

Exercice à caractère expérimental: vérification de la loi de Joule

Dans le but de vérifier la loi de Joule, vous devez réaliser un montage électrique, réfléchir et répondre à des questions, faire des mesures, interpréter leurs résultats!

Voici le texte légèrement modifié qui leur a été distribué (**et complété des mesures d'un groupe de TP**) avec tout le matériel nécessaire.

L'exercice proposé ci-dessous consiste à faire l'interprétation des mesures qu'ils ont faites, répondre aux questions posées, et à vérifier, comme eux, si la loi est bien vérifiée.

1- Avant de commencer, expliquer pourquoi:

-le bon fonctionnement d'un ordinateur nécessite l'utilisation d'un ventilateur intégré.

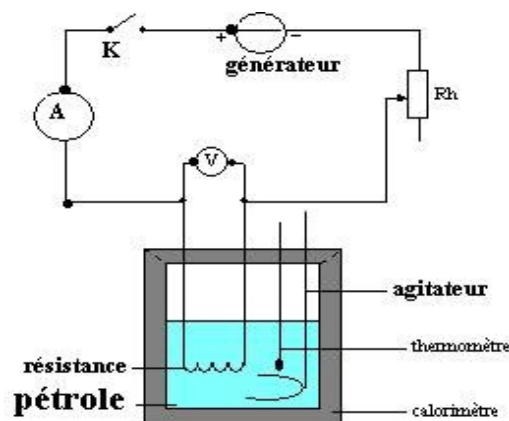
-les dirigeants économiques déconseillent de plus en plus l'utilisation des ampoules à incandescence pour s'éclairer.

Si l'on examine d'un plus près, les conséquences sur l'environnement et sur l'économie de «l'effet Joule», on ne peut que constater l'existence d'un gaspillage fabuleux! Les physiciens ont bien étudié un moyen de s'en affranchir: la supraconductivité,

mais les applications de celle-ci ne sont pas pour demain!

2- Énoncer la loi de Joule par une phrase simple.

3- Schéma du montage à réaliser pour vérifier la loi:



Questions sur le montage:

Préciser le rôle du rhéostat Rh, du calorimètre, de l'agitateur

4- Protocole expérimental:

a/ Verser une masse $m=200\text{g}$ de pétrole à usage domestique dans le calorimètre (relever la valeur exacte de la masse de liquide introduite).

b/ Pour chaque mesure, procéder de la manière suivante:

Régler rapidement, à l'aide du rhéostat, la valeur de l'intensité I , puis ouvrir le circuit(interrupteur)

Relever la température q_i d'équilibre thermique du calorimètre.

A la date $t_i=0$, fermer l'interrupteur et **déclencher le chronomètre**. Relever les valeurs de U_{AB} et de I .

A la date $t_f = 6 \text{ min}=360\text{s}$, ouvrir l'interrupteur.

Noter la température θ_f (lorsqu'elle passe par son maximum).

Avant toute mesure de température, agiter le liquide!

Attention de ne pas placer le thermomètre sur la résistance!

c/ Relevé des mesures obtenues par un groupe d'élèves:

Intensité $I(\text{A})$	1,05	1,50	2,05	2,50	3,10	3,50
q initial ($^{\circ}\text{C}$)	20,0	21,2	24,1	28,5	35,0	45,0
q final ($^{\circ}\text{C}$)	21,4	24,3	29,2	37,0	47,2	51,0
U_{AB} (V)	2,1	3,1	4,0	5,2	5,9	6,9

(Les lignes disponibles pourront servir à des calculs qui permettront la vérification quantitative de la loi de Joule)

On donne les informations suivantes:

Il faut **2100 J** pour élever 1kg de pétrole de 1°C . Il faut **4180J** pour élever 1kg d'eau de 1°C . La capacité

calorifique du calorimètre et des accessoires est estimée à $m = 110\text{J.K}^{-1}$. La résistance du conducteur ohmique qui plonge dans le liquide du calorimètre est **voisine de 2W**.

5-Interprétation:

a-Formuler la loi de Joule:

Écrire une équation avec les symboles I , Dt (durée de passage du courant), R , m (masse du liquide), c (chaleur massique du pétrole), m (capacité calorifique du calorimètre), Dq (variation de température). Mettre l'égalité sous la forme:

$$\Delta\theta = f(I^2)$$

b-Tracer le graphe $U_{AB} = f(I)$, en déduire la résistance du conducteur immergé.

c- Tracer $Dq=f(I^2)$.

Evaluer le coefficient directeur et comparer avec l'expression théorique.

La loi de Joule est-elle vérifiée?

Utiliser de préférence un tableur (Regressi ou Excel) pour tracer les graphes afin de modéliser plus facilement les courbes obtenues.

d- Encore deux questions..!

-Dans quel but, avoir choisi le pétrole plutôt que de l'eau?

