



NOM :

Prénom :

CLASSE: 1erS

Spécialité

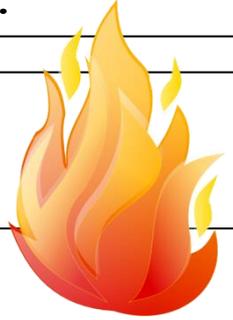
Tous les comptes rendus de Travaux Pratiques sont à rendre avec l'énoncé.

TP. Aspect énergétique de la combustion.

NOTE :

/20

OBSERVATIONS :



Objectifs du TP:

- ◇ Mettre en œuvre un protocole pour estimer la valeur de l'énergie libérée lors d'une combustion.

I) Documents mis à la disposition du candidat

Doc n°1: Le triangle du feu

TRIANGLE DU FEU



PROCEDES D'EXTINCTION

RETIRER UN SEUL ELEMENT DE LA COMBUSTION ET LE FEU N'EXISTE PLUS



Doc n°2: Les échanges d'énergie.

L'énergie de combustion (E) est l'énergie chimique qu'un combustible est capable de transférer vers le milieu extérieur sous forme d'énergie thermique (voir le tableau ci-contre).

Combustible	Énergie de combustion (en kJ/mol)
Méthane	800
Méthanol	636
Éthane	1438
Éthanol	1326
Butane	2691
Butan-1-ol	2447
Octane	$5,2 \cdot 10^3$
Acide stéarique (bougie)	$10,8 \cdot 10^3$

Principe de conservation de l'énergie:

Si un système échange de l'énergie avec le milieu extérieur, la variation de l'énergie totale du système est égale à l'énergie transférée entre le milieu extérieur et le système.

La capacité calorifique de l'eau:

Lorsqu'on chauffe de l'eau, l'énergie E (en J) reçue pour l'eau se calcule ainsi:

$$E = m_{\text{eau}} \times C_p(\text{eau}) \times \Delta T$$

Avec m_{eau} : masse de l'eau chauffée (en gramme)

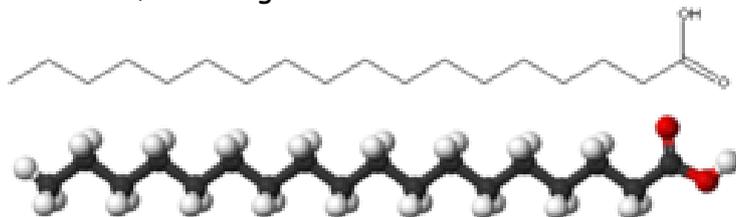
ΔT l'augmentation de la température de l'eau (en Kelvin dans le SI, mais la différence

$\Delta T = \theta_{\text{final}} - \theta_{\text{initiale}}$ nous permet d'utiliser le °C)

$C_p(\text{eau})$ est la capacité thermique massique de l'eau et elle vaut $4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Doc n°3: L'acide stéarique

L'acide stéarique (du grec ancien $\sigma\tau\acute{\epsilon}\alpha\pi$, qui signifie suif) est un acide gras à chaîne longue, avec aucune liaison covalente double : c'est un acide gras saturé. À température ambiante, il forme un solide blanc. L'acide stéarique est abondant dans toutes les graisses animales (surtout chez les ruminants) ou végétales. Il est d'ailleurs un des plus répandus acides gras saturés. Il sert industriellement à faire des huiles, des bougies et des savons.



D'après Wikipédia

Propriétés chimiques

Formule brute $C_{18}H_{36}O_2$

Masse molaire 284 g/mol

Propriétés physiques

T° fusion 68,8 °C

T° ébullition 383 °C

Solubilité 0,597 mg·l⁻¹
(eau, 25 °C)

Masse volumique 0,9408 g·cm⁻³

T° d'auto-inflammation 395 °C

Doc n°4: Liste du matériel mis à disposition

Paillasse :	Bureau :
<ul style="list-style-type: none">- bougie chauffe-plat- canette en aluminium- éprouvette graduée 200 mL- thermomètre- support + 2 pinces- allumettes- pissette d'eau distillée- Bécher 250 mL- Bécher 100 mL- Tube à essais + bouchon + pince en bois.	<ul style="list-style-type: none">- Balance- Eau de chaux- Réserve eau distillée

Problématique

Etudier la combustion d'une molécule organique (l'acide stéarique) et retrouver expérimentalement la valeur de l'énergie de combustion de l'acide stéarique en s'aidant du principe de conservation de l'énergie .

