

— **ÉLÈVE**

ENQUÊTE 2 : TRANSFERT DE CHALEUR ET DÉCLENCHEMENT

ÉTUDE DE CAS EN SCIENCE ET INGÉNIERIE

LES SCIENTIFIQUES SE DEMANDENT POURQUOI.
LES INGÉNIEURS SE DEMANDENT COMMENT.

TON NOM

ENQUÊTE 2 : TRANSFERT DE CHALEUR ET DÉCLENCHEMENT

Remarque : L'expérience implique des flammes nues et nécessite de brûler de petites quantités de matériaux en laboratoire.

LES ENQUÊTEURS POST-INCENDIE DOIVENT COMPRENDRE :

- comment un feu démarre ;
- comment le feu se propage ;
- que des matériaux brûlent différemment en fonction de leur forme et de leur quantité.

Lorsqu'on sait comment la chaleur est transférée, il est plus facile de comprendre comment un incendie s'est déroulé. Grâce à leurs connaissances sur l'inflammation de différents matériaux, les enquêteurs post-incendie peuvent comprendre et interpréter les différents éléments d'un incendie.

Exploration : Cette enquête se divise en deux parties

- A. Comment le feu se propage-t-il ?
- B. Comment un feu démarre-t-il ?

Notre enquête s'articule autour des PROBLÉMATIQUES suivantes :

- A) Comment la chaleur est-elle transférée entre les matériaux ?
- B) La forme et la taille ont-elles un effet sur le départ du feu et sur la combustion ?
Le matériau a-t-il un effet sur le départ du feu et sur la combustion ?

RÉSUMÉ DU LABORATOIRE

- A) Tu feras part de tes observations sur les modes de transfert de l'énergie thermique et sur le départ du feu au contact de la chaleur.
- B) Tu compareras le rapport surface/masse d'un morceau de bois et d'un cure-dent, ainsi que leur propension à s'enflammer. Enfin, tu décriras comment les différents matériaux s'enflamment et brûlent.

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

- Bonne ventilation
- Cheveux attachés et manches retroussées
- Port de lunettes de sécurité
- Utilisation de surfaces ignifuges : réaliser l'expérience sur une table de laboratoire ou bien dans la cour d'école, dans un espace ouvert en béton ou en asphalte, en se tenant à l'écart de la végétation et des structures en hauteur

EXAMINER LE PROBLÈME

TRANSFERT DE CHALEUR

Les solides et les liquides ne brûlent pas. Ce sont les gaz qui brûlent. Les solides et les liquides se dégradent en composés moléculaires plus simples (réaction chimique) sous l'effet de la chaleur. Les gaz sont le produit de cette décomposition et ce sont eux qui brûlent au cours d'un incendie.

Dans le cas d'une bougie, comment la cire solide se transforme-t-elle en combustible gazeux ? La cire se met à brûler uniquement lorsqu'on ajoute de la chaleur au moyen d'un briquet ou d'une allumette. La chaleur est ensuite entretenue par la mèche en feu. La cire solide est un combustible, mais elle brûle uniquement en présence de la chaleur.

De nombreuses choses de la vie quotidienne sont combustibles et peuvent brûler : les vêtements, les cheveux, les tapis, les meubles, etc. Si la chaleur se propage à une vitesse suffisamment élevée, les solides peuvent se transformer en combustibles gazeux par pyrolyse.

Pyrolyse : processus de dégradation des solides et des liquides en composés moléculaires plus simples (réaction chimique) sous l'effet de la chaleur ; la pyrolyse se déroule souvent au cours de la combustion.

Pyrolysat : produit résultant d'une pyrolyse ; produit résultant d'une réaction chimique causée par la chaleur (*National Fire Protection Association*).

Maintenant que l'on sait qu'en présence de chaleur les solides et les liquides peuvent se transformer en combustibles gazeux, déterminons comment la chaleur est transférée. Il existe trois principaux modes de transfert de la chaleur : 1) la conduction, 2) la convection et 3) la radiation.

