

La puissance et l'énergie électrique

Le concept de puissance électrique vise à évaluer l'énergie consommée par un dipôle (comme une lampe, un moteur ou un électrolyte) par unité de temps. Elle renvoie donc au concept d'énergie

1) Principe d'équivalence travail chaleur

Posons-nous le problème d'augmenter la température d'un litre d'eau de 1 degré. Cela peut être obtenu de deux façon :

1^{ère} façon :

On met le litre d'eau dans un compartiment calorifugé (comme une bouteille thermos). On chauffe l'eau à l'aide d'une résistance électrique, comme dans un chauffe-eau, le plus doucement possible afin que la température puisse s'équilibrer dans le récipient à tout instant.

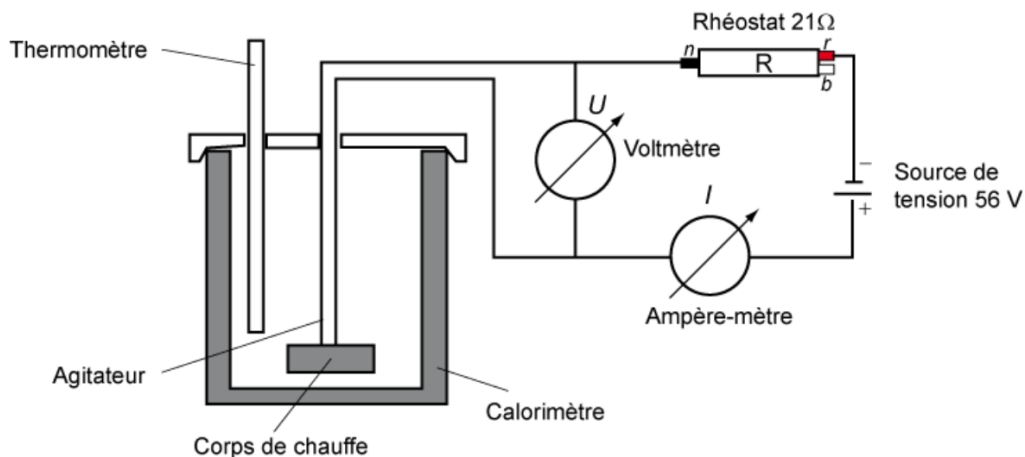


Figure 1: Schéma de principe de l'expérience.

Quand le thermomètre affiche un degré de plus, on coupe le circuit

Par définition :

La quantité de chaleur apportée par la résistance à 1 kg d'eau pour faire monter sa température de 1 degré est la kilocalorie (symbole kCal), la calorie (symbole cal) étant la quantité de chaleur pour faire monter la température de 1 g d'eau de 1 degré.

2 ème façon :

On peut installer dans le calorimètre une roue comme celle des moulins, que l'on fait tourner via une manivelle jusqu'à faire grimper la température de 1 degré, la force exercée sur la manivelle pouvant être mesurée.



Un savant du nom de Joule fit ce genre d'expérience vers 1845 avec le genre d'appareil de la photo précédente et en déduisit qu'il fallait appliquer un travail mécanique d'environ 4,5 kJ. Des mesures plus précises établiront par la suite une valeur de 4,2 kJ

Ceci établit le principe d'équivalence travail chaleur, qui peut se résumer ainsi :

Un système à l'état liquide ou gazeux peut acquérir de l'énergie thermique (chaleur) soit par apport de chaleur (il s'agit dans ce cas d'un transfert de chaleur qui est une énergie mécanique invisible à notre échelle) soit par conversion d'un travail (visible à notre échelle) en chaleur.