II) Travail à réaliser

Question a : Comparer l'énergie de combustion des alcanes et des alcools. En déduire les meilleurs combustibles. Justifier.

Question b : Calculer l'énergie libérée E_{lib} par la combustion de 10 g de bougie.

Protocole expérimental

On souhaite vérifier la valeur de l'énergie de combustion de l'acide stéarique d'une bougie.

Question c : Proposer un protocole expérimental soigneusement détaillé pour répondre à la problématique.

→ Faire vérifier la démarche par le professeur.

Question d : Calculer l'énergie de combustion expérimentale de l'acide stéarique $E_{comb\ exp}$ (acide stéarique) (en kJ/mol) et porter un regard critique sur la valeur expérimentale obtenue.

On définit l'écart relatif:

$$r(\%) = \left| \frac{\text{valeur théorique} - \text{valeur expérimentale}}{\text{valeur théorique}} \right| \times 100$$

Allumer une bougie et la recouvrir d'un grand bécher sec. Observer la combustion et les parois du bécher.

- *Rallumer la bougie, puis, à l'aide d'une pince en bois, retourner un tube à essais au-dessus de la flamme pendant 10 s.*
- *Verser un peu d'eau de chaux dans le tube. Boucher et agiter vigoureusement.*

Question e : D'après ces expériences, trouver le comburant (gaz nécessaire à la combustion) et deux produits de cette combustion, puis traduire cette réaction sous la forme d'une équation bilan équilibrée.

Exercice: Comparaison de la combustion de 2 carburants

L'essence (modélisée par l'octane C_8H_{18}) et l'éthanol (C_2H_6O) sont des carburants utilisés dans les moteurs à explosion. Une voiture à essence consommant 6 L au 100 (soit un volume $V = 6,0$ L d'essence pour un parcours de 100 km) et rejette une masse $m = 130$ g de dioxyde de carbone par kilomètre.

Vérifions s'il en est de même avec une voiture de motorisation équivalente fonctionnant à l'éthanol (ou bioéthanol).

Question f : Écrire les équations bilan traduisant la combustion complète de ces deux carburants.

Question g : Dans certains cas, pourquoi peut-il se former du monoxyde de carbone (gaz toxique) et des fumées noires de carbone ? (Cours de 4^{ème}!!!!)

Question h : Calculer la masse m' de dioxyde de carbone produit par kilomètre par une voiture roulant au bioéthanol sachant qu'elle consomme 8,7 L au 100. Conclure.

Données : masse volumique de l'éthanol $\rho = 0,79$ kg/L

masses molaires : $M(H) = 1,00$ g/mol $M(C) = 12,0$ g/mol $M(O) = 16,0$ g/mol

CORRECTION

TP Aspect énergétique de la combustion

Question a : En comparant les énergies de combustion de molécules dont la chaîne carbonée est de même longueur, on remarque que l'énergie de combustion des alcanes est plus forte que celle des alcools. Les meilleurs combustibles sont donc les alcanes.

Question b : 1 mole d'acide stéarique, c'est à dire 284 g d'acide stéarique dégage une énergie de $10,8 \cdot 10^3$ kJ. Donc 10 g d'acide stéarique dégage une énergie de $10,8 \cdot 10^3 \times 10 / 284 = 3,8 \cdot 10^2$ kJ

Protocole expérimental

Question c :

En utilisant le principe de conservation de l'énergie, et dans le cas idéal où il n'y aurait pas de perte thermique, on peut utiliser l'énergie de combustion de la bougie pour chauffer un volume d'eau. On mesure la masse de la bougie avant et après la combustion pour en déduire la quantité de matière d'acide stéarique brûlée. On mesure la différence de température de l'eau et par un calcul grâce au doc 2, on en déduit l'énergie qui s'est dégagée de la combustion. Le rapport des deux valeurs donne alors l'énergie de combustion en $J \cdot mol^{-1}$

On mesure la masse initiale de la bougie : $m_{ini} = 14,50$ g.