- **Conduction : transfert de chaleur au sein d'un solide ou entre deux solides.**
- **Convection : transfert de chaleur dû à des gaz, qu'il s'agisse de gaz chauds en interaction ou bien de la rencontre entre un gaz et une surface froide.**
- **Radiation : transfert de chaleur dû à l'énergie de la lumière.**

CONDUCTION

La conduction est le transfert de chaleur au sein d'un solide ou entre deux solides. Pour observer le phénomène de conduction, il suffit de placer une petite goutte de cire durcie sur un fil de cuivre de 15 cm et sur un bâtonnet en bois. Lorsque l'on chauffe le fil de cuivre dans la flamme de la bougie, la cire située à l'autre extrémité du fil se met à fondre. La chaleur de la flamme se répand d'un bout à l'autre du fil et fait fondre la cire. Les métaux sont de très bons conducteurs d'énergie et de chaleur. Des fils de cuivre sont utilisés dans les maisons et bâtiments résidentiels pour y diffuser efficacement l'énergie.

En revanche, la cire déposée sur le bâtonnet en bois ne fond pas, et ce, alors même que le bâtonnet va très probablement s'enflammer (assure-toi de le placer dans la casserole d'eau). Le bois n'est pas un conducteur thermique ; il est isolant. En effet, la cellulose contenue dans le bois emprisonne l'air, qui est un bon isolant. Dans un feu de camp ou une cheminée, le crépitement que l'on entend provient de l'humidité et des bulles d'humidité en expansion.

Les enquêteurs post-incendie doivent savoir quels matériaux sont des isolants ou des conducteurs thermiques afin de déterminer s'il y avait une source d'énergie appropriée, c'est-à-dire suffisamment d'énergie pour transformer les solides en un combustible gazeux capable de brûler. Si le matériau présent dans la pièce n'est pas conducteur d'énergie, il peut ne pas constituer une bonne source d'inflammation.

CONVECTION

La convection désigne le transfert de chaleur dû à des gaz, qu'il s'agisse de gaz chauds en interaction ou bien de la rencontre entre un gaz et une surface froide.

Si on place une fiche entre 2,5 et 5 cm au-dessus de la flamme, la fiche noircit (elle se carbonise) et risque de s'enflammer. En revanche, si l'on tient une autre fiche entre 2,5 et 5 cm à côté de la flamme, rien ne se passe. La température de la flamme est plus élevée dans sa partie supérieure que sur ses côtés. Le panache thermique de la bougie indique que le transfert de chaleur se fait par convection.

Au cours d'un incendie, le panache thermique dépose de la suie et de la matière carbonisée sur le mur. C'est ce type de traces que les enquêteurs post-incendie recherchent pour tenter d'identifier le point de départ de l'incendie.

Dans une maison ou un bâtiment, l'énergie thermique est principalement transférée par voie de convection. L'air chaud s'élève et se propage, tandis que l'air plus frais se tasse vers le sol. Dans un incendie domestique, la température près du sol est moins élevée que la température au plafond. Cette montée d'air chaud contribue à chauffer le plafond et les murs ; lorsque la chaleur se propage à une vitesse suffisamment élevée, les surfaces se pyrolysent. Un phénomène appelé embrasement peut se produire si tous les gaz de la pièce viennent à s'enflammer d'un coup.

RADIATION

La réaction de la fiche, placée à côté de la flamme de la bougie, illustre le phénomène de radiation. Si tu places tes mains de chaque côté de la bougie, tu ressens une agréable sensation de chaud, mais si tu mets au-dessus de la bougie, tu risques de te brûler (attention !). La radiation désigne le transfert de chaleur dû à l'énergie de la lumière. Par beau temps, le soleil transfère de la chaleur sur ta peau par radiation thermique. C'est pourquoi appliquer de la crème solaire ou se tenir à l'ombre permet d'éviter les coups de soleil.

On peut comparer les phénomènes de convection et de radiation en faisant griller une guimauve. La guimauve brûle lentement si on la place sur le côté de la flamme (radiation), alors qu'elle prend rapidement feu si on la place directement au-dessus de la flamme (convection).

DÉCLENCHEMENT DU FEU

Sous l'effet de la chaleur, les matériaux s'enflamment et brûlent, mais pas de la même manière. Ces différences sont perceptibles avant même d'effectuer les mesures pertinentes. Ainsi, le même matériau (aux mêmes propriétés chimiques) s'enflammera différemment en fonction de sa surface et de sa quantité, c'est-à-dire du rapport surface/masse. La nature du matériau entre aussi en compte : un matériau organique (naturel) s'enflamme et brûle différemment d'un matériau synthétique (fabriqué par l'homme). Les pompiers et les enquêteurs doivent connaître les caractéristiques de la combustion des matériaux les plus courants pour pouvoir prédire le comportement d'un incendie en cours, puis déterminer le déroulement des événements une fois l'incendie éteint.

