

Fiche

L'électricité permet l'étude de bilans énergétiques. Ainsi l'efficacité d'une conversion énergétique est fondamentale dans notre société pour les enjeux environnementaux. De plus, de nombreux secteurs d'activité, télécommunications, transports, environnement, météorologie, santé, bioélectricité, etc. utilisent des capteurs très divers, associés à des circuits électriques pour mesurer des grandeurs physiques. L'étude des conversions et des transferts d'énergie est donc capitale dans le monde de demain.

I. Rappels : qu'est-ce que la tension et qu'est-ce que l'intensité ?

Qu'est-ce que la tension ?

- Faisons l'analogie avec de l'eau. Lorsque la vanne est ouverte : il y a une différence de pression entre les bornes de la vanne et entre les bornes de la pompe. De même lorsque l'interrupteur est ouvert : il y a une différence de potentiel (d'état électrique) entre les bornes de l'interrupteur et entre les bornes de la pile.
- Lorsque la vanne est fermée : il y a une différence de pression entre les bornes de la turbine et entre les bornes de la pompe. De même lorsque l'interrupteur est fermé : il y a une différence de potentiel entre les bornes de l'appareil et entre les bornes de la pile.
- Cette différence de potentiel s'appelle une tension électrique : elle se mesure en volt (V).

Qu'est-ce qu'une intensité ?

- Grâce au compteur et au chronomètre, on peut calculer le débit d'eau passant chaque seconde dans les tuyaux. De même avec un multimètre branché en ampèremètre, on mesure l'intensité du courant qui circule dans les fils électriques.

À quoi est due l'intensité du courant ?

- Les charges électriques se déplacent dans un circuit électrique. Ce sont en fait les électrons qui sont en mouvement dans les fils électriques. Chaque électron possède une charge élémentaire notée e et valant $-e = -1,60 \times 10^{-19}$ C. L'intensité du courant représente le débit des charges électriques en un point du circuit.
- L'unité d'intensité du courant est l'ampère (A). Un ampère correspond à un débit de charges électriques de 1 coulomb par seconde soit au passage de $6,24 \times 10^{19}$ électrons par seconde.

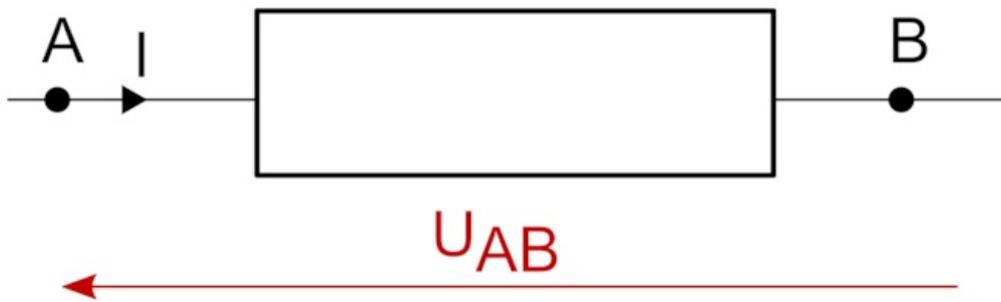
II. Notions d'électricité générale

Définitions

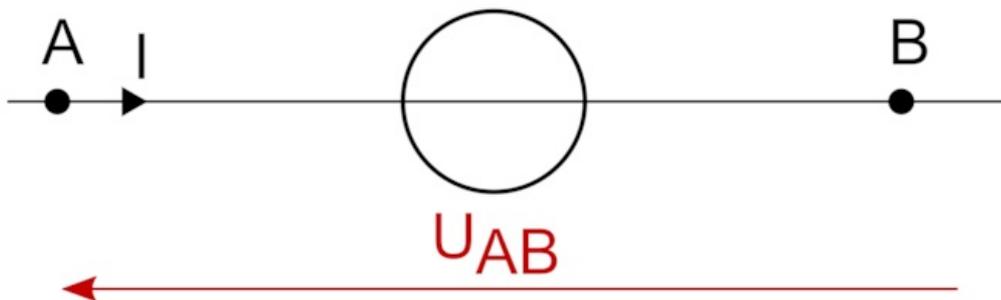
- Un récepteur est un appareil qui convertit l'énergie électrique qu'il reçoit en une autre forme d'énergie.
- Un récepteur est dit passif si toute l'énergie qu'il reçoit est convertie en énergie thermique (conducteur ohmique par exemple).
- Un récepteur est dit actif s'il convertit une partie de l'énergie électrique qu'il reçoit en une autre forme d'énergie que l'énergie thermique.