- On mesure la température initiale de l'eau : $\theta_{ini} = 23,0^\circ C$.

- On chauffe 150,0 g d'eau distillée dans une canette en aluminium à l'aide d'une bougie chauffe-plat.

- Le thermomètre est disposé dans l'eau mais pas au fond de la canette afin de ne pas fausser la mesure de la température.

- Après 15 minutes, on mesure la masse de la bougie $m_{finale} = 13,60$ g.

- On en déduit qu'une masse d'acide stéarique $m_{stéarique} = 0,90$ g a été consommée au cours de la combustion.

- La température vaut alors $\theta_{fin} = 47,0^\circ C$.

- On peut ainsi connaître la quantité de matière d'acide stéarique qui a été brûlé et grâce à l'élévation de température de l'eau, connaître l'énergie qui a été dégagée.

Question d : Je cherche $E_{comb \text{ exp}}$ (acide stéarique) (en $kJ \cdot mol^{-1}$)

On cherche d'abord E gagnée par l'eau, et comme l'énergie reçue par l'eau est égale, aux pertes d'énergie près, à l'énergie de combustion de l'acide stéarique pour la masse de bougie brûlée, on trouve E_{comb} l'énergie de combustion pour une certaine masse de bougie. Il suffit après de trouver l'énergie de combustion de l'acide stéarique $E_{comb \text{ exp}}$ (acide stéarique) pour une mole de bougie.

Je connais	J'applique
$m_{eau} = 150,0$ g $\theta_{fin} = 47,0^\circ C$ $\theta_{ini} = 23,0^\circ C$ $\Delta T = \theta_{fin} - \theta_{ini} = 47,0 - 23,0 = 24,0^\circ C$ $E = m_{eau} \times C_p(eau) \times \Delta T$ $C_p(eau) = 4,18 J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$ $E_{comb} = E$ $M(\text{acide stéarique}) = 284 g \cdot mol^{-1}$ $m_{stéarique} = 0,90$ g $E_{comb \text{ exp}}(\text{acide stéarique}) = E_{comb} \times \frac{M(\text{acide stéarique})}{m_{stéarique}}$	Conversions: aucune Calcul de E_{comb} $E = m_{eau} \times C_p(eau) \times \Delta T$ $E = 150,0 \times 4,18 \times 24,0$ $E = 1,50 \cdot 10^4$ J $E_{comb} = E = 1,50 \cdot 10^4$ J pour 0,90 g de bougie Calcul de $E_{comb \text{ exp}}$ (acide stéarique) $E_{comb \text{ exp}}(\text{acide stéarique}) = 1,50 \times 10^4 \times \frac{284}{0,90}$ $E_{comb \text{ exp}}(\text{acide stéarique}) = 4,7 \times 10^6 J \cdot mol^{-1}$ $E_{comb \text{ exp}}(\text{acide stéarique}) = 4,7 \times 10^3 kJ \cdot mol^{-1}$

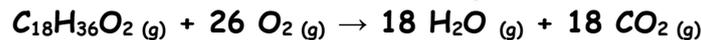
$$r(\%) = \left| \frac{10,8 \times 10^3 - 4,7 \times 10^3}{10,8 \times 10^3} \right| \times 100 = 56 \%$$

L'écart est important, mais on retrouve l'ordre de grandeur du tableau du début de TP. La différence est due aux pertes d'énergie : en effet, la bougie chauffe non seulement l'eau, mais aussi la canette et l'air.

