

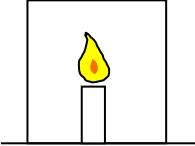
## Chapitre 4 : Les combustions

### I. Que faut-il pour réaliser une combustion ?

Le feu a pris dans un laboratoire de chimie. Une bombonne de butane, laissée entrouverte, a pris feu à la suite d'une étincelle provoquée par un court-circuit électrique. Tu es le premier pompier sur les lieux et dois éteindre l'incendie. Tu remarques trois détails : 1. Le robinet de la bouteille de gaz est accessible sans devoir risquer ta vie. 2. Un seau d'eau froide se trouve à côté de la porte du laboratoire 3. Le laboratoire ne dispose pas de fenêtre et sa porte ferme hermétiquement.

#### Document 1 – Une expérience simple

On enferme une bougie allumée sous un bécher.



*Observation* : Au bout d'un moment, la bougie s'éteint.

*Remarque* : A la fin de l'expérience, si on enferme un oiseau dans le bécher, il mourra car il ne pourra plus respirer.

Document 2 – Chaleur dégagée par différents combustibles (Lors d'une combustion, le combustible est l'élément qui brûle.)

| Combustible           | Chaleur dégagée (en kJ/kg) |
|-----------------------|----------------------------|
| Bois sec              | 31 000                     |
| Alcool à brûler       | 25 000                     |
| Mazout                | 46 000                     |
| Essence               | 50 000                     |
| Gaz naturel (méthane) | 40 000                     |
| Butane                | 125 000                    |

#### Document 3 – Le triangle du feu

Le triangle du feu est un schéma qui représente les trois éléments indispensables à la réalisation d'une combustion. Si l'un de ses éléments manque ou est supprimé, la combustion s'arrête.



- 1) Quel gaz est indispensable la réalisation d'une combustion d'après l'observation du document 1 ? Justifie.
- 2) Qu'est-ce que le triangle du feu ? Quels sont les trois éléments du triangle du feu mis en jeu dans l'incendie du laboratoire ? Pourquoi cet incendie est-il particulièrement dangereux (document 2) ?
- 3) Qu'arrive-t-il au combustible et au comburant lors de la combustion ?
- 4) En t'aidant des questions précédentes, propose trois méthodes pour éteindre le feu dans le laboratoire de chimie. (Deux méthodes sont quasi-instantanées, la troisième est un peu plus longue.) Précise à chaque fois sur quel élément du triangle du feu tu agis.

1) D'après l'expérience présentée sur le document 1, le dioxygène est indispensable à une combustion. La bougie s'éteint lorsque tout le dioxygène a été consommé. Comme il n'y a plus alors de dioxygène dans le bécher, un oiseau ne peut y survivre.

2) Le triangle du feu est un schéma qui présente les trois éléments indispensables à la réalisation d'une combustion : Combustible (ce qui brûle), comburant (ce qui fait brûler) et énergie d'activation (ce qui démarre la combustion).

Dans notre exemple, le combustible est le butane, le comburant est le dioxygène de l'air, et l'énergie d'activation provient de l'étincelle créée par le court-circuit électrique.

Cet incendie est particulièrement dangereux car parmi les combustibles proposés par le document 2, le butane est le combustible qui dégage le plus de chaleur.

3) Lors d'une combustion, le combustible et le comburant sont consommés, ils disparaissent.

- 4) 1. On peut fermer le robinet de la bombonne de gaz. (On limite la quantité de combustible.)
2. On peut jeter de l'eau sur les flammes. (On refroidit le feu et on peut réussir à enlever l'énergie d'activation.)
3. On ferme la porte. (Une fois que tout le dioxygène de la pièce aura été consommé, il n'y aura plus de comburant, et la combustion s'arrêtera.)

## II. Combustion du carbone

Quel drapeau ? Chine. Pourquoi parle-t-on de la Chine ? On dit qu'ils polluent. Pourquoi ? Centrales au charbon.

Pourquoi les centrales au charbon, comment ça marche ? Comment on pourrait polluer ? En dégageant du  $\text{CO}_2$ .

Pourquoi les centrales au charbon contribuent-elles à l'effet de serre ?

### Document 1 – Centrales au charbon



Une centrale au charbon est une centrale électrique qui utilise l'énergie libérée par la combustion du charbon pour produire de l'électricité.

La combustion est réalisée dans une chaudière. Le charbon (carbone presque pur) est le combustible, et le dioxygène de l'air est le comburant. Lorsqu'on ajoute du charbon dans la chaudière, la combustion déjà en cours sert d'énergie d'activation. Une arrivée d'air est prévue pour alimenter la chaudière en dioxygène.

