



***ON PEUT FAIRE DES
« ETINCELLES »
EN CHIMIE...***

Nancy HECQ

Promoteurs : P.DUPONT et M. DRAMAIX

Institut d'Administration scolaire

Centre de Didactique des Sciences

Université de Mons - Hainaut

Nous remercions les professeurs suivants qui ont collaboré à cette recherche :

- **D.Chantraine (Institut Provincial de l'enseignement de Nursing – Mons)**
- **Aurore Dhondt (Institut Saint - Joseph de Saint - Ghislain)**

L'équipe de recherche remercie vivement Claude Marco (Université de Mons – Hainaut) et Xavier Tercelin de Joigny (Haute Ecole de la Communauté française du Hainaut – Mons) pour les judicieux conseils qu'ils ont apportés lors de l'élaboration de ce dossier.

On peut faire des “étincelles” en chimie ...



Dossier professeur

On peut faire des “étincelles” en chimie ...



I. Public cible – Objectifs – Compétences valorisées 1



II. L'énigme ... 6



III. ... Et d'autres questions. 11



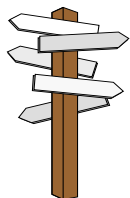
IV. Lexique 41



V. Annexes 42



VI. Bibliographie 45



I. Public cible – Objectifs – Compétences valorisées

- **Public cible**

Second degré de l'enseignement secondaire

- **Prérequis**

- ✓ Composition de l'air
- ✓ Test de reconnaissance du dioxyde de carbone (à l'eau de chaux)

- **Approches pédagogiques**

- ✓ Réalisation d'un mini feu d'artifice à l'échelle "laboratoire"
- ✓ Enigmes sous forme de questions

- **Objectifs**

Faire découvrir que :

- ✓ la coloration des feux d'artifice est due à la présence de métaux ;
- ✓ les feux d'artifice sont le résultat de réactions chimiques;
- ✓ la combustion ne peut se faire que si 3 facteurs sont réunis;
- ✓ lors de combustions, se forment des oxydes;
- ✓ la loi de Lavoisier est vérifiée lors d'une combustion.

• Compétences valorisées

Toutes les activités proposées dans ce dossier s'articulent sur un ancrage expérimental et puisent autant que possible leur motivation dans des situations de la vie courante.

En ce qui concerne le savoir-faire d'acquisition des notions, nous avons veillé à respecter la démarche OHERIC :

- ✓ **O : Observer, rencontrer, appréhender une réalité complexe ou non**
 - Décrire, schématiser un fait de la vie courante ou un dispositif expérimental.
 - Faire émerger une énigme à résoudre sous forme d'une réalisation d'un mini feu d'artifice ou formuler une question pertinente sur le plan scientifique en rapport avec le contexte.
- ✓ **H : Emettre des hypothèses**
 - Dégager des pistes de recherche dans le cadre de l'énigme et les confronter afin de déterminer celles à retenir dans le but de planifier le travail de recherche.
- ✓ **E : Préparer une expérience**
 - Imaginer des dispositifs expérimentaux simples et prendre des initiatives.
 - Respecter les conditions de sécurité.
 - Lire et appliquer une procédure expérimentale simple.
 - Schématiser une situation expérimentale par un croquis.
 - Construire un dispositif expérimental simple.
 - Recueillir des informations par des observations qualitatives.
 - Repérer et noter des informations issues d'une photographie, d'un schéma,...
- ✓ **R : Traiter des résultats**
 - Rassembler et organiser les informations sous une forme qui favorise la compréhension en comparant, triant, classant celles-ci.
- ✓ **I : Interprétation des résultats**
 - Proposer une solution à l'énigme.
 - Confirmer ou infirmer un raisonnement par des arguments vérifiés expérimentalement.
- ✓ **C : Conclusion**
 - Elaborer une synthèse.

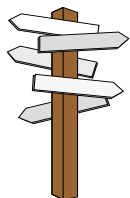
Les savoirs rencontrés dans ce dossier sont :

- ✓ **Maîtrise du vocabulaire** : réaction de combustion, combustible, comburant, oxyde, énergie.
- ✓ **Connaissances des propriétés des solutions étudiées** :
 - Coloration de flammes.
 - Formation d'oxydes par réaction de combustion.
- ✓ **Connaissances des principes et des règles** :
 - Principe de la conservation de la matière (Loi de Lavoisier).
 - Règle de l'équilibrage d'une équation moléculaire.

L'utilisation de ces notions se situe au niveau des QUIZZ et MATIERE A REFLEXION (voir dossier), où les connaissances acquises (explication de phénomène, résolution d'une nouvelle énigme) sont réinvesties dans d'autres situations proches des situations initiales.

Un prolongement de ces notions est possible :

- ✓ **Au troisième degré de l'enseignement secondaire** :
 - Réactions d'oxydo-réduction (corrosion du fer)
 - Equilibre chimique
 - La chimie du carbone (oxyde de carbone, matières plastiques)
 - Aspects énergétiques d'une transformation
 - Cinétique chimique (réaction lente de formation de la rouille)



II. L'énigme ...



Qu'est-ce qu'un feu d'artifice ?

Voici un résumé des réponses obtenues lors de nos essais :

- *Des bâtons qu'on enflamme et qui éclatent dans le ciel en faisant des cercles de couleurs dans le ciel*
- *Des explosifs envoyant des particules de lumière dans le ciel*
- *Des fusées ou gros pétards remplis de poudre comme du soufre explosant dans le ciel*
- *De la poudre inflammable mise dans des tubes*
- *Un effet de lumière grâce à la fusion de petits éléments comme le soufre*
- *Un mélange chimique d'azote et d'hydrogène*
- *?*

Selon le dictionnaire "Le petit Larousse illustré" :

Feu d'artifice : Ensemble des pièces d'artifices qu'on tire dans des fêtes publiques.

Artifice : composition de matières faciles à enflammer employées soit à la guerre, soit dans les réjouissances.



Depuis quand connaît-on les feux d'artifice ?

Avec un peu d'imagination, on pourrait dire que les feux d'artifice s'inspirent directement d'armes utilisées vers les années 670. Ces armes, bien que très rudimentaires, projetaient du "feu liquide" sur les adversaires. Il suffisait d'enflammer un mélange de résine (provenant de conifères), de soufre (se trouvant à l'état natif dans les régions volcaniques), de bitume et de salpêtre (nitrate de potassium se trouvant sur les murs humides) pour obtenir un magnifique lance-flamme.

Puis vers le VIII^e ou le XI^e siècle, les Chinois ont commencé à utiliser la poudre noire, mélange de substances se trouvant abondamment dans la nature : nitrate de potassium (salpêtre), charbon et soufre. Lorsque la poudre s'enflammait, l'expansion subite et considérable des gaz formés permettait de propulser un projectile.

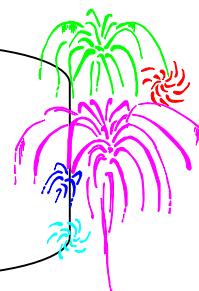
La poudre noire a fait son entrée en Europe au XIX^e siècle grâce à Marco Polo. Elle a été énormément utilisée au profit des guerres (explosifs) et lors des fêtes (feux d'artifice) qui s'en suivaient.

Pendant longtemps, les feux d'artifice ont manqué de couleur. **Heureusement, la chimie a su rendre superbe la pyrotechnie en développant une gamme de nouveaux réactifs plus performants.**



Et si on en réalisait un à petite échelle dans le laboratoire !

“Le mini feu d’artifice”



Par mesure de sécurité, il est préférable que cette manipulation soit réalisée par le professeur lui-même.

Matériel dont on a besoin :

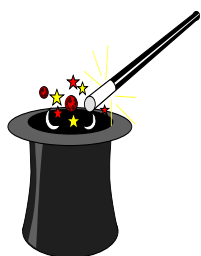


- ✓ Un bec bunsen
- ✓ Une allumette
- ✓ Du charbon de bois pulvérisé (avec un pilon dans un mortier)
- ✓ Une cuillère ou mieux encore une salière
- ✓ *Une pince métallique*
- ✓ Divers matériaux inflammables : sel de cuisine, nitrate de potassium, chlorure de potassium, sulfate de cuivre, chlorure de cuivre, chlorure de calcium, nitrate de baryum, chlorure de lithium, poudre de fer, poudre d'aluminium, poudre de zinc et poudre de magnésium (*ou ruban à défaut*)
- ✓ 10 petits pots

Mode opératoire :

- Préparer à l'avance, un stock de charbon de bois pulvérisé. Verser une cuillère à café de celui-ci dans chacun des 6 petits pots.
- En ce qui concerne le sel de cuisine, le nitrate de potassium, le sulfate de cuivre, le chlorure de calcium, le nitrate de baryum et le chlorure de lithium : pulvériser chacun de ces sels, verser une cuillère à café de chacun de ceux-ci dans un des 6 petits pots et bien mélanger avec le charbon de bois pulvérisé.
- En ce qui concerne les poudres de fer, aluminium, zinc et magnésium, le mélange avec le charbon de bois n'est pas nécessaire, il suffit donc d'en verser une cuillère à café dans les 4 petits pots restants.

⇒ voici donc un résumé des réactifs préparés pour l'expérience :



- 6 petits pots remplis d'un mélange de charbon de bois pulvérisé et d'un sel métallique : sel de cuisine ou nitrate de potassium ou sulfate de cuivre ou chlorure de calcium ou nitrate de baryum ou chlorure de lithium.
- 4 petits pots remplis d'une poudre d'un métal : fer ou aluminium ou zinc ou magnésium.

- Allumer le bec bunsen et ouvrir la virole de façon à obtenir une flamme bleue.
- En inclinant le bec bunsen, saupoudrer la flamme (à l'aide de la salière) successivement avec le contenu des 10 petits pots et noter les observations dans le tableau ci-dessous.
- *Si le magnésium est en ruban, il y a lieu de le saisir avec la pince métallique pour le diriger dans la flamme du bec bunsen. Veillez à n'en utiliser qu'une très petite quantité et à ne pas observer avec insistance car la combustion du magnésium émet beaucoup de rayonnement UV.*

Observations :

Les matériaux brûlent en émettant des étincelles et différentes colorations.

Matériaux	Observations
Chlorure de sodium	<i>Flamme jaune-orange</i>
Chlorure de potassium	<i>Flamme violette</i>
Chlorure de cuivre	<i>Flamme verte-bleue</i>
Nitrate de potassium	<i>Flamme violette</i>
Sulfate de cuivre	<i>Flamme verte-bleue</i>
Chlorure de calcium	<i>Flamme rouge</i>
Nitrate de baryum	<i>Flamme verte-jaune</i>
Chlorure de lithium	<i>Flamme rose-fuschia</i>
Chlorure de zinc	<i>Flamme bleue</i>
Poudre de fer	<i>Lumière jaune</i>
Poudre d'aluminium	<i>Lumière blanche éblouissante</i>
Poudre de zinc	<i>Lumière bleue</i>
Poudre de magnésium	<i>Lumière blanche éblouissante</i>


Remarques :

- *La pulvérisation de ces matériaux inflammables permet d'optimiser les résultats.*
- *Le mélange des sels métalliques avec du charbon de bois pulvérisé permet d'une part, d'optimiser les résultats et d'autre part, d'obtenir un effet plus spectaculaire (= effet "feu d'artifice" c-à-d une coloration de la flamme plus intense et des étincelles).*
- ***Il est conseillé de réaliser l'expérience sur un plan de travail exempt de tout matériel inutile au déroulement de celle-ci, car les combustions produisent des particules incandescentes pouvant brûler les papiers, vêtements, De plus, le charbon de bois est fort salissant.***

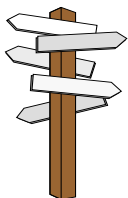
**Conclusion :**

Les métaux et leurs composés en poudre *ou en ruban* brûlent dans une flamme en émettant une coloration caractéristique de la nature du métal.

Charte des couleurs des métaux

						
potassium	zinc	cuivre	baryum	sodium	calcium	lithium

Brûler signifie qu'une réaction chimique, appelée **combustion**, a eu lieu.
Le principe de base d'un feu d'artifice repose donc sur la combustion.



III. ... Et d'autres questions ...!



Qu'est-ce qu'une combustion ?

Cite des exemples de combustion observés dans la vie courante :

- *La flamme d'un réchaud à gaz*
- *Une bougie allumée*
- *Une allumette qu'on enflamme*
- *Une cigarette allumée*
- *Un incendie de forêt*
- *Le charbon de bois lors d'un barbecue*
- *Un poêle au mazout qui fonctionne*
- *.....*

Prenons un exemple très simple à réaliser : un morceau de papier qui brûle.



Si on te demande de réaliser la combustion du morceau de papier, que vas-tu chercher comme matériel ?

Un briquet ou une boîte d'allumette et un morceau de papier.

Quels sont alors les "acteurs" d'une réaction de combustion ?
Précisons leur rôle :

Le briquet ou l'allumette = feu, source d'énergie

Le papier = ce qui brûle, le combustible

Le dioxygène de l'air = ce qui entretient la combustion, le comburant

Ce troisième acteur est souvent oublié, si c'est le cas, voir annexe n°1

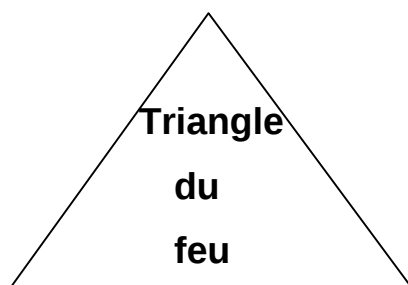
Donc, pour qu'il y ait combustion, il faut :

- une **source d'énergie** comme la flamme d'une allumette, de l'électricité, le soleil, ...
- un **combustible** comme le bois, le plastique, de l'essence, du gaz naturel, du butane,...
- un **comburant** comme le dioxygène



SOURCE D'ENERGIE

toute combustion a besoin d'énergie pour être activée.



COMBURANT

substance qui réagit avec le combustible en le faisant brûler.

COMBUSTIBLE

matière qui brûle au contact du comburant.



