

Mesure de la chaleur latente de vaporisation de l'eau

par Gilles GALLIN-MARTEL
Lycée Baudelaire - 74960 Cran-Gevrier

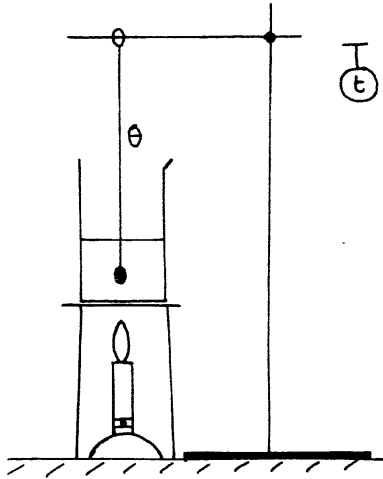
Cet article peut faire l'objet d'une séance de travaux pratiques en classe de première S d'une durée d'une heure et demie. La vaporisation complète des 50 ml d'eau peut durer de quinze à quarante minutes selon le réglage du bec Bunsen. Vous serez toujours agréablement surpris par les résultats obtenus.

1. BUT DE LA MANIPULATION

Déterminer la chaleur latente de vaporisation L_v de l'eau à 100°C sous la pression atmosphérique.

2. MODE OPÉRATOIRE

- Introduire une masse $m = 0,050$ kg d'eau distillée à l'aide d'une fiole jaugée de 50 ml dans un bécher de 100 ml.
- Régler le bec Bunsen sur un débit assez fort qu'on ne modifiera plus jusqu'à la fin de la manipulation. Ce réglage se fera assez loin du bécher.
- Noter la température θ_1 de l'eau et du bécher.
- Placer le bec Bunsen sous le bécher et déclencher le chronomètre en même temps.
- Au bout d'un temps $t' = 2$ min = 120 s, noter la température θ_2 de l'eau et du bécher sans arrêter le chronomètre.
- Enlever alors le thermomètre pour éviter que la vapeur d'eau ne se condense dessus pendant l'ébullition.
- Dès que la dernière goutte d'eau s'est vaporisée, arrêter le chronomètre et relever le temps t de vaporisation complète de l'eau.
- Déterminer la masse m' du bécher à l'aide d'une balance électrique.



3. CALCUL DE L_v

On calcule la quantité de chaleur Q' fournie par le bec Bunsen pour chauffer le bécher et l'eau de θ_1 à θ_2 .

$$\text{Soit :} \quad Q' = (m' \cdot c' + m \cdot c) \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

On donne les chaleurs massiques du pyrex et de l'eau :

$$c' = 840 \text{ J.kg.K}^{-1} \quad c = 4186 \text{ J.kg.K}^{-1}$$

On calcule ensuite la quantité de chaleur Q fournie par le bec Bunsen pour chauffer le bécher et l'eau de θ_1 à 100°C et pour vaporiser complètement l'eau.

$$\text{Soit :} \quad Q = (m' \cdot c' + M \cdot c) (100 - \theta_1) + m \cdot L_v$$

Le débit du bec Bunsen étant maintenu constant durant toute la manipulation, la quantité de chaleur qu'il fournit est donc proportionnelle au temps de chauffage. D'où :

$$\left. \begin{array}{l} Q = k \cdot t' \\ Q' = k \cdot t \end{array} \right\} \Rightarrow Q'/Q = t'/t \Rightarrow Q \cdot t' = Q' \cdot t$$

$$(m' \cdot c' + m \cdot c) (100 - \theta_1) \cdot t' + m \cdot L_v \cdot t' = (m' \cdot c' + m \cdot c) (\theta_2 - \theta_1) \cdot t$$

$$d'o\grave{u} : L_v = \frac{(m' \cdot c' + m \cdot c) (\theta_2 - \theta_1) \cdot t - (m' \cdot c' + m \cdot c) (100 - \theta_1) \cdot t'}{m \cdot t'}$$

