

## L'effet Joule et le transport d'électricité

**But :** Redécouvrir l'effet Joule – Comprendre de quoi dépend l'effet Joule – Comprendre son impact pour le transport de l'électricité.

**Compétences :** APP – REA – VAL

Au 17<sup>ème</sup> siècle, William Gilbert (1544-1603) baptise « Electrica » les corps qui ont la même propriété que l'ambre (observée par Thalès de Milet dans l'Antiquité et dont le nom en grec n'est rien d'autre qu'elektron ! En 1729, Stephen Gray affirme qu'il existe deux catégories de corps, les conducteurs et les isolants suite à ses expériences d'électrostatiques réalisées à « ses heures » perdues puisqu'il est en fait teinturier. Les découvertes s'enchaînent, condensateur (Bouteille de Leyde), le paratonnerre (B. Franklin en 1752), la pile d'Alessandro Volta en 1799 ... En 1826, la loi d'Ohm est le fruit des travaux du physicien allemand **Georg Simon Ohm** (1787–1854), et permet de faire le lien entre intensité et tension. **James Prescott Joule** (1818-1889) qui est un brasseur anglais, expert en **thermodynamique**, participe avec d'autres physiciens, notamment William Thomson (futur Lord Kelvin), à l'établissement du principe de la conservation de l'énergie. Puis il formule la loi qui porte son nom régissant les dégagements de chaleur provoqués par le passage du courant électrique dans un conducteur. Cette affirmation fait grand bruit à l'époque car elle remet en cause la théorie de Lavoisier de 1783 qui suppose que la chaleur est un fluide et non le résultat d'un mouvement. Joule, travaillant hors des milieux académiques ou de l'ingénierie, eut toutes les peines du monde à faire accepter sa théorie.

Source : <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/les-grandes-dates-de-l-electricite>

☞ Voir la **vidéo** : « Effet Joule dans un fil de cuivre »

L'effet Joule est donc un phénomène incontournable dans la question du transport de l'électricité.

### 1. Puissance Joule et conversion d'énergie par effet Joule

#### 1.1. Mise en évidence expérimentale

☞ Lire le mode opératoire de l'expérience réalisée dans le **document 1 p146**.

L'expérience réalisée au labo a donné les résultats suivants :

	$T_i$ (°C)	$T_f$ (°C)
$I = 1,0 A$	16,7	16,9
$I = 1,2 A$	16,8	17,1
$I = 1,4 A$	16,6	17,1

- ☞ 1.1.1. Quelle est l'évolution de la variation de température de l'eau  $\Delta T$  en fonction de l'intensité du courant ?
- ☞ 1.1.2. Faire le schéma de la conversion d'énergie réalisée par la résistance.
- ☞ 1.1.3. Que peut-on dire de l'énergie dissipée par effet Joule et l'énergie reçue par la résistance ?

#### 1.2. Les relations mathématiques

Exploiter vos connaissances du cours d'électricité ou réaliser une rapide recherche par internet pour répondre aux questions suivantes :

- ☞ 1.2.1. Redonner l'expression mathématique permettant de calculer la puissance électrique  $P$  (en W) à partir de la tension  $U$  (en V) et l'intensité du courant  $I$  (en A).
- ☞ 1.2.2. Rappeler l'expression de la loi d'Ohm pour un conducteur ohmique de résistance  $R$
- ☞ 1.2.3. Exploiter les 2 expressions mathématiques pour exprimer uniquement en fonction de  $R$  et de  $I$  la puissance électrique appelée alors puissance Joule  $P_J$ .
- ☞ 1.2.4. La puissance Joule est-elle proportionnelle à  $I$  ou à  $I^2$  ?
- ☞ 1.2.5. Donner l'expression de l'énergie dissipée par effet Joule pendant une durée  $\Delta t$ .

### 2. Conducteur électrique

#### 2.1. Aspect microscopique

☞ Lire le **document 2 p147**.

☞ Utiliser l'animation n°1 (eduMedia) : « Courant électrique »

- ☞ 2.1.1. Expliquer pourquoi la circulation des électrons peu engendrer la production de chaleur.

Pour le transport du courant électrique, l'effet joule est un inconvénient.