QUIZZ

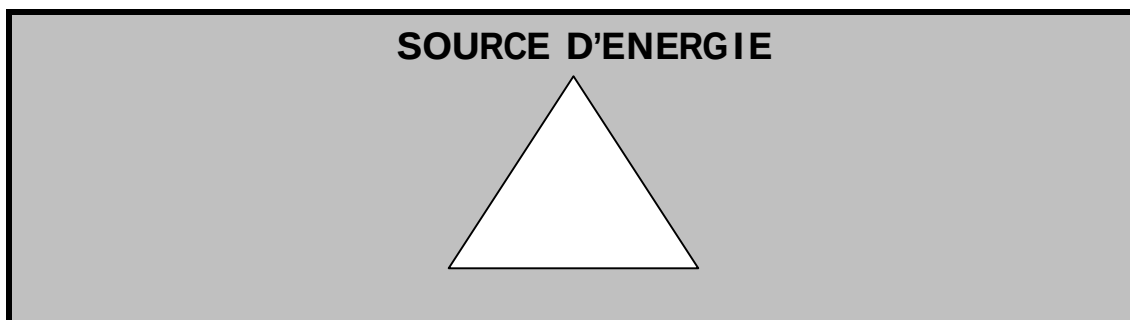
Quelles sont les différentes méthodes employées par les pompiers pour éteindre un incendie? En te basant sur le triangle du feu, explique ta réponse.

Pour atténuer ou arrêter complètement la combustion, il faut éloigner ou ôter complètement un des 3 facteurs constituant le triangle du feu.

Pour éteindre un incendie, on peut utiliser :

- l'**eau** : qui agit du côté de la source d'énergie, en absorbant la chaleur, elle diminue la température.
- la **mousse** : qui agit du côté du comburant et du combustible en créant une barrière entre les deux. La mousse opère par étouffement.
- le **gaz carbonique** des extincteurs : qui agit du côté du comburant dioxygène par étouffement (si le gaz carbonique ne réagit pas avec le combustible).

Intéressons-nous de plus près aux 3 sommets du triangle du feu.



Combustion de la laine de fer :

Un tampon de laine de fer est un tampon que ta maman utilise lorsqu'elle fait sa vaisselle pour nettoyer le fond des casseroles quand les aliments ont attaché. Mais ton papa l'utilise lorsqu'il décape un meuble en bois par exemple.

Expérience n°1 :

De la laine de fer est disposée sur une soucoupe. Approche une allumette enflammée de celle-ci pour y mettre le feu.

Observations :

La laine de fer brûle avec une réaction vive accompagnée d'un léger jet d'étincelles. Le métal initial disparaît et il se forme un résidu gris.

Dans le triangle de feu, qui est :



- Source d'énergie : *flamme*
- Combustible : *fer*
- Comburant : *dioxygène*

Expérience n°2 :

De la laine de fer est disposée sur une soucoupe. Accroche-lui 2 fils conducteurs reliés à une source de tension (une pile de 4,5 V)

Observations :

La laine de fer rougit et brûle avec une réaction vive accompagnée d'un léger jet d'étincelles. Le métal initial disparaît et il se forme un résidu gris.

Dans le triangle de feu, qui est :

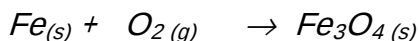


- Source d'énergie : *électricité*
- Combustible : *fer*
- Comburant : *dioxygène*

**Conclusion :**

Quelle que soit la méthode employée pour enflammer la laine de fer, il y a eu une réaction de combustion entre le fer et le dioxygène de l'air. Le résidu gris ainsi formé est un oxyde de fer.

fer + dioxygène → oxyde de fer

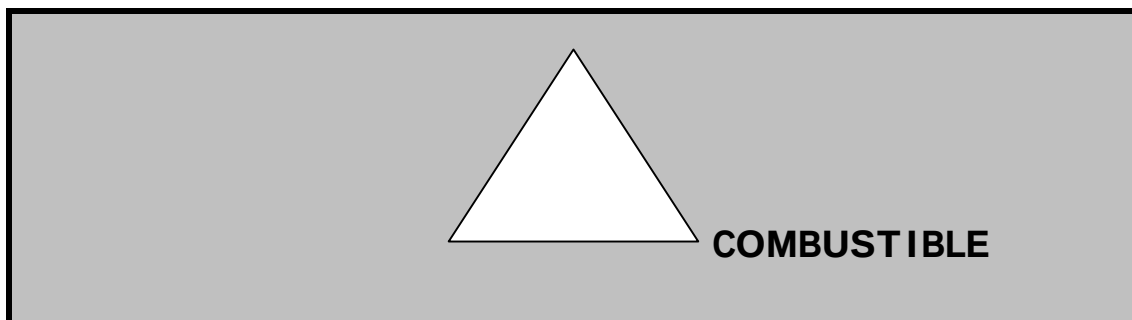


Indications pour le professeur : Pourquoi la laine de fer brûle lorsqu'elle est reliée à une source de tension ?

Le fer est un métal, donc les électrons périphériques sont tout à fait libres de se déplacer et le courant électrique est un flux d'électrons qui se déplacent d'une borne à l'autre de la pile.

Les électrons du métal bougent dans tous les sens mais quand on relie les 2 bornes d'une pile à ce métal, ces électrons se mettent tous à se déplacer en masse et se cognent avec les autres particules métalliques. Ils se transmettent alors de l'énergie cinétique, qui est transformée en énergie thermique. C'est ce qu'on appelle l'effet Joule.

Et ça chauffe très fort, tellement fort que la laine de fer rougit et brûle.



**Comment les
métaux brûlent-ils?**



Le fer

Expérience :

Lors de la réalisation du mini feu d'artifice, de la poudre de fer est saupoudrée au-dessus d'une flamme.

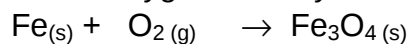
Observations :

La poudre de fer brûle avec une réaction vive accompagnée d'un jet d'étincelles. La flamme est jaune. Le métal initial disparaît.

Conclusion :

Il y a eu une réaction de combustion entre le fer et le dioxygène de l'air.

fer + dioxygène → oxyde de fer



Dans le triangle de feu, qui est :



- Source d'énergie : *flamme*
- Combustible : *fer*
- Comburant : *dioxygène*

L'aluminium

Expérience :

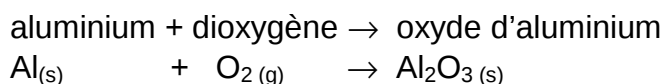
Lors de la réalisation du mini feu d'artifice, de la poudre d'aluminium est saupoudrée au-dessus d'une flamme.

Observations :

La poudre d'aluminium brûle avec une réaction vive accompagnée d'un jet d'étincelles. Une flamme blanche éblouissante apparaît. Des fumées, composées de particules blanches, se forment. Le métal initial disparaît.

Conclusion :

Il y a eu une réaction de combustion entre l'aluminium et le dioxygène de l'air. Les particules blanches ainsi formées sont des particules d'oxyde d'aluminium.



Dans le triangle de feu, qui est :



- Source d'énergie : *flamme*
- Combustible : *aluminium*
- Comburant : *dioxygène*

Le zinc

Expérience :

Lors de la réalisation du mini feu d'artifice, de la poudre de zinc est saupoudrée au-dessus d'une flamme.

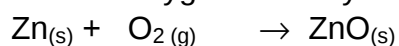
Observations :

La poudre de zinc brûle avec une réaction vive accompagnée d'un jet d'étincelles. Une flamme bleue apparaît. Des fumées, composées de particules blanches, se forment. Le métal initial disparaît.

Conclusion :

Il y a eu une réaction de combustion entre le zinc et le dioxygène de l'air. Les particules blanches ainsi formées sont des particules d'oxyde de zinc.

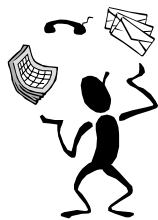
zinc + dioxygène → oxyde de zinc



Dans le triangle de feu, qui est :



- Source d'énergie : *flamme*
- Combustible : *zinc*
- Comburant : *dioxygène*



QUIZZ

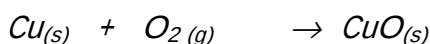
Lors de la réalisation du mini-feu d'artifice, si on avait saupoudré du cuivre au dessus de la flamme, qu'aurait-on pu observer ?

La poudre de cuivre brûlerait avec une réaction vive accompagnée d'un jet d'étincelles. La flamme deviendrait verte-bleue. Le métal initial disparaîtrait.

Enonce alors la conclusion :

Il y a une réaction de combustion entre le cuivre et le dioxygène de l'air.

cuivre + dioxygène → oxyde de cuivre (II)



Dans le triangle de feu, qui est :



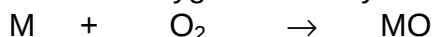
- Source d'énergie : *flamme*
- Combustible : *cuivre*
- Comburant : *dioxygène*



Conclusion générale :

- La plupart des métaux en poudre brûlent dans l'air.
- En général, un métal réagit avec le dioxygène pour donner un oxyde métallique par une réaction chimique appelée combustion.

métal + dioxygène → oxyde métallique



Pour en revenir aux feux d'artifices

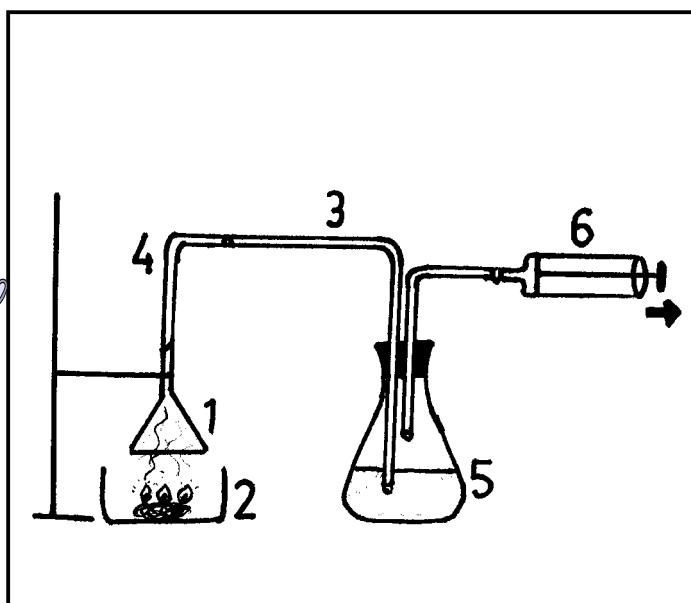
La "poudre noire" est donc un mélange de combustibles et de comburants pour la pyrotechnie. Les comburants fournissent le dioxygène nécessaire à la réaction des combustibles. La combustion extrêmement vive de la poudre noire propulse la fusée, puis amorce la combustion des mélanges de métaux en poudre (le choix de ceux-ci dépend de la couleur désirée) destinés aux effets lumineux.

**Comment le bois, le papier
et les matières plastiques
brûlent-ils ?**



Naturellement, tu sais déjà que ce type de matériau brûle, mais quels sont les produits résultant de leur combustion ?

Pour pouvoir répondre à la question, réalise le montage expérimental d'après le schéma suivant :



Un entonnoir¹ est fixé au dessus d'un récipient² destiné à contenir le matériau à brûler. Il est relié, par l'intermédiaire d'un tube en verre³ et de tuyaux en caoutchouc⁴, à un erlenmeyer⁵ muni d'un bouchon percé de 2 trous. Cet erlenmeyer est rempli d'un peu d'eau de chaux et

est relié à une pompe à vélo (soupape inversée)⁶ ou une seringue à gaz.

Remarque : pour la préparation de l'eau de chaux, voir annexe n°2.

Dans ce montage expérimental, quel est le rôle de l'eau de chaux ?
Test d'identification de la présence de dioxyde de carbone

Le papier

Expérience :

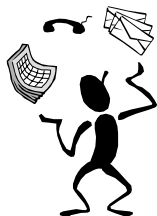
Place un morceau de papier (journal, par exemple) dans le récipient et enflamme-le. A l'aide de la pompe à vélo, aspire l'air comme indiqué sur le schéma précédent (attention à ne pas insuffler de l'air) et observe.

Observation :

Le papier brûle avec une flamme éclairante jaune. Des gouttelettes d'eau se forment sur les parois de l'entonnoir et du tube en verre et l'eau de chaux se trouble. Il reste des cendres grises dans le récipient et un solide noir se dépose sur les parois de l'entonnoir.

Conclusion :

La combustion du papier dans l'air forme principalement de l'eau et du dioxyde de carbone. Elle forme aussi du carbone (dépôt noir) et un résidu solide (les cendres grises).



QUIZZ

Si l'on fait l'expérience décrite ci-dessus avec un morceau de bois, quels seraient principalement les produits de combustion ? Si tu n'es pas sûr(e) de toi, recommence cette expérience avec un morceau de bois bien sec.

Le dioxyde de carbone et l'eau.

Les matières plastiques

Expérience :

Place un morceau de sac poubelle ou de sac d'emballage employé dans les magasins dans le récipient et enflamme-le. Aspire les gaz à l'aide de la pompe à vélo et observe.

Observation :

Le plastique (appelé polyéthylène) brûle sans flamme. Des gouttelettes d'eau se forment sur les parois de l'entonnoir et du tube en verre, et l'eau de chaux se trouble. Il reste du plastique qui n'a pas brûlé mais qui a fondu dans le récipient et un solide noir se dépose sur les parois de l'entonnoir.

Conclusion :

La combustion du polyéthylène dans l'air forme principalement de l'eau et du dioxyde de carbone. Elle forme aussi du carbone (dépôt noir).



Conclusion générale :

Ce type de matériau (papier, bois, matière plastique, ...) est appelé **matériau organique**, en référence à leur passé "vivant" (*papier et bois* $\Rightarrow$ *arbre*; *matière plastique* $\Rightarrow$ *caoutchouc*).

La combustion d'un de ces matériaux dans l'air est une réaction chimique qui produit de l'eau et du dioxyde de carbone.

matériau organique + dioxygène $\rightarrow$ eau + dioxyde de carbone (+ autres corps)
 $? + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} + CO_{2(g)} (+ \text{autres molécules})$



QUIZZ

En analysant les produits de réaction de la combustion d'un matériau organique, propose un choix d'éléments constituant leurs molécules.

Puisque les produits de réaction sont l'eau et le dioxyde de carbone, on peut supposer que les matériaux organiques sont constitués de molécules contenant entre autre du carbone et de l'hydrogène.



Le danger des combustions

Matériaux organiques :

Combustion des matières organiques synthétiques : les plastiques.

Outre le fait de graves brûlures, la combustion des matières plastiques peut produire des substances très toxiques, voire mortelles pour l'homme.

