

Pouvoir calorifique d'un combustible

Bougie

Nettoyer et ranger la paillasse à la fin du travail expérimental

On devra détailler et justifier tous les calculs.

1- Objectifs

Les objectifs de ce travail sont:

- De montrer expérimentalement que, lors d'une combustion, un système transfère de l'énergie au milieu extérieur sous forme thermique.
- D'estimer la valeur de cette énergie libérée.
- D'écrire une réaction de combustion.
- D'établir un bilan de matière.

2- La combustion

D'un point de vue microscopique, la température T traduit l'agitation des molécules. La propagation de l'agitation des molécules entraîne un transfert d'énergie de molécules en molécules.

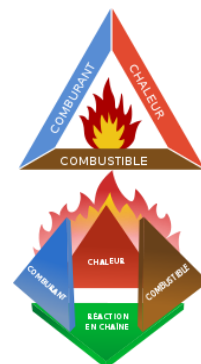
Le déplacement moyen de chaque molécule est nul lors de ce phénomène de propagation. Ce transfert d'énergie est relié à la notion physique macroscopique de chaleur Q définissant un échange d'énergie entre deux corps (ou systèmes) sans mouvement.

Par exemple, si l'on met en contact deux corps qui ont une température différente, l'énergie interne du corps le plus chaud diminue et celle du corps le plus froid augmente d'autant, il y a eu un transfert d'énergie sous forme de chaleur.

La chaleur est une grandeur mesurable, d'unité le Joule (J) par le biais de la mesure d'une différence de température. La calorie (cal) est une unité d'énergie encore très souvent utilisée et correspond à 4,1868 J.



Historiquement, la chimie du feu était basée sur le triangle du feu. Au début des années 1980, une quatrième partie, connue sous le nom de radicaux libres, fut identifiée. Aujourd'hui, il est bien connu que la chimie du feu est basée sur le tétraèdre du feu. La signification du triangle du feu correspond à la combustion sans flammes alors que le tétraèdre du feu correspond à la combustion avec flammes et inclue les radicaux libres, sans lesquels aucune combustion avec flammes n'est possible.



Remarque: Un radical libre est une espèce chimique (atome ou molécule) qui possède un électron célibataire c'est-à-dire non apparié. Cette caractéristique le rend instable et lui procure une grande réactivité vis-à-vis des molécules environnantes. Un radical libre se stabilise au détriment de la molécule voisine qui devient à son tour un radical libre et ainsi de suite. Le phénomène se propage par des réactions en chaîne

3- Les produits de la combustion

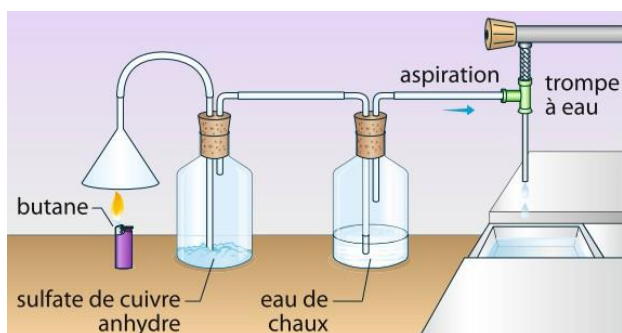
Une bougie est constituée de 80% de paraffine dont la formule est $C_{25}H_{52}$ et de 20% stéarine de formule $C_{18}H_{36}O_2$.

Pour ce travail expérimental, on supposera que la bougie est constituée uniquement de paraffine.

Sous l'action de la chaleur, la cire de la bougie fond, la cire monte dans la mèche par capillarité et se vaporise avant de brûler.

On va étudier, dans cette première partie, les espèces chimiques qui entrent en jeu lors de la combustion d'une molécule organique.

- Réaliser le montage ci-dessous.

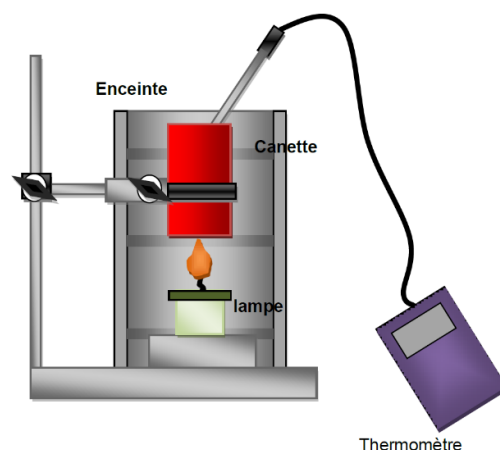


- Placer, sous l'entonnoir, une bougie chauffe-plats et l'allumer à l'aide d'une allumette.
- Ouvrir le robinet de la trompe à vide.
- Observer les changements qui interviennent.
- Quelle est le rôle des différents éléments du montage?
- Quels changements observe-t-on pour le sulfate de cuivre anhydre et pour l'eau de chaux?
- Que montrent ces observations?
- En déduire les produits qui se forment lors de la combustion de la paraffine.
- La formule brute de la paraffine est $C_{25}H_{52}$. Sachant qu'elle réagit avec le dioxygène $O_{2(g)}$ de l'air, écrire l'équation chimique de sa réaction de combustion (on supposera que la combustion est complète).
- Compléter les schémas ci-dessous et rédiger une phrase d'explication utilisant les mots: combustion, transformation chimique, réactifs et produits.