### Document 2 – Effet de serre

L'effet de serre, qui permet de réguler la température à la surface de la Terre, a augmenté de manière inquiétante au cours du XX<sup>e</sup> siècle. Cette augmentation est due à la production de plus en plus importante par les activités humaines de gaz à effets de serre, le plus connu étant le dioxyde de carbone. D'où l'importance de limiter nos émissions de dioxyde de carbone pour enrayer le réchauffement climatique.

### Document 3 – Identifier le dioxyde de carbone

On peut identifier le dioxyde de carbone avec de l'eau de chaux. L'eau de chaux, liquide transparent et incolore, se trouble (devient légèrement blanche) lorsqu'elle entre en contact avec le dioxyde de carbone, à cause de la formation d'un précipité blanc.

- 1) Quel problème chimique doit-on résoudre pour répondre à la question posée ?
- 2) Proposez une expérience pour résoudre ce problème. Schématisez votre expérience.

Réalisation de l'expérience.

- 3) **Observation** : Qu'observez-vous lors de l'expérience. **Interprétation** : Que pouvez-vous en déduire ?
- 4) **Conclusion** : Que peut-on dire sur la combustion du charbon. Répondez au problème posé.

### 1) Problème chimique à résoudre

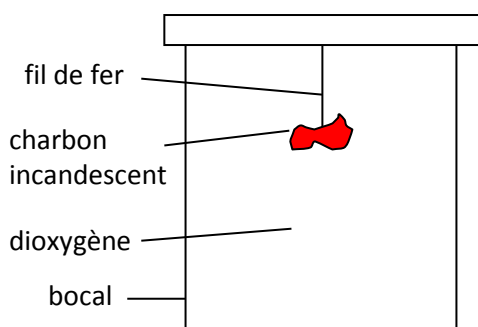
On aimerait savoir si la combustion du charbon (carbone) produit du dioxyde de carbone.

### 2) Expérience réalisée

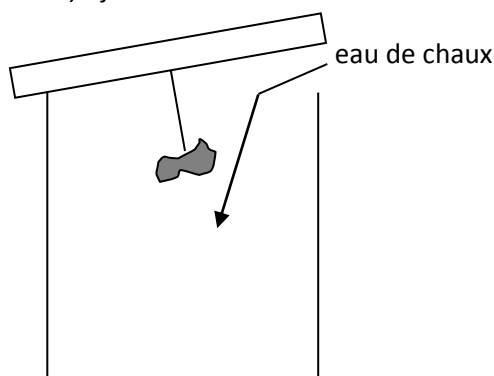
On réalise la combustion du charbon dans un bocal rempli de dioxygène pur, plutôt que dans l'air pour que la combustion soit plus facile. On laisse le charbon brûler jusqu'à ce qu'il s'éteigne (par manque de charbon ou par manque de dioxygène).

Puis on ajoute de l'eau de chaux dans le bocal, pour tester la présence de dioxyde de carbone après combustion.

a) Combustion du charbon



b) Ajout d'eau de chaux



### 3) Observation et interprétation

**Observation** : Qu'arrive-t-il à l'eau de chaux ? L'eau de chaux se trouble.

**Interprétation** : A la fin de la combustion, le bocal contient du dioxyde de carbone (qui a donc été formé lors de la combustion).

### 4) Conclusion et résolution du problème

Le carbone (charbon) brûle dans l'air avec le dioxygène (le carbone et le dioxygène disparaissent, sont consommés) pour former un nouveau produit : le dioxyde de carbone.

Pourquoi les centrales au charbon contribuent-elles à l'effet de serre ? Les centrales au charbon contribuent à l'effet de serre, car elles produisent du dioxyde de carbone.

### III. Nature et propriétés des combustions

#### 1) Transformation chimique

Au cours d'une **transformation chimique**, certains composants disparaissent (sont consommés). On les appelle les **réactifs**. Ils se « combinent » pour faire apparaître d'autres composants, appelés les **produits**.

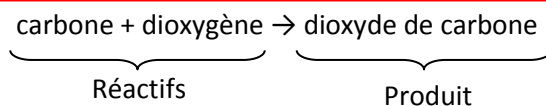
Une combustion est un exemple de transformation chimique.

**Exemple** de la combustion du carbone :

Réactifs : - Carbone (combustible)  
- Dioxygène (comburant).  
Produit : Dioxyde de carbone.

Dans une combustion, les réactifs sont le combustible et le comburant.

Bilan de la combustion du carbone :



#### 2) Exemples : Combustion du fer, de l'aluminium ou du magnésium

Quelques exemples surtout pour identifier réactifs et produits et pour s'entraîner à écrire un bilan de transformation chimique. Réaliser devant eux la combustion du fer, leur montrer la vidéo de la combustion du magnésium :

<http://www.youtube.com/watch?v=oyDi4c8a9VE>

Le fer brûle dans le dioxygène de l'air pour former des oxydes de fer.