- Le PVC (**polychlorure de vinyle**) utilisé pour la fabrication des bouteilles plastiques, brûle en produisant du chlorure d'hydrogène, un gaz très toxique (ce gaz dissous dans l'eau constitue une solution de chlorure d'hydrogène (ou esprit de sel)).
- Les **polyamides**, entrant dans la composition de certains vêtements ainsi que les **polyuréthanes**, entrant dans la composition des mousses de matelas, brûlent en produisant du cyanure d'hydrogène, un gaz mortel pour l'homme.

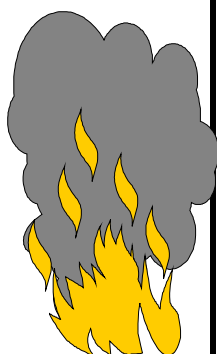
Combustion des matières organiques naturelles :

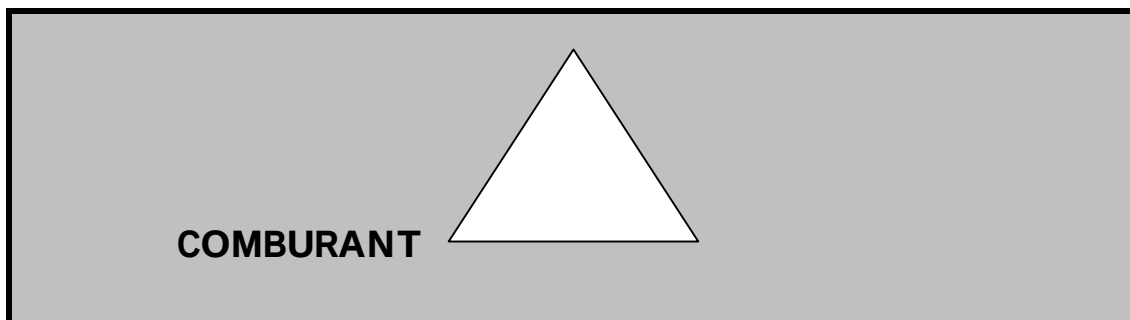
La combustion de la **laine**, de la **soie** et du **cuir** produisent également du cyanure d'hydrogène mais en plus faible quantité que les matières plastiques.

De plus, dans certaines conditions, la combustion des matériaux organiques naturels et synthétiques peut produire de faibles quantités de monoxyde de carbone, un gaz inodore toxique.

Les feux de matériaux organiques doivent donc être placés sous une surveillance stricte. Lors d'incendie, les pompiers connaissent les risques qu'ils encourent et s'équipent alors d'un matériel performant afin de ne pas être gravement intoxiqués : ils utilisent des masques à gaz.

Il est donc fortement déconseillé de brûler des matériaux organiques synthétiques comme des sacs plastiques chez soi.





Pour un même combustible, le magnésium, existe-t-il différents comburants ?
Pour les 2 expériences qui suivent, veillez à n'utiliser qu'une très petite quantité de magnésium et à ne pas observer avec insistance car la combustion du magnésium émet beaucoup de rayonnement UV.

Expérience n°1 :

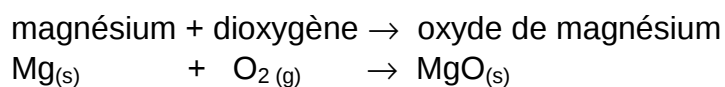
Dirige un morceau de ruban de magnésium, maintenu par une pince à combustion, dans la flamme bleue d'un bec bunsen.

Observations :

Le morceau de magnésium brûle avec une réaction vive. La flamme est éblouissante. Des particules blanches se forment.

Conclusion :

Il y a eu une réaction de combustion entre le magnésium et le dioxygène de l'air. Les particules blanches ainsi formées sont des particules d'oxyde de magnésium.



Dans le triangle de feu, qui est :



- Source d'énergie : *flamme*
- Combustible : *magnésium*
- Comburant : *dioxygène*

Expérience n°2 :

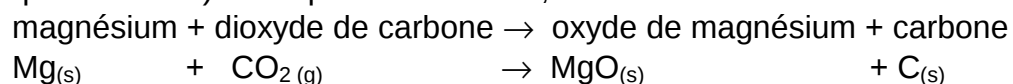
Plonge un morceau de ruban de magnésium enflammé, à l'aide d'une pince à combustion, dans un flacon rempli de dioxyde de carbone (*voir annexe n°2*) et ferme rapidement le flacon.

Observations :

Le morceau de magnésium brûle avec une réaction vive. La flamme est éblouissante. Des particules blanches et noires se forment.

Conclusion :

Il y a eu une réaction de combustion entre le magnésium et le dioxyde de carbone. Les particules blanches sont des particules d'oxyde de magnésium (voir expérience n°1) et les particules noires, du carbone.



Dans le triangle de feu, qui est :

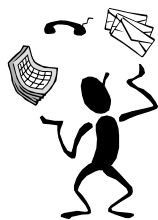


- Source d'énergie : *flamme*
- Combustible : *magnésium*
- Comburant : *dioxyde de carbone*

**Conclusion générale :**

Le dioxygène n'est pas le seul comburant.

Certains matériaux comme le magnésium brûlent aussi dans le dioxyde de carbone.



QUIZZ

Que risque-t-il de se passer si l'on essaie d'éteindre un incendie d'origine inconnue dans un laboratoire de chimie avec un extincteur au dioxyde de carbone ?

Le combustible (inconnu) qui est en train de brûler a peut être le dioxyde de carbone comme comburant et l'on risque de raviver l'incendie au lieu de l'éteindre.

Reprenons l'expérience de la combustion de la laine de fer (voir p. 12) .



Les résidus formés sont-ils plus lourds ou plus légers que la laine de fer de départ ?

As-tu une idée de la réponse ?

En grande majorité, ils ont répondu : "plus légers"

Vérifions ta proposition en réalisant la même expérience mais en modifiant le montage ainsi que les conditions expérimentales, afin de pouvoir répondre avec précision.

Voici tout le matériel dont nous aurons besoin :



- un erlenmeyer (de 500 ml)
- le bouchon en caoutchouc percé de 3 trous et muni de 2 fils électriques préparé préalablement par ton professeur

Pour la réalisation de ce bouchon, il faut :

- ✓ *un bouchon en caoutchouc percé de 3 trous*
- ✓ *2 fils électriques rigides (± 30 cm) non dénudés*
- ✓ *3 pipettes pasteur*
- ✓ *une pince crocodile*
- ✓ *du silicone*

- 2 fils électriques munis de pinces crocodiles
- du sable
- 1 pile de 4,5 V
- de la laine de fer (fine)
- une balance
- *un tuyau en plastique transparent (environ 45 à 50 cm de long)*
- *une cuvette remplie d'eau*
- *le matériel de l'annexe n°2 pour fabriquer du dioxygène, si nécessaire*



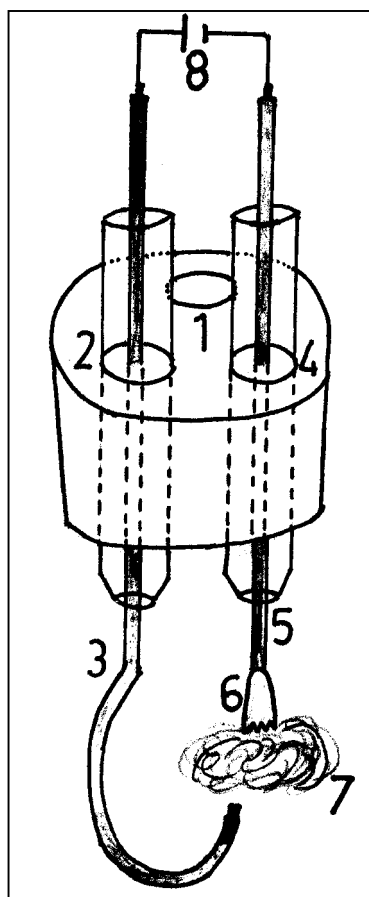
Remarque d'ordre technique à l'attention du professeur : réalisation du bouchon à 3 trous

Lors de nos essais expérimentaux, nous avons pu constater que :

- L'utilisation de laine de fer très fine permet d'optimiser les résultats
- Pour fermer le circuit électrique, le plus simple est d'accrocher préalablement la laine de fer aux fils électriques et puis de brancher ceux-ci à une source de tension. Mais malheureusement cette façon de procéder n'est pas reproductible, la laine de fer ne s'enflammant pas toujours.

Nous avons dès lors cherché un dispositif qui permet d'optimiser au mieux la reproductibilité de l'expérience et c'est donc la raison pour laquelle, le dispositif employé est un peu plus complexe :

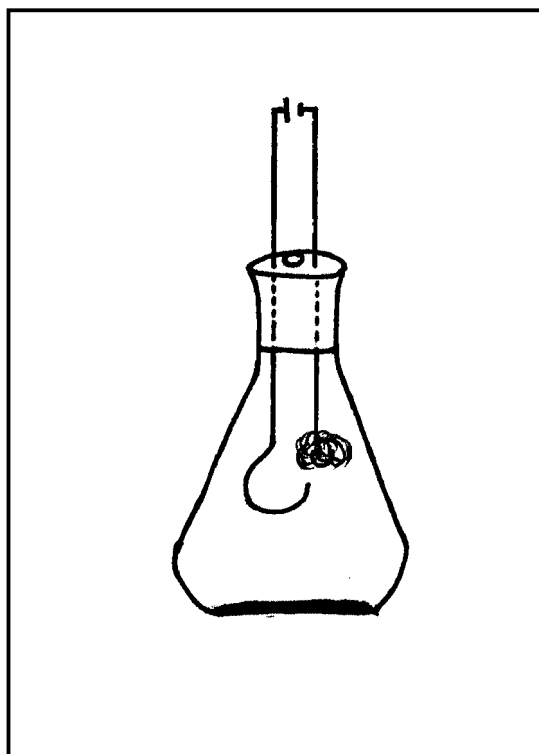
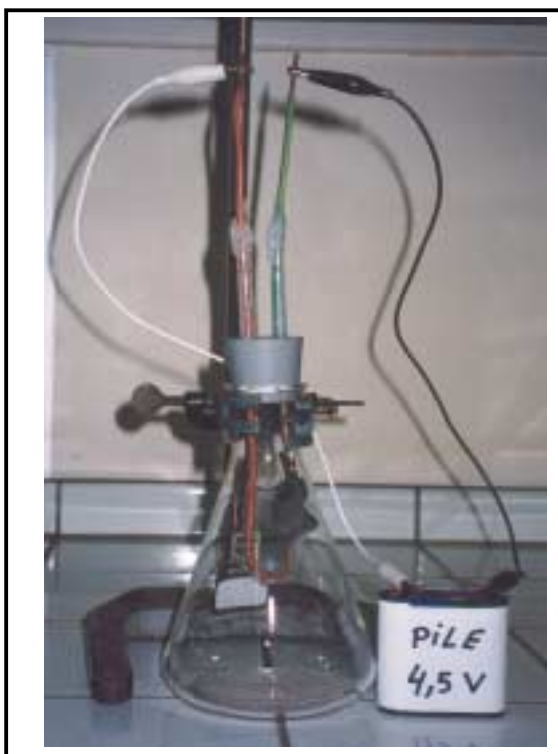
Il s'agit d'un **bouchon en caoutchouc percé de 3 trous** (voir schéma), si le bouchon n'en possède pas 3, utilisez un perce-bouchon trempé dans une solution d'hydroxyde de sodium.



- Le premier trou¹ est, selon les conditions expérimentales, soit laissé libre, soit bouché avec un petit bouchon, soit muni d'une pipette pasteur reliée à un tuyau en plastique plongeant dans une cuve d'eau (extérieure).
- Le deuxième trou² est "bouché" par une pipette pasteur préalablement remplie de silicone (afin d'assurer l'étanchéité du dispositif) à travers laquelle passe un fil de cuivre rigide³ dénudé à ses 2 extrémités dont l'une (celle à l'intérieur de l'erlenmeyer) est recourbée, et l'autre est branchée à une source de tension (pile).
- Le troisième trou⁴ est également "bouché" par une pipette pasteur préalablement remplie de silicone à travers laquelle passe un autre fil de cuivre rigide⁵ dénudé à ses 2 extrémités dont l'une (celle à l'intérieur de l'erlenmeyer) est raccordée à une pince crocodile⁶ destinée à maintenir la laine de fer⁷, et l'autre sera branchée à la source de tension⁸.

Remarque : Pour les pipettes pasteur, laisser durcir le silicone environ 1h30 avant de passer les fils.

Lorsque tu as fini de rassembler tout le matériel, schématise et réalise le dispositif expérimental d'après la photo ci-dessous :



Place environ 2 cuillères à soupe de sable au fond de l'erlenmeyer (afin d'éviter l'incrustation de particules de fer en fusion dans le verre), accroche de la laine de fer à la pince crocodile traversant le bouchon à 3 trous mis à ta disposition et bouche l'erlenmeyer avec celui-ci. Veille à ce que le trou laissé libre ne soit pas obstrué. Puis, pèse le dispositif que tu viens de réaliser.

Notons cette masse m_1 :

Ensuite, relie les fils électriques traversant le bouchon à une source de tension à l'aide de fils munis de pinces crocodiles à leurs extrémités. Ferme le circuit électrique en mettant en contact la laine de fer accrochée avec le deuxième fil électrique à l'intérieur de l'erlenmeyer.

Note tes observations :

La laine de fer brûle avec une réaction vive accompagnée d'un léger jet d'étincelles. Des particules grises tombent sur le sable.

Lorsque la réaction est terminée, déconnecte ton dispositif de la source de tension et pèse à nouveau celui-ci.

Notons cette masse m_2 :

Quelle est ta constatation ?

La masse m_2 est supérieure à la masse m_1 .

A quoi est due cette augmentation de masse ?