Le pourcentage d'erreur est très important pour plusieurs raisons :

Cause d'erreur	Conséquence	Comment limiter cette erreur ?
L'énergie issue de la combustion de la bougie n'est intégralement transférée à l'eau, une partie est transférée à l'air environnant. L'eau cède une partie de l'énergie reçue au milieu extérieur.	L'augmentation de température est moins grande que prévue alors E_{comb} expérimentale est plus faible que prévu.	Il ne faut pas que la distance entre la bougie et la canette soit trop grande. Les parois de la canette devraient être isothermes (sauf le fond).
La mesure de la masse d'acide stéarique consommé n'est pas assez précise.	La valeur de E_{comb} n'est pas précise.	Il faut que la masse d'acide stéarique consommée soit assez grande pour diminuer l'erreur relative sur la mesure de cette masse. Il faut une balance de grande précision.
La mesure de la température de l'eau n'est pas forcément correcte.	La valeur de E_{comb} n'est pas précise.	La température doit être homogène dans la canette : il faudrait légèrement agiter. Le thermomètre ne doit pas toucher le fond de la canette. Il faut un thermomètre de grande précision. Il faut un volume d'eau assez élevé.
La combustion doit être complète.	La valeur de l'énergie de combustion théorique correspond à une combustion complète.	Il ne faut pas trop étouffer la flamme.
La bougie doit être constituée d'acide stéarique pur.	On ne connaît pas E_{comb} théorique.	S'assurer de la pureté de la bougie auprès du fabricant.

Question e : Le comburant est le **dioxygène** et les deux produits de cette combustion sont le **dioxyde de carbone** (qui trouble l'eau de chaux) et **l'eau** (gouttelettes sur les parois du bécher).



Exercice : Comparaison de la combustion de 2 carburants

Question f :



Question g : Il peut se former du monoxyde de carbone (gaz toxique) et des fumées noires de carbone lorsque la **combustion est incomplète**, c'est à dire quand le **dioxygène** n'est pas présent en **quantité suffisante**.

Question h : Cette voiture consomme 8,7 L pour 100 km, soit $V = 8,7 \cdot 10^{-2}$ L pour 1 km

Je connais	J'applique
$\rho(\text{éthanol}) = m(\text{éthanol}) / V$ soit $m(\text{éthanol}) = \rho(\text{éthanol}) \times V$ $\rho = 0,79 \text{ kg/L}$ $M_{\text{éthanol}} = 46,0 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M(\text{CO}_2) = 44,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $n_{(\text{éthanol})} = \frac{m_{(\text{éthanol})}}{M_{(\text{éthanol})}}$ d'après l'équation en f) si la réaction est totale et se déroule dans les proportions stœchiométriques: $\frac{n_{(\text{éthanol})}}{1} = \frac{n_{(\text{CO}_2)}}{2}$ $m' = m_{(\text{CO}_2)} = n_{(\text{CO}_2)} \times M_{(\text{CO}_2)}$ soit $m' = 2 \times n_{(\text{éthanol})} \times M_{(\text{CO}_2)} = 2 \times \frac{m_{(\text{éthanol})}}{M_{(\text{éthanol})}} \times M_{(\text{CO}_2)}$ $m' = 2 \times \frac{\rho_{(\text{éthanol})} \times V}{M_{(\text{éthanol})}} \times M_{(\text{CO}_2)}$	Conversion: $\rho = 0,79 \times 10^3 \text{ g.L}^{-1}$ Calcul de $m(\text{CO}_2)$ $m' = 2 \times \frac{\rho_{(\text{éthanol})} \times V}{M_{(\text{éthanol})}} \times M_{(\text{CO}_2)}$ $m' = 2 \times \frac{0,79 \times 10^3 \times 8,7 \times 10^{-2}}{46,0} \times 44,0$ $m' = 1,3 \times 10^2 \text{ g}$

Cette voiture produit environ **130 g de dioxyde de carbone** au kilomètre, soit environ la **même quantité** qu'une voiture fonctionnant à l'essence.

TP 1erS: Aspect énergétique de la combustion

Pour le

SALLE :

Matériel

POUR (6 groupes)

Bureau

MATERIEL	FAIT
- Balance ×2	
- Eau de chaux + 2 petits béchers	
- Réserve eau distillée	

Elèves

MATERIEL	FAIT
- bougie chauffe-plat	
- canette en aluminium.	
- éprouvette graduée 200 mL	
- thermomètre numérique	
- support + 2 pinces	
- allumettes	
- pissette d'eau distillée	
- Bécher 250 mL et 100 mL	
- Tube à essais + bouchon + pince en bois	