RAPPORT SURFACE/MASSE

Pour illustrer le rapport surface/masse, on dirige une flamme nue vers des éléments en bois de différentes formes et masses ; ces éléments possèdent les mêmes propriétés chimiques, mais leur géométrie varie. Un morceau de bois de 5 x 10 cm va se carboniser et produire de la fumée, mais il ne s'enflamme pas. En revanche, un bâtonnet en bois va rapidement s'enflammer et brûler. Enfin, la sciure de bois placée dans le plat en métal va s'enflammer, sans pourtant brûler véritablement.

Le morceau de bois de 5 x 10 cm possède une surface plus petite et une densité plus élevée que la sciure de bois. Le rapport surface/masse correspond à la quantité d'énergie requise pour enflammer un matériau. Les matériaux ayant une densité plus élevée ont besoin de plus d'énergie pour s'enflammer, mais ils brûlent plus longtemps (quantité plus importante de combustible), tandis que les matériaux de faible densité s'enflamment facilement, mais ils ont du mal à brûler.

INORGANIQUE, ORGANIQUE, SYNTHÉTIQUE

Les objets présents dans les habitations, les bureaux et les écoles sont généralement composés de trois grands types de matériaux. Les matériaux inorganiques sont présents dans la nature, mais ils sont abiotiques, c'est-à-dire non vivants. Les roches, la brique, le béton et la céramique sont des matériaux inorganiques. Les matériaux organiques se trouvent dans la nature, comme le bois, la laine et le coton. Les matériaux synthétiques ne sont pas présents dans la nature ; ils sont fabriqués par l'homme. Deux de ces types de matériaux peuvent s'enflammer et brûler, mais en évoluant chacun à leur façon et en laissant différentes sortes de traces.

Les matériaux synthétiques, comme le polystyrène qui est synthétisé à partir de produits dérivés du pétrole, s'enflamment très rapidement au contact de la chaleur. En brûlant, le polystyrène dégage un liquide chaud et une épaisse fumée noire, et favorise la propagation rapide des flammes. Il en va de même pour les tapis synthétiques, les tissus d'ameublement et les vêtements.

De leur côté, les matériaux organiques s'enflamment et brûlent moins rapidement, se caractérisent par une propagation des flammes plus lente et émettent une fumée « plus propre ». Enfin, les matériaux inorganiques ne s'enflamment pas et ne brûlent pas, car ils ne contiennent pas de carbone. Néanmoins, sous l'effet de la chaleur, les gaz issus des matériaux inorganiques se mettent à brûler. Les gaz dégagés par les surfaces chauffées s'enflamment par pyrolyse.

Les caractéristiques de combustion des matériaux donnent également des indications sur la quantité d'énergie potentielle qui y est stockée sous forme de sucres, d'huiles et de matières grasses. Un morceau de guimauve s'enflamme rapidement et se carbonise lors de la combustion, alors qu'un apéritif au fromage s'enflamme lui aussi rapidement, mais il brûle lentement et à une température plus élevée. Pour cette enquête, tu peux observer visuellement comment ces différents aliments brûlent et les comparer avec des matériaux domestiques. Dans l'Enquête 3, nous mesurerons et analyserons la vitesse de propagation de la chaleur pour ces différents éléments.

CONSIGNE DE SÉCURITÉ : Avant d'observer la combustion de ces matériaux, il importe de vérifier si la salle de classe est équipée d'une bonne ventilation et de garder une casserole d'eau à proximité pour éteindre les matériaux en feu. Il convient également de réaliser les expériences sur une surface ignifuge, par exemple sur une table de laboratoire ou une surface en béton.