Réactifs : Fer (combustible),  
Dioxygène (comburant) ;  
Produits : Oxydes de fer.  
**Bilan :** Fer + dioxygène → oxydes de fer

L'aluminium brûle dans le dioxygène pour former de l'oxyde d'aluminium.

Réactifs : Aluminium (combustible),  
Dioxygène (comburant) ;  
Produits : Oxyde d'aluminium.  
**Bilan :** aluminium + dioxygène → oxyde d'aluminium

Le magnésium brûle dans le dioxygène en émettant une intense lumière blanche, pour former de l'oxyde de magnésium.

Réactifs : magnésium (combustible),  
Dioxygène (comburant) ;  
Produits : Oxyde de magnésium.  
**Bilan :** magnésium + dioxygène → oxyde de magnésium

Chaque combustion s'accompagne d'une flamme ou au moins d'une incandescence (c'est-à-dire de lumière, ou plus précisément d'une libération d'énergie lumineuse) et d'un dégagement de chaleur (c'est-à-dire d'une libération d'énergie thermique).

#### 3) Libération d'énergie

Les combustions libèrent de l'énergie sous forme de chaleur et de lumière (flamme, incandescence, « flash » du magnésium).

## IV. Combustion du butane

Aujourd'hui **Les Experts**, c'est vous !

Vous avez deux suspects dans une affaire d'incendie criminel.

L'un, Bob, a acheté du charbon récemment (utilisé dans les barbecues), l'autre, Jack, du butane (gaz utilisé notamment dans les gazinières). En analysant la scène de crime, on retrouve des traces de dioxyde de carbone et aussi d'eau.

Pour résoudre cette affaire, on va étudier la combustion du butane contenu dans un briquet.

Dans le briquet, le butane est liquide, mais sous l'effet de la pression, il se vaporise à la sortie, où on l'enflamme.

### 1) Analyse de la combustion étudiée

Dans la combustion du butane contenu dans un briquet,

Quel est le combustible ? Le combustible est le butane. Quel est le comburant ? Le comburant est le dioxygène.

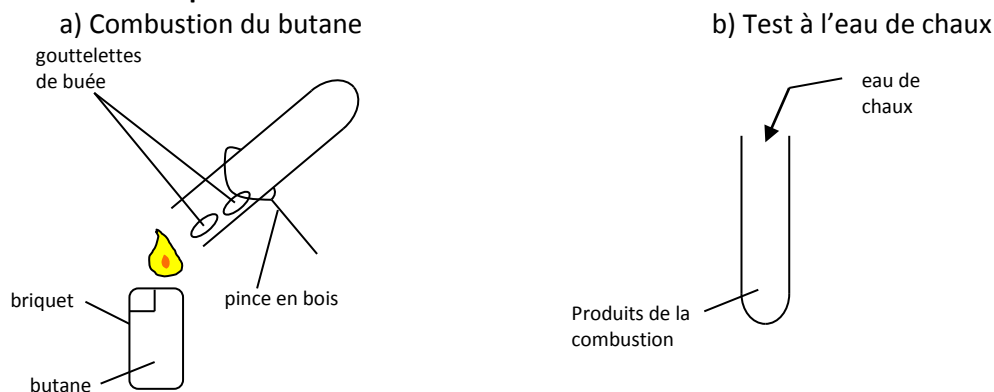
D'où vient l'énergie d'activation ? L'énergie d'activation vient de la pierre du briquet qui crée une étincelle.

### 2) Identification du dioxyde de carbone

Comment vérifier si la combustion du butane produit du dioxyde de carbone ? En ajoutant de l'eau de chaux. L'eau de chaux se trouble en présence de dioxyde de carbone.

Pour des raisons techniques, on n'utilisera pas de sulfate de cuivre anhydre pour identifier la production d'eau. On se contentera d'observer attentivement les parois du tube à essai utilisé pour recueillir les produits de la combustion.

### 3) Schémas de l'expérience et observations



### Observations et interprétations

✚ Qu'observez-vous sur les parois du tube à essai ? On observe de la buée sur les parois du tube à essai.  
Qu'est-ce que cela signifie ? Que la combustion du butane produit de l'eau.

✚ Qu'arrive-t-il à l'eau de chaux ? L'eau de chaux se trouble.  
Qu'est-ce que cela signifie ? Que la combustion du butane produit du dioxyde de carbone.

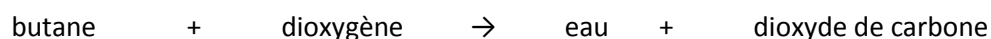
### 4) Bilan de la combustion et arrestation du coupable

Quels sont les réactifs de la combustion du butane ? Les réactifs sont le butane et le dioxygène.