Voici différentes hypothèses obtenues lors de nos essais :

- *En brûlant, la laine de fer initialement "aérée" devient plus compacte et emprisonne de l'air en son milieu*
- *Quelque chose est rentré dans l'erlenmeyer, et c'est lui que l'on pèse en plus .*
- *Lors de sa combustion, le fer s'est combiné avec un des constituants de l'air et ce dernier a été remplacé dans l'erlenmeyer.*

Imagine des expériences qui permettraient de vérifier tes hypothèses (mais attention, pour faire un test valide, un bon scientifique ne fait varier qu'un seul facteur, un seul paramètre à la fois) :

- *Pour vérifier si de l'air est emprisonné, il suffit d'aérer les produits formés afin de le libérer et de peser à nouveau → Expérience n°1*
- *Pour vérifier si un constituant est entré dans l'erlenmeyer lors de la combustion de la laine de fer, réalisons l'expérience en fermant l'erlenmeyer càd réalisons l'expérience en système fermé et pesons à nouveau → Expérience n°2*
- *Pour vérifier s'il s'agit d'un constituant de l'air, réalisons l'expérience en système fermé muni d'un tube en plastique plongeant dans une cuve d'eau → Expérience n°3*
- *Pour vérifier si le constituant de l'air est le dioxygène, réalisons l'expérience en système fermé dans de l'air enrichi en dioxygène → Expérience n°3*

Réalisons quelques-unes des expériences de vérification :

✓ Expérience n°1 : Libération de l'air emprisonné

A l'aide d'une baguette de verre, desserre ce qui reste du tampon, secoue bien la baguette pour ne pas emporter du produit (ce qui fausserait les résultats) et pèse à nouveau le dispositif.

Note tes observations :

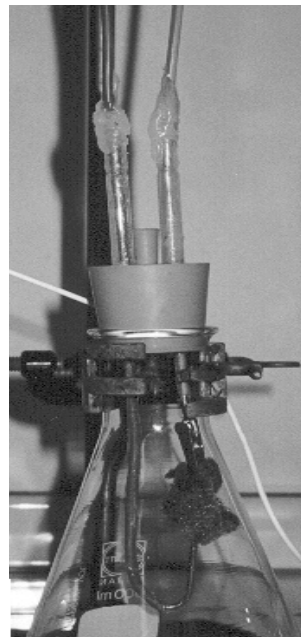
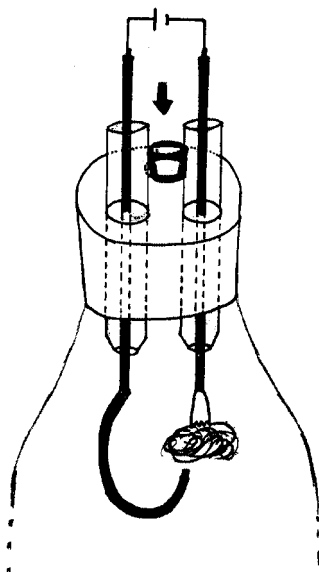
La masse m_2 n'a pas varié.

Conclusion :

L'hypothèse proposée est infirmée, il ne s'agit donc pas d'air emprisonné.

✓ Expérience n°2 : Expérience en système fermé

Reprenons le même dispositif (voir page 24) mais bouchons l'erlenmeyer hermétiquement avec un petit bouchon comme indiqué ci-dessous :



Recommençons l'expérience :

Une fois le dispositif bien fermé, pèse-le avant de le relier à la source de tension . Notons cette masse m_1 :

Ensuite, ferme le circuit et note tes observations :

La laine de fer brûle avec une réaction vive accompagnée d'un léger jet d'étincelles. Des particules grises tombent sur le sable.

Lorsque la réaction est terminée, déconnecte le dispositif de la source de tension et pèse à nouveau le dispositif.

Notons cette masse m_2 :

Quelle est ta constatation ?

Le fer a brûlé et lors de sa combustion, la masse m_2 est égale à la masse m_1 , c'est-à-dire que la masse est conservée.

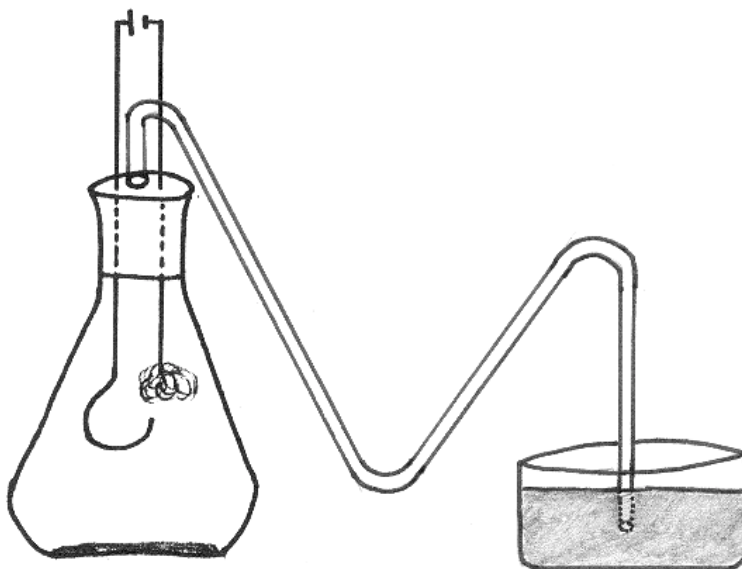
Conclusion :

L'hypothèse énoncée est confirmée. En système fermé, la masse des réactifs de départ est conservée; lors de sa combustion, le fer a réagi avec une substance se trouvant à l'intérieur de l'erlenmeyer.

Afin de connaître l'origine et la nature de cette substance, continuons nos expériences.

✓ Expérience n°3 : Origine et nature de cette substance

Reprenons le dispositif fermé hermétiquement de l'expérience n°2 mais remplaçons le petit bouchon par une pipette pasteur reliée à un tuyau en plastique transparent plongeant dans une cuve d'eau comme indiqué sur le schéma suivant :



Recommençons l'expérience :

Une fois le dispositif mis en place, relie-le à la source de tension et note tes observations :

La laine de fer brûle. Des particules grises tombent sur le sable. De l'eau monte dans le tuyau en plastique.



Interprétation :

Un des constituants de l'air s'est combiné au fer et l'eau a pris sa place dans le dispositif.

Pour connaître la nature de ce constituant, réfléchissons :

L'expérience réalisée est une combustion, nous pouvons dès lors appliquer la théorie du triangle du feu :

Quel est le combustible utilisé ? *fer*

Quelle est la source d'énergie utilisée ? *électricité*

Et que reste-t-il pour fermer le triangle ? *le comburant*

Quel est-il dans notre cas, en se souvenant que nous travaillons dans l'air ? *le dioxygène.*

On peut vérifier ces suppositions en réalisant de nouveau l'expérience n°3 en système fermé mais dans de l'air enrichi en dioxygène (voir annexe n°2).



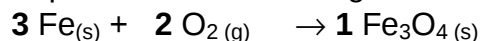
Conclusion générale :

- Il y a eu une réaction de combinaison entre le fer et le dioxygène de l'air pour former de l'oxyde de fer selon la réaction déjà rencontrée:

fer + dioxygène $\rightarrow$ oxyde de fer



- Lors de cette réaction, on a constaté une conservation de la masse : la masse des produits formés est égale à la masse des réactifs.



Au cours d'une réaction chimique, le nombre d'atomes de chacun des éléments se conserve.

La conservation de la masse au cours d'une réaction chimique a déjà été observée en 1772 par un chimiste français très connu : Antoine-Laurent de **Lavoisier**. C'est pourquoi, on lui a donné le nom de "**Loi de Lavoisier**".

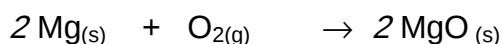
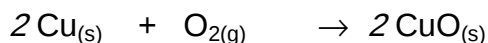
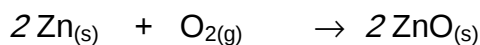
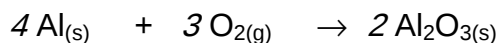
Enoncé de la loi de Lavoisier :

"Au cours d'une réaction chimique, la masse de l'ensemble des produits formés est égale à la masse de l'ensemble des réactifs."

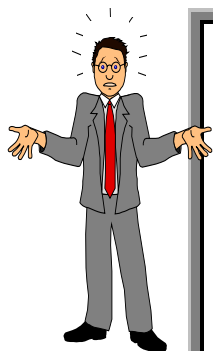


QUIZZ

En appliquant la loi de Lavoisier, complète les différentes équations chimiques des réactions vues précédemment :



Ce que tu viens de faire s'appelle une **pondération** d'équation.



Matière à réflexion

A l'air libre, la combustion d'un métal comme le fer, donne un résidu plus lourd que le métal initial. Si on réalise la combustion d'un morceau de bois, toujours à l'air libre, on remarque que les cendres sont plus légères que le morceau de bois initial. Cette observation va-t-elle à l'encontre de la loi de Lavoisier ? Explique ta réponse.

Lorsqu'une substance brûle dans l'air, elle réagit avec le dioxygène pour former de nouveaux composés. Certains de ces composés sont parfois solides et perdurent, ce qui fait augmenter la masse comme dans le cas du métal. D'autres sont gazeux et s'échappent dans l'air, c'est pourquoi on peut remarquer une diminution de masse comme dans le cas du bois.



Qui était Antoine-Laurent de Lavoisier et comment a-t-il procédé pour découvrir sa loi ?

Biographie

Considéré comme le père de la chimie moderne, Antoine-Laurent de Lavoisier est né à Paris en 1743. Il appartenait à une famille aisée d'avocats, ce qui lui évitait tout souci matériel. Tout comme son père, il fut d'abord avocat mais très vite, il se sentit attiré par les sciences et délaissa le droit pour celles-ci. Après avoir suivi des cours de botanique et de chimie, en 1771, Lavoisier approfondit ses recherches en chimie et élabore les fondements de la chimie moderne.

Entre 1768 et 1791, Lavoisier occupe différents postes (régisseur à la régie des poudres, membre de la trésorerie nationale,...) et s'intéresse à plusieurs causes humanitaires (amélioration de l'état des prisons, du rendement de l'agriculture et de l'élevage,...).

En 1791, il est renvoyé de son poste de régisseur et est fait prisonnier par les Autorités (révolutionnaires) qui le condamnent et le guillotinent en 1794. Lavoisier amena l'ancienne alchimie vers une science "exacte" : la chimie.

Méthode de travail

Son objectif était de vérifier si la chimie en s'appuyant sur une expérimentation précise donne des résultats quantitatifs comparables à ceux utilisés en comptabilité.

Sa méthode est comparable à celle des comptables : on pèse tout, tout ce qui entre et tout ce qui sort de l'espace où a lieu la réaction. Bref, il réalise un bilan.

Instruments de travail

En 1772, les balances des chimistes n'étaient pas d'une très grande précision. Alors, Lavoisier poussa des fabricants parisiens à en concevoir de nouvelles.

Il en utilisa deux : la première possédait une précision de 25 mg pour une portée de 10 kg et la deuxième possédait une précision de 5 mg pour une portée de 600 g. Muni de telles balances (les plus précises de l'époque), Lavoisier fournit des données expérimentales très précises et très précieuses.

Découverte de la loi de conservation de la masse

En septembre 1772, Lavoisier se procure une once (30,5 g) de phosphore le plus pur existant. Il le calcine et vérifie le phénomène en élaborant un protocole d'expérience très précis.

D'abord, il pèse tout : le phosphore et la bouteille, puis le phosphore dans la bouteille qui est hermétiquement fermée et isolée du milieu extérieur par un manomètre à mercure.

Il met ensuite la bouteille sous une cloche de verre. A l'aide d'une grosse loupe, pour concentrer la lumière, il calcine le phosphore dont une partie s'en va en fumée et se condense en flocons.

Aussitôt le système refroidi, Lavoisier observe et mesure le niveau de mercure qui a monté dans la cloche. Il mesure l'écart et démonte le système. La bouteille a gagné environ 0,3 g lorsqu'il la pèse à nouveau.

Lavoisier se pose des questions : "D'où vient le supplément ? Vient-il de l'humidité de l'air ?"

Lavoisier n'y croit pas, mais il vérifie quand même. Il dilue dans de l'eau distillée les flocons d'acide phosphorique formés et pèse le tout, puis pèse le même volume d'eau distillée pure. L'écart de masse lui donne la quantité d'acide phosphorique obtenue : environ 0,6 g.

La seule explication possible est qu'une partie de l'air de la cloche a réagi. Pour en être sûr, Lavoisier refait l'expérience avec du soufre. Le résultat coïncide avec celui obtenu précédemment : la masse "d'acide vitriolique" obtenue est plus importante que celle du soufre et le volume d'air a diminué.

Maintenant, il est convaincu et conclut : "Cette augmentation de masse vient d'une quantité prodigieuse d'air qui se fixe pendant la combustion et se combine avec les vapeurs."

Il élucide alors le rôle de l'air dans les réactions de combustion. L'air fournit le dioxygène à la combustion, comme nous le savons aujourd'hui.



QUIZZ

Pourquoi la loi de Lavoisier, si simple, n'a-t-elle pas pu être énoncée plus tôt ?
Elle exige l'utilisation de balances de précision et la mise en place d'un système fermé.

Pourquoi Lavoisier doit-il être considéré comme le père de la chimie moderne ?

Il applique une vraie démarche scientifique basée sur l'expérimentation, l'observation, l'interprétation des résultats et la vérification des hypothèses.



Existe-t-il des réactions entre des matériaux qui nous entourent et le dioxygène mais qui ne sont pas des combustions vives?

Commençons d'abord avec un métal : le fer.



Pour t'aider à répondre à la question, voici un petit indice :



Note ici ta réponse :

La formation de la rouille sur un objet en fer.

Quels sont les facteurs favorisant cette réaction ?

Voici les résultats obtenus lors de nos essais :

- *90 % des réponses : La rouille, c'est lorsque le métal est abîmé par l'eau*
- *8% des réponses : La rouille, c'est un ensemble de petites particules brunes qui se déposent sur le métal*
- *2% des réponses : La rouille, c'est le métal qui s'oxyde à cause de l'humidité (ou de la pluie) et de l'air.*

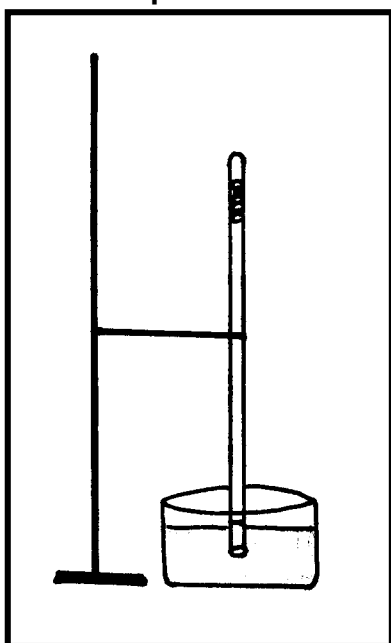
Vérifions tes propositions en réalisant cette petite expérience :

Matériel dont on a besoin :



- ✓ Trois fins (± 1 cm de diamètre) et longs (± 50 cm) tubes en verre fermés à une extrémité numérotés de 1 à 3
- ✓ Trois cristallisoirs
- ✓ De l'eau, de l'huile
- ✓ De la fine laine de fer
- ✓ Trois statifs munis d'une pince
- ✓ Une fine baguette
- ✓ Une seringue
- ✓ Un marqueur

Mode opératoire :



- Humidifie les parois intérieures des tubes n° 1 et 2 en injectant de l'eau à l'aide de la seringue.
- Place à l'aide de la fine baguette de la laine de fer dans le fond des tubes n° 1 et 3.
- Remplis 2 cristallisoirs d'eau et le troisième d'huile.
- Retourne les tubes n° 1 et 2 sur les cristallisoirs remplis d'eau et accroche chacun de ces 2 tubes à un statif (voir schéma).
- Retourne le tube n° 3 sur le cristallisoir rempli d'huile et accroche ce tube à un statif (voir schéma).
- Marque d'un trait de marqueur le niveau d'eau ou d'huile dans les tubes.
- Attends quelques jours en disposant le tout dans un endroit pas trop chaud et en étant toujours attentif.
- Note tes observations.

