



# Chimie 4<sup>o</sup>



## Chapitre n<sup>o</sup>3:

# Qu'est-ce que brûler ? Étude de combustions



## >T.P. n°1: Que faut-il pour brûler ?

>Sécurité: Cheveux longs attachés, blouse en coton, paillasse dégagée, calme.

### >Situation du problème:

Vous disposez d'une bougie allumée. Comment faire pour l'éteindre sans souffler dessus ni la toucher ?

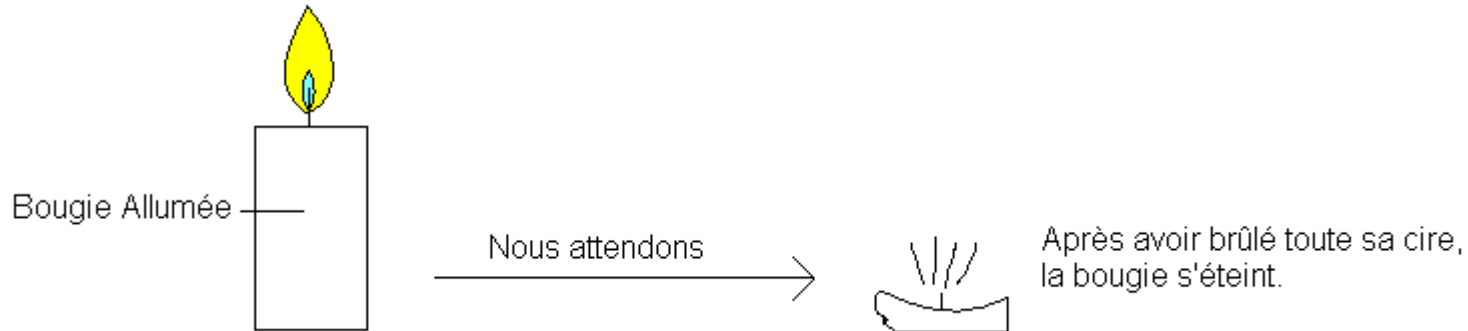


Vous pourrez demander du matériel complémentaire au professeur et vous réaliserez un **schéma légendé** de votre solution et indiquerez **vos observations**.

## >T.P. n°1: Que faut-il pour brûler ?

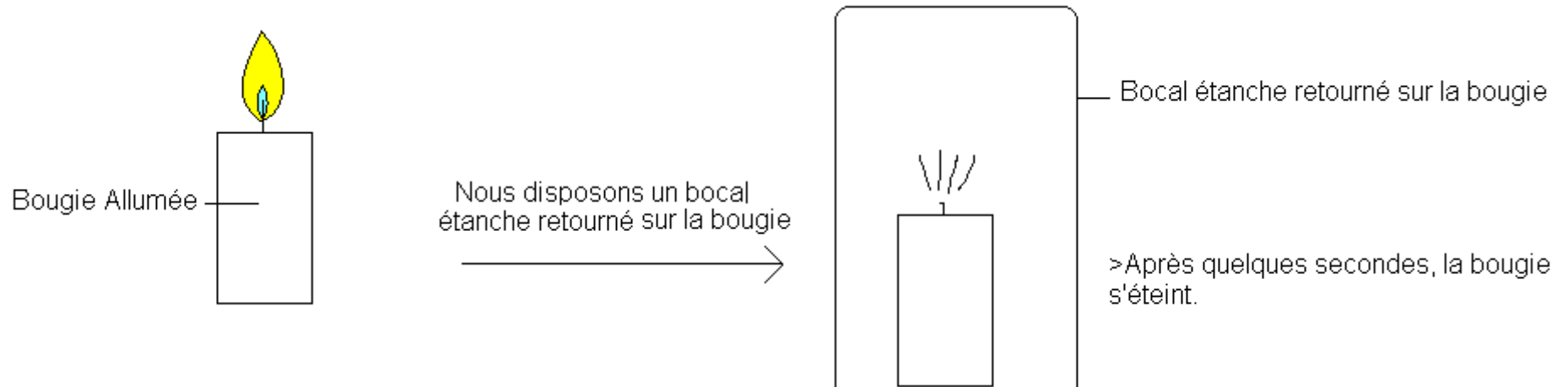
### >Solution n°1:.