- ☞ 2.1.2. Justifier en quelques mots.
- ☞ 2.1.3. Quelle caractéristique doit présenter le fil conducteur pour limiter l'effet Joule ?



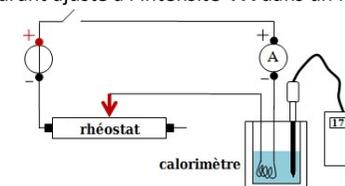
#### 2.2. Choix d'un matériau



On dispose d'un **calorimètre\***, d'un thermomètre, d'un chronomètre et du montage avec rhéostat qui permet de faire passer un courant ajusté à l'intensité **4 A** dans un fil métallique immergé dans l'eau.

**Ne pas déplacer le curseur du rhéostat, le réglage ayant été réalisé au préalable.**

Le **calorimètre** est un appareil destiné à mesurer les échanges de chaleur tout en évitant l'échange de matière et d'énergie avec le milieu extérieur.



On souhaite faire circuler le courant de **4 A pendant 5 min**.

Les **tables paires** disposent d'un fil conducteur constitué de **cuivre** et les **tables impaires** d'un fil conducteur constitué d'un **alliage** métallique (gris).

- ☞ Mesurer la température initiale de l'eau placée dans le calorimètre (250 mL).
- ☞ Déclencher le chronomètre et fermer l'interrupteur simultanément. Agiter doucement le calorimètre pendant le passage du courant. Observer les indications du thermomètre.
- ☞ Au bout des 5 min, ouvrir l'interrupteur et relever la température de l'eau.
- ☞ Sortir le fil conducteur du calorimètre, l'essuyer et mesurer la résistance du fil à l'ohmmètre.
- ☞ Echanger les mesures avec les voisins et noter les résultats obtenus.

☞ 2.2.1. Quel est l'intérêt d'utiliser un calorimètre pour cette expérience ?

☞ 2.2.2. Compte-tenu des observations expérimentales :

Rédiger une petite conclusion justifiant le choix de matériau pour transporter le courant électrique.

### 3. Caractéristiques des lignes électriques

#### 3.1. Résistance d'un fil conducteur

☞ Lire le **document 3 p147**.

$$\text{résistance } (\Omega) \rightarrow R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$



☞ Utiliser l'**animation n°2 Phet** : « Résistance dans un fil » (Couper le son de l'animation : ☒)

- ☞ 3.1.1. Préciser les caractéristiques (ainsi que leurs unités) d'un fil conducteur dont dépend sa résistance.
- ☞ 3.1.2. Y a-t-il une corrélation entre la masse volumique d'un matériau conducteur et sa résistivité ?
- ☞ 3.1.3. Comment diminuer les pertes d'énergies par effet Joule pour transporter l'électricité d'un point A à un point B ?

#### 3.2. Choix d'un fil conducteur

Dans une maison en construction, on souhaite poser 20 m de fil électrique en cuivre de section 2,5 mm<sup>2</sup> pour permettre de faire circuler un courant jusqu'à 16 A, conformément aux normes en vigueur.

☞ 3.2.1. Calculer la résistance du fil.

On souhaite remplacer ce fil de cuivre par un fil en aluminium.

- ☞ 3.2.2. Quel serait l'inconvénient d'utiliser un fil de même section que celle du fil de cuivre ?
- ☞ 3.2.3. Calculer la section du fil d'aluminium qui aurait la même résistance que celle du fil en cuivre.
- ☞ 3.2.4. Quel inconvénient y aurait-il à remplacer le cuivre par l'aluminium ?
- ☞ 3.2.5. Quel avantage y aurait-il à utiliser l'aluminium plutôt que le cuivre pour des lignes électriques ?

#### 3.3. Lignes à haute tension

Dans le cas d'installation de lignes à haute tension transportant le courant sur de longues distances, le problème de l'enfouissement des câbles s'appuie sur leurs caractéristiques.

- ☞ 3.3.1. Justifier les choix des matériaux à privilégier pour des lignes aériennes et pour des lignes souterraines.
- ☞ 3.3.2. Quel autre critère doit être considéré pour la pose de ligne à haute tension ?