance interne.

La différence $U_{PN} \times I$ représente la **puissance électrique utile fournie au reste du circuit** : P_{utile} .

Doc. Bilan de puissance pour une pile électronique réelle.



Remarque : source **idéale** de tension n'a pas d'effet Joules et transforme l'intégralité de l'énergie chimique qu'elle consomme en énergie électrique.

D) Rendement d'un convertisseur

1) Principe d'un convertisseur

► 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 (comme s'éclairer, se chauffer, se déplacer etc).

► La **puissance** d'un convertisseur d'énergie caractérise sa capacité à **transformer l'énergie plus ou moins vite**.

2) Rendement d'un convertisseur

► Le rendement η (« éta ») d'un convertisseur est le rapport entre la **puissance utile** pour réaliser un service, et la **puissance consommée**, c'est-à-dire la puissance absorbée pour réaliser ce service.

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{consommée}}} \leq 1 \text{ Cette expression est aussi valable en énergie } \eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{consommée}}}$$

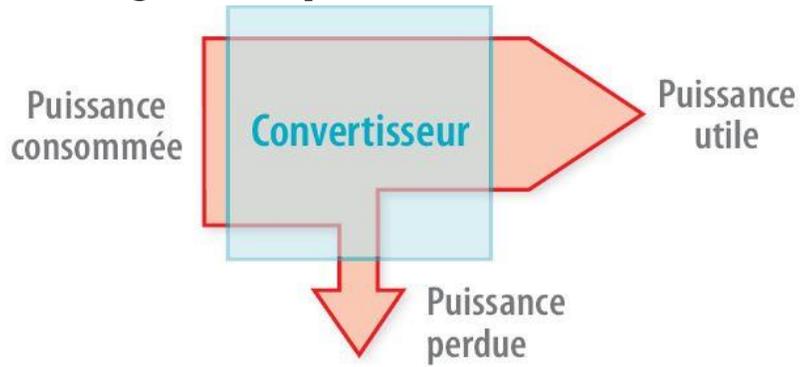
► Le rendement, sans unité, s'exprime généralement en % .

► Une partie de la puissance consommée est **perdue** : elle est souvent dissipée sous forme de puissance thermique.

Doc. Exemples de rendements.

Convertisseur	Rendement
Panneau photovoltaïque	15 %
DEL	80 %
Lampe à incandescence	5 %
Radiateur	100 %
Voiture électrique	De 50 à 65 %

Doc. Diagramme de puissance d'un convertisseur.



$$\text{Puissance consommée} = \text{Puissance utile} + \text{Puissance perdue}$$

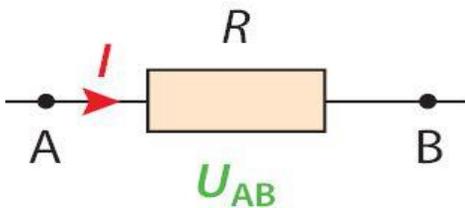
© Belin Éducation/Humensis, 2019 Physique Chimie 1re
© Marse

3) Cas des dipôles ohmiques : effet Joule

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

Aux bornes d'un conducteur ohmique de résistance R , la puissance consommée vaut $P = U_{AB} \times I$ avec $U_{AB} = R \times I$ (**loi d'Ohm**) donc :

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



© Belin Éducation/Humensis, 2019 Physi...
© Marse

► Un conducteur ohmique s'échauffe lorsqu'il est traversé par un courant électrique : plus sa résistance est élevée, plus sa température augmente.

► Si le conducteur ohmique est installé dans le but de produire de la chaleur, le rendement sera de 100%.