Nous laissons la bougie brûler entièrement: lorsqu'il n'y a plus de cire, celle-ci s'éteint !



### >Solution n°2:

Nous disposons un bocal étanche retourné sur la bougie allumée:



## >T.P. n°1: Que faut-il pour brûler ?

### >Interprétation:

**Pourquoi la bougie s'éteint-elle lorsqu'il n'y a plus de cire ?**

Toute combustion nécessite un combustible: quelque chose à faire brûler.

Exemples: le bois, le fioul, la cire, etc.

**Pourquoi la bougie s'éteint-elle lorsque nous plaçons un bocal retourné dessus ?**

Pour se réaliser, une combustion nécessite de l'air qui doit être renouvelé.

**Règle de sécurité n°1: Une combustion doit toujours se faire dans un endroit ventilé.**

**Dans un endroit clos, il y a risque d'asphyxie.**

## >T.P. n°1: Que faut-il pour brûler ?

>Quel est le gaz, présent dans l'air indispensable à la combustion ?:

Hypothèse:

Le gaz indispensable à la combustion est le dioxygène (1/5 de l'air).

Comment le montrer (vérifier notre hypothèse) ?

Expérience n°1: On réalise la combustion de la bougie sous le bocal en présence d'une sonde à dioxygène :

## >T.P. n°1: Que faut-il pour brûler ?

### >Quel est le gaz, présent dans l'air indispensable à la combustion ?:

Expérience n°2: On introduit une bûchette incandescente dans un flacon contenant du dioxygène pur:



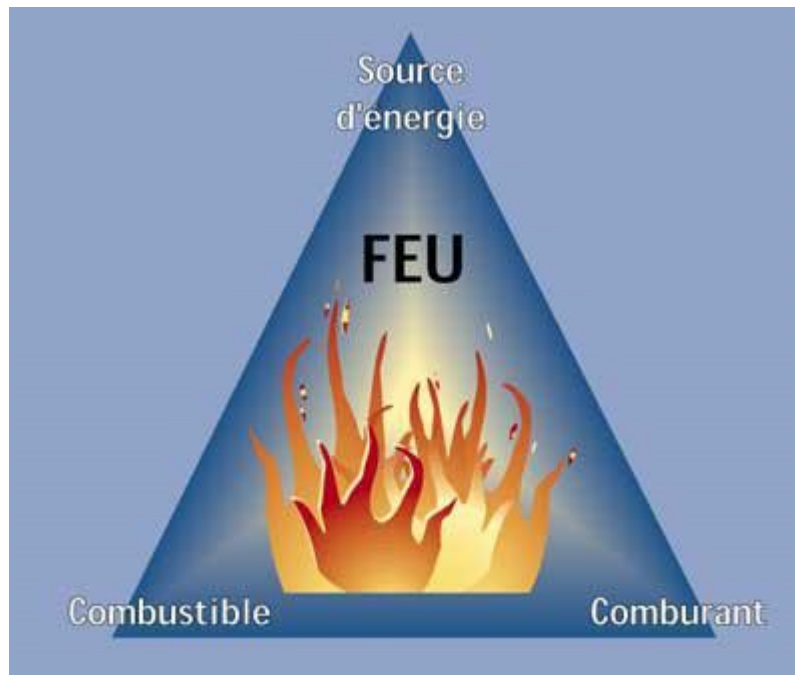
>La bûchette se rallume vivement en présence de dioxygène. Le dioxygène est « consommé » par la combustion: lorsqu'il n'y en a plus la bûchette reste incandescente.

## >T.P. n°1: Que faut-il pour brûler ?

### >Conclusion:

Pour brûler, trois éléments doivent être présents simultanément :

- Un combustible:** ce qui brûle (bois, cire, charbon, etc.)
- Un comburant :** ce qui permet de brûler (dioxygène de l'air)
- Une source de chaleur** (énergie d'activation, flamme, étincelle, etc.)



