

C02 - TP2 : Le pouvoir calorifique de l'éthanol

OBJECTIF DU TP : Calculer le pouvoir calorifique de l'éthanol et le comparer à une valeur de référence.

I- Étude préalable

Document 1 : Liste du matériel

- Une « lampe » à alcool contenant un certain volume d'éthanol et une mèche.
- Un support avec pince permettant de suspendre une cannette en aluminium servant de récipient pour l'eau à chauffer.
- Un thermomètre numérique.
- Une enceinte d'isolation
- Une éprouvette graduée de 300 mL
- Un pichet en plastique
- Une balance de laboratoire précise à 0,1g permettant de peser jusqu'à 500g.

Document 2 : Principe de la manipulation

En allumant la mèche de la lampe à alcool, la chaleur dégagée permet la vaporisation de l'éthanol. Au contact de l'air, l'éthanol gazeux réagit avec le dioxygène de l'air ; il y a alors combustion et production de dioxyde carbone et de vapeur d'eau lorsque la réaction est complète.

La chaleur produite lors de la combustion sert à chauffer la canette et l'eau qu'elle contient dont on mesure l'élévation de température grâce à un thermomètre.

La canette est partiellement isolée de l'extérieur grâce à l'enceinte que constitue la boîte de conserve.

On mesure, avant et après une certaine élévation de température de l'eau et de la canette ainsi que la masse de la lampe à alcool.

À partir du document 2, écrire et équilibrer l'équation de la réaction de combustion de l'éthanol de formule C_2H_6O . (On écrit les réactifs à gauche de la flèche et les produits à droite)

II- Réalisation de l'expérience

1) Reproduire le tableau suivant :

m_{can}	m_i	θ_i	θ_f	m_f

2) Réaliser l'expérience suivante et compléter le tableau avec les données (sans oublier les unités).

- Peser la canette et noter sa masse, appelée m_{can} .
- Introduire 250 mL (= 250 g) d'eau « froide » dans la canette à l'aide de la balance et d'un entonnoir et fixer la canette d'eau froide sur le support.
- Effectuer une pesée de la lampe à alcool sans son couvercle et relever la masse m_i de celle-ci.
- La canette d'eau étant fixée, mesurer la température initiale θ_i de l'eau.

- Allumer la mèche, isoler rapidement avec l'enceinte et positionner le thermomètre dans le trou prévu de la canette.
- Lorsque la température atteint environ 55 °C, souffler la flamme et attendre un certain temps que la température se stabilise : relever précisément cette température finale θ_f .
- Effectuer une nouvelle pesée de la lampe à alcool sans couvercle et relever la masse finale m_f .

III- Exploitation des résultats

Document 3 : Énergie et pouvoir calorifique

Une masse d'eau m_{eau} à la température initiale θ_i chauffée à la température finale θ_f reçoit une énergie :

$$E_{reçue} = m_{eau} \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$$

Dans cette expression $E_{reçue}$ est en J, m_{eau} est en kg, et c_{eau} est en $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$, c'est la capacité thermique massique de l'eau.

La capacité thermique massique de l'eau est la quantité d'énergie nécessaire pour éléver de 1°C une masse d'eau de 1 kg. Elle vaut $c_{eau} = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ \text{C}^{-1}$.

Le pouvoir calorifique massique (PC) d'un combustible est l'énergie thermique libérée par la combustion d'un kilogramme de ce combustible. Elle s'exprime en $J \cdot kg^{-1}$

Document 4 : Données (utiles ou non):

- Capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ \text{C}^{-1}$.
- Capacité thermique massique de l'éthanol : $c_{eth} = 2460 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ \text{C}^{-1}$.
- Capacité thermique massique de l'aluminium : $c_{al} = 920 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ \text{C}^{-1}$.
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Masse volumique de l'éthanol : $\rho_{eth} = 0,79 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.

- 1- À partir des données dans le tableau de la partie II, calculer la masse d'éthanol consommée au cours de la combustion.
- 2- À partir du document 3, exprimer (expression avec les lettres) puis calculer l'énergie reçue par l'eau dans la canette, notée E_1 .
- 3- Toujours à l'aide du document 3, adapter la formule pour exprimer puis calculer l'énergie reçue par la canette en aluminium, notée E_2 .
- 4- En admettant que l'énergie libérée lors de la combustion, notée $E_{combustion}$ n'a servi qu'à faire chauffer l'eau et la canette, quelle est la relation que l'on peut écrire entre $E_{combustion}$, E_1 et E_2 ?

Document 5 : Énergie de combustion

L'énergie libérée par une combustion d'une masse $m_{combustible}$ d'un combustible est donnée par la relation

$$E_{combustion} = PC \times m_{combustible}$$

Avec $E_{libérée}$ en J, et $m_{combustible}$ en kg et PC en J/kg

- 5- Déduire de la question 4 et du document 5, l'expression du pouvoir calorifique de l'éthanol PC_{eth} en $J \cdot kg^{-1}$. Calculer sa valeur.

Le pouvoir calorifique **théorique** de l'éthanol est $P_c = 2,7 \cdot 10^7 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

6- Interpréter les différences entre le résultat expérimental et la valeur théorique.

IV- Application : Quel est le plus économique ?

En 2012, le journaliste Dylan Winter a réalisé une expérience dans laquelle il a prétendu démontrer qu'il était possible et moins cher de chauffer une pièce avec des bougies plutôt qu'en utilisant du bois.

La combustion de 1 kg de bois de hêtre libère 4,0 kWh d'énergie thermique. Le prix d'un kilowattheure d'énergie issu du bois de chauffage revient environ à 5 centimes.

1- Calculer le pouvoir calorifique du bois de hêtre en $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Le pouvoir calorifique de la paraffine, contenue dans une bougie chauffe plat de masse $m_{\text{bougie}} = 13,7 \text{ g}$ est $P_{C_{\text{paraff.}}} = 45 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Le prix d'une bougie est de 3 centimes.

2- Calculer le prix que coûte la production de 1 kWh par combustion de bougies.

3- En déduire, qui de la combustion de la paraffine ou celle du bois est la solution la plus économique.

À la fin de la séance, reprendre la grille d'auto-évaluation du début du chapitre pour la remplir.