

3 L'énergie

3.1 Aspects énergétiques des phénomènes électriques

3.1.1 Le courant électrique continu

Le courant électrique est un déplacement de porteurs de charge électrique : des électrons dans les métaux et des ions dans les solutions ioniques.

Exemples un ion Cu^{2+} porte la charge électrique $q(\text{Cu}^{2+}) = 2 * e$
un électron porte la charge électrique $q(e^-) = -e$
la charge électrique élémentaire $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$

La charge électrique totale apportée par un grand nombre de porteurs de charge est notée Q .

Exemple une mole d'électrons représente $6,0.10^{23}$ électrons qui portent chacun une charge de $-1,6.10^{-19} \text{ C}$:
 $Q = 6,0.10^{23} * -1,6.10^{-19} = -9,6.10^4 \text{ C}$

L'intensité du courant électrique est un débit de charges électriques :

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

Q : charge électrique ; en C (Coulomb)

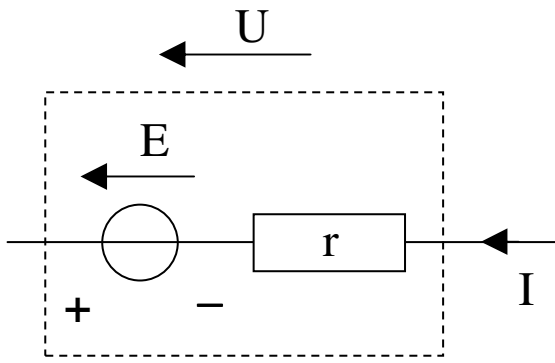
I : intensité du courant électrique ; en A

Δt : intervalle de temps ; en s

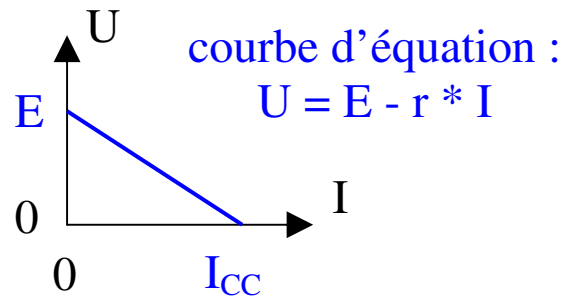
Le déplacement des porteurs de charge est imposé par une différence de potentiel (ou tension électrique) appliquée aux bornes du conducteur.

3.1.2 Source réelle de tension continue

Une source réelle de tension continue possède une résistance interne « r ».



symbole d'une source réelle de tension



caractéristique tension-courant d'une source réelle de tension

En circuit ouvert, la tension à ses bornes est la force électromotrice E (f.é.m) et l'intensité du courant électrique est nulle.

En circuit fermé, la tension à ses bornes dépend de l'intensité du courant électrique débité (avec une valeur maximale I_{CC}).

3.1.3 Puissance et énergie électriques

La puissance est un débit d'énergie :

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

P : puissance électrique ; en W (Watt)

E : énergie électrique ; en J

Δt : intervalle de temps ; en s

Exemples

Une grande éolienne peut fournir une puissance de 2,0 MW

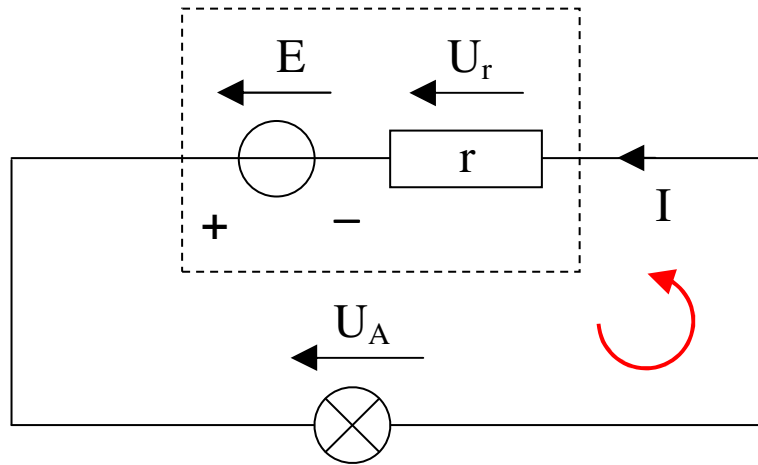
Une voiture électrique consomme une puissance maximale de 80 kW

Un four à micro-ondes consomme une puissance de 750 W

Un réacteur nucléaire fournit une puissance de 900 MW

3.1.4 Bilan de puissance dans un circuit

Une source réelle de tension continue est mise en série avec une ampoule.



Loi des mailles : $E + U_r - U_A = 0 \text{ V}$

Loi d'Ohm : $E + r * I - U_A = 0 \text{ V}$

$$E * I + r * I^2 - U_A * I = 0 \text{ W}$$

$E * I$: puissance fournie au circuit par la source de tension ; en W

$r * I^2$: puissance reçue par la résistance interne de la source réelle de tension ; en W ; cette puissance est entièrement dissipée sous forme de chaleur. C'est l'effet Joule.

