

ÉLÈVE

# **ENQUÊTE 3 : ÉNERGIE ET COMBUSTION**

## **ÉTUDE DE CAS EN SCIENCE ET INGENIERIE**

LES SCIENTIFIQUES SE DEMANDENT POURQUOI.  
LES INGENIEURS SE DEMANDENT COMMENT.

---

TON NOM

Fil conducteur : pour enquêter sur un incendie, il est nécessaire de connaître les principes du déclenchement du feu et de la combustion. Pour résoudre une enquête, il faut savoir comment établir un rapport, preuves et raisonnement à l'appui.

## ENQUÊTE 3 : ÉNERGIE ET COMBUSTION

*Remarque : L'enquête s'appuie sur une vidéo d'un incendie et des données connexes ; possibilité de brûler de petits matériaux en laboratoire.*

### LES ENQUÊTEURS POST-INCENDIE DOIVENT COMPRENDRE :

- La vitesse de propagation de la chaleur pour différents matériaux domestiques courants

Lorsque les enquêteurs post-incendie maîtrisent les propriétés d'inflammation et de combustion de différents combustibles, ils sont plus à même de comprendre un incendie et d'établir un rapport précis en s'appuyant sur leurs connaissances des types de preuves et des caractéristiques des combustibles.

### Exploration : Qu'est-ce que la vitesse de propagation de la chaleur et comment est-elle mesurée ?

#### Notre enquête s'articule autour de la PROBLÉMATIQUE suivante :

Le matériau a-t-il un effet sur l'énergie thermique dégagée lors de la combustion ?

## RÉSUMÉ DU LABORATOIRE

En t'appuyant sur une vidéo des experts en incendie du laboratoire de recherche d'UL, tu formuleras des remarques sur le déroulement de l'incendie et son comportement ainsi que sur la fumée émanant des différents combustibles. Ensuite, tu fabriqueras un calorimètre ou tu observeras tes camarades en fabriquer un en suivant les consignes données dans la vidéo. Le calorimètre servira à mesurer la chaleur dégagée par des meubles domestiques courants.

## EXAMINER LE PROBLÈME

Au cours des enquêtes précédentes, nous avons appris que ce ne sont pas les solides, mais les gaz qui brûlent. Au contact de la chaleur, un solide dégage des gaz combustibles qui sont inflammables. C'est ce qu'on appelle la **pyrolyse**.

Nous avons également appris que les matériaux synthétiques brûlent bien plus rapidement que les matériaux organiques. Les matériaux s'enflamment et brûlent à des vitesses différentes en fonction de leur masse et de leur densité. La facilité d'un matériau, comme le bois, à s'enflammer (ou la quantité d'énergie requise pour qu'il s'enflamme) peut varier selon sa taille ou sa forme. C'est là qu'intervient le *rapport surface/masse*.

Au cours de cette enquête, nous allons étudier la chaleur dégagée lors de la combustion de différents combustibles. Nous mesurerons la chaleur libérée par des matériaux domestiques et des aliments en examinant et en calculant la *chaleur de combustion*.

## VITESSE DE PROPAGATION DE LA CHALEUR

Quelle différence y a-t-il entre la température et la chaleur ? Voici les définitions données par la National Fire Protection Association (NFPA) :

- o **Température** : degré de chaleur sensible d'un corps, mesuré par un thermomètre ou un instrument similaire.
- o **Chaleur** : type d'énergie caractérisé par la vibration de molécules et capable de donner lieu et de participer à des réactions chimiques et à des changements d'état.

*La chaleur de combustion* désigne l'énergie libérée par un combustible en feu. Il s'agit de la principale différence entre la chaleur et la température. Par exemple, la flamme d'une bougie peut avoir la même température que les flammes d'une table en feu, mais celles-ci dégageront une quantité d'énergie plus importante. Les flammes de différentes tailles peuvent avoir la même température, mais libérer une quantité d'énergie différente. La quantité d'énergie libérée dépend non seulement de l'énergie potentielle du matériau, mais aussi de l'oxygène consommé pendant la combustion.

Lorsque tu manges, ton corps brûle des calories (c'est-à-dire l'énergie potentielle stockée dans la nourriture). Tu respirez de l'oxygène, puis tu oxydes et digères les aliments consommés. Tes activités physiques et la transpiration que tu produis lorsque tu as chaud activent la production de chaleur nécessaire pour brûler les calories consommées. Certains aliments fournissent plus d'énergie que d'autres.

Le feu est un processus d'oxygénation rapide qui dégage une certaine quantité de chaleur. Le **calorimètre** est un outil simple permettant de mesurer la chaleur dégagée lorsque des objets brûlent (par exemple, des aliments ou des articles qu'on retrouve fréquemment dans les habitations et les bâtiments).

Pour déterminer la chaleur de combustion d'un matériau combustible, un simple **calorimètre** suffit. Un calorimètre mesure l'énergie libérée au cours d'une réaction chimique (le feu) ou d'un changement de phase (d'un aliment ou d'un objet domestique, par exemple).