Conventions

- Un dipôle peut être générateur ou récepteur :
 - Dans la convention récepteur, la flèche tension et la flèche intensité ont **des sens contraires**.
 - Dans la convention générateur, la flèche tension et la flèche intensité ont le **même sens**.
- Lorsque l'on applique la « convention récepteur » pour définir le sens dans lequel l'intensité et la tension sont comptées « positives », le courant « descend » selon les potentiels décroissants.



- À l'inverse, lorsque l'on applique la « convention générateur » pour définir le sens dans lequel l'intensité et la tension sont comptées « positives », le courant « descend » selon les potentiels croissants.



Caractéristique tension-intensité

- La caractéristique tension-intensité d'un dipôle électrique est une courbe représentant les variations de la **tension aux bornes du dipôle** en fonction de l'**intensité du courant** qui le traverse.

nom du dipôle	schéma	caractéristique
conducteur ohmique		
générateur réel		

- Un dipôle est dit linéaire si sa caractéristique tension-intensité l'est également (non linéaire dans le cas contraire).
- Un dipôle est dit passif si sa caractéristique tension-intensité **passse par l'origine**.
- Un dipôle est dit actif si sa caractéristique tension-intensité **ne passe pas par l'origine**.
- Un générateur de tension réelle possède une résistance interne. La tension à ses bornes diminue lorsqu'il produit du courant plus intense. Sa caractéristique est une fonction affine :
 - l'ordonnée à l'origine b a la dimension d'une tension. Cette tension est appelée « force électromotrice du générateur » ou *fem* (que l'on appelle aussi tension à vide) et est notée E (en V) ;
 - le coefficient directeur a est négatif et s'exprime en $V.A^{-1}$, c'est-à-dire en ohms. Il a donc la dimension d'une résistance. Le coefficient directeur représente l'opposé de la résistance interne du générateur et est noté r .

- Un générateur de tension idéal n'a pas de résistance interne. La tension à ses bornes reste toujours la même quel que soit le circuit qu'il alimente.

 Exercice n°1

 Exercice n°2

III. Énergie et puissance électriques

Énergie et puissance électriques reçues par un récepteur

- Un récepteur convertit l'énergie électrique reçue en **chaleur** (conducteur ohmique) en **énergie mécanique** (moteur) ou en **énergie chimique** (électrolyseur).

- L'énergie électrique W_e reçue par le récepteur (en J) pendant la durée Δt (en s) est proportionnelle à la tension électrique U_{AB} aux bornes du récepteur (en V) et de l'intensité I du courant traversant le récepteur (en A).

$$W_e = U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t.$$

- La puissance électrique reçue notée P_e (en W) par un récepteur caractérise la rapidité du transfert d'énergie électrique W_e (en J) pendant la durée Δt (en s). Elle correspond à **l'énergie transférée au récepteur chaque seconde**.

$$P_e = \frac{W_e}{\Delta t} = U_{AB} \cdot I$$

- **Exemple** : une diode électroluminescente (DEL) (1 mW), une ampoule basse énergie (10 W), un aspirateur (800 W), l'installation domestique (10 kW), le moteur de TGV (1 MW).

L'effet Joule

Lorsqu'une lampe brille, elle devient rapidement brûlante. Une partie de l'énergie électrique est transférée à l'extérieur sous forme de chaleur. Ce transfert thermique est appelé **effet Joule**.

Dans un conducteur ohmique, toute la puissance électrique reçue est transférée à l'environnement sous forme de **chaleur** et de **rayonnement (IR)**. Cette puissance est appelée puissance Joule, on la note P_J .

- L'énergie dissipée par effet Joule W_J se calcule ainsi :

$$W_J = P_J \cdot \Delta t = U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t.$$

- On appelle « effet Joule », l'effet thermique associé au passage du courant électrique dans un conducteur ohmique.