$U_A * I$: puissance reçue par l'ampoule ; en W

Le rendement « η » indique la part de la puissance convertie jugée utile par l'utilisateur :

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

η : rendement du circuit électrique ; sans unité

E : énergie reçue ou fournie ; en J

P : puissance reçue ou fournie ; en W

Exemple on juge utile la lumière que délivre l'ampoule, ainsi :

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reçue}}} = \frac{U_A * I}{E * I}$$

3.2 Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques

3.2.1 Energie cinétique

L'énergie cinétique E_C d'un système modélisé par un point matériel a pour expression :

$$E_C = \frac{1}{2} * m * v^2$$

E_C : énergie cinétique du système ; en J

m : masse du système ; en kg

v : vitesse du système : en $m.s^{-1}$

3.2.2 Travail d'une force

On définit le travail W d'une force constante \vec{F} pour un déplacement \overline{AB} par le produit scalaire :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overline{AB} = F * AB * \cos(\theta)$$

W_{AB} : travail de la force \vec{F} entre les points A et B ; en J

\vec{F} : force qui travaille ; norme en N

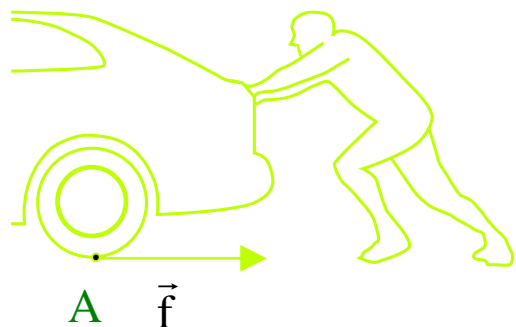
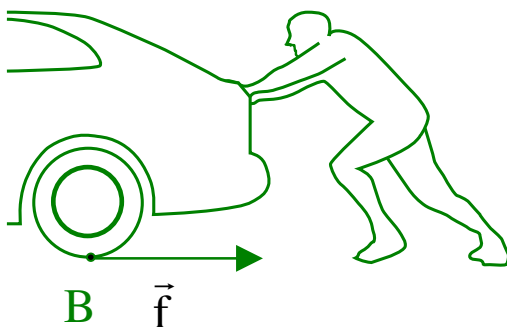
\overline{AB} : vecteur déplacement de A vers B ; norme en m

θ : angle entre les vecteurs \vec{F} et \overline{AB} (prononcer théta) ; en rad

Exemple

La force de frottement \vec{f} est constante sur le trajet \overline{AB} :

$$W_{AB}(\vec{f}) = f * AB * \cos(180^\circ) = - f * AB$$



Pour certaines forces, le travail est indépendant du chemin suivi. Elles sont dites conservatives.

Exemples

forces conservatives	force non-conservative
- forces de l'interaction gravitationnelle - forces de l'interaction électrostatique - forces de l'interaction élastique	- forces de frottement

3.2.3 Théorème de l'énergie cinétique

Le travail est un mode de transfert de l'énergie :

$$\sum W_{AB}(\vec{F}_{\text{ext}}) = \Delta E_c$$

Σ : symbole mathématique de somme

W : travail des forces extérieures qui s'exercent sur le système ; en J

E_c : énergie cinétique du système ; en J

Δ : symbole mathématique de différence (prononcer delta) ;

$$\Delta E_c = E_c(\text{final}) - E_c(\text{initial})$$

Le travail peut être négatif (travail résistant), positif (travail moteur) ou nul. Le travail moteur d'une force augmente l'énergie cinétique d'un système.

3.2.4 Energie potentielle



Les deux boules sont en interaction élastique. Il faut fournir du travail pour les éloigner l'une de l'autre. Et si on les lâche, elles vont se mettre en mouvement et gagner de l'énergie cinétique.

Il existe donc une forme d'énergie qui a le potentiel de se transformer en énergie cinétique.

Les forces d'une interaction associée à une énergie potentielle sont conservatives.

3.2.5 L'énergie potentielle de pesanteur

Une balle et la Terre sont en interaction gravitationnelle. Il existe donc une énergie potentielle gravitationnelle entre les deux.

La masse de la Terre étant très grande par rapport à celle de la balle, la Terre peut être considérée comme immobile. Il est alors commode de considérer le système constitué par la balle seule, soumis au champ de gravitation de la Terre.

Expression de l'énergie potentielle E_p de pesanteur d'un système dans le champ de gravitation de Terre :

$$E_p = m * g * z$$

E_p : énergie potentielle de pesanteur du système ; en J

g : intensité de la pesanteur sur Terre ; en N.kg^{-1} (ou m.s^{-2})

m : masse du système ; en kg

z : altitude du système ; en m

3.2.6 Conservation et non-conservation de l'énergie mécanique

On nomme « énergie mécanique » la grandeur :

$$E_m = E_c + E_p$$

L'énergie mécanique d'un système soumis à des forces non conservatives diminue. On dit que l'énergie est dissipée.

L'énergie perdue par le système est transférée sous forme de chaleur au système et à son environnement.