

ENSEIGNANT

ENQUÊTE 1 : TRIANGLE DU FEU

ÉTUDE DE CAS EN SCIENCE ET INGÉNIERIE

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



TRANCHE D'ÂGE
Collège



CATÉGORIE
Criminalistique du feu



DURÉE
2 cours

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 1 : TRIANGLE DU FEU

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

LES ENQUÊTEURS POST-INCENDIE DOIVENT COMPRENDRE :

- les trois éléments indispensables à la formation d'un feu ;
- le triangle du feu.

Les pompiers et les enquêteurs post-incendie doivent connaître les principes de base de la science du feu pour combattre les incendies et déterminer leur cause.

Exploration : Quels sont les trois éléments indispensables à la formation d'un feu ?

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

- Que se passe-t-il si l'on supprime un côté du triangle du feu ?

Connaissances et compétences essentielles

À l'issue de cette séquence, les élèves comprendront les principes suivants :

- Les relations de cause à effet peuvent servir à prédire des phénomènes dans des systèmes naturels ou créés. (Concepts transversaux (MS-PS1-4))
- L'énergie peut revêtir différentes formes (par exemple électromagnétique, thermique, cinétique). (Concepts transversaux : Énergie et matière (MS-PS3-5))

À l'issue de cette séquence, les élèves seront en mesure de :

- Construire, utiliser et présenter des arguments à l'oral et à l'écrit étayés par des preuves empiriques et un raisonnement scientifique pour valider ou réfuter une explication ou un modèle concernant un phénomène. (MS-PS3-5)

ÉVALUATION : Comment se concrétisent ces connaissances ?

- Les élèves sont capables d'établir un rapport en s'appuyant sur les preuves recueillies pendant la phase d'observation et sur un raisonnement fondé sur leurs connaissances du triangle du feu.

- En utilisant leurs connaissances, ils peuvent déterminer pourquoi les pompiers et les enquêteurs post-incendie ont tout intérêt à comprendre l'impact du triangle du feu.

RÉSUMÉ DU LABORATOIRE

À l'aide d'une bougie, les élèves mènent quatre expériences consistant à supprimer l'un des côtés du triangle du feu (l'oxygène, le combustible et la chaleur) dans l'optique de comprendre les éléments indispensables à la formation du feu. Ensuite, à l'aide d'une plaque métallique, ils observent la flamme d'une bougie pour étudier la combustion.

Veillez prendre toutes les mesures de sécurité recommandées pour les laboratoires des établissements secondaires. Si vous ne disposez pas de l'équipement ou du système de ventilation appropriés pour les expériences sur le feu, montrez aux élèves la vidéo afin qu'ils découvrent les concepts, établissent des prédictions et observent les résultats.

EXAMINER LE PROBLÈME

Contexte

Le triangle du feu se compose des trois éléments nécessaires à sa formation : l'oxygène, le combustible et la chaleur.

BOUGIE ALLUMÉE

Dans le cas d'une bougie allumée, l'oxygène est disponible dans la pièce, le combustible provient de la cire, et la chaleur émane de la mèche qui brûle.

Comment allume-t-on la bougie ?	Dans un briquet, quel est le combustible ?	Quelle est la source de déclenchement du feu ?
À l'aide d'un briquet, qui illustre également le concept de triangle du feu.	Le gaz (butane).	L'étincelle qui jaillit lorsque l'on enfonce le bouton du briquet. L'orifice du briquet apporte l'oxygène nécessaire à la formation d'une flamme à prémélange.

SUPPRESSION DE L'OXYGÈNE

L'oxygène est un gaz présent dans l'atmosphère : il constitue, en effet, 21 % de l'air ambiant. Le reste de l'air est composé d'azote, un gaz inerte incapable de brûler.

Lorsque l'on place un récipient en verre au-dessus de la flamme d'une bougie, de la fumée sort de l'interstice entre la table et le récipient. En effet, les gaz chauds à l'intérieur du récipient se dilatent et atteignent une pression supérieure à celle de l'atmosphère. Comme la pression est plus élevée, l'oxygène ne peut pas entrer, et ce, malgré l'interstice.