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

Avec la loi d'Ohm, $U_{AB} = R \cdot I$,

donc l'énergie transférée par effet Joule est :

$$W_J = R \cdot I^2 \cdot \Delta t.$$

 Exercice n°3

Énergie et puissance électriques données par un générateur

L'énergie électrique W_G fournie par le générateur (en J) pendant la durée Δt (en s) est proportionnelle à la tension électrique U_{AB} à ses bornes (en V) et à l'intensité I du courant qui traverse le circuit (en A).

$$W_G = P_G \cdot \Delta t = U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t.$$

- La puissance électrique notée P_G (en W) traduit la rapidité de transfert de l'énergie électrique W_G (en J) par le générateur pendant la durée Δt (en s).

$$P_G = \frac{W_G}{\Delta t} = U_{AB} \cdot I = E \cdot I - r \cdot I^2,$$

avec $U_{AB} = E - r \cdot I$,

d'où l'énergie fournie par le récepteur :

$$W_G = E \cdot I \cdot \Delta t - r \cdot I^2 \cdot \Delta t.$$

- **Exemple** : un groupe électrogène domestique (3 kW), un réacteur nucléaire (1 GW).

IV. Bilan du transfert d'énergie pendant une durée Δt

Bilan pour un générateur

- Un générateur actif (dynamo, pile...) et linéaire a pour caractéristique $U_{PN} = E - r \cdot I$. On multiplie les deux membres de cette égalité par I et Δt : $U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t = E \cdot I \cdot \Delta t - r \cdot I^2 \cdot \Delta t$.

- Un générateur transforme partiellement une forme d'énergie (mécanique, chimique) $E \cdot I \cdot \Delta t$ en énergie électrique disponible $U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t$.

Le complément $r \cdot I^2 \Delta t$ est « dissipé » sous forme thermique par effet Joule.

D'où $P_e = P_c - P_j$ ou $P_e = P_m - P_j$,

où P_{ch} est la **puissance chimique** $P_{ch} = E \cdot I$,

P_m la **puissance mécanique** $P_m = E \cdot I$

et P_j la **puissance Joule** $P_j = r \cdot I^2$.

Exercice n°3

Bilan pour un récepteur actif

• Un récepteur actif et linéaire (moteur, électrolyseur...) a pour caractéristique $U_{AB} = E' + r \cdot I$. On multiplie les deux membres de cette égalité par I et Δt : $U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t = E' \cdot I \cdot \Delta t + r \cdot I^2 \cdot \Delta t$.

• Un récepteur absorbe une énergie électrique $U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t$, en « dissipe » une partie $r \cdot I^2 \cdot \Delta t$ et convertit le reste sous une autre forme (mécanique pour un moteur, chimique pour un électrolyseur).

D'où $P_e = P_c + P_j$ ou $P_e = P_m + P_j$,

où P_{ch} est la **puissance chimique** $P_{ch} = E \cdot I$,

P_m la **puissance mécanique** $P_m = E \cdot I$

et P_j la **puissance Joule** $P_j = r \cdot I^2$.

V. Notion de rendement de conversion

• Le rendement de conversion d'une chaîne énergétique, noté ρ , est un nombre positif défini comme le rapport de l'énergie exploitable ou utile E_{utile} en sortie sur l'énergie reçue en entrée $E_{reçue}$:

$$\rho = \frac{E_{utile}}{E_{reçue}}$$

• On peut aussi le définir en puissance : c'est un nombre positif défini comme le rapport de l'énergie exploitable ou utile P_{utile} en sortie sur l'énergie reçue en entrée $P_{reçue}$:

$$\rho = \frac{P_{utile}}{P_{reçue}}$$

• Le rendement de conversion ρ est une grandeur sans dimension (elle s'exprime sans unité). Comme il y a des pertes inévitables dans une chaîne énergétique, l'énergie utilisée en entrée est toujours supérieure à l'énergie recueillie en sortie.

Nécessairement, on a un rendement $\rho < 1$.

Exercice n°5

À savoir et savoir réaliser :

- Connaître et comprendre la notion de porteur de charge électrique.
- Relier intensité d'un courant continu et débit de charges.
- Savoir que le modèle d'une source réelle de tension continue correspond à l'association en série d'une source idéale de tension continue et d'une résistance.
- Expliquer quelques conséquences pratiques de la présence d'une résistance dans le modèle d'une source réelle de tension continue.
- Connaître la définition de la puissance et de l'énergie.
- Savoir faire un bilan de puissance dans un circuit.
- Savoir ce qu'est l'effet Joule dans le cas des dipôles ohmiques.
- Définir le rendement d'un convertisseur.
- Citer quelques ordres de grandeur de puissances fournies ou consommées par des dispositifs courants.