EXPLORATION

MATÉRIEL

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

- Petite ou grosse bougie au centre du plat à tarte ou du plateau en métal/non inflammable (pas de plastique, de papier ou de matériau revêtu de cire !)
- Récipient d'eau glacée
- Fil de cuivre de 15 cm de long
- 5 bâtonnets en bois (bâtons de glace) non enduits et non colorés
- 4 fiches
- Pincettes pour manipuler des matériaux chauds ou brièvement enflammés
- Briquet à longue tige
- Plat à tarte ou plateau en métal/non inflammable (pas de plastique, de papier ou de matériau revêtu de cire !) contenant entre 2,5 et 5 cm d'eau
- Cahier Xplorlabs destiné aux élèves
- Vidéo Xplorlabs : Enquête 2

*Préparation

Trempe un cure-dent dans la cire chaude et place une petite goutte de cire sur une extrémité d'un fil de cuivre. Effectue la même opération avec un bâtonnet en bois.

RÔLES



RESPONSABLE DES ÉQUIPEMENTS

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

Partie A.

Problématique : Comment la chaleur est-elle transférée entre les matériaux ?

PROCÉDURE

A. Conduction

1. Place un bâtonnet en bois et un fil de cuivre (sans la goutte de cire) dans un récipient d'eau glacée.
2. Vérifie la température des deux échantillons en les touchant, et indique ton ressenti.
3. Pourquoi l'un est-il froid au toucher, alors que l'autre ne l'est pas ?
4. Allume la bougie au centre d'un plat en métal ou d'une surface ignifuge.
5. À l'aide d'une paire de pinces, prends le bâtonnet en bois et le fil de cuivre sur lesquels tu as déposé la goutte de cire séchée, puis pour chacun des deux échantillons, place l'extrémité sans goutte de cire dans la flamme nue de la bougie.
6. Comment réagit la goutte de cire séchée ?

OBSERVATIONS - Conduction

EXPLICATION :

La conduction est *le transfert de chaleur au sein d'un solide ou entre deux solides*.
En quoi cette définition te permet-elle d'expliquer tes observations ?

B. CONVECTION ET RADIATION

1. Allume la bougie au centre d'un plat en métal ou d'une surface ignifuge.
2. Place une fiche entre 2,5 et 5 cm au-dessus de la flamme.
3. Observe la réaction de la carte au contact de la flamme (si la carte prend feu, place-la dans une casserole d'eau).
4. Place une autre fiche entre 2,5 et 5 cm à côté de la flamme.
5. Observe la réaction de la carte au contact de la flamme.

OBSERVATIONS - Convection et radiation

EXPLICATION :

La convection désigne le transfert de chaleur dû à des gaz, qu'il s'agisse de gaz chauds en interaction ou bien de la rencontre entre un gaz et une surface froide.

La radiation désigne le transfert de chaleur dû à l'énergie de la lumière.

En quoi ces définitions te permettent-elles d'expliquer tes observations ?

RAPPORT, PREUVES ET RAISONNEMENT

**QUESTION : COMMENT LA CHALEUR EST-ELLE TRANSFÉRÉE ENTRE LES MATÉRIAUX ?
À LA LUMIÈRE DES OBSERVATIONS EFFECTUÉES AU COURS DE CETTE ENQUÊTE,
QUELLES CONCLUSIONS POUVONS-NOUS TIRER CONCERNANT LES MODES DE
TRANSFERT DE LA CHALEUR ?**

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 ?

PARTIE B. PROBLÉMATIQUE :

La forme et la taille ont-elles un effet sur le départ du feu et sur la combustion ?

MATÉRIEL

- Petite ou grosse bougie au centre du plat à tarte ou du plateau en métal/non inflammable (pas de plastique, de papier ou de matériau revêtu de cire !)
- 5 bâtonnets en bois (bâtons de glace) non enduits et non colorés
- Morceau de bois de 5 x 10 cm (couramment utilisé dans la construction et facilement disponible en quincaillerie)
- 28 g de sciure (soit une poignée) (également disponible en quincaillerie, au rayon découpe de bois) – à placer au centre du plat à tarte ou du plateau en métal/non inflammable (pas de plastique, de papier ou de matériau revêtu de cire !)
- Morceau de tapis (petits échantillons disponibles gratuitement dans les magasins de tapis)

- Morceau de polystyrène (de petite taille)
- Carreau de brique ou de céramique
- Pincettes pour manipuler des matériaux chauds ou brièvement enflammés
- Briquet à longue tige
- Plat à tarte ou plateau en métal/non inflammable (pas de plastique, de papier ou de matériau revêtu de cire !) contenant entre 2,5 et 5 cm d'eau
- Cahier Xplorlabs destiné aux élèves
- Vidéo Xplorlabs : Enquête 2

PROCÉDURE

Rapport surface/masse.