Exemple de calcul

$$m' = 54,75 \text{ g} = 0,05475 \text{ kg} \quad \theta_1 = 19,5^\circ\text{C} \quad \theta_2 = 83^\circ\text{C} \quad t' = 120 \text{ s}$$

$$t = 16 \text{ min } 38 \text{ s} = 998 \text{ s} \quad L_v = 2285399 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = \mathbf{2285 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}}$$

4. INTERVALLE DE CONFIANCE

En fin de sance on peut appliquer la mthode de l'etendue sur les diffrents rultats trouvs par le groupe de T.P. (se reporter à l'annexe).

Collection des rultats des binômes du groupe de T.P. en $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$: 2130, 2197, 2202, 2468, 1961, 2057, 2482, 2124, 2230.

$$\text{Nombre de mesures} = n = 9 \quad (L_v)_{\text{moy}} = 2206 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$\text{Étendue} = r = (L_v)_{\text{max}} - (L_v)_{\text{min}} = 2482 - 1961 = 521 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

On choisit, par exemple, de dterminer l'intervalle de confiance au niveau de confiance 95 %.

$$\text{Si } n = 9 \quad q(95 \%) = 0,26$$

$$q(95 \%) \cdot r = 0,26 \times 521 = 135 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

On obtient l'encadrement suivant :

$$(L_v)_{\text{moy}} - q(95 \%) \cdot r < L_v < (L_v)_{\text{moy}} + q(95 \%) \cdot r$$

$$\text{soit : } \mathbf{2071 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} < L_v < 2341 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}}$$

En fait la valeur thtorique de la chaleur latente de vaporisation de l'eau à 100°C et sous 760 mmHg vaut $\mathbf{2260 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}}$.

BIBLIOGRAPHIE

On peut consulter dans le B.U.P. n° 627 d'octobre 1980 à la page 99 l'article de M. René MOREAU intitulé «*Incertitudes affectant les mesures de Physique et de Chimie ralisées en classe*».

Annexe

Résumé sur la méthode de l'étendue

La méthode de l'étendue ne nécessite pas un grand nombre de mesures d'une même grandeur x . On a obtenu n mesures indépendantes $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ d'une même grandeur dont la valeur réelle inconnue est X .

On souhaite déterminer un intervalle ayant une forte probabilité de contenir la vraie valeur X de la grandeur x . Cet intervalle s'appellera **intervalle de confiance**. La probabilité correspondante, qu'on exprime en pour-cent, s'appelle le **niveau de confiance**. On dit qu'on détermine un intervalle de confiance au niveau de confiance 95 % ou au niveau de confiance 99 %

Évidemment, plus on désire que l'intervalle de confiance ait une forte probabilité de contenir X , plus il faut l'élargir. Tous ces intervalles de confiance sont centrés sur la moyenne \bar{X} des n mesures : $\bar{X} = \sum x_i / n$. \bar{X} est le meilleur estimateur de X .

La méthode de l'étendue s'applique aux petits nombres de mesures. Elle utilise l'étendue r de la série des n mesures. r représente la différence entre les mesures extrêmes x_{\max} et x_{\min} : $r = x_{\max} - x_{\min}$. Lorsque **n ne dépasse pas 12**, cette méthode est très efficace.

L'intervalle de confiance est : $[\bar{X} - q \cdot r, \bar{X} + q \cdot r]$. Au niveau de confiance 95 %, par exemple, la probabilité pour que la double inégalité : $\bar{X} - q \cdot r < X < \bar{X} + q \cdot r$ soit satisfaite est 0,95.

Cette méthode fait intervenir un coefficient q qui dépend de l'effectif n de la série de mesures et du niveau de confiance choisi.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
q (95 %)	6,35	1,30	0,72	0,51	0,40	0,33	0,29	0,26	0,23	0,19
q (99 %)	31,8	3,01	1,32	0,84	0,63	0,51	0,43	0,37	0,33	0,28