

Fiche de synthèse n° 13

Transferts électriques d'énergie

L'électricité intervient de manière quasi-systématique dans les diverses chaînes énergétiques. Que ce soit lors de l'utilisation d'un smartphone, d'un appareil électroménager, d'un véhicule électrique... on retrouve des circuits électriques permettant le transfert énergétique.

Dans l'exemple ci-dessous, le panneau photovoltaïque se comporte comme un générateur et fournit l'électricité nécessaire au groupe motopompe qui se comporte comme un récepteur électrique.

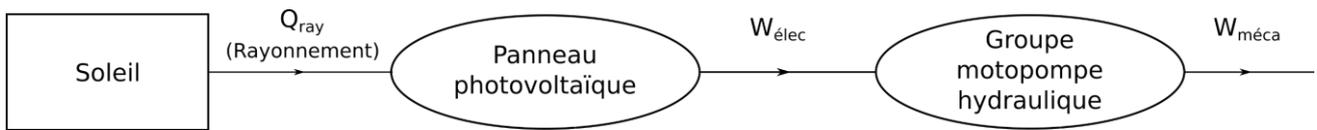


FIG. 1. – Exemple de chaîne énergétique.

Le générateur fournit au récepteur l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement.

1. Circuit électrique élémentaire

Un circuit électrique est constitué d'au moins :

- un générateur G ;
- un récepteur R ;
- deux fils de liaison permettant le transport de l'énergie électrique du générateur vers le récepteur.

Le générateur alimente le récepteur sous une tension U et délivre au récepteur le courant d'intensité I dont il a besoin.

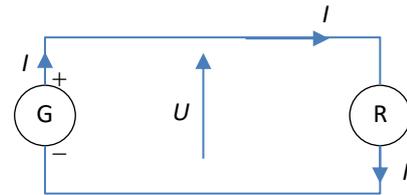


FIG. 2. - Circuit électrique élémentaire.

2. Puissance et travail électrique

2.1. La puissance électrique

Le bilan du transfert d'énergie électrique entre générateurs et récepteurs peut se traduire par la puissance qui représente la quantité d'énergie échangée en une seconde.

Pour un dipôle parcouru par un courant électrique d'intensité I et soumis à la tension U , l'expression générale de la puissance électrique instantanée P échangée par le dipôle est donnée par la relation suivante :

$P = U \cdot I$	P en watt (W)
	U en volt (V)
	I en ampère (A)

2.2. Convention et fonctionnement

Suivant le fléchage de la tension et du courant dans un circuit électrique, deux situations peuvent apparaître :

- la convention générateur pour laquelle la flèche de la tension et la flèche du courant ont le même sens (cas du générateur G de la figure 3) ;

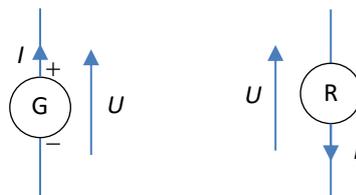
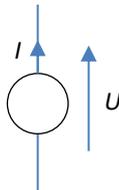
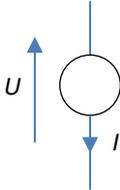


FIG. 3. – Conventions générateur, récepteur.



- la convention récepteur où la flèche de la tension et la flèche du courant sont de sens opposés (cas du récepteur R de la figure 3).

Le fonctionnement en générateur ou en récepteur d'un dipôle, dépendant de la convention et du signe de la puissance électrique P échangée, est donné par le tableau suivant :

	Convention générateur	Convention récepteur
	 <p>La flèche de la tension et la flèche du courant ont le même sens. La puissance électrique P correspond à une puissance fournie.</p> <p>Convention souvent utilisée pour les panneaux photovoltaïques, les alimentations...</p>	 <p>La flèche de la tension et la flèche du courant sont de sens opposés. La puissance électrique P correspond à une puissance reçue ou absorbée.</p> <p>Convention souvent utilisée pour les lampes, les résistances et les moteurs électriques...</p>
Si $P = U \cdot I > 0$	Le dipôle fournit de la puissance. Il fonctionne en générateur .	Le dipôle reçoit de la puissance. Il fonctionne en récepteur .
Si $P = U \cdot I < 0$	Le dipôle reçoit dans ce cas de la puissance. Il fonctionne en récepteur .	Le dipôle fournit dans ce cas de la puissance. Il fonctionne en générateur .

Exemple : charge et décharge d'une batterie (figure ci-contre)

Sur le schéma de la figure 4, la batterie est fléchée en convention **générateur**. La mesure de la tension U à l'aide du voltmètre V et celle de l'intensité I du courant avec l'ampèremètre A permettent le calcul de la puissance P fournie par la batterie.