Quels sont les produits de la combustion du butane ? Les produits sont l'eau et le dioxyde de carbone.

La combustion du butane est un nouvel exemple de transformation chimique : Le butane (gaz) brûle dans l'air avec le dioxygène pour former deux nouveaux produits : l'eau et le dioxyde de carbone.

**Bilan de la combustion du butane :** (En fait appelée *combustion complète* du butane, donnant une flamme bleue.)



**Remarque :** La combustion complète du méthane et du propane (deux autres gaz), donne les mêmes produits.

Puisqu'on a détecté des traces d'eau et de dioxyde de carbone sur la scène de crime, qu'est-ce qui a brûlé ? Et donc, qui est coupable ? Aux vues des produits détectés, c'est du butane qui a brûlé. Le coupable de notre incendie est Jack.

## V. Dangers liés aux combustions

Etude de documents présentant certains dangers des combustions.

### 1) Dangers des combustions incomplètes

Combustion incomplète du butane : Lorsque le débit de butane est trop important, il ne peut pas brûler entièrement, on a une combustion incomplète, caractérisée par une flamme jaune, qui produit toujours de l'eau et du dioxyde de carbone, mais produit en plus du carbone (traces noires), et du **monoxyde de carbone** (gaz inodore, incolore et MORTEL). Le monoxyde de carbone remplace progressivement le dioxygène sur les globules rouges sur lesquels il se fixe. Or le dioxygène est indispensable au fonctionnement de toutes les cellules de l'organisme. Le monoxyde de carbone asphyxie donc peu à peu l'organisme.

Une personne intoxiquée au monoxyde de carbone ressent tout d'abord de la fatigue, des vertiges et des maux de tête, puis apparaissent nausées et vomissements, ensuite la personne est prise de somnolence, ce qui l'empêche de réagir. Les intoxications, parfois mortelles, au monoxyde de carbone sont le plus souvent dues à des appareils de chauffage mal réglés ou des appartements mal aérés. Il est nécessaire d'avoir des pièces bien ventilées, de ne pas boucher les aérations des appartements et de bien entretenir tous les appareils de chauffage : cheminée, chauffe-eau, chaudière... »

(a) Quand une combustion incomplète se produit-elle ? Une combustion incomplète (du butane) se produit lorsque le débit de butane est trop important par rapport à la quantité de dioxygène disponible. La flamme est jaune.

(b) Ecris le bilan de la combustion incomplète du butane.

Butane + dioxygène → dioxyde de carbone + eau + carbone + monoxyde de carbone

(c) Quel gaz résultant des combustions incomplètes est dangereux ? Le monoxyde de carbone est un gaz mortel.

(d) Comment agit-il sur l'organisme ? Il se fixe sur les globules rouges dans le sang et remplace les molécules de dioxygène qui auraient dû s'y fixer, ce qui asphyxie l'organisme.

(e) Comment peut-on se protéger contre les intoxications au monoxyde de carbone ? En aérant souvent les pièces de son logement et en faisant vérifier régulièrement les appareils qui utilisent des combustions (chaudière, etc.).

### 2) Combustions explosives

**Conditions propices à une explosion - Un mélange air-gaz qui devient explosif :**

Tous les gaz inflammables sont explosifs dès lors que leur mélange dans l'air atteint une certaine concentration. Pour le gaz naturel (méthane), ce mélange se situe entre 5 et 15 % de gaz dans l'air ambiant. Elle est comprise entre 1,8 et 8,8 % pour le gaz butane et entre 2,4 et 9,3 % pour le gaz propane. (D'où les dangers des fuites de gaz.) En dessous de la limite inférieure et au dessus de la limite supérieure, il n'y a pas de risque d'explosion.

**Une étincelle suffit :** Quand ce mélange air/gaz explosif est atteint, une étincelle suffit. Le simple fait de mettre en route une machine à laver, de décrocher son téléphone, y compris un téléphone portable, d'allumer la lumière ou une cigarette est suffisant pour que l'explosion se produise.

Extrait du site <http://clg-blois-vienne-blois.tice.ac-orleans-tours.fr/eva/spip.php?article26>

(a) Dans quelles conditions un gaz devient-il explosif ? Un gaz devient explosif dès lors que son mélange dans l'air atteint une certaine proportion.

(b) Qu'est-ce qui peut alors provoquer l'explosion ? A quoi cela correspond-il dans le triangle du feu ? N'importe quelle étincelle est alors suffisante pour provoquer l'explosion. L'étincelle correspond à l'énergie d'activation dans le triangle du feu.