# Documents

## Combustibles et quantité de chaleur...



► La **chaleur** dégagée par les combustions (**fig. 1**) trouve de nombreuses applications dans le quotidien. Par exemple, la combustion du méthane (gaz de ville), du fuel, du charbon (**fig. 2**), ou du bois produit **l'énergie thermique** nécessaire au chauffage des habitations. Lorsque le propane ou le butane brûlent dans les cuisinières, la chaleur produite sert à la cuisson des aliments.



**fig. 1** Feu de cheminée.



**fig. 2** Extraction de charbon dans une galerie souterraine.



- Mais tous les **combustibles** ne dégagent pas la même **quantité de chaleur**; on peut les classer suivant leur pouvoir calorifique (**fig. 3**).

Pouvoir calorifique		
Combustibles gazeux	méthane	358 400 kJ/m <sup>3</sup>
	propane	93 550 kJ/m <sup>3</sup>
	butane	123 660 kJ/m <sup>3</sup>
Combustibles liquides	fuel domestique (gazole)	41 930 kJ/kg
	octane (utilisé dans l'essence)	44 750 kJ/kg
Combustibles solides	charbon	34 900 à 36 990 kJ/kg
	bois humide (30 % d'humidité)	11 700 kJ/kg
	bois sec	18 180 kJ/kg

**fig. 3** Pouvoir calorifique de différents combustibles.

- Le pouvoir calorifique représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1 m<sup>3</sup> de combustible gazeux ou de 1 kg de combustible liquide ou solide, à la pression atmosphérique. Il est exprimé en kilojoule par mètre cube (kJ/m<sup>3</sup>) pour les gaz ou en kilojoule par kilogramme (kJ/kg) pour les solides et les liquides.

## Remarques

- 1 kilojoule = 1000 joules
- Il faut 4,18 joules pour élever de 1 °C la température de 1 g d'eau.

## Questions

- 1 Quel est l'intérêt majeur des combustions dans la vie quotidienne ?
- 2 Qu'est ce que le pouvoir calorifique d'un combustible ?
- 3 Combien de kilojoules libèrera la combustion complète de 1 kg de fuel domestique ?
- 4 Pourquoi faut-il mieux brûler du bois sec que du bois humide ?

# Triangle du feu et la lutte contre l'incendie

► Une **combustion** ne peut se produire que si l'on réunit trois éléments : un combustible, un comburant, une énergie d'activation. On représente de façon symbolique cette association par le **triangle du feu** (fig. 6).

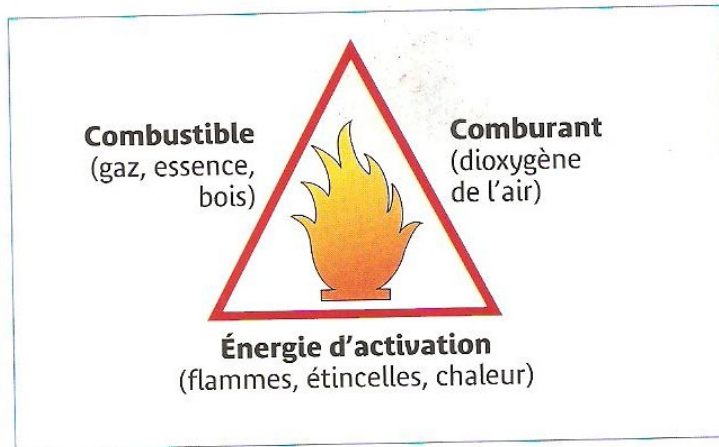


fig. 6 Le triangle du feu.

► Le **combustible** peut être un solide (bois, papier, tissu, matière plastique...), un liquide (essence, gazole, huile, biocarburant...), un gaz (méthane ou « gaz de ville », butane, propane) ou un mélange de différents corps.

Le **comburant** est, la plupart du temps, le dioxygène de l'air.