Une puissance $P = U \cdot I$ positive signifie que la batterie fonctionne en **générateur**, elle se décharge.

Alors que pour une puissance négative, la batterie fonctionne en **récepteur**, elle se charge.

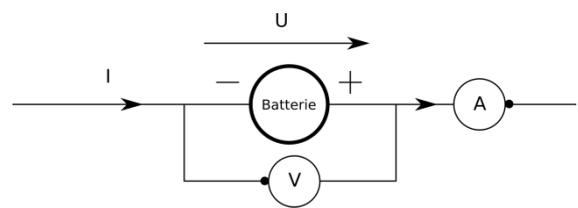


FIG. 4. – Batterie fléchée en convention générateur.

2.3. Le travail électrique

Le travail électrique est un transfert d'énergie. Si, pendant une durée Δt , un dipôle échange en permanence la puissance constante P , il échangera au total la quantité d'énergie transférée W_e .

$$W_e = P \cdot \Delta t = U \cdot I \cdot \Delta t$$

W_e en joule (J)
 P en watt (W)
 Δt en seconde (s)

Remarque : une unité habituellement rencontrée est le **wattheure** (Wh). Un wattheure correspond à l'énergie échangée en une heure par un système échangeant une puissance d'un watt.

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \times 1 \text{ h} = 1 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3600 \text{ J}$$

3. Du circuit élémentaire à un circuit simple

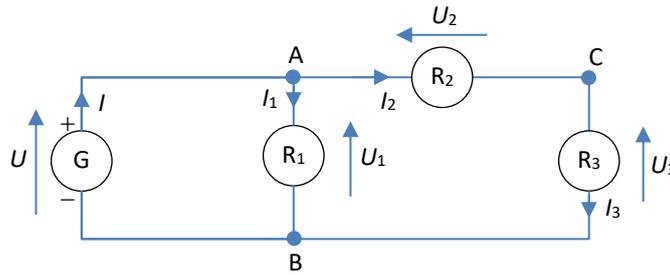


FIG. 5. – Circuit électrique simple comportant un générateur G et trois récepteurs R₁, R₂ et R₃.

3.1. Loi relative aux courants : loi des nœuds

Un nœud est un point de connexion d'au moins trois dipôles. Sur la figure 5, A et B sont des nœuds (trois dipôles connectés), C n'est pas un nœud (seuls deux dipôles sont connectés).

Loi des nœuds : à chaque **nœud**, la somme algébrique des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme algébrique des intensités des courants qui en repartent.

<p>Loi des nœuds en A : $I = I_1 + I_2$</p>	<p>Loi des nœuds en C : $I_1 + I_3 = I$</p>	<p>B n'est pas un nœud : les dipôles R₂ et R₃ sont en série et donc parcourus par le même courant : $I_2 = I_3$</p>

3.2. Loi relative aux tensions : loi des mailles

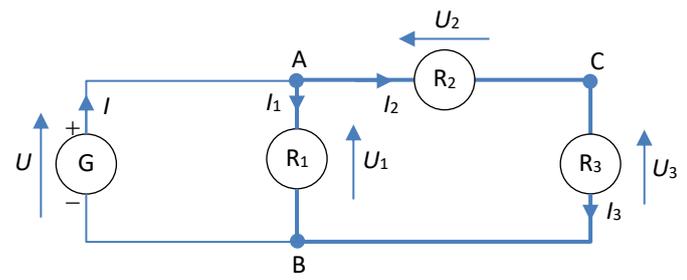
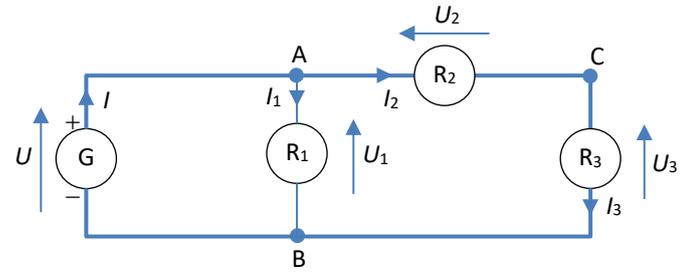
Une maille est une portion de circuit formant une boucle fermée. Sur la figure 5 de la page 3, il y a trois mailles :

- la maille constituée du générateur G et des deux récepteurs R₂ et R₃ ;
- la maille constituée des trois récepteurs R₁, R₂ et R₃ ;
- et celle constituée du générateur G et du récepteur R₁.

Loi des mailles : En parcourant une maille, la somme algébrique des tensions fléchées dans un sens est égale à la somme algébrique des tensions fléchées dans l'autre sens.

