

Leçon 6

Loi de Joule-Lenz

1. Loi de Joule-Lenz :

Chaque composant électrique ainsi que les conducteurs possèdent une résistance. Les résistances sont des appareils qui transforment **l'énergie électrique en énergie thermique**. Ce phénomène s'appelle **effet Joule**. Cet effet, parfois recherché, est souvent nuisible (qui cause du dommage). Il est la cause de l'échauffement des appareils électriques, et en cas de mauvais entretien ou d'usure, de leur détérioration.

L'effet Joule est un effet de production de chaleur qui se produit lors du passage du courant électrique dans un conducteur présentant une résistance. Il se manifeste par une augmentation de l'énergie thermique du conducteur et de sa température.

Pour mesurer l'énergie électrique qui se transforme en énergie thermique. Les scientifiques utilisent des matériels suivants pour faire l'expérience:

- un vase calorimétrique isolé contenant 300ml d'eau ;
- un générateur de courant à tension variable capable de délivrer 0-10A, ou un générateur de 12V et une résistance variable (rhéostat) 0-3 Ω ;
- un thermomètre pour mesurer l'élévation de la température ;
- un ampèremètre capable de mesurer l'intensité du courant;
- un fil conducteur en constantan enroulé (ou un thermoplongeur) de 6-12V;
- des pinces crocodiles pour maintenir le thermomètre et l'ampèremètre;
- un interrupteur permettant d'ouvrir et fermer le circuit;
- un chronomètre pour prendre du temps de passage du courant.

Mode opératoire :

Le fil conducteur est plongé dans le calorimètre contenant d'eau et noté sa température initiale. Il est relié, à l'aide des pinces crocodiles, à l'ampèremètre et au générateur dont l'interrupteur va servir à ouvrir et fermer le circuit.

Le thermomètre est plongé dans le calorimètre et maintenu à mi-hauteur avec le statif et la pince. Le chronomètre mesure la durée de passage du courant.

L'étude quantitative : la loi de Joule

Dans l'expérience, la température du calorimètre s'élève de $t_1^{\circ}\text{C}$ à $t_2^{\circ}\text{C}$, m étant la valeur en eau totale du calorimètre (somme des valeurs de l'eau, du vase calorimétrique et des accessoires). **La chaleur Q reçue par le calorimètre est donnée par la relation : $Q = c \times m \times (t_2 - t_1)$**

La quantité de chaleur Q reçue par le calorimètre est égale à l'énergie calorifique E (en joule) dégagée par un conducteur électrique de résistance R traversé par un courant d'intensité I pendant un temps t . Dans ce cas, on peut déterminer que l'énergie électrique **W est égale à l'énergie thermique Q (ou la quantité de chaleur)** et s'exprime par la relation :

$$W = Q$$

D'après la formule : $W = R I^2 t$ et $Q = c m (t_2 - t_1)$

D'où : $R I^2 t = c m (t_2 - t_1)$

L'énoncé de la loi de Joule.

Les faits expérimentaux sont résumés dans un énoncé qui constitue **la loi de Joule** :

La quantité de chaleur dégagée dans un conducteur par le passage d'un courant électrique est :

- 1) **proportionnelle au temps t de passage du courant,**
- 2) **proportionnelle au carré de l'intensité I du courant ;**
- 3) **variable avec le conducteur.**

Cette loi se traduit par la relation : $W = R I^2 t$

Application numérique 1 :

Un fer à repasser de résistance 20Ω , est traversé par un courant d'intensité $5A$ pendant $30s$. Calculer la quantité de chaleur dégagée dans ce fer à repasser, en J puis en cal.

Réponses :

Données : $R = 20\Omega$; $I = 5A$; $t = 30s$; $Q = ? J$

Calculer la quantité de chaleur dégagée par le fer à repasser :

On a : $Q = R I^2 t = 20 \cdot 5^2 \cdot 30 = 15\,000 J$

$Q = 15\,000 \times 0,24 = 3\,600 \text{ cal} = 3,6 \text{ kcal}$

Alors : **$Q = 3\,600 \text{ cal} = 3,6 \text{ kcal}$**

Application numérique 2 :

Une calorimétrie porte des indications suivantes : $620W$ - $220V$, contenant $500g$ d'eau à la température $20^\circ C$. Quelle est la température finale de l'eau, si la calorimétrie est traversée par un courant pendant $1mn$? Sachant que la chaleur massique de l'eau est de $4,19 \text{ kJ/kg.C}$

Réponses :

Données : $p = 620W$; $U = 220V$; $t = 1mn = 60s$;

$m = 500g = 0,5kg$; $t_1 = 20^\circ C$; $t_2 = ?^\circ C$

Calculer l'énergie consommée pendant $1mn$:

On a : $W = p \times t = 620 \times 60 = 37200 J = 37,2 \text{ kJ}$

Alors : **$W = 37,2 \text{ kJ}$**

Calculer la température finale de l'eau :

L'énergie que l'eau reçoit est égale à l'énergie électrique que la calorimétrie a consommée pendant $1s$.

$Q = W = 37,2 \text{ kJ}$

$$\text{Alors : } Q = c \times m \times (t_2 - t_1) \Rightarrow t_2 = \frac{Q}{c.m} + t_1 = \frac{37,2}{4,19 \times 0,5} + 20 = 17,75 + 20 = 37,75^\circ\text{C}$$

Donc : $t_2 = 37,75^\circ\text{C}$

2. Utilisation des appareils chauffants :



Des appareils électriques qui fournissent l'énergie thermique sont des appareils qui peuvent transformer l'énergie électrique en énergie thermique. Par exemple : fer à repasser, plaques chauffantes, four électrique, autocuiseur, bouilloire électrique, fer à souder.....

La partie importante des appareils chauffants est le ressort ou la plaque d'alliage métallique (laiton) du nickel et chrome dont cet alliage a de haute résistance ainsi que son point de fusion. Le ressort ou la plaque d'alliage de ces appareils est enveloppé par des corps isolants et bons conducteurs thermiques, la partie extérieure est vernie par le métal de haute résistance.

Les appareils chauffants consomment l'énergie électrique plus que les autres appareils électriques. Alors, l'intensité du courant traversant ces appareils doivent être importants ; et ainsi que l'utilisation, il faut contrôler souvent des fils électriques, la prise.....