Calorimétrie

par François BOSSERT
Lycée Louis Couffignal - 67100 Strasbourg
et Paul MAHÉ
Lycée Jean Rostand - 67000 Strasbourg

RÉSUMÉ

Calorimétrie : deux expériences de T.P. niveau première S : *effet Joule et chaleur latente de fusion de la glace*. L'ordinateur nous affranchit des fastidieuses mesures de température toutes les trente secondes pendant une heure. Le tracé du graphe et son exploitation en sont facilités par un logiciel scientifique, RÉGRESSI.

MATÉRIEL

Nous utilisons un vieux calorimètre formé de deux vases cylindriques en aluminium, avec l'air pour isolant, le vase extérieur étant recouvert de feutrine. La timbale intérieure a une masse m = 85 g. On le remplit au départ avec M = 500 g d'eau du robinet. La méthode de Berthelot nous donnera alors une masse équivalente en eau de :

$$M' = M + m * 0.22 = 500 + 85 * 0.22 = 518.7 \text{ g}$$

La température est relevée par un adaptateur à thermocouple fournissant 1 mV/°C, et un multimètre à liaison série RS232, relié à un ordinateur. Sur le calibre 200 mV la *précision est de 1/10^e de degré Celsius*. Tout autre dispositif fournissant à l'ordinateur la température au 1/10^e de degré Celsius peut convenir. Attention, les thermocouples, accessoires de certains multimètres, ne donnant que les degrés Celsius ne conviennent pas !

Pour exploiter RÉGRESSI, prévoir cent quatre-vingts mesures pendant une heure. Nous avons utilisé notre programme d'acquisition en Basic.

Photo 1

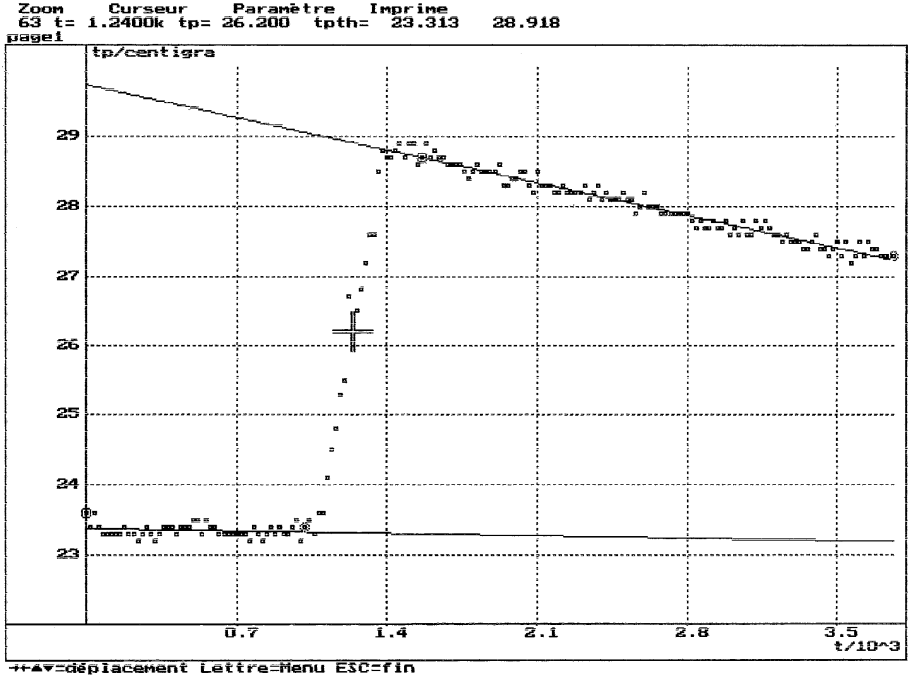

Figure 1

1. EFFET JOULE

1.1. Protocole

Le calorimètre est d'abord observé pendant vingt minutes, puis chauffé durant cinq minutes par une résistance immergée. On continue à observer la température pendant quarante minutes environ. Agiter de temps en temps.

Chauffage : U = 16.0 V ; I = 2.61 A ; t = 300 s. (figure 1)

1.2. Exploitation

Sous RÉGRESSI on modélise par des droites les sections sans chauffage et on évalue l'augmentation de température «sans pertes» par une verticale passant par le centre de l'élévation de température et rencontrant ces deux droites [1]. Sur l'écran, le curseur au centre nous donne les deux températures : tp_1 et tp_2 :

$$dtp = tp_2 - tp_1 = 28.918 - 23.313 = 5.61°C$$

$$W = U \cdot I \cdot t = 16.0 * 2.61 * 300 = 12.53 \text{ kJ}$$

$$Q_0 = W/(M' * dtp) = \mathbf{4.31\ J/g.°C} \qquad [4.18 \text{ J/g}]$$

2. CHALEUR LATENTE DE FUSION DE LA GLACE

2.1. Protocole

Préparer à l'avance dans un bocal annexe des glaçons à 0°C en agitant un mélange d'eau et de glaçons sortis du congélateur. Démarrer les mesures du calorimètre.