Observations :

Pour le tube n°1 : La laine de fer a rouillé et de l'eau est montée dans le tube à $\pm 1/5$ du volume disponible.

Pour le tube n°2 et 3 : Pas de modification.



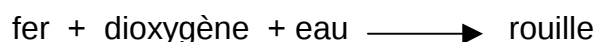
Interprétation :

- Comme lors de la combustion, la montée de l'eau dans le tube traduit la disparition d'un des constituants de l'air. Ce constituant y est présent à environ 20 %; il peut donc s'agir du dioxygène.
- Le maintien du niveau d'eau dans le tube n°2 montre que le dioxygène ne s'est pas dissous dans l'eau.
- En absence d'eau, le fer ne rouille pas.



Conclusion :

La rouille est le produit d'une réaction lente entre le fer et le dioxygène en présence d'eau, appelée **réaction d'oxydation**.



En essayant de récupérer la laine de fer, que peux-tu remarquer en ce qui concerne la rouille ?

La couche de rouille est friable et n'adhère pas au métal.



Conséquence :

La couche de rouille ne protège pas le métal : la rouille progresse lentement dans le métal qui peut être alors totalement détruit.

Continuons avec les matériaux organiques



Observons quelques objets laissés par nos ancêtres égyptiens :



Torse d'une femme
2500 av. J.-C. (bois)



Morceau de papyrus
? (papyrus)



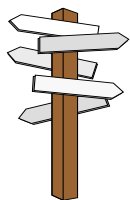
Vases
1140 av. J.-C. (verre)

Ces objets (protégés de toute pollution) datent d'il y a très longtemps et sont toujours aussi beaux et intacts.

Et de nos jours, les matières plastiques comme les sacs plastiques, les bouteilles d'eau, et le verre comme les bocaux...qui sont jetés à l'état de déchets, que deviennent-ils ?

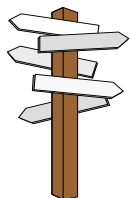


Que peux-tu tirer comme conclusion de toutes ces observations ?
Beaucoup de matériaux ne réagissent pas avec le dioxygène de l'air.



IV. Lexique

- ✓ **Atomes** : particules s'associant en vue de former une molécule et se conservant au cours d'une réaction chimique.
- ✓ **Brûler** : détruire par le feu.
- ✓ **Combustible** : matière qui brûle au contact du comburant.
- ✓ **Combustion** : réaction chimique d'un combustible brûlant en présence d'un comburant.
- ✓ **Comburant** : matière qui réagit avec le combustible en le faisant brûler.
- ✓ **Energie** : c'est ce qui n'est pas de la matière et qu'un objet peut donner à un autre pour qu'il le transforme ou l'utilise. L'énergie se présente sous diverses formes : énergie mécanique, énergie électrique, énergie thermique, énergie chimique, énergie nucléaire, énergie lumineuse, ...
- ✓ **Fondre** : amener un solide à l'état liquide sous l'action de la chaleur.
- ✓ **Oxydation** : réaction chimique entraînant une combinaison d'un corps avec le dioxygène.
- ✓ **Oxyde métallique** : produit d'une réaction d'oxydation ou de combustion d'un métal.
- ✓ **Polyéthylène** : matière plastique résultant de la polymérisation de l'éthylène.
- ✓ **Pyrotechnie** : science des explosifs ; technique de mise en œuvre des explosifs et des substances servant à produire des feux d'artifice.



V. Annexes

Annexe n°1 : Rôle du dioxygène lors d'une combustion

Le contenu de cette annexe fait référence à l'étude de la composition de l'air.

De quoi est composé l'air ?

± 80% de dioxygène, ± 20% de diazote et les quelques % restants sont : de la vapeur d'eau, du gaz carbonique et quelques gaz rares comme l'hélium, l'argon, ...

Parmi tous ces composants, quel est celui nécessaire à la combustion ?

Le dioxygène

La preuve par l'expérience : Plaçons un tison présentant un point incandescent dans un tube à essai enrichi en dioxygène.

Observation :

Le tison se ravive

Conclusion :

Le dioxygène participe à la combustion.

Annexe n°2 : Fabrication de diverses substances ou solutions intervenant dans ce dossier

1. Comment préparer de l'eau de chaux ?

Usage : L'eau de chaux est utilisée pour détecter la présence de dioxyde de carbone. L'eau de chaux se trouble en présence de dioxyde de carbone.

C'est le carbonate de calcium insoluble formé qui explique le trouble blanc.

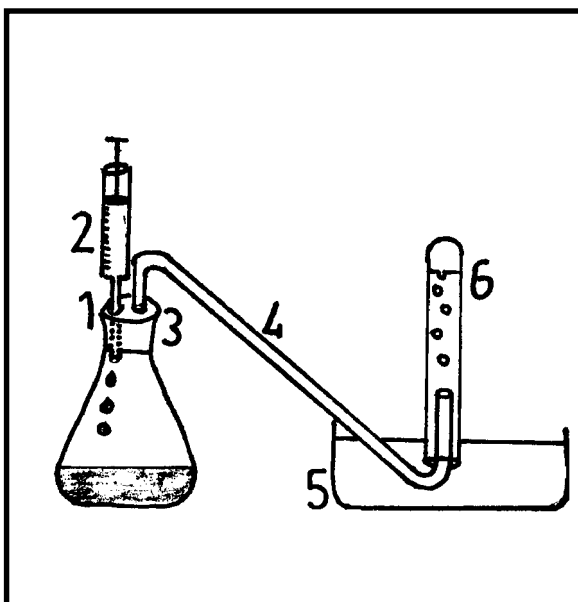
Préparation : Mélanger vigoureusement 5 g d'oxyde de calcium et 100 ml d'eau distillée. Laisser reposer quelques heures. Filtrer au moment de l'emploi.

Remarque : Cette solution peut se conserver plusieurs semaines au réfrigérateur.

2. Comment produire du dioxygène ?

Par réaction chimique entre une solution d'eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène) et une solution de permanganate de potassium.

Préparation : Réaliser le montage suivant afin de récolter le gaz :



Munir d'un bouchon à 2 trous, un erlenmeyer contenant une solution aqueuse acidifiée de permanganate de potassium.

Le premier trou¹ servira à introduire goutte à goutte la solution d'eau oxygénée².

Le second trou³ est connecté à un tube en plastique⁴ plongeant dans une cuve remplie d'eau⁵. L'extrémité libre du tube se trouve dans une éprouvette⁶ remplie d'eau et retournée dans la cuve remplie d'eau.

Une fois le dispositif réalisé, verser avec précaution la solution d'eau oxygénée dans l'erlenmeyer rempli de la solution aqueuse de permanganate de potassium et recueillir le gaz.

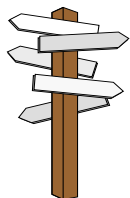
Remarque : Assurez-vous de l'étanchéité du dispositif.

3. Comment produire du gaz carbonique ?

Vous avez 2 possibilités : l'une chimique et l'autre "commerciale".

- ✓ D'un point de vue chimique : il s'agit de reprendre le montage de la préparation du dioxygène. De placer dans l'erlenmeyer une roche calcaire ou du carbonate de calcium et d'y verser par le premier trou une solution de chlorure d'hydrogène.

- ✓ D'un point de vue "commercial" : il s'agit de vous renseigner auprès de certains magasins du jour de livraison des produits surgelés. Ceux-ci sont souvent transportés par des camions frigorifiques réfrigérés à l'aide de carboglace c-à-d de dioxyde de carbone solide. Certains commerçants donnent gratuitement ces morceaux de carboglace.
(Attention, ces morceaux ont une température d'environ moins 80 °C).



VI. Bibliographie

Livres de référence

- ❑ CARRE – MONTREJAUD H., BABY J.M., CHEVADE C., FILLON P., GABORIEAU O., VERGER N., VIGNOLES M., MOREAU R. (1999), **Physique – Chimie 3^{ème}**, Paris, Nathan.
- ❑ HERBERT A., BAURRIER M.C., DELPECH J-C., DENEFLÉ S., DUCASSE M., MARINELLI A. (1999), **Physique - Chimie 3^{ème}**, Paris, Bordas.
- ❑ HERBERT A., BAURRIER M.C., DELPECH J-C., DENEFLÉ S., DUCASSE M., MARINELLI A. (1998), **Physique - Chimie 4^{ème}**, Paris, Bordas.
- ❑ JOURDAN J., LAGACHE J-C., ODABACHIAN J-P. (1999), **Physique - Chimie 4^{ème}**, Paris, Nathan.

Travaux de référence Agrégation en Sciences de la Haute Ecole de la Communauté française du Hainaut - Mons

- ❑ DANHIER L., DURIEUX B., GALLUZZO G., GALLEZ P. (1997), **Chimie : les oxydes.**

Adresses internet

- ❑ http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/chimisterie/9611/J_Gingues.html
- ❑ <http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/carrefour/théorie/pyrotechnie.html>
- ❑ http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/chimie_534/comb.html
- ❑ http://le-village.iframe.com/okapi/flammes_colorées.htm
- ❑ http://le-village.iframe.com/okapi/feu_artifice.htm
- ❑ http://www.ac-orleans-tours.fr/physique/comb_fer.htm
- ❑ <http://enfants-du-net.org/labo/trifoug3.htm>

On peut faire des “étincelles” en chimie ...



Dossier élève

On peut faire des “étincelles” en chimie ...



I. L'énigme ...

3



II. ... Et d'autres questions.

7



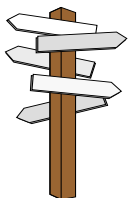
III. Lexique

37



IV. Annexes

38



I. L'énigme ...



Qu'est-ce qu'un feu d'artifice ?

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There is a vertical margin line on the left side, creating a narrow left margin. The paper appears to be from a notebook or a standard ruled document.



Depuis quand connaît-on les feux d'artifice ?

Avec un peu d'imagination, on pourrait dire que les feux d'artifice s'inspirent directement d'armes utilisées vers les années 670. Ces armes, bien que très rudimentaires, projetaient du "feu liquide" sur les adversaires. Il suffisait d'enflammer un mélange de résine (provenant de conifères), de soufre (se trouvant à l'état natif dans les régions volcaniques), de bitume et de salpêtre (nitrate de potassium se trouvant sur les murs humides) pour obtenir un magnifique lance-flamme.

Puis vers le VIII^e ou le XI^e siècle, les Chinois ont commencé à utiliser la poudre noire, mélange de substances se trouvant abondamment dans la nature : nitrate de potassium (salpêtre), charbon et soufre. Lorsque la poudre s'enflammait, l'expansion subite et considérable des gaz formés permettait de propulser un projectile.

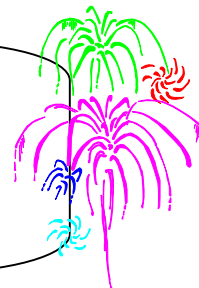
La poudre noire a fait son entrée en Europe au XIX^e siècle grâce à Marco Polo. Elle a été énormément utilisée au profit des guerres (explosifs) et lors des fêtes (feux d'artifice) qui s'en suivaient.

Pendant longtemps, les feux d'artifice ont manqué de couleur. **Heureusement, la chimie a su rendre superbe la pyrotechnie en développant une gamme de nouveaux réactifs plus performants.**



Et si on en réalisait un à petite échelle dans le laboratoire !

“Le mini feu d’artifice”



Matériel dont on a besoin :

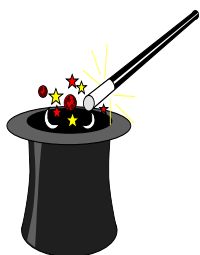


- ✓ Un bec bunsen
- ✓ Une allumette
- ✓ Du charbon de bois pulvérisé (avec un pilon dans un mortier)
- ✓ Une cuillère ou mieux encore une salière
- ✓ Divers matériaux inflammables : sel de cuisine, nitrate de potassium, chlorure de potassium, sulfate de cuivre, chlorure de cuivre, chlorure de calcium, nitrate de baryum, chlorure de lithium, poudre de fer, poudre d'aluminium, poudre de zinc et poudre de magnésium
- ✓ 10 petits pots

Mode opératoire :

- Préparer à l'avance, un stock de charbon de bois pulvérisé. Verser une cuillère à café de celui-ci dans chacun des 6 petits pots.
- En ce qui concerne le sel de cuisine, le nitrate de potassium, le sulfate de cuivre, le chlorure de calcium, le nitrate de baryum et le chlorure de lithium : pulvériser chacun de ces sels, verser une cuillère à café de chacun de ceux-ci dans un des 6 petits pots et bien mélanger avec le charbon de bois pulvérisé.
- En ce qui concerne les poudres de fer, aluminium, zinc et magnésium, le mélange avec le charbon de bois n'est pas nécessaire, il suffit donc d'en verser une cuillère à café dans les 4 petits pots restants.

⇒ voici donc un résumé des réactifs préparés pour l'expérience :



- 6 petits pots remplis d'un mélange de charbon de bois pulvérisé et d'un sel métallique : sel de cuisine ou nitrate de potassium ou sulfate de cuivre ou chlorure de calcium ou nitrate de baryum ou chlorure de lithium.
- 4 petits pots remplis d'une poudre d'un métal : fer ou aluminium ou zinc ou magnésium.