-Pour expliquer l'imprécision de la vérification de la loi, un élève avait suggéré qu'elle pouvait être due en partie à l'échauffement du rhéostat. Pour lui, la quantité de chaleur (assez considérable) libérée dans ce rhéostat de 1kW devait être prise en compte pour la vérification de la loi. Quand pensez-vous?

Correction:

a/Loi de Joule:

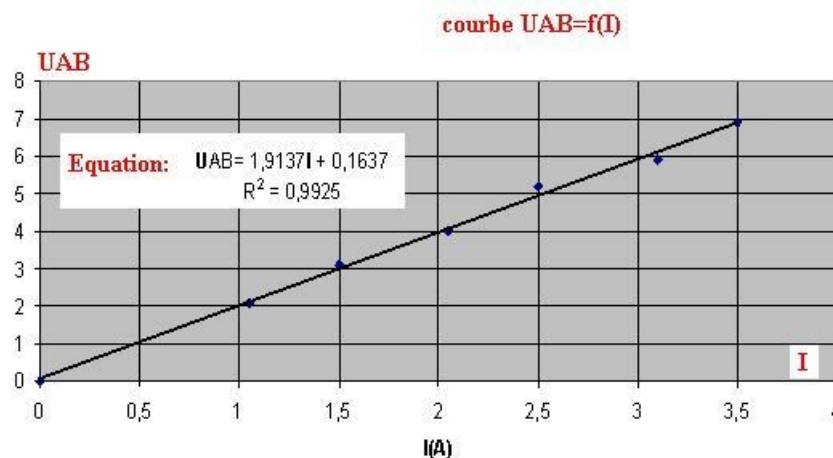
L'énergie électrique reçue pendant Dt = quantité de chaleur cédée par la résistance.

Les échanges de quantité de chaleur avec l'extérieur du calorimètre étant nuls, cette quantité de chaleur est intégralement reçue par le calorimètre et ses accessoires.

$$U_{AB} \cdot I \cdot Dt = RI^2 \cdot Dt = [m+m.c].Dq.$$

Si la loi de Joule est vérifiée, l'augmentation de température doit donc être une fonction linéaire de I^2 .

b/Tracé de la courbe $U_{AB}=f(I)$.



La tension aux bornes d'un conducteur ohmique suit la loi d'ohm

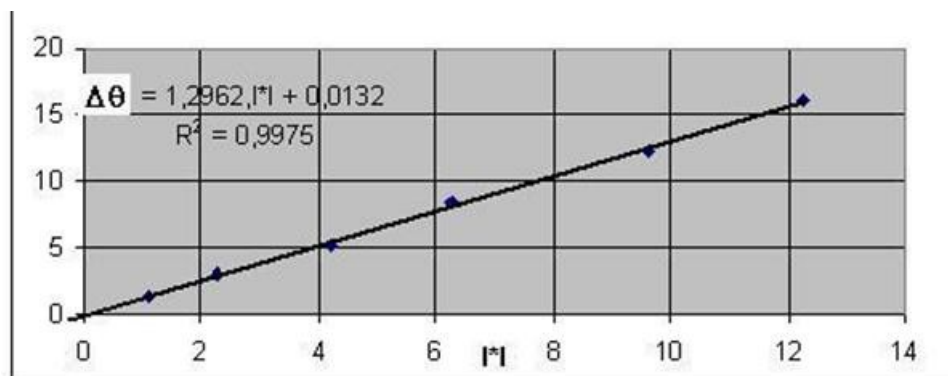
La courbe est une droite de pente égale à R.

R est voisin de 1,91Ohms.

c/ Complétons le tableau de mesures:

Intensité I(A)	1,05	1,50	2,05	2,50	3,10	3,50
q initial (°C)	20,0	21,2	24,1	28,5	35,0	45,0
q final (°C)	21,4	24,3	29,2	37,0	47,2	61,0
U_{AB}(V)	2,1	3,1	4,0	5,2	5,9	6,9
i²	1.1	2.25	4.2	6.25	9.61	12.25
Dq(K)	1.4	3.1	5.1	8.5	12.2	16

Et traçons la courbe: $Dq=f(I^2)$



Les points de mesure s'alignent bien. La pente de la droite moyenne est 1,296

Elle est bien en accord avec l'expression précédente .

$$\Rightarrow \Delta\theta = \left(\frac{1,91.360}{110 + 0.2 * 2100} \right) I^2 \cong 1,3. I^2$$

La loi de Joule est donc bien vérifiée.

Deux questions....

- 1- L'intérêt d'utiliser le pétrole est sa chaleur massique plus faible. Pour une même quantité de chaleur reçue, l'élévation de température sera plus grande et donc plus facilement mesurable.
- 2- La chaleur cédée par le rhéostat n'est pas récupérée par le calorimètre. Elle ne fait pas partie du bilan thermique de la résistance immergée.