L'**énergie d'activation** est le déclencheur du feu. Ce sera, par exemple, la flamme d'une allumette, l'étincelle produite par un allume-gaz ou par un interrupteur que l'on ferme, un câble électrique qui s'échauffe...

Quelle que soit son origine, l'énergie d'activation se manifeste par un apport de chaleur.

► La **prévention** contre l'incendie exige que les trois éléments ne soient jamais réunis c'est-à-dire que le triangle n'existe pas.

Par exemple, les liquides inflammables (alcool, essence...) seront placés dans des récipients fermés, loin des sources de chaleur.

► Si, malgré les précautions d'usage, un incendie survient, l'**extinction** consiste à rompre le triangle en supprimant l'un de ses trois côtés.

Ainsi, dans une cuisine, si de l'huile surchauffée s'enflamme (fig. 7), les consignes à suivre sont les suivantes :

- éteindre la cuisinière,
- étouffer les flammes avec un torchon humide ou un couvercle,
- éloigner ensuite le plat de la cuisinière.

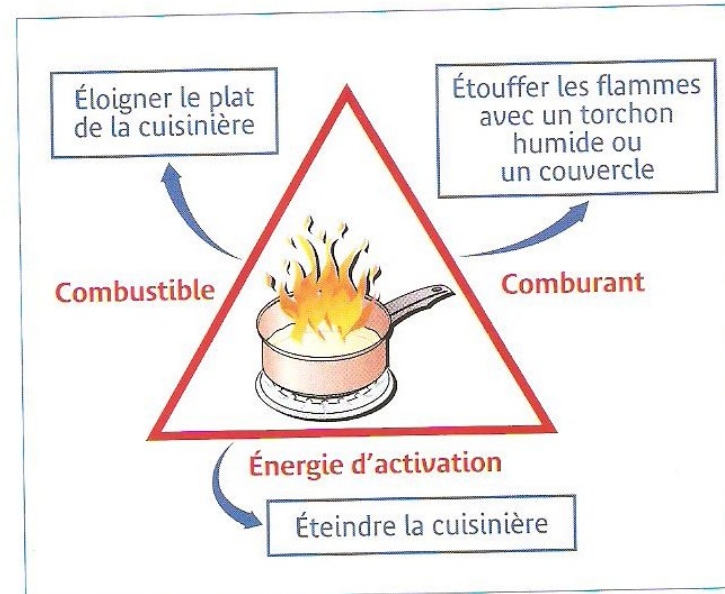
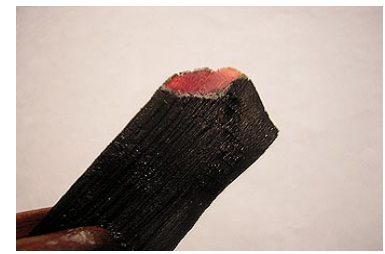


fig. 7

# Questions

- 1 Rappelle les trois éléments indispensables à toute combustion ?
- 2 Pourquoi peut-on représenter une combustion par « le triangle du feu » ?
- 3 La plupart des incendies domestiques naissent dans les cuisines. Justifie.
- 4 Si le contenu d'une casserole s'enflamme, montre que chaque consigne à suivre vise à éliminer un des côtés du « triangle du feu ».

## >T.P. n°2: La combustion du carbone.



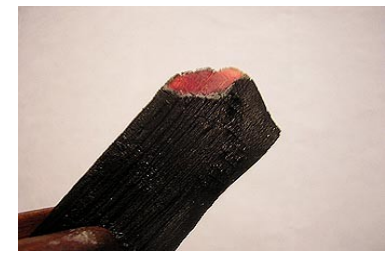
**>Sécurité:** Cheveux longs attachés, blouse en coton, paillasse dégagée, calme.

**>Objectifs:** Émettre et tester la validité d'hypothèses argumentées pour déterminer quelles sont les transformations chimiques se produisant lors de la combustion d'un morceau de carbone.