- Allumer le bec bunsen et ouvrir la virole de façon à obtenir une flamme bleue.
- En inclinant le bec bunsen, saupoudrer la flamme (à l'aide de la salière) successivement avec le contenu des 10 petits pots et noter les observations dans le tableau ci-dessous.

Observations :

.....



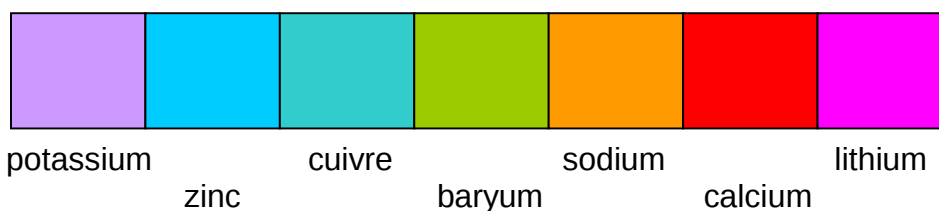
Matériaux	Observations
Chlorure de sodium	
Chlorure de potassium	
Chlorure de cuivre	
Nitrate de potassium	
Sulfate de cuivre	
Chlorure de calcium	
Nitrate de baryum	
Chlorure de lithium	
Chlorure de zinc	
Poudre de fer	
Poudre d'aluminium	
Poudre de zinc	
Poudre de magnésium	



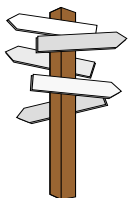
Conclusion :

Les métaux et leurs composés en poudre brûlent dans une flamme en émettant une coloration caractéristique de la nature du métal.

Charte des couleurs des métaux



Brûler signifie qu'une réaction chimique, appelée **combustion**, a eu lieu.
 Le principe de base d'un feu d'artifice repose donc sur la combustion.



II. ... Et d'autres questions ...!



Qu'est-ce qu'une combustion ?

Cite des exemples de combustion observés dans la vie courante :

-
-
-
-
-
-
-
-

Prenons un exemple très simple à réaliser : un morceau de papier qui brûle.

Si on te demande de réaliser la combustion du morceau de papier, que vas-tu chercher comme matériel ?

.....

Quels sont alors les "acteurs" d'une réaction de combustion ?
Précisons leur rôle :

.....
.....
.....
.....



Donc, pour qu'il y ait combustion, il faut :

- une **source d'énergie** comme la flamme d'une allumette, de l'électricité, le soleil, ...
- un **combustible** comme le bois, le plastique, de l'essence, du gaz naturel, du butane,...
- un **comburant** comme le dioxygène



SOURCE D'ENERGIE

toute combustion a besoin d'énergie pour être activée.

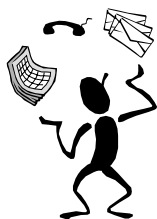
Triangle
du
feu

COMBURANT

substance qui réagit avec le combustible en le faisant brûler.

COMBUSTIBLE

matière qui brûle au contact du comburant.



QUIZZ

Quelles sont les différentes méthodes employées par les pompiers pour éteindre un incendie? En te basant sur le triangle du feu, explique ta réponse.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

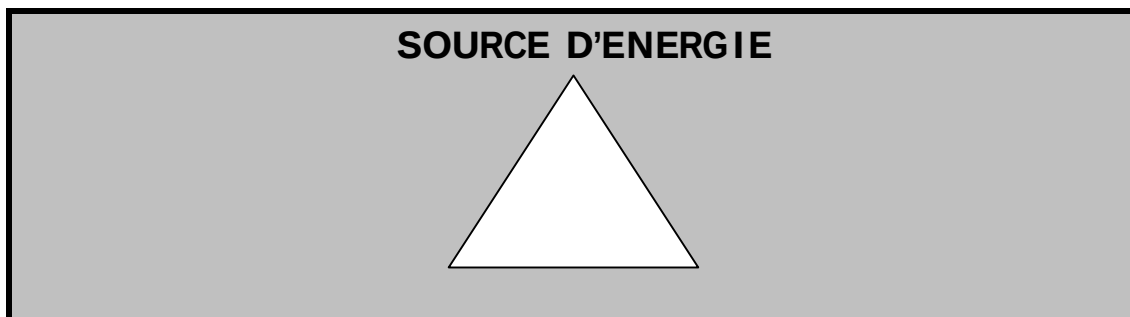
.....

.....

.....

.....

Intéressons-nous de plus près aux 3 sommets du triangle du feu.



Combustion de la laine de fer :

Un tampon de laine de fer est un tampon que ta maman utilise lorsqu'elle fait sa vaisselle pour nettoyer le fond des casseroles quand les aliments ont attaché. Mais ton papa l'utilise lorsqu'il décape un meuble en bois par exemple.

Expérience n°1 :

De la laine de fer est disposée sur une soucoupe. Approche une allumette enflammée de celle-ci pour y mettre le feu.

Observations :

.....

Dans le triangle de feu, qui est :



- Source d'énergie :
- Combustible :
- Comburant :

Expérience n°2 :

De la laine de fer est disposée sur une soucoupe. Accroche-lui 2 fils conducteurs reliés à une source de tension (une pile).

Observations :

.....

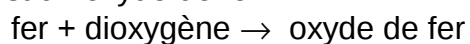
Dans le triangle de feu, qui est :

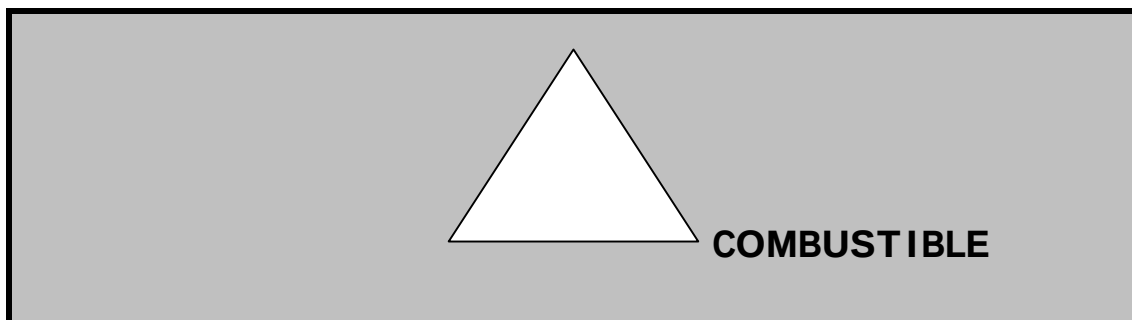


- Source d'énergie :
- Combustible :
- Comburant :

**Conclusion :**

Quelle que soit la méthode employée pour enflammer la laine de fer, il y a eu une réaction de combustion entre le fer et le dioxygène de l'air. Le résidu gris ainsi formé est un oxyde de fer.





**Comment les
métaux brûlent-ils?**



Le fer

Expérience :

Lors de la réalisation du mini feu d'artifice, de la poudre de fer est saupoudrée au-dessus d'une flamme.

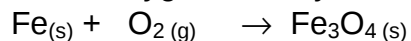
Observations :

.....
.....

Conclusion :

Il y a eu une réaction de combustion entre le fer et le dioxygène de l'air.

fer + dioxygène → oxyde de fer



Dans le triangle de feu, qui est :



- Source d'énergie :
- Combustible :
- Comburant :

L'aluminium

Expérience :

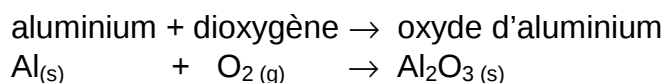
Lors de la réalisation du mini feu d'artifice, de la poudre d'aluminium est saupoudrée au-dessus d'une flamme.

Observations :

.....

Conclusion :

Il y a eu une réaction de combustion entre l'aluminium et le dioxygène de l'air. Les particules blanches ainsi formées sont des particules d'oxyde d'aluminium.



Dans le triangle de feu, qui est :



- Source d'énergie :
- Combustible :
- Comburant :

Le zinc

Expérience :

Lors de la réalisation du mini feu d'artifice, de la poudre de zinc est saupoudrée au-dessus d'une flamme.

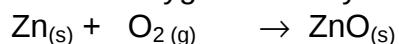
Observations :

.....

Conclusion :

Il y a eu une réaction de combustion entre le zinc et le dioxygène de l'air. Les particules blanches ainsi formées sont des particules d'oxyde de zinc.

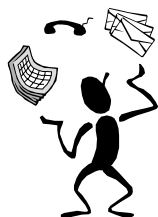
zinc + dioxygène → oxyde de zinc



Dans le triangle de feu, qui est :



- Source d'énergie :
- Combustible :
- Comburant :



QUIZZ

Lors de la réalisation du mini-feu d'artifice, si on avait saupoudré du cuivre au dessus de la flamme, qu'aurait-on pu observer ?

.....

Enonce alors la conclusion :

.....

Dans le triangle de feu, qui est :

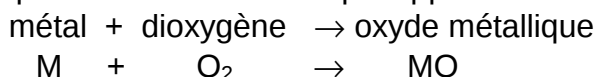


- Source d'énergie :
- Combustible :
- Comburant :



Conclusion générale :

- La plupart des métaux en poudre brûlent dans l'air.
- En général, un métal réagit avec le dioxygène pour donner un oxyde métallique par une réaction chimique appelée combustion.



Pour en revenir aux feux d'artifices

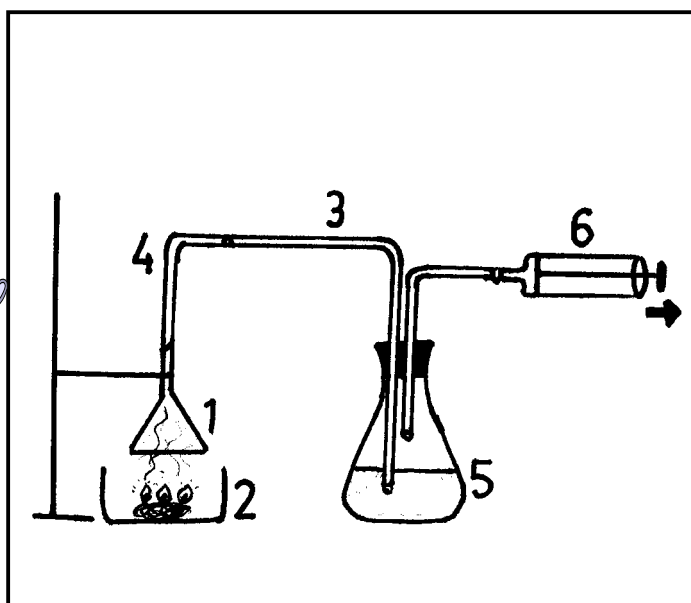
La "poudre noire" est donc un mélange de combustibles et de comburants pour la pyrotechnie. Les comburants fournissent le dioxygène nécessaire à la réaction des combustibles. La combustion extrêmement vive de la poudre noire propulse la fusée, puis amorce la combustion des mélanges de métaux en poudre (le choix de ceux-ci dépend de la couleur désirée) destinés aux effets lumineux.

**Comment le bois, le papier
et les matières plastiques
brûlent-ils ?**



Naturellement, tu sais déjà que ce type de matériau brûle, mais quels sont les produits résultant de leur combustion ?

Pour pouvoir répondre à la question, réalise le montage expérimental d'après le schéma suivant :



Un entonnoir¹ est fixé au dessus d'un récipient² destiné à contenir le matériau à brûler. Il est relié, par l'intermédiaire d'un tube en verre³ et de tuyaux en caoutchouc⁴, à un erlenmeyer⁵ muni d'un bouchon percé de 2 trous. Cet erlenmeyer est rempli d'un peu d'eau de chaux et

est relié à une pompe à vélo (soupape inversée)⁶ ou une seringue à gaz.

Dans ce montage expérimental, quel est le rôle de l'eau de chaux ?

.....

Le papier

Expérience :

Place un morceau de papier (journal, par exemple) dans le récipient et enflamme-le. A l'aide de la pompe à vélo, aspire l'air comme indiqué sur le schéma précédent (attention à ne pas insuffler de l'air) et observe.

Observation :

.....

.....

.....

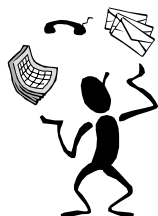
.....

Conclusion :

.....

.....

.....



QUIZZ

Si l'on fait l'expérience décrite ci-dessus avec un morceau de bois, quels seraient principalement les produits de combustion ? Si tu n'es pas sûr(e) de toi, recommence cette expérience avec un morceau de bois bien sec.

.....

.....

Les matières plastiques

Expérience :

Place un morceau de sac poubelle ou de sac d'emballage employé dans les magasins dans le récipient et enflamme-le. Aspire les gaz à l'aide de la pompe à vélo et observe.

Observation :

.....

.....

.....

.....

Conclusion :

.....

.....

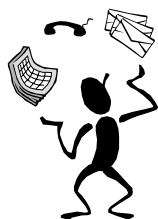


Conclusion générale :

Ce type de matériau (papier, bois, matière plastique, ...) est appelé **matériau organique**, en référence à leur passé "vivant".

La combustion d'un de ces matériaux dans l'air est une réaction chimique qui produit de l'eau et du dioxyde de carbone.

matériau organique + dioxygène → eau + dioxyde de carbone (+ autres corps)
 ? + O_{2(g)} → H₂O_(g) + CO_{2(g)} (+ autres molécules)



QUIZZ

En analysant les produits de réaction de la combustion d'un matériau organique, propose un choix d'éléments constituant leurs molécules.

.....

.....

.....

.....



Le danger des combustions

Matériaux organiques :

Combustion des matières organiques synthétiques : les plastiques.

Outre le fait de graves brûlures, la combustion des matières plastiques peut produire des substances très toxiques, voire mortelles pour l'homme.

- Le PVC (**polychlorure de vinyle**) utilisé pour la fabrication des bouteilles plastiques, brûle en produisant du chlorure d'hydrogène, un gaz très toxique (ce gaz dissous dans l'eau constitue une solution de chlorure d'hydrogène (ou esprit de sel)).
- Les **polyamides**, entrant dans la composition de certains vêtements ainsi que les **polyuréthanes**, entrant dans la composition des mousses de matelas, brûlent en produisant du cyanure d'hydrogène, un gaz mortel pour l'homme.