Pour mesurer la vitesse de propagation de la chaleur, un simple calorimètre suffit. Un **calorimètre** mesure l'énergie libérée au cours d'une réaction chimique (le feu) ou d'un changement de phase (d'un aliment ou d'un objet domestique, par exemple).

Le matériau en feu constitue le combustible. Le combustible libère de l'énergie à mesure qu'il brûle sous la canette. L'énergie émanant des gaz chauds est transférée par un phénomène de convection à la canette, puis à l'eau. On peut d'ailleurs mesurer la variation de température de l'eau. Lorsque la flamme entre en contact avec la canette, la chaleur se transmet par conduction. Lorsque l'énergie de la lumière se transmet des flammes à la canette, on dit que la chaleur se transmet par radiation.

La plupart des habitations contiennent les éléments brûlés au cours de cette enquête, comme du bois et de la nourriture. Les enquêteurs post-incendie doivent maîtriser les propriétés de combustion de différents objets domestiques courants. Ainsi, dès qu'ils arrivent sur les lieux d'un incendie et pénètrent dans une pièce entièrement calcinée, ils peuvent examiner les débris, repérer les éléments qui ont brûlé, comprendre comment le feu s'est propagé et interpréter les marques laissées par l'incendie. Lors de la recherche d'indices, les enquêteurs doivent déterminer comment les combustibles ont réagi au cours de l'incendie, savoir s'ils avaient des propriétés isolantes ou conductrices de chaleur, et mobiliser ces connaissances pour trouver le combustible qui a brûlé.

La vitesse d'inflammation indique avec quelles facilité et rapidité un objet peut prendre feu. Comprendre la vitesse d'inflammation et de combustion des articles domestiques les plus courants contribue à renforcer la sécurité. Les matériaux peuvent afficher une vitesse d'inflammation et de combustion différente selon qu'il s'agit d'objets organiques ou synthétiques. Les meubles en bois constituent une source combustible différente des meubles en mousse plastique ou en tissu synthétique (comme nous l'avons vu dans la partie B de l'Enquête 2).

## Partie A : EXPLORATION

### Problématique :

**Le matériau a-t-il un effet sur l'énergie thermique dégagée lors de la combustion ?**

## MATÉRIEL

(un ensemble par groupe d'élèves ou pour la présentation par l'enseignant)

- Vidéo de l'Enquête 3
- Cahier Xplorlabs destiné aux élèves
- Récipient ou canette de boisson gazeuse
- Cylindre gradué (pour mesurer l'eau)
- Eau (50 ml)
- Petit thermomètre numérique
- Support pour récipients ou canettes
- Trombone ou épingle droite
- Bouchon en liège
- Assortiment de vrais combustibles provenant de l'intérieur d'une maison

INDIQUE CI-DESSOUS LES COMBUSTIBLES CHOISIS POUR TON EXPÉRIENCE :

- o \_\_\_\_\_

○ OU assortiment d'aliments

INDIQUE CI-DESSOUS LES ALIMENTS CHOISIS POUR TON EXPÉRIENCE :

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

## RÔLES DANS CHAQUE GROUPE (2 à 4 élèves)



### RESPONSABLE DES EXPÉRIENCES

Rassemble et enlève  
les éléments



### RESPONSABLE DES EXPÉRIENCES

Procède aux  
expériences



### GESTIONNAIRE DE LA DOCUMENTATION

Lit la procédure  
au groupe et aide  
les membres à recueillir  
les données



### PRÉSENTATEUR

Communique  
les résultats  
du groupe au reste  
de la classe

## PROCÉDURE

Pour commencer, prépare environ 2 grammes de chaque matériau, dont tu noteras la masse initiale.

Essaie de prédire l'énergie stockée par chaque objet : l'objet affichera-t-il une vitesse de propagation de la chaleur plus élevée ou plus faible que les autres ? Pourquoi ?

1. À l'aide du cylindre gradué (ou d'un autre outil de mesure), verse 50 ml d'eau dans un récipient ou une canette de boisson gazeuse.
2. Crée un support pour les matériaux à tester en utilisant un trombone ou en enfonçant une épingle droite dans un bouchon en liège (ou un autre matériau non inflammable) de telle façon qu'elle ressorte d'environ 2,5 cm.
3. Note dans le tableau le nom de l'échantillon 1 (type d'aliment ou de matériau) ainsi que sa masse en grammes.
4. Installe l'échantillon 1 sur le trombone en t'assurant de la stabilité de l'ensemble. Place l'objet au centre d'un couvercle en métal ou sur une surface non inflammable pour éviter tout danger en cas de renversement.
5. Installe la canette ou le récipient dans un support, puis place la base de la canette à 2,5 cm de l'échantillon 1.