<p>Maille constituée des dipôles G et R₁.</p>		<p>$U = U_1$</p>
--	--	-----------------------------



Maille constituée des dipôles R ₁ , R ₂ et R ₃ .		$U_1 = U_2 + U_3$
Maille constituée des dipôles G, R ₂ et R ₃ .		$U = U_2 + U_3$

Remarque : la loi des nœuds et la loi des mailles traduisent la conservation de l'énergie électrique.

En effet dans le circuit précédent, la puissance fournie par le générateur est égale à la somme des puissances absorbées par les 3 récepteurs :

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Soit :

$$U \times I = U_1 \times I_1 + U_2 \times I_2 + U_3 \times I_3$$

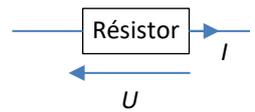
Comme $I_2 = I_3$,

$$U \times I = U_1 \times I_1 + (U_2 + U_3) \times I_2$$

Comme d'après la loi des mailles $U = U_1 = U_2 + U_3$, il vient $I = I_1 + I_2$. On retrouve ainsi la loi des nœuds.

Inversement si $I = I_1 + I_2$ d'après la loi des nœuds, il vient en développant, $U = U_1 = U_3 + U_2$. On retrouve bien la loi des mailles.

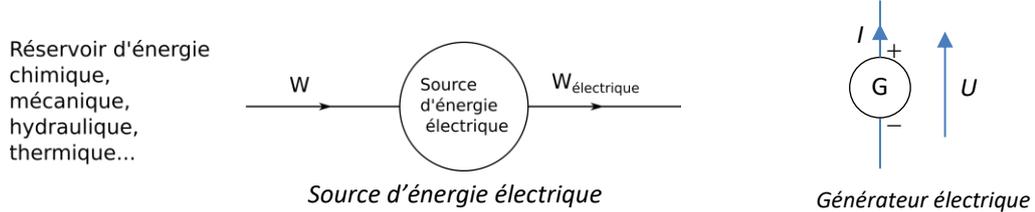
4. Un récepteur particulier : le résistor ou conducteur ohmique

 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; background-color: #e0f2f1; padding: 5px;"> <div style="text-align: center;">$U = R \cdot I$</div> <div style="text-align: left;"> <p>U en volt (V) R en ohm (Ω) I en ampère (A)</p> </div> </div>	<p>La tension U aux bornes d'un conducteur ohmique est proportionnelle à l'intensité I du courant électrique qui le traverse. Le coefficient de proportionnalité est la résistance R du conducteur ohmique.</p> <p><i>Remarque</i> : en pratique, le résistor est aussi appelé « résistance ».</p>
<div style="background-color: #e0f2f1; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Pour un conducteur ohmique la puissance électrique absorbée est intégralement convertie en puissance thermique. C'est l'effet Joule.</p> </div> <div style="background-color: #e0f2f1; padding: 5px; text-align: center;"> $P = U \cdot I = R \cdot I^2$ </div>	<p>L'effet Joule est mis à profit dans les systèmes de chauffage électrique par convection, les grille-pain, les bouilloires...</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;">    </div>

5. Les générateurs d'énergie électrique

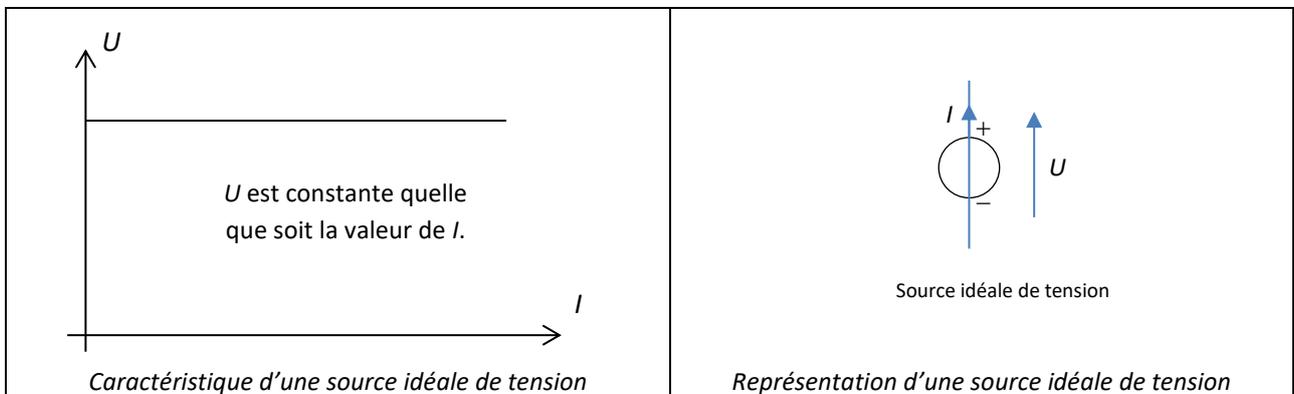
5.1. Les sources d'énergie électrique

Le rôle des sources d'énergie est de fournir à une charge un courant d'intensité I sous une tension U . C'est-à-dire fournir une puissance électrique $P = UI$.