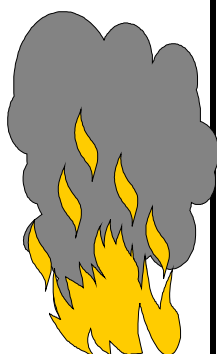
Combustion des matières organiques naturelles :

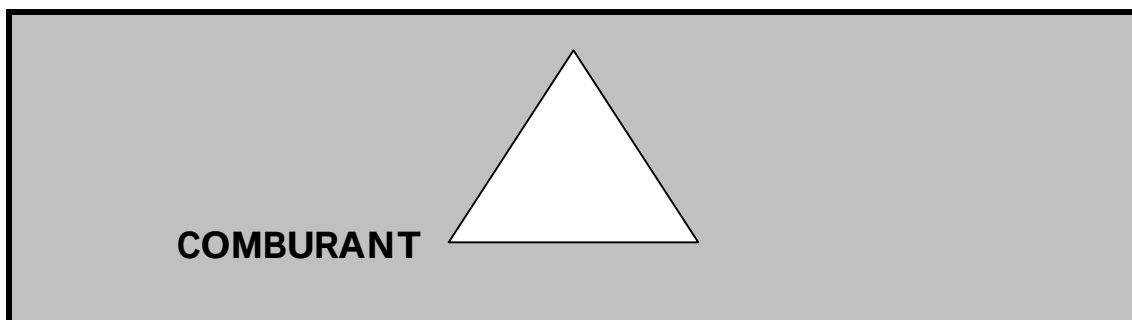
La combustion de la **laine**, de la **soie** et du **cuir** produisent également du cyanure d'hydrogène mais en plus faible quantité que les matières plastiques.

De plus, dans certaines conditions, la combustion des matériaux organiques naturels et synthétiques peut produire de faibles quantités de monoxyde de carbone, un gaz inodore toxique.

Les feux de matériaux organiques doivent donc être placés sous une surveillance stricte. Lors d'incendie, les pompiers connaissent les risques qu'ils encourent et s'équipent alors d'un matériel performant afin de ne pas être gravement intoxiqués : ils utilisent des masques à gaz.

Il est donc fortement déconseillé de brûler des matériaux organiques synthétiques comme des sacs plastiques chez soi.





Pour un même combustible, le magnésium, existe-t-il différents comburants ?

Expérience n°1 :

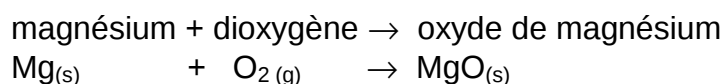
Dirige un morceau de ruban de magnésium, maintenu par une pince à combustion, dans la flamme bleue d'un bec bunsen.

Observations :

.....

Conclusion :

Il y a eu une réaction de combustion entre le magnésium et le dioxygène de l'air. Les particules blanches ainsi formées sont des particules d'oxyde de magnésium.



Dans le triangle de feu, qui est :



- Source d'énergie :
- Combustible :
- Comburant :

Expérience n°2 :

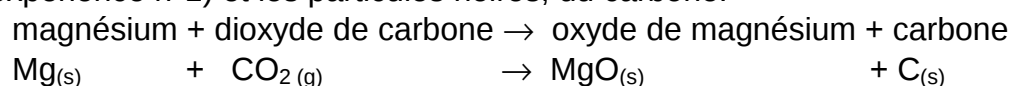
Plonge un morceau de ruban de magnésium enflammé, à l'aide d'une pince à combustion, dans un flacon rempli de dioxyde de carbone et ferme rapidement le flacon.

Observations :

.....

Conclusion :

Il y a eu une réaction de combustion entre le magnésium et le dioxyde de carbone. Les particules blanches sont des particules d'oxyde de magnésium (voir expérience n°1) et les particules noires, du carbone.



Dans le triangle de feu, qui est :

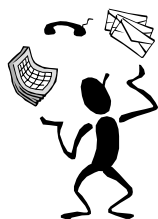


- Source d'énergie :
- Combustible :
- Comburant :

**Conclusion générale :**

Le dioxygène n'est pas le seul comburant.

Certains matériaux comme le magnésium brûlent aussi dans le dioxyde de carbone.



QUIZZ

Que risque-t-il de se passer si l'on essaie d'éteindre un incendie d'origine inconnue dans un laboratoire de chimie avec un extincteur au dioxyde de carbone ?

.....

.....

.....

.....

Reprenons l'expérience de la combustion de la laine de fer (voir p. 12) .



Les résidus formés sont-ils plus lourds ou plus légers que la laine de fer de départ ?

As-tu une idée de la réponse ?

.....

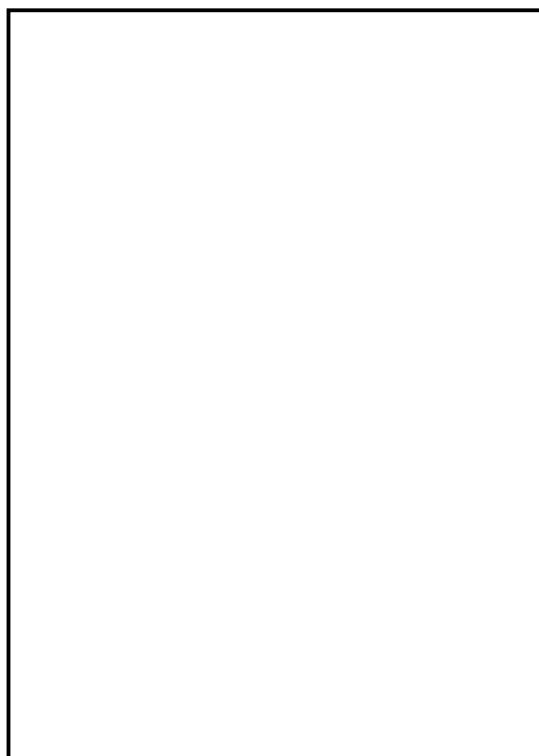
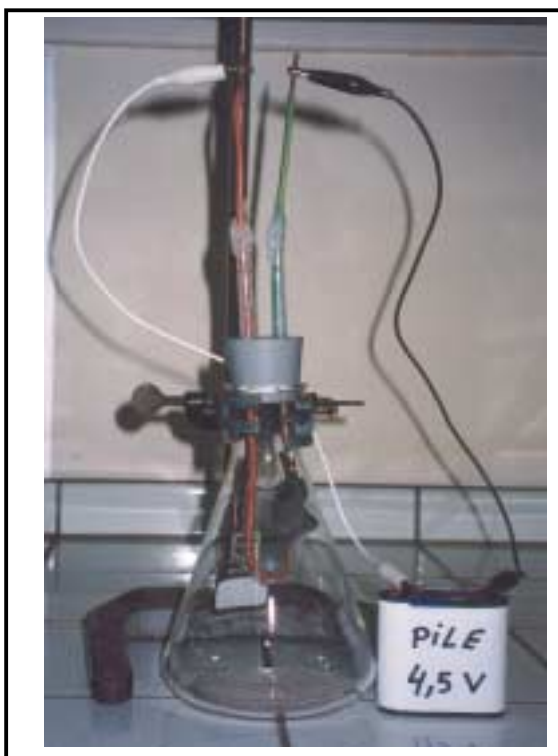
Vérifions ta proposition en réalisant la même expérience mais en modifiant le montage ainsi que les conditions expérimentales, afin de pouvoir répondre avec précision.

Voici tout le matériel dont nous aurons besoin :



- un erlenmeyer (de 500 ml)
- le bouchon en caoutchouc percé de 3 trous et muni de 2 fils électriques préparé préalablement par ton professeur
- 2 fils électriques munis de pinces crocodiles
- du sable
- 1 pile
- de la laine de fer (fine)
- une balance

Lorsque tu as fini de rassembler tout le matériel, schématise et réalise le dispositif expérimental d'après la photo ci-dessous :



Place environ 2 cuillères à soupe de sable au fond de l'erenmeyer (afin d'éviter l'incrustation de particules de fer en fusion dans le verre), accroche de la laine de fer à la pince crocodile traversant le bouchon à 3 trous mis à ta disposition et bouche l'erenmeyer avec celui-ci. Veille à ce que le trou laissé libre ne soit pas obstrué. Puis, pèse le dispositif que tu viens de réaliser.

Notons cette masse m_1 :

Ensuite, relie les fils électriques traversant le bouchon à une source de tension à l'aide de fils munis de pinces crocodiles à leurs extrémités. Ferme le circuit électrique en mettant en contact la laine de fer accrochée avec le deuxième fil électrique à l'intérieur de l'erenmeyer.

Note tes observations :

.....

Lorsque la réaction est terminée, déconnecte ton dispositif de la source de tension et pèse à nouveau celui-ci.

Notons cette masse m_2 :

Quelle est ta constatation ?

.....

A quoi est due cette augmentation de masse ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Imagine des expériences qui permettraient de vérifier tes hypothèses (mais attention, pour faire un test valide, un bon scientifique ne fait varier qu'un seul facteur, un seul paramètre à la fois) :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Réalisons quelques-unes des expériences de vérification :

✓ Expérience n°1 : Libération de l'air emprisonné

A l'aide d'une baguette de verre, desserre ce qui reste du tampon, secoue bien la baguette pour ne pas emporter du produit (ce qui fausserait les résultats) et pèse à nouveau le dispositif.

Note tes observations :

.....

Conclusion :

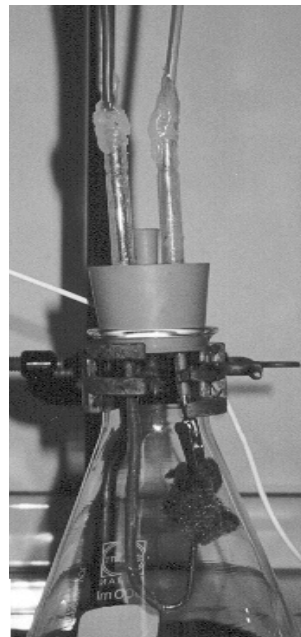
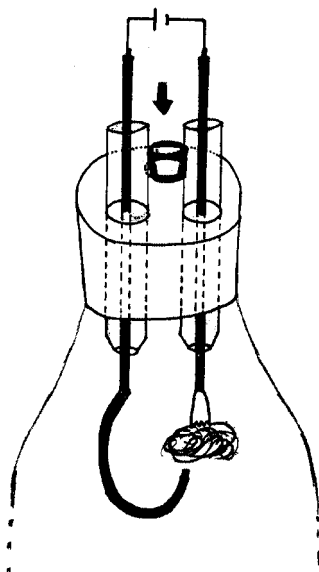
.....

.....

.....

✓ Expérience n°2 : Expérience en système fermé

Reprenons le même dispositif (voir page 19) mais bouchons l'erlenmeyer hermétiquement avec un petit bouchon comme indiqué ci-dessous :



Recommençons l'expérience :

Une fois le dispositif bien fermé, pèse-le avant de le relier à la source de tension . Notons cette masse m_1 :

Ensuite, ferme le circuit et note tes observations :

.....

Lorsque la réaction est terminée, déconnecte le dispositif de la source de tension et pèse à nouveau le dispositif.

Notons cette masse m_2 :

Quelle est ta constatation ?

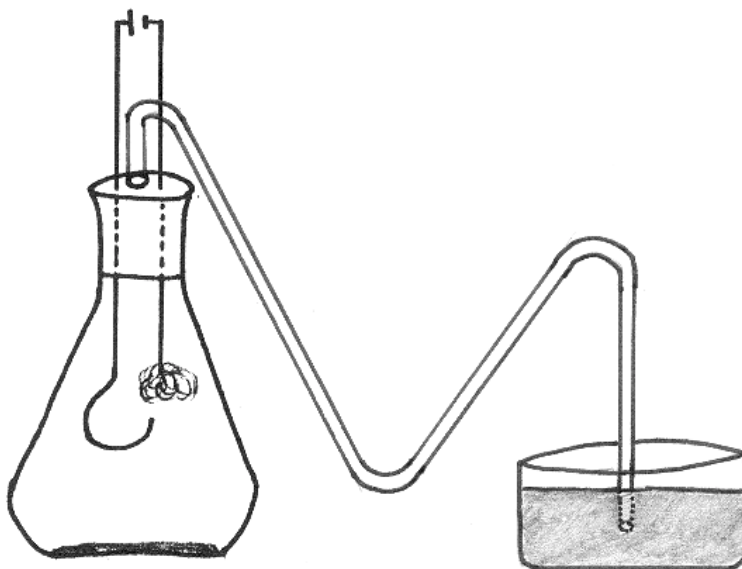
.....

Conclusion :

.....

✓ Expérience n°3 : Origine et nature de cette substance

Reprenons le dispositif fermé hermétiquement de l'expérience n°2 mais remplaçons le petit bouchon par une pipette pasteur reliée à un tuyau en plastique transparent plongeant dans une cuve d'eau comme indiqué sur le schéma suivant :



Recommençons l'expérience :

Une fois le dispositif mis en place, relie-le à la source de tension et note tes observations :

.....



Interprétation :

Un des constituants de l'air s'est combiné au fer et l'eau a pris sa place dans le dispositif.

Pour connaître la nature de ce constituant, réfléchissons :

L'expérience réalisée est une combustion, nous pouvons dès lors appliquer la théorie du triangle du feu :

Quel est le combustible utilisé ?

Quelle est la source d'énergie utilisée ?

Et que reste-t-il pour fermer le triangle ?

Quel est-il dans notre cas, en se souvenant que nous travaillons dans l'air ?



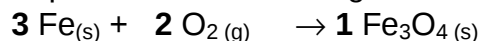
Conclusion générale :

- Il y a eu une réaction de combinaison entre le fer et le dioxygène de l'air pour former de l'oxyde de fer selon la réaction déjà rencontrée:

fer + dioxygène $\rightarrow$ oxyde de fer



- Lors de cette réaction, on a constaté une conservation de la masse : la masse des produits formés est égale à la masse des réactifs.



Au cours d'une réaction chimique, le nombre d'atomes de chacun des éléments se conserve.

La conservation de la masse au cours d'une réaction chimique a déjà été observée en 1772 par un chimiste français très connu : Antoine-Laurent de **Lavoisier**. C'est pourquoi, on lui a donné le nom de "**Loi de Lavoisier**".