1. Allume la bougie au centre d'un plat en métal ou d'une surface ignifuge.
2. Énumère les différences et les similitudes entre un morceau de bois de 5 x 10 cm, un bâtonnet en bois et de la sciure. Dans les trois cas, le matériau est le même, mais il se présente sous une taille, une forme, une densité et une masse différentes.
3. Place le morceau de bois de 5 x 10 cm au-dessus de la bougie, de sorte qu'il entre en contact avec la flamme.
4. Observe le morceau de bois de 5 x 10 cm. Regarde-le se carboniser (c'est-à-dire noircir).
5. Place le bâtonnet en bois dans la flamme de la bougie.
6. Observe le bâtonnet en bois (s'il prend feu, place-le dans une casserole d'eau).
7. Éteins et retire la bougie, puis place la sciure de bois au centre du plat en métal.
8. Dirige la flamme du briquet à longue tige vers la sciure.
9. Observe comment la sciure réagit en présence de la flamme.

OBSERVATIONS

(dessine un schéma annoté ou décris ce que tu vois) :

À la lumière des observations effectuées au cours de cette enquête, quels objets courants s'enflamment le plus rapidement ?

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 ?

EXPLICATION

D'APRÈS TES OBSERVATIONS, QUELLES SONT LES DIFFÉRENCES ENTRE L'INFLAMMATION ET LA COMBUSTION DES MATÉRIAUX ?

PROBLÉMATIQUE : LE MATÉRIAU A-T-IL UN EFFET SUR LE DÉPART DU FEU ET SUR LA COMBUSTION ?

PROCÉDURE

Inorganique, organique, synthétique

A. Organique – le bois

1. Allume la bougie au centre d'un plat en métal ou d'une surface ignifuge.
2. Définis ce qu'est un matériau organique.
3. Essaie de prédire si le matériau va s'enflammer et brûler et, si oui, de quelle façon, et justifie tes hypothèses (« je pense que... parce que... »).
4. À l'aide d'une paire de pinces, approche le bâtonnet en bois de la flamme de la bougie.
5. Observe la réaction de la flamme, la fumée et la combustion, et prends des notes.
6. Éteins le bâtonnet en bois en le plaçant dans la casserole d'eau.

B. Synthétique – polystyrène

1. Définis ce qu'est un matériau synthétique.
2. Essaie de prédire si le matériau va s'enflammer et brûler et, si oui, de quelle façon, et justifie tes hypothèses (« je pense que... parce que... »).
3. À l'aide d'une paire de pinces, chauffe le petit morceau de polystyrène dans la flamme de la bougie.
4. Observe la réaction de la flamme, la fumée et la combustion, et prends des notes.
5. Éteins le morceau de polystyrène en le plaçant dans la casserole d'eau.

C. Inorganique – carreau ou brique en céramique

1. Définis ce qu'est un matériau inorganique.
2. Essaie de prédire si le matériau va s'enflammer et brûler et, si oui, de quelle façon, et justifie tes hypothèses (« je pense que... parce que... »).
3. Approche le carreau ou la brique en céramique de la flamme de la bougie.
4. Observe la réaction de la flamme, la fumée et la combustion, et prends des notes.
5. Éteins le carreau ou la brique en céramique à l'aide de la casserole d'eau.

OBSERVATIONS

(dessine un schéma annoté ou décris ce que tu vois) :

ORGANIQUE

SYNTHÉTIQUE

INORGANIQUE

EXPLICATION

D'APRÈS TES OBSERVATIONS, QUELLES SONT LES DIFFÉRENCES ENTRE L'INFLAMMATION ET LA COMBUSTION DES MATÉRIAUX ?

COMMENT EXPLIQUER CES DIFFÉRENCES ?

RAPPORT, PREUVES ET RAISONNEMENT

Réponds à l'une des questions suivantes :

- A. Quel est l'impact du rapport surface/masse sur l'inflammation et la combustion ?
À la lumière des observations réalisées au cours de cette enquête, quel rôle joue le rapport surface/masse dans l'inflammation et la combustion ?
- B. Quelles sont les caractéristiques d'inflammation et de combustion des différents types de matériaux ?
À la lumière de nos observations, quelles conclusions pouvons-nous tirer concernant les caractéristiques d'inflammation et de combustion des différents matériaux ?
