

Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date:

Pouvoir calorifique d'un combustible

✔ Objectifs

- ☐ Écrire l'équation de réaction de combustion complète d'un alcane et d'un alcool.
- ☐ Estimer l'énergie molaire de réaction pour une transformation en phase gazeuse à partir de la donnée des énergies des liaisons.
- ☐ Mettre en œuvre une expérience pour estimer le pouvoir calorifique d'un combustible.

👤 Classe

1^{ère} Spé

🕒 Durée

2 h

✂ Sur la paillasse

- un support universel et une pince "3 doigts",
- une canette vide,
- une bougie chauffe-plat,
- une balance de précision,
- un thermomètre,
- un briquet,
- une éprouvette graduée de 250 mL.

📄 Document 1: Combustion et équation

- La réaction de combustion est une réaction d'oxydoréduction au cours de laquelle :
 - un combustible s'oxyde;
 - un comburant, généralement le dioxygène, se réduit.
 Pour activer une réaction, une énergie (d'activation) doit être apportée.
- Lors de la combustion d'une molécule organique (composée de carbone, d'hydrogène et éventuellement d'oxygène), dans le dioxygène, les seuls produits sont de l'eau et du dioxyde de carbone, si la combustion est complète.
- Remarque : les alcanes, les alcools, les sucres, les lipides, le bois,... sont des combustibles organiques.

📄 Document 2: Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique d'un combustible PC est l'énergie dégagée par la combustion complète d'un kilogramme de combustible. Il s'exprime en joule par kilogramme ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$).

L'énergie libérée Q par la combustion d'une masse m de combustible, peut se calculer par la relation:

$$Q = m \times PC \quad (1)$$

avec Q l'énergie libérée en joules (J), m en kilogrammes (kg) et PC en joules par kilogrammes ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$).

📄 Document 3: Énergie thermique

L'énergie thermique Q échangée par un corps pur de masse m , dont la température varie de θ_i (température initiale) à θ_f (température finale), sans changer d'état, est donnée par la relation:

$$Q = m \times c \times (\theta_f - \theta_i) \quad (2)$$

avec Q en J, m en kg, θ_i et θ_f en $^{\circ}\text{C}$ et c est la capacité thermique massique du corps en $\text{J} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

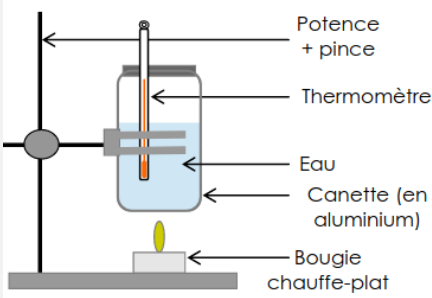
Données: $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ et $c_{\text{alu}} = 900 \text{ J} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

1 Pouvoir calorifique de la bougie

1. Suivre le protocole expérimental suivant¹ et remplir le tableau ci-dessous avec les données du problème.



- ☐ Peser la masse de la canette m_{can} .
- ☐ Peser la masse de la bougie m_{avant} .
- ☐ Mesurer un volume d'eau $V = 200\text{mL}$ et la verser dans le récipient.
- ☐ Mettre en place le montage, agiter l'eau (pour homogénéiser). Allumer la bougie et noter simultanément la température initiale et le temps initial.
- ☐ Agiter en permanence, lorsque la température approche $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou que la différence de température est de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre le début et la fin de l'expérience, éteindre la bougie et noter le temps ainsi que la température finale.
- ☐ Peser à nouveau la masse de la bougie m_{apres} (après refroidissement de celle-ci).



m_{can}	m_{avant}	θ_i	t_i	θ_f	t_f	m_{apres}
-----------	-------------	------------	-------	------------	-------	-------------

2. Pour cette manipulation, calculer les valeurs de l'énergie thermique Q_1 reçue par l'eau, de l'énergie thermique Q_2 reçue par la canette (cf document 3). En déduire l'énergie thermique Q reçue par l'ensemble du système eau + canette.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Nous faisons l'hypothèse que toute l'énergie libérée par la combustion de la bougie a été absorbée par la canette avec son eau. En utilisant le résultat précédent (et le document 2), déterminer la valeur expérimentale

¹TP basé sur le travail des formateurs de l'académie d'Amiens.

du pouvoir calorifique de la bougie PC .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Dans le tableau ci-après, nous allons reporter l'ensemble des résultats de la classe, afin d'améliorer la précision du résultat.