4- Expérience de combustion de l'éthanol

On utilise une boîte métallique de capacité 33 cL ayant contenu une boisson. Cette boîte est remplie d'eau puis est chauffée à l'aide d'une bougie chauffe-plats. On mesure la masse de la bougie au début et à la fin de la manipulation. On mesure également, l'élévation de température. On en déduit la chaleur de combustion.

La boîte est placée dans une enceinte. L'enceinte permet de limiter l'échange de chaleur avec l'air ambiant.



- Relever la masse m_{B1} de la boîte métallique vide.
- Introduire dans cette boîte environ 200 mL d'eau.

- Relever la masse m_E de la boîte métallique pleine.
- Relever la masse m_{L1} de la bougie.
- Réaliser le montage de la figure ci-contre, la bougie doit être placée de façon à ce que sa mèche soit à 2 cm ou 3 cm en dessous du fond de la boîte.
- Relever la température initiale θ_i de l'eau dans la boîte.
- Allumer la bougie et surveiller l'évolution de la température en agitant doucement.
- Lorsque la température arrive aux alentours de 30°C à 40°C, éteindre la bougie et déterminer précisément la température maximale θ_f atteinte.
- Laisser refroidir la bougie puis relever sa masse m_{L2} sa masse.

5- Données numériques

Chaleur massique de l'eau	$C_{eau} = 4,185 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Chaleur massique de l'aluminium	$C_{alu} = 0,920 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Chaleur massique du fer	$C_{fer} = 0,460 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Chaleurs latentes molaire de la paraffine	$L = 499,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$
Masse molaire atomique du carbone	$M_C = 12 \text{ g/mol}$
Masse molaire atomique de l'hydrogène	$M_H = 1 \text{ g/mol}$
Masse molaire atomique de l'oxygène	$M_O = 16 \text{ g/mol}$

6- Formules

La quantité de chaleur est donnée par la relation:

$Q = m \times c \times \Delta\theta$	Q: Quantité de chaleur (J)
	m: Masse (kg)
	c: Capacité thermique massique ($\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
	$\Delta\theta$: Variation de température (K)

La quantité de chaleur de changement d'état est donnée par la relation:

$Q = n \times L$	Q: Quantité de chaleur (J)
	n: Quantité de matière (mol)
	L: Chaleur latente molaire (kJ.mol^{-1})

Le pouvoir calorifique d'un combustible est donné par la relation:

$PC = \frac{Q}{m}$	PC: Pouvoir calorifique (J.kg^{-1})
	Q: Quantité de chaleur (J)
	m: Masse (kg)

7- Exploitation des mesures

- Calculer la masse m_{eau} d'eau chauffée.
- Calculer la masse $m_{paraffine}$ de paraffine consommée.
- Calculer la masse molaire $M_{paraffine}$ de paraffine de formule $C_{25}H_{52}$.
- Calculer la quantité de matière $n_{paraffine}$ consommée.

Quand on allume la mèche, la paraffine passe de l'état solide à l'état liquide puis monte dans la mèche. Au contact de la chaleur produite par la mèche qui brûle, la paraffine se vaporise.

Au contact de l'air la paraffine gazeuse réagit avec le dioxygène contenu dans l'air. Il y a alors combustion de la paraffine gazeuse.

Lors de cette combustion, il se forme du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.

La chaleur de combustion Q_C peut se décomposer en quatre quantités de chaleur:

- Q_1 qui est la quantité de chaleur qui sert à liquéfier la paraffine.
 - Q_2 qui est la quantité de chaleur qui sert à vaporiser la paraffine.
 - Q_3 qui est la quantité de chaleur qui sert à chauffer l'eau.
 - Q_4 qui est la quantité de chaleur qui sert à chauffer la canette en aluminium.
- Calculer les différentes quantités Q_1 , Q_2 , Q_3 et Q_4 .
 - En déduire la chaleur Q_{exp} dégagée par la combustion de la paraffine en kJ.
 - En déduire le pouvoir calorifique PC de la paraffine en $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ et en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

8- Calculs théoriques

On donne les valeurs des énergies de liaison entre les différents atomes qui nous intéressent.

Liaisons	Energies (kJ/mol)	Liaisons	Energies (kJ/mol)
C-C	$E_{C-C} = 345$	C-O	$E_{C-O} = 356$
O-O	$E_{O-O} = 494$	C=O	$E_{C=O} = 795$
C-H	$E_{C-H} = 410$	O-H	$E_{O-H} = 460$

- En s'aidant du cours, calculer la chaleur de combustion théorique $Q_{\text{théo}}$ de la paraffine.
- Comparer cette valeur théorique $Q_{\text{théo}}$ à la valeur expérimentale Q_{exp} .
- Comment peut-on expliquer l'écart entre la valeur théorique $Q_{\text{théo}}$ et la valeur expérimentale Q_{exp} ?