SUPPRESSION DU COMBUSTIBLE

Le combustible provient de la cire au moment où celle-ci est chauffée. Ce n'est pas la cire solide qui constitue le combustible : seule la cire fondue génère les gaz inflammables qui brûlent. Pour supprimer le combustible, on glisse une feuille d'aluminium entre la mèche et la cire fondue. Résultat : la chaleur ne peut plus atteindre la cire et le cratère autour de la mèche se rebouche. L'absence de chaleur limite la quantité de combustible disponible pour entretenir le feu.

Pour comprendre le rôle du combustible dans le triangle du feu, on peut également observer la fumée, qui a été produite lors de la combustion et qui peut servir de source combustible. Lorsque l'on souffle sur une bougie, la mèche produit une fumée. Si l'on dirige une flamme nue vers la fumée à l'aide d'un briquet à longue tige, la fumée s'enflamme en brûlant les gaz contenus dans le produit résultant de la combustion, de telle sorte que la mèche se rallume.

Question aux élèves : Comment faire pour enlever la cire d'une bougie allumée ? La chaleur peut-elle parcourir la mèche pour atteindre la cire ? La chaleur se déplace vers le haut dans la mesure où les gaz chauds (plus légers) s'élèvent.

SUPPRESSION DE LA CHALEUR

La chaleur provient de la mèche qui brûle. La tige métallique du tournevis est froide ou au moins à température ambiante. Le métal absorbe la chaleur. Lorsque l'on tient la tige métallique du tournevis contre la flamme sans toucher la mèche, le métal absorbe la chaleur de la mèche (source d'énergie), ce qui limite la quantité de cire (combustible) apportée à la mèche.

COMBUSTION

Une bougie est un solide. Toutefois, ce ne sont pas les solides qui brûlent, mais les gaz. La chaleur provoque la pyrolyse, c'est-à-dire la transformation des solides en gaz combustibles. La chaleur est transférée de la cire fondue au feu et fait fondre la cire.

Il est possible d'observer le phénomène de combustion à l'œuvre sur une bougie. Si l'on place une petite plaque non inflammable au-dessus de la flamme de la bougie, la plaque vient limiter l'énergie disponible et étouffer le haut de la flamme. On obtient ainsi une vue transversale de la flamme.

La partie basse de la flamme est quasi transparente, car elle contient le combustible ; la combustion se déroule principalement à l'endroit où la flamme est claire. La partie jaune de la flamme est constituée de particules de carbone de très haute énergie qui entrent en collision de façon si violente qu'elles émettent de la chaleur et de la lumière. Le centre de la flamme semble transparent, car il est riche en combustible. Les gaz combustibles, de part et d'autre de la plaque, peuvent s'enflammer à condition de disposer d'une autre source d'inflammation ou de plus d'oxygène. Sur les bords de la flamme, qui ressemblent à un halo, la plaque a absorbé la chaleur et généré un combustible gazeux. Voilà une preuve visuelle du triangle du feu : le combustible gazeux se situe au milieu de la flamme, tandis que la lumière et la chaleur émanent du halo autour de la flamme.

Les traces noires sur la plaque sont des particules de carbone qu'on appelle la suie. Pour observer la suie d'une autre manière, tiens un carreau de céramique près de la flamme. Le carreau ne prendra pas feu (absence de combustible), mais la bougie y laissera des traces de suie.

ENQUÊTE POST-INCENDIE

Le triangle du feu est un principe essentiel à la lutte contre les incendies et aux enquêtes post-incendie. Les pompiers doivent connaître les éléments nécessaires au feu et comprendre que la suppression d'un des piliers du triangle du feu permet d'éteindre un incendie. Pourquoi les pompiers utilisent-ils de l'eau pour éteindre un incendie ? Quel pilier du triangle du feu cherchent-ils à supprimer ? Ils cherchent à supprimer la chaleur.

De la même manière qu'une flamme de bougie dépose des traces de suie sur un carreau de céramique, un incendie laisse des traces sur les murs, les meubles et d'autres éléments du bâtiment. C'est justement ce type de traces que les enquêteurs post-incendie recherchent afin de déterminer le point de départ de l'incendie, c'est-à-dire l'endroit où il a démarré. En connaissant le point de départ de l'incendie, les enquêteurs peuvent en comprendre la cause.