L'énergie thermique acquise par 1 gramme d'eau pure lorsque sa température augmente de 1 degré est appelé calorie (symbole Cal) et pour 1 kg, kilocalorie (symbole kCal). Les correspondances avec les unités d'énergie mécanique en joules (symbole J) sont les suivantes :

$$1 \text{ cal} \approx 4,2 \text{ J}$$

$$1 \text{ kCal} \approx 4,2 \text{ kJ}$$

2) Capacité thermique massique de l'eau

La capacité thermique massique de l'eau est la quantité de chaleur nécessaire pour élever 1 kg d'eau de 1 degré. C'est donc d'après ce qui précède :

$$c_{\text{eau}} \approx 4,2 \text{ kJ/kg/}^\circ\text{C}$$

L'énergie thermique acquise par une quantité d'eau pure de masse m en kg dont la température varie de $\Delta\theta$ degrés (Celsius, Kelvin ou centésimaux, c'est (presque) pareil), est :

$$Q = m c_{\text{eau}} \Delta\theta \quad (\text{J})$$

3) Energie électrique – Puissance électrique

Reprenons le dispositif expérimental décrit dans la première façon au 1) en y ajoutant un voltmètre pour mesurer la tension aux bornes de la résistance et un ampèremètre pour mesurer l'intensité qui traverse la résistance.

Laissons la résistance fonctionner pendant une durée Δt mesurée en secondes (de l'ordre de quelques minutes par exemple) sous une tension continue constante de mesure U_{AB} en volts et d'intensité constante de mesure I_{AB} en Ampères. On constate alors la loi suivante :

$$U_{AB} I_{AB} \Delta t = c_{eau} \Delta \theta$$

$\Delta \theta$ étant l'augmentation de température observée sur la durée Δt

Interprétation de l'expérience :

$c_{eau} \Delta \theta$ respésente la quantité de chaleur captée par l'eau du calorimètre pendant la durée Δt , quantité fournie par la résistance électrique La quantité $U_{AB} I_{AB}$ représente donc la quantité de chaleur captée par l'eau par unité de temps (seconde) ou encore l'énergie électrique dissipée dans la résistance par unité de temps, ce qu'on appelle puissance électrique.

Définitions de la puissance et de l'énergie en régime continu :

Soit un dipôle électrique $A B$ soumis à une tension continue U_{AB} exprimée en Volts et parcouru par une intensité I_{AB} exprimée en Ampères, la puissance électrique consommée par le dipôle est définie par :

$$P = U_{AB} I_{AB}$$

Elle s'exprime en Watts (Joules par seconde) de symbole W ($1 W = 1 J/s$)

L'énergie électrique consommée par le dipôle pendant une durée Δt exprimée en secondes est alors :

$$E = P \Delta t$$

L'énergie s'exprime en Joules (symbole J) mais aussi en kilowattheure (symbole kWh)

Exemple :

Un résistor de résistance $R = 47 \Omega$ soumis à une tension $U_{AB} = 12 V$ dissipera sous forme de chaleur et de rayonnement (appelé effet Joule) une puissance de :

$$P = U_{AB} I_{AB} = U_{AB} \times \frac{U_{AB}}{R} = \frac{U_{AB}^2}{R} = \frac{12^2}{47} = \frac{144}{47} \approx 3,06 W$$

Définitions de la puissance et de l'énergie en régime variable périodique :

Lorsque la tension est variable et périodique (par exemple sinusoïdale ou triangulaire ou créneaux) la tension présente une valeur maximale et une valeur minimale. Lorsqu'elle est appliquée à un résistor de résistance R on peut évaluer la tension continue qu'il faudrait appliquer pour obtenir sur une période la même dissipation énergétique. On l'appelle alors tension efficace, l'intensité qui en résulterait est appelée intensité efficace. Voici ce que donnent les évaluations (qui se font via les modèles mathématiques) :

Pour une tension sinusoïdale, d'amplitude U_{max} :

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

Pour une tension créneau, de valeur minimale $U_{min} = 0$ et de valeur maximale $U_{max} > 0$

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

Pour une tension triangulaire, de valeur minimale $U_{min} = -U_{max}$

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{3}}$$

Exercice :

Déterminer la tension efficace d'une tension périodique qui a une valeur constante U_{max} sur un tiers de période et une valeur U_{min} nulle sur les deux autres tiers de période.