### **1-Réaliser et observer la combustion du carbone:**

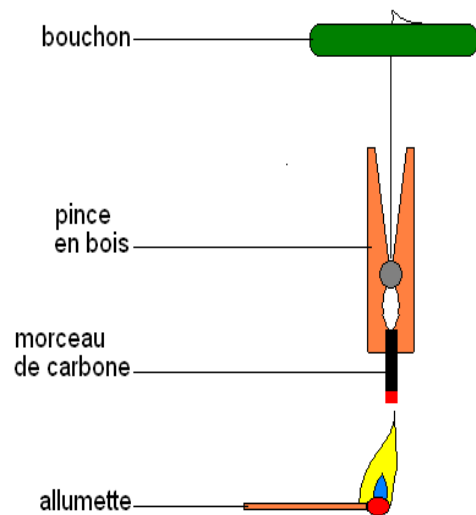
-Placez le morceau de carbone, quelques instants, dans une flamme. Le carbone brûle-t-il bien dans l'air ?

## >T.P. n°2: La combustion du carbone.

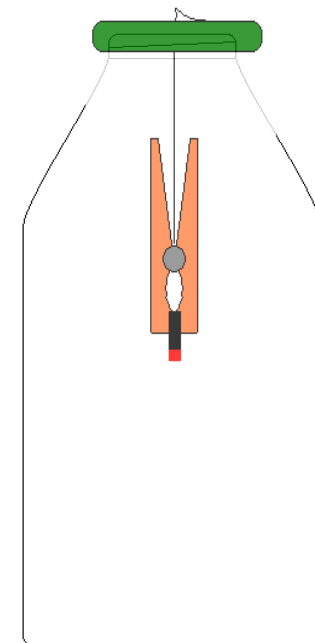


-Suspendez le morceau de carbone à la pince en bois attachée au bouchon du bocal mis à votre disposition.

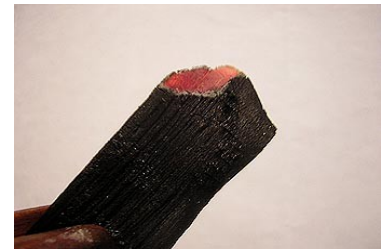
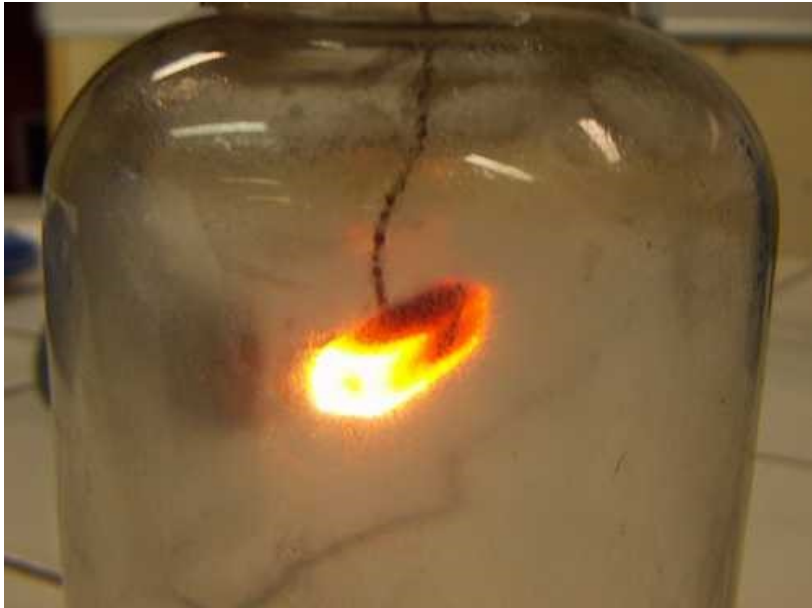
-Rendez incandescente l'extrémité du morceau de carbone puis introduisez-le dans le bocal contenant du dioxygène pur.



On introduit le morceau de carbone incandescent dans un flacon plein de dioxygène pur.



## >T.P. n°2: La combustion du carbone.



Le morceau de carbone brûle vivement : de petites flammes apparaissent et il se dégage beaucoup de chaleur (énergie thermique).

Après combustion, on observe que le morceau de carbone a fortement rétréci :