Groupe	1	2	3	4	5	6	Moyenne \overline{PC}	Incertitude type $u(PC)$
PC (MJ·kg ⁻¹)								

On rappelle que:

- $u(PC) = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ avec σ l'écart-type à calculer à l'aide de votre calculatrice, et N est le nombre de valeurs,
- L'incertitude-type d'une mesure est écrite avec **un ou deux chiffres significatifs**, avec un arrondi par excès,
- $u(PC)$: pour « uncertainty » sur PC .

5. Le résultat expérimental est alors donné sous la forme suivante: $PC = \overline{PC} \pm u(PC)$ ou encore $\overline{PC} - u(PC) < PC < \overline{PC} + u(PC)$.

Donner le résultat de PC , sous les formes précédentes, mais avec des valeurs numériques et un nombre de chiffres significatifs cohérents.

.....

.....

.....

.....

6. Une bougie est essentiellement constituée d'acide stéarique. Le pouvoir calorifique de celui-ci, donné par les tables, est $PC_0 = 37\text{MJ/kg}$. Conclure par rapport à la valeur expérimentale trouvée et commenter sur les sources d'erreurs possibles.

.....

.....

.....

.....

2 Masse de CO_2 produite au cours de la combustion

7. La formule brute de l'acide stéarique est $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$. Écrire l'équation de la réaction de combustion (complète) de l'acide stéarique.

.....
.....

8. Calculer la quantité de matière $n(\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2)$ d'acide stéarique ayant réagi lors de la manipulation. Donnée: masse molaire de l'acide stéarique $M(\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2) = 284 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

.....
.....
.....

9. Lors d'une combustion, le dioxygène est en excès (le plus souvent), le réactif limitant est donc le combustible, ici l'acide stéarique. En utilisant l'équation de la réaction, déterminer la quantité de matière $n(\text{CO}_2)$ de dioxyde de carbone produit lors de la manipulation. Puis, en déduire la masse correspondante $m(\text{CO}_2)$. (L'usage d'un tableau d'avancement est ici superflu). Donnée: masse molaire du dioxyde de carbone : $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

.....
.....
.....
.....

3 Énergie molaire de réaction

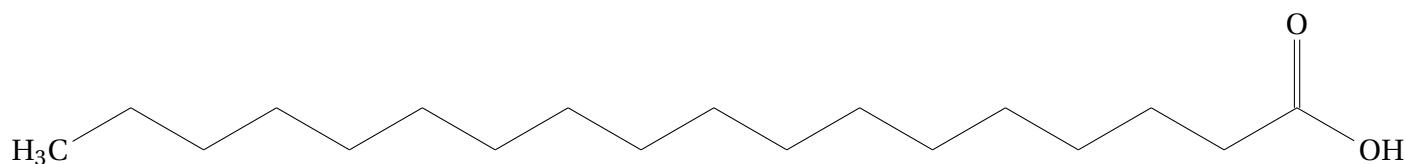


Figure 1: Schéma de Lewis de l'acide stéarique.

- | | |
|-----|-----|
| C—O | 358 |
| C—H | 415 |
| H—H | 436 |
| O—H | 463 |
| O=O | 498 |
| C=C | 615 |
| C=O | 804 |

Liaison	Énergie de liaison en $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
C — C	345
C — O	358
C — H	415
H — H	436
O — H	463
O = O	498
C = C	615
C = O	804