Le calorimètre est d'abord observé vingt minutes, puis on y rajoute quatre glaçons à 0°C séchés rapidement dans une serviette, et on les y fait fondre en agitant (cinq minutes environ). On continue à observer la température pendant quarante minutes environ. Le calorimètre est pesé en fin de manipulation pour déterminer la masse des glaçons versés : $m_{gl} = 54$ g. Agiter de temps en temps.

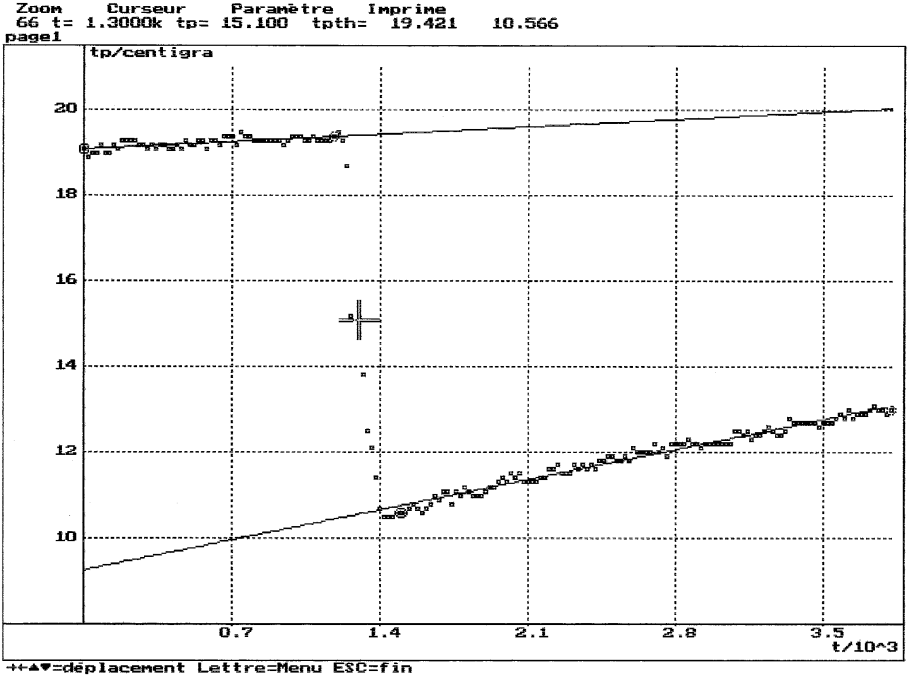

Figure 2

2.2. **Exploitation**

Sous RÉGRESSI on modélise par des droites les sections sans fusion et on évalue l'abaissement de température «sans pertes» par une verticale passant par le centre de la variation de température et rencontrant ces deux droites [1]. Sur l'écran, le curseur au centre nous donne les deux températures : tp_1 et tp_2.

$$dtp = tp_1 - tp_2 = 19.421 - 10.566 = 8.86°C$$

$$Q = (M' + m_{gl}) * dtp * Q_0 = (518.5 + 54) * 8.86 * 4.18 = 21.19 \text{ kJ}$$

On suppose que les glaçons fondent à 0°C, puis l'eau formée se réchauffe de 0°C à 10.5°C, il faut donc déduire la chaleur nécessaire pour réchauffer les 54 g de glaçon :

$$Q' = 54 * 10.556 * 4.18 = 2.38 \text{ kJ}$$

$$Q - Q' = 18.81 \text{ kJ}$$

$$Q_{gl} = (Q - Q')/m_{gl} = 18810/54 = \mathbf{348} \text{ J/g} \qquad [333 \text{ J/g}]$$

CONCLUSION

Les valeurs toujours un peu trop grandes proviennent peut-être d'une estimation trop sommaire de la valeur en eau du calorimètre par la méthode de Berthelot. Il faudrait en plus faire la mesure de cette valeur en eau par la méthode des mélanges.

On pourra également se lancer dans la mesure de chaleurs spécifiques d'autres corps, de chaleur de réactions, etc.

Que faire, si l'essentiel de la manipulation consiste à agiter de temps en temps pendant une heure ? Essayer un agitateur magnétique pour être entièrement libre vingt puis quarante minutes et préparer l'exploitation des mesures, faire des exercices...

BIBLIOGRAPHIE

Physique pratique, MM. BERTY, ESCAUT, MARCHAND, MARTIN et OUSTRY, Vuibert, 1973, pp. 260-269.

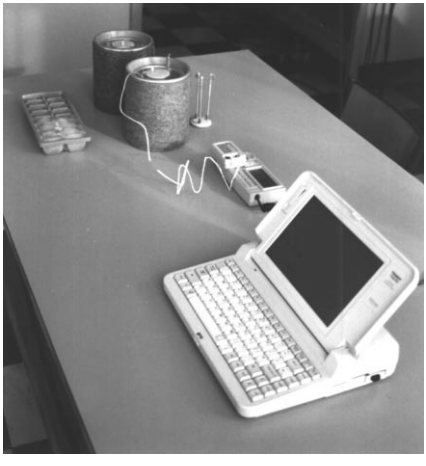

Photo 2