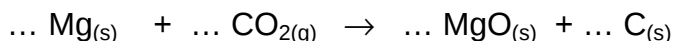
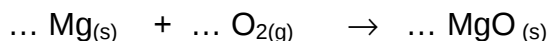
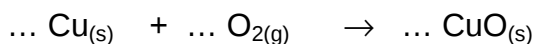
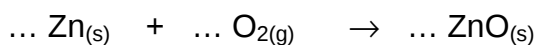
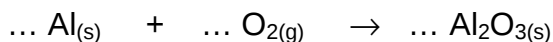
Enoncé de la loi de Lavoisier :

"Au cours d'une réaction chimique, la masse de l'ensemble des produits formés est égale à la masse de l'ensemble des réactifs."

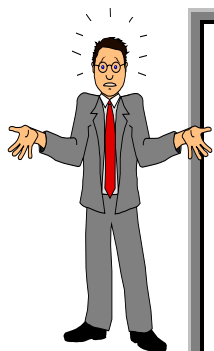


QUIZZ

En appliquant la loi de Lavoisier, complète les différentes équations chimiques des réactions vues précédemment :



Ce que tu viens de faire s'appelle une **pondération** d'équation.



Matière à réflexion

A l'air libre, la combustion d'un métal comme le fer, donne un résidu plus lourd que le métal initial. Si on réalise la combustion d'un morceau de bois, toujours à l'air libre, on remarque que les cendres sont plus légères que le morceau de bois initial. Cette observation va-t-elle à l'encontre de la loi de Lavoisier ? Explique ta réponse.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Qui était Antoine-Laurent de Lavoisier et comment a-t-il procédé pour découvrir sa loi ?

Biographie

Considéré comme le père de la chimie moderne, Antoine-Laurent de Lavoisier est né à Paris en 1743. Il appartenait à une famille aisée d'avocats, ce qui lui évitait tout souci matériel. Tout comme son père, il fut d'abord avocat mais très vite, il se sentit attiré par les sciences et délaissa le droit pour celles-ci. Après avoir suivi des cours de botanique et de chimie, en 1771, Lavoisier approfondit ses recherches en chimie et élabore les fondements de la chimie moderne.

Entre 1768 et 1791, Lavoisier occupe différents postes (régisseur à la régie des poudres, membre de la trésorerie nationale,...) et s'intéresse à plusieurs causes humanitaires (amélioration de l'état des prisons, du rendement de l'agriculture et de l'élevage,...).

En 1791, il est renvoyé de son poste de régisseur et est fait prisonnier par les Autorités (révolutionnaires) qui le condamnent et le guillotinent en 1794. Lavoisier amena l'ancienne alchimie vers une science "exacte" : la chimie.

Méthode de travail

Son objectif était de vérifier si la chimie en s'appuyant sur une expérimentation précise donne des résultats quantitatifs comparables à ceux utilisés en comptabilité.

Sa méthode est comparable à celle des comptables : on pèse tout, tout ce qui entre et tout ce qui sort de l'espace où a lieu la réaction. Bref, il réalise un bilan.

Instruments de travail

En 1772, les balances des chimistes n'étaient pas d'une très grande précision. Alors, Lavoisier poussa des fabricants parisiens à en concevoir de nouvelles.

Il en utilisa deux : la première possédait une précision de 25 mg pour une portée de 10 kg et la deuxième possédait une précision de 5 mg pour une portée de 600 g. Muni de telles balances (les plus précises de l'époque), Lavoisier fournit des données expérimentales très précises et très précieuses.

Découverte de la loi de conservation de la masse

En septembre 1772, Lavoisier se procure une once (30,5 g) de phosphore le plus pur existant. Il le calcine et vérifie le phénomène en élaborant un protocole d'expérience très précis.

D'abord, il pèse tout : le phosphore et la bouteille, puis le phosphore dans la bouteille qui est hermétiquement fermée et isolée du milieu extérieur par un manomètre à mercure.

Il met ensuite la bouteille sous une cloche de verre. A l'aide d'une grosse loupe, pour concentrer la lumière, il calcine le phosphore dont une partie s'en va en fumée et se condense en flocons.

Aussitôt le système refroidi, Lavoisier observe et mesure le niveau de mercure qui a monté dans la cloche. Il mesure l'écart et démonte le système. La bouteille a gagné environ 0,3 g lorsqu'il la pèse à nouveau.

Lavoisier se pose des questions : "D'où vient le supplément ? Vient-il de l'humidité de l'air ?"

Lavoisier n'y croit pas, mais il vérifie quand même. Il dilue dans de l'eau distillée les flocons d'acide phosphorique formés et pèse le tout, puis pèse le même volume d'eau distillée pure. L'écart de masse lui donne la quantité d'acide phosphorique obtenue : environ 0,6 g.

La seule explication possible est qu'une partie de l'air de la cloche a réagi. Pour en être sûr, Lavoisier refait l'expérience avec du soufre. Le résultat coïncide avec celui obtenu précédemment : la masse "d'acide vitriolique" obtenue est plus importante que celle du soufre et le volume d'air a diminué.

Maintenant, il est convaincu et conclut : "Cette augmentation de masse vient d'une quantité prodigieuse d'air qui se fixe pendant la combustion et se combine avec les vapeurs."

Il élucide alors le rôle de l'air dans les réactions de combustion. L'air fournit le dioxygène à la combustion, comme nous le savons aujourd'hui.



QUIZZ

Pourquoi la loi de Lavoisier, si simple, n'a-t-elle pas pu être énoncée plus tôt ?

.....

.....

.....

Pourquoi Lavoisier doit-il être considéré comme le père de la chimie moderne ?

.....

.....

.....



Existe-t-il des réactions entre des matériaux qui nous entourent et le dioxygène mais qui ne sont pas des combustions vives?

Commençons d'abord avec un métal : le fer.



Pour t'aider à répondre à la question, voici un petit indice :



Note ici ta réponse :

.....

Quels sont les facteurs favorisant cette réaction ?

.....

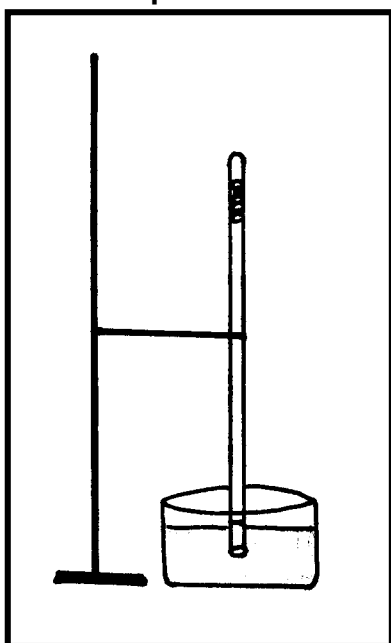
Vérifions tes propositions en réalisant cette petite expérience :

Matériel dont on a besoin :



- ✓ Trois fins (± 1 cm de diamètre) et longs (± 50 cm) tubes en verre fermés à une extrémité numérotés de 1 à 3
- ✓ Trois cristallisoirs
- ✓ De l'eau, de l'huile
- ✓ De la fine laine de fer
- ✓ Trois statifs munis d'une pince
- ✓ Une fine baguette
- ✓ Une seringue
- ✓ Un marqueur

Mode opératoire :



- Humidifie les parois intérieures des tubes n° 1 et 2 en injectant de l'eau à l'aide de la seringue.
- Place à l'aide de la fine baguette de la laine de fer dans le fond des tubes n° 1 et 3.
- Remplis 2 cristallisoirs d'eau et le troisième d'huile.
- Retourne les tubes n° 1 et 2 sur les cristallisoirs remplis d'eau et accroche chacun de ces 2 tubes à un statif (voir schéma).
- Retourne le tube n° 3 sur le cristallisoir rempli d'huile et accroche ce tube à un statif (voir schéma).
- Marque d'un trait de marqueur le niveau d'eau ou d'huile dans les tubes.
- Attends quelques jours en disposant le tout dans un endroit pas trop chaud et en étant toujours attentif.
- Note tes observations.

Observations :

.....

.....

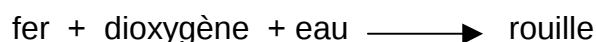
.....


Interprétation :

- Comme lors de la combustion, la montée de l'eau dans le tube traduit la disparition d'un des constituants de l'air. Ce constituant y est présent à environ 20 %; il peut donc s'agir du dioxygène.
- Le maintien du niveau d'eau dans le tube n°2 montre que le dioxygène ne s'est pas dissous dans l'eau.
- En absence d'eau, le fer ne rouille pas.


Conclusion :

La rouille est le produit d'une réaction lente entre le fer et le dioxygène en présence d'eau, appelée **réaction d'oxydation**.



En essayant de récupérer la laine de fer, que peux-tu remarquer en ce qui concerne la rouille ?

.....


Conséquence :

La couche de rouille ne protège pas le métal : la rouille progresse lentement dans le métal qui peut être alors totalement détruit.

Continuons avec les matériaux organiques



Observons quelques objets laissés par nos ancêtres égyptiens :



Torse d'une femme
2500 av. J.-C. (bois)



Morceau de papyrus
? (papyrus)



Vases
1140 av. J.-C. (verre)

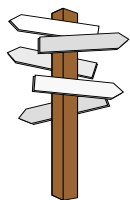
Ces objets (protégés de toute pollution) datent d'il y a très longtemps et sont toujours aussi beaux et intacts.

Et de nos jours, les matières plastiques comme les sacs plastiques, les bouteilles d'eau, et le verre comme les bocaux...qui sont jetés à l'état de déchets, que deviennent-ils ?



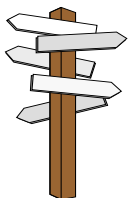
Que peux-tu tirer comme conclusion de toutes ces observations ?

.....
.....



III. Lexique

- ✓ **Atomes** : particules s'associant en vue de former une molécule et se conservant au cours d'une réaction chimique.
- ✓ **Brûler** : détruire par le feu.
- ✓ **Combustible** : matière qui brûle au contact du comburant.
- ✓ **Combustion** : réaction chimique d'un combustible brûlant en présence d'un comburant.
- ✓ **Comburant** : matière qui réagit avec le combustible en le faisant brûler.
- ✓ **Energie** : c'est ce qui n'est pas de la matière et qu'un objet peut donner à un autre pour qu'il le transforme ou l'utilise. L'énergie se présente sous diverses formes : énergie mécanique, énergie électrique, énergie thermique, énergie chimique, énergie nucléaire, énergie lumineuse, ...
- ✓ **Fondre** : amener un solide à l'état liquide sous l'action de la chaleur.
- ✓ **Oxydation** : réaction chimique entraînant une combinaison d'un corps avec le dioxygène.
- ✓ **Oxyde métallique** : produit d'une réaction d'oxydation ou de combustion d'un métal.
- ✓ **Polyéthylène** : matière plastique résultant de la polymérisation de l'éthylène.
- ✓ **Pyrotechnie** : science des explosifs ; technique de mise en œuvre des explosifs et des substances servant à produire des feux d'artifice.



IV. Annexes

Annexe n°1 : Rôle du dioxygène lors d'une combustion

De quoi est composé l'air ?

.....

.....

.....

Parmi tous ces composants, quel est celui nécessaire à la combustion ?

.....

La preuve par l'expérience : Plaçons un tison présentant un point incandescent dans un tube à essai enrichi en dioxygène.

Observation :

.....

Conclusion :

.....

.....

.....

Annexe n°2 : Fabrication de diverses substances ou solutions intervenant dans ce dossier

1. Comment préparer de l'eau de chaux ?

Usage : L'eau de chaux est utilisée pour détecter la présence de dioxyde de carbone. L'eau de chaux se trouble en présence de dioxyde de carbone.

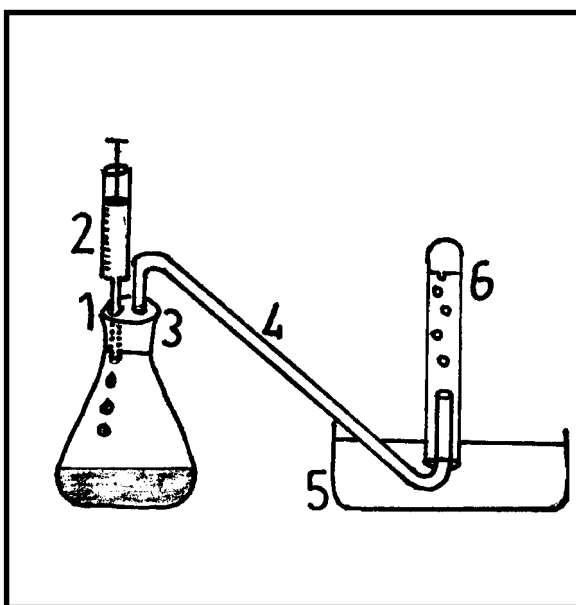
Préparation : Mélanger vigoureusement 5 g d'oxyde de calcium et 100 ml d'eau distillée. Laisser reposer quelques heures. Filtrer au moment de l'emploi.

Remarque : Cette solution peut se conserver plusieurs semaines au réfrigérateur.

2. Comment produire du dioxygène ?

Par réaction chimique entre une solution d'eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène) et une solution de permanganate de potassium.

Préparation : Réaliser le montage suivant afin de récolter le gaz :



Munir d'un bouchon à 2 trous, un erlenmeyer contenant une solution aqueuse acidifiée de permanganate de potassium.

Le premier trou¹ servira à introduire goutte à goutte la solution d'eau oxygénée².

Le second trou³ est connecté à un tube en plastique⁴ plongeant dans une cuve remplie d'eau⁵. L'extrémité libre du tube se trouve dans une éprouvette⁶ remplie d'eau et retournée dans la cuve remplie d'eau.

Une fois le dispositif réalisé, verser avec précaution la solution d'eau oxygénée dans l'erlenmeyer rempli de la solution aqueuse de permanganate de potassium et recueillir le gaz.

Remarque : Assurez-vous de l'étanchéité du dispositif.

3. Comment produire du gaz carbonique ?

Vous avez 2 possibilités : l'une chimique et l'autre "commerciale".

- ✓ D'un point de vue chimique : il s'agit de reprendre le montage de la préparation du dioxygène. De placer dans l'erlenmeyer une roche calcaire ou du carbonate de calcium et d'y verser par le premier trou une solution de chlorure d'hydrogène.

- ✓ D'un point de vue "commercial" : il s'agit de vous renseigner auprès de certains magasins du jour de livraison des produits surgelés. Ceux-ci sont souvent transportés par des camions frigorifiques réfrigérés à l'aide de carboglace c'ad de dioxyde de carbone solide. Certains commerçants donnent gratuitement ces morceaux de carboglace.
(Attention, ces morceaux ont une température d'environ moins 80 °C).