5.2. Source idéale de tension

Une source **idéale** de tension est un générateur électrique dont la tension U est **constante** quelle que soit l'intensité I du courant débité.



6. Pile et accumulateur, deux générateurs autonomes

6.1. Intensité du courant électrique et débit de charges électriques

Un courant électrique correspond à un déplacement ordonné de porteurs de charge, des électrons (charges négatives) dans un matériau conducteur, des ions (charges négatives ou positives) dans une solution.

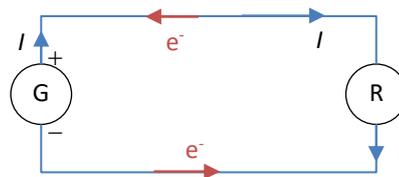


FIG. 6. – Sens conventionnel et déplacement des électrons.

Le sens conventionnel du courant est celui des porteurs de charges positives, il est opposé au sens de déplacement des électrons dans un matériau conducteur. Il sort par le pôle positif du générateur et rentre par son pôle négatif.

L'intensité I d'un courant électrique est le débit de charges électriques Q .

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \quad \left| \begin{array}{l} I \text{ en ampère (A)} \\ Q \text{ en coulomb (C)} \\ \Delta t \text{ en seconde (s)} \end{array} \right.$$



6.2. Durée de fonctionnement

La durée de fonctionnement Δt d'une pile ou d'un accumulateur est le rapport entre la charge électrique stockée Q_s et l'intensité I du courant électrique débité.

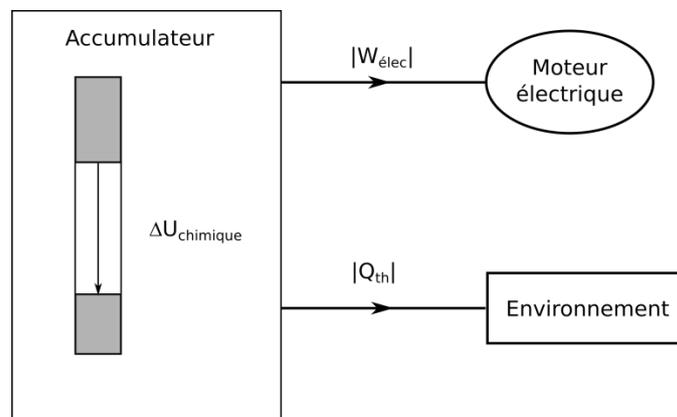
$$\Delta t = \frac{Q_s}{I} \quad \left| \begin{array}{l} \Delta t \text{ en seconde (s)} \\ Q_s \text{ en coulomb (C)} \\ I \text{ en ampère (A)} \end{array} \right.$$

Remarque : la charge électrique stockée, ou quantité d'électricité stockée, peut aussi s'exprimer en **ampèreheure (Ah)**. C'est l'unité utilisée pour les batteries (le terme employé par les fabricants de batteries est **capacité**).

$$1 \text{ Ah} = 3\,600 \text{ C}$$

6.3. Énergie disponible

La chaîne énergétique de l'association d'un accumulateur électrique et d'un moteur électrique est la suivante :



D'après le principe de conservation de l'énergie, le travail électrique $W_{\text{élec}}$ correspondant à la variation d'énergie interne (chimique) $\Delta U_{\text{chimique}}$ de l'accumulateur est transférée vers le moteur. Le travail électrique

$$\Delta U_{\text{chimique}} = W_{\text{élec}} = U \cdot I \cdot \Delta t = U \cdot Q$$

Le produit $U \cdot Q$ représente la part d'énergie disponible de l'accumulateur pour faire fonctionner le moteur.

L'énergie disponible E d'une pile ou d'un accumulateur est le produit de la quantité d'électricité Q par la tension U .

$$E = Q_s \cdot U \quad \left| \begin{array}{l} E \text{ en joule (J)} \\ Q_s \text{ en coulomb (C)} \\ U \text{ en volt (V)} \end{array} \right.$$

Remarque : si la quantité d'électricité Q est exprimée en **ampèreheure (Ah)**, l'énergie s'exprime en **wattheure (Wh)**. Les fournisseurs d'énergie utilisent également un multiple, le kilowattheure (kWh).

$$1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J} \text{ et } 1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$