

Bricolo et compagnie

SIXIEME SERIE

par Michel HENRY,
Université Pierre-et-Marie-Curie
75230 Paris Cedex 05.

Nous vous présentons ce mois-ci quelques expériences de chaleur, ou de thermodynamique si vous préférez.

La manipulation des sources de chaleur, même les plus simples étant toujours dangereuse, il convient d'être particulièrement prudent. Evitez en particulier les combustibles liquides : alcool, essence,... au profit des solides : bougies, métaldéhyde (*) (« alcool solide »)... ou d'un petit réchaud de camping à gaz. En outre, prévoir un dispositif d'extinction, tel une vieille couverture, et mettre en évidence le numéro de téléphone des pompiers sont de bonnes précautions.

Le meilleur moyen que j'aie trouvé pour mettre en évidence les variations de température est encore un thermomètre. Les modèles les plus simples, à alcool, ne valent que quelques francs dans un bazar ou une grande surface. Incidemment, c'est une bonne expérience que de comparer les indications des divers appareils présents : des variations de quelques degrés ne sont pas rares. Il s'agit là sans doute d'une des démonstrations les plus convaincantes du fait bien connu qu'un thermomètre indique sa propre température. En tout état de cause, ces erreurs de calibrage ne sont pas gênantes pour des expériences qualitatives telles que les nôtres.

1. CHALEUR MASSIQUE.

Matériel :

Un entonnoir, de préférence en verre ou en plastique.

Une série de verres.

Une casserole pleine d'eau.

De la ficelle.

Divers échantillons, de masses aussi voisines que possible : acier, plomb, laiton...

De la glace, grossièrement concassée.

(*) *N.D.L.R.* : Actuellement, le métaldéhyde est interdit par les instructions ministérielles car son aspect l'apparente aux pastilles de menthe.

Expérience :

Faire chauffer l'eau de la casserole et attacher chaque échantillon à un morceau de ficelle qui permettra de le sortir sans se brûler, puis le mettre dans la casserole. Ceci assure que tous les échantillons sont à la même température.

Mettre la glace dans l'entonnoir et placer celui-ci au-dessus d'un verre. Attendre quelques instants pour estimer le débit d'eau correspondant à la fonte « naturelle ». Il est normalement très faible.

Sortir rapidement un échantillon de l'eau chaude, puis le mettre dans la glace, ce qui provoque immédiatement la fonte d'une certaine quantité de glace.

Répéter l'expérience avec les autres échantillons, en changeant à chaque fois de verre.

Explication :

La variation de température est constante ; selon la nature des échantillons, ils emmagasinent une quantité d'énergie différente et par suite ils produisent la fusion d'une plus ou moins grande quantité de glace. En d'autres termes, plus la chaleur massique est élevée, plus la quantité d'eau recueillie est grande.

2. CHALEUR MASSIQUE.**Matériel :**

Deux bougies identiques.

Deux boîtes à conserves identiques.

Un thermomètre.

Des masses égales d'eau, d'huile et de grenaille de plomb.

Expérience :

Mettre des masses égales d'eau et d'huile dans les deux boîtes à conserves, puis les faire chauffer sur les bougies. Noter que l'huile s'échauffe beaucoup plus vite que l'eau.

Une variante plus spectaculaire consiste à remplacer l'huile par de la grenaille de plomb. Après quelques minutes de chauffage, l'eau est encore assez tiède pour que vous puissiez y plonger les doigts et prélever quelques gouttes.

Par contre, le plomb est assez chaud pour que ces mêmes gouttes, projetées sur lui, s'évaporent avec un chuintement caractéristique.

Explication :

Cette expérience est en quelque sorte complémentaire de la précédente : à quantité de chaleur fournie égale, l'élévation de

température dépend de la nature de l'échantillon et est d'autant plus élevée que la chaleur massique est plus faible.

Remarques :

— Le mode opératoire vise à assurer une égalité aussi bonne que possible entre les quantités de chaleur effectivement transmises aux deux corps.

— La grenaille de plomb est facile à trouver, chez un armurier. Choisir la plus petite taille de grains disponible.

— J'ai utilisé un chauffe-plats à bougies mais toute autre source de chaleur convient.

— Avec 400 g d'eau et d'huile, j'ai observé en dix minutes un échauffement de 6°C pour l'eau et de 15°C pour l'huile. Il m'a fallu à peu près le même temps pour échauffer suffisamment 400 g de plomb de chasse n° 9, de diamètre voisin de 2 mm.

3. EXPERIENCE DE TYNDALL.

Matériel :

Un morceau de tube de cuivre ($l \simeq 10$ cm ; diamètre $\simeq 1,5$ cm).

Un peu de paraffine ou de cire.

Un étau.

Une courroie de machine-outil ou de ventilateur d'automobile.

Expérience :

Boucher une des extrémités du tube de cuivre, puis le remplir de paraffine fondue. Laisser refroidir. Coincer l'extrémité du tube renversé dans un étau, puis le frotter avec la courroie. En quelques minutes, des gouttes de paraffine commencent à couler.

Explication :

La quantité de chaleur dégagée par le frottement est suffisante pour faire fondre une partie de la paraffine.

Remarques :

— Cette expérience est classique, sous diverses formes. Cette variante m'a paru assez peu connue et assez spectaculaire pour être citée ici.

— Une courroie assure un bon frottement, et un effet rapide. Je suis parvenu au même résultat avec un morceau de tissu, mais au prix d'une dépense d'énergie et de temps qui excède probablement la patience, sinon les forces d'un enfant.

4. EFFETS THERMIQUES DU CAOUTCHOUC.

Matériel :

Une bande de caoutchouc : élastique de bureau, ballon de baudruche...

Expérience :

Placer le caoutchouc horizontalement près de la lèvre supérieure. L'étirer franchement, puis le plaquer immédiatement contre la lèvre. Noter l'échauffement. Maintenir le caoutchouc tendu jusqu'à ce qu'il reprenne la température ambiante, puis le relâcher et le plaquer à nouveau. Noter le refroidissement.

Explication :

Voici l'explication la plus claire que j'ai trouvée. Le caoutchouc (poly-isoprène) est constitué de molécules à longues chaînes, normalement pelotonnées et liées les unes aux autres par des ponts. La traction a pour effet d'allonger la chaîne, ce qui réduit les interactions entre molécules voisines. L'énergie ainsi libérée est utilisée pour échauffer le matériau, la variation d'énergie propre de chaque molécule entre l'état pelotonné et l'état allongé étant négligeable. Inversement, la relaxation d'un caoutchouc tendu libère les chaînes, donc accroît leurs interactions, et le matériau se refroidit. Une façon équivalente de voir les choses est la suivante : chauffer un fil de caoutchouc tendu augmente les interactions entre molécules, donc favorise la tendance au retour à la forme pelotonnée. Le fil se contracte. Fournir de l'énergie sous forme thermique au fil lui permet ainsi de céder au milieu extérieur de l'énergie mécanique. Inversement, si le milieu extérieur fournit au caoutchouc de l'énergie sous forme mécanique, celui-ci rend de l'énergie sous forme thermique et s'échauffe donc.

Notons toutefois que ce modèle simpliste n'est pas suffisant pour rendre compte de l'ensemble des phénomènes thermiques liés aux modifications de structure du caoutchouc. Par ailleurs, je rappelle que le comportement d'un fil métallique est exactement opposé : refroidissement à la traction et réchauffement à la contraction.

Cette explication est sans doute inutile pour de jeunes élèves auxquels il suffit de faire constater l'existence du phénomène...