6. Prends la température initiale de l'eau contenue dans la canette et note-la dans le tableau 1.
  7. Vérifie l'absence de tout objet inflammable autour de l'expérience et veille à retrousser tes manches et à attacher tes cheveux.
  8. Utilise le briquet à longue tige pour enflammer l'échantillon 1.
  9. Observe la réaction de la flamme, la fumée et la vitesse de combustion. Note les observations dans le tableau.
  10. Une fois que l'échantillon a complètement brûlé, relève la température maximale de l'eau en degrés Celsius et note-la dans le tableau 1.
- \* Fais très attention ! Les éléments peuvent être très chauds !
11. Pèse l'objet en tenant compte du poids du trombone.
  12. Pour calculer la chaleur de combustion de l'échantillon 1, commence par calculer la chaleur absorbée par l'eau. Puis, à partir du résultat obtenu, utilise la formule figurant au tableau 2. Chaleur absorbée par l'eau (chaleur libérée en calories) = masse de l'eau (g) X chaleur spécifique de l'eau (cal/g °C) X écart de température (°C).

Tableau 1 : Chaleur absorbée par l'eau (ou chaleur dégagée)

Objet brûlé : (numéro de l'échantillon)	Masse initiale de l'objet (g)	Masse de l'eau (g)	Température initiale de l'eau (°C)	Température maximale de l'eau (°C)	Hausse de la température (°C)	Chaleur absorbée par l'eau (cal) = chaleur libérée (cal) <small>chaleur libérée (cal) = masse de l'eau (g) * chaleur spécifique de l'eau (cal/g °C) * écart de température (°C)</small>	Observations concernant l'échantillon pendant la combustion
Exemple : guimauve	1 g	50 g	28 °C	37,2 °C	9,2 °C	460 cal	

*\*1 calorie/gramme °C ou 4,186 joules/gramme °C*

13. Pour calculer la chaleur de combustion, remplis le tableau 2. Indique les valeurs suivantes :

- la chaleur absorbée par l'eau (d'après le tableau 1),
- la masse initiale de l'objet avant la combustion,
- la masse de l'objet après la combustion,
- la perte de masse (calcule la différence entre la masse initiale et la masse après la combustion).
- Calcule la chaleur de combustion à l'aide de la formule suivante : **chaleur de combustion = chaleur absorbée par l'eau (chaleur dégagée) (cal) / masse consommée (g)**

Tableau 2 : Chaleur de combustion

<b>Objet brûlé (numéro de l'échantillon)</b>	<b>Chaleur absorbée par l'eau (cal) = chaleur dégagée (cal)  D'après le tableau 1</b>	<b>Masse initiale de l'échantillon (g)</b>	<b>Masse de l'échantillon après la combustion (g)</b>	<b>Perte de masse de l'échantillon (g) = masse consommée (g)</b>	<b>Chaleur de combustion (cal/g)  Chaleur de combustion = chaleur dégagée (cal)/masse consommée (g)</b>
Exemple : guimauve	460 cal	6,85 g	6 g	0,85 g	541 cal/g

\* Laisse la température redescendre au niveau ambiant ou initial avant de procéder à l'expérience suivante. Il est inutile de revenir exactement à la même température étant donné qu'on s'intéresse ici à la température relative.

14. À l'aide d'une paire de pinces de laboratoire, vide l'eau de la canette dans l'évier, puis verse de nouveau 50 ml d'eau OU utilise une nouvelle canette contenant 50 ml d'eau fraîche.

15. Répète la procédure avec les échantillons 2 à 5.

Tableau 1 : Chaleur dégagée

Objet brûlé (numéro de l'échantillon)	Masse initiale de l'objet (g)	Masse de l'eau dans la canette (g)	Température initiale de l'eau (°C)	Température maximale de l'eau (°C)	Hausse de la température (°C)	Chaleur absorbée par l'eau (cal) = chaleur dégagée (cal)  Chaleur dégagée (cal) = masse de l'eau (g) * masse de l'eau dans la canette * écart de température (°C)
Exemple : guimauve	1 g	50 g	28 °C	37,2 °C	9,2 °C	460 cal
1.						
2.						
3.						
4.						

Tableau 2 : Chaleur de combustion

Objet brûlé (numéro de l'échantillon)	Chaleur absorbée par l'eau (cal) = chaleur dégagée (cal) D'après le tableau 1	Masse initiale de l'échantillon (g)	Masse de l'échantillon après la combustion (g)	Perte de masse de l'échantillon (g) = masse consommé	Chaleur de combustion (cal/g) Chaleur de combustion = chaleur dégagée (cal)/masse consommée (g)
Exemple : guimauve	460 cal	6,85 g	6 g	0,85 g	541 cal/g
1.					
2.					
3.					
4.					

## RAPPORT, PREUVES ET RAISONNEMENT

**Le matériau a-t-il un effet sur la chaleur de combustion ?**

D'après les mesures relevées au cours de cette enquête, quel rapport peut-on établir entre les types de matériaux et la quantité d'énergie thermique libérée pendant la combustion ?

---

---

---

Quelles sont les preuves dont nous disposons ?

---

---

---

Quel raisonnement avons-nous suivi pour interpréter ces preuves ?

---

---

---

Pourquoi les enquêteurs post-incendie doivent-ils connaître ces phénomènes ?

---

---

---