MATÉRIEL

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

- Briquet à longue tige
- Petite ou grosse bougie
- Plat à tarte ou plateau en métal/non inflammable (pas de plastique, de papier ou de matériau revêtu de cire !) – placez la bougie dans le plat
- 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
- Feuilles d'aluminium (2) de 2 cm sur 2 cm avec une petite incision (1 cm) au milieu d'un des côtés
- Verre ou bocal en verre
- Petite plaque métallique de 5 cm sur 5 cm (non inflammable)
- Pincettes pour manipuler des matériaux chauds ou brièvement enflammés – poignées en plastique ou résistantes à la chaleur
- Grand tournevis avec poignée en plastique (non conductrice de chaleur)
- Carreau de céramique
- Vidéo Xplorlabs : Enquête 1

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

- 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

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

PROCÉDURE - ENSEIGNANT

INTRODUCTION

MARCHE À SUIVRE – ENSEIGNANT

Quels sont les éléments nécessaires à la formation d'un feu ?

Prenons l'exemple d'une bougie : d'où viennent le combustible, la chaleur et l'oxygène ?

Problématique à poser : Que se passe-t-il si l'on supprime un côté du triangle du feu ?

MARCHE À SUIVRE – ÉLÈVES

Les élèves formulent des hypothèses par écrit en s'appuyant sur leurs connaissances antérieures ou sur les informations figurant dans le Cahier de l'École des enquêteurs.

EXPLORATION

MARCHE À SUIVRE – ENSEIGNANT

Montrez les éléments indispensables à la formation du feu en supprimant les différentes variables entrant en jeu dans le cas d'une bougie allumée.

Comment supprimer une variable pour tester chacun des trois côtés du triangle ?

A) VOICI QUELQUES PISTES POUR GUIDER LES TRAVAUX DES ÉLÈVES – *Si vous disposez de plus de temps*, laissez les élèves réfléchir à la problématique, puis, après leur avoir montré le matériel disponible (voir la liste ci-dessus), demandez-leur de concevoir et d'approuver des procédures et d'effectuer les tests. Cinq groupes d'élèves peuvent tester une variable chacun et présenter leurs résultats ou, si vous avez plus de temps, chaque groupe peut tester chacune des variables.

Si vous disposez de moins de temps, indiquez aux élèves, répartis en petits groupes, les procédures à suivre pour chaque test. Quatre groupes d'élèves peuvent tester une variable chacun, ou chaque groupe peut tester chacune des variables. À la fin de l'expérience, les groupes présentent leurs résultats.

MARCHE À SUIVRE – ÉLÈVES

A. Suppression de l'oxygène.

1. Supprimez l'oxygène, l'un des trois piliers du triangle du feu, en recouvrant une bougie allumée avec un bocal en verre sur une plaque non inflammable.

2. Laissez un interstice de 2,5 cm entre l'ouverture du bocal et la table (attention, le verre peut devenir très chaud).

B. Suppression du combustible – Supprimez le combustible, le deuxième pilier du triangle du feu, en plaçant une feuille d'aluminium entre la flamme et la cire de la bougie. L'idée est de supprimer le combustible en séparant la cire de la mèche.

C. Suppression du combustible – Supprimez le combustible en soufflant sur la bougie. À l'aide d'un briquet à longue tige, dirigez une flamme nue vers la fumée entourant la bougie éteinte. La flamme parcourt la fumée et se fixe à la mèche, de manière à rallumer la bougie. Cela montre également que la fumée fait office de combustible.

D. Suppression de la chaleur – Supprimez la chaleur, dernier pilier du triangle du feu, en plaçant l'extrémité métallique du tournevis à côté de la mèche allumée de la bougie.

PROCÉDURE - ENSEIGNANT

EXPLORATION (suite)

MARCHE À SUIVRE – ENSEIGNANT (suite)

1. Que se passe-t-il si on recouvre la bougie à l'aide d'un récipient en laissant un petit interstice ?
2. Que se passe-t-il si on place une feuille d'aluminium entre la flamme et la cire d'une bougie (chauffe-plat) allumée ?
3. Que se passe-t-il si on dirige une flamme vers la fumée émanant d'une bougie qu'on vient de souffler ?
4. Que se passe-t-il si on place une goutte d'eau ou une feuille d'aluminium à côté de la mèche d'une bougie (chauffe-plat) allumée ?

B) L'enseignant suit les procédures ci-dessous au cours de la démonstration aux élèves.

EXPLORATION

MARCHE À SUIVRE – ENSEIGNANT

Posez la question : À la lumière des observations que nous avons effectuées, que se passe-t-il si l'on supprime un côté du triangle du feu ?

Explications :

- A. Suppression de l'oxygène – Une fois que l'oxygène piégé est entièrement consommé au cours de la réaction chimique (feu), la flamme s'éteint.
- B. Suppression du combustible – L'aluminium reflète la chaleur de manière à l'éloigner de la cire. Sans retour thermique, le combustible (cire liquide apportée à la mèche) s'épuise et la flamme s'éteint.
- C. Suppression du combustible – La fumée est un combustible. La fumée est généralement considérée comme l'ensemble des produits solides, liquides et gazeux résultant d'une combustion incomplète.
- D. Suppression de la chaleur – Si l'objet placé à côté de la mèche absorbe la chaleur plus rapidement que le feu n'en produit, la flamme s'éteint.

MARCHE À SUIVRE – ÉLÈVES

Les élèves se mettent par groupe, présentent les résultats et tirent des conclusions en suivant le schéma « Rapport, preuves et raisonnement » :

Rapport – Affirmation ou conclusion qui répond à la question.

Preuves – Observations qui étayent le rapport établi ; les données sont appropriées et suffisantes pour étayer le rapport.

Raisonnement – Explications fournies par l'élève, par exemple pour montrer pourquoi les preuves viennent étayer ou contredire l'hypothèse et pourquoi les données constituent des preuves, conformément à des principes scientifiques appropriés et suffisants.

PROCÉDURE - ENSEIGNANT

EXPLORATION/EXPLICATION

MARCHE À SUIVRE – ENSEIGNANT

Problématique : Que se passe-t-il si nous plaçons une petite plaque métallique (non inflammable) sur la flamme de la bougie ?

Combustion – La plaque vient limiter l'énergie disponible et étouffer le haut de la flamme. Voilà une preuve visuelle du triangle du feu : le combustible gazeux se situe au milieu de la flamme, tandis que la lumière et la chaleur émanent du halo autour de la flamme.

MARCHE À SUIVRE – ÉLÈVES

Combustion – Pour observer le phénomène de combustion à l'œuvre, les élèves placent une petite plaque métallique (non inflammable) sur la flamme de la bougie et observent ce qu'il se passe. Pour observer au mieux, place-toi au-dessus de la bougie.

APPROFONDISSEMENT

MARCHE À SUIVRE – ENSEIGNANT

Pourquoi ces connaissances sont-elles utiles aux pompiers ?

Pourquoi ces connaissances sont-elles utiles aux enquêteurs post-incendie ?

MARCHE À SUIVRE – ÉLÈVES

Réfléchissez – Mettez-vous par groupe de deux – Échangez vos idées : à votre avis, comment ces connaissances s'appliquent-elles à la lutte contre les incendies et aux enquêtes post-incendie ?

ÉVALUATION

MARCHE À SUIVRE – ENSEIGNANT

À l'aide de la rubrique « Rapports, preuves et raisonnement », évaluez la qualité et l'exactitude des réponses et commentez les travaux des élèves.

MARCHE À SUIVRE – ÉLÈVES

Question : Que se passe-t-il si l'on supprime un côté du triangle du feu ?

À la lumière des observations effectuées au cours de cette enquête, quelles conclusions pouvons-nous tirer concernant la suppression d'un des piliers du triangle du feu ?

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 ?

** Si le temps le permet, les élèves utilisent la rubrique « Rapport, preuves et raisonnement » pour s'auto-évaluer individuellement ou s'évaluer mutuellement en binôme.*

* D'après National Science Teachers Association, « Claim-Evidence-Reasoning Rubric », Integrated Middle School Science Partnership, https://www.mydigitalchalkboard.org/portal/default/Content/Viewer/Contentjsessionid=L4aR+6nplmt0AEAlSb3zog**?action=2&scld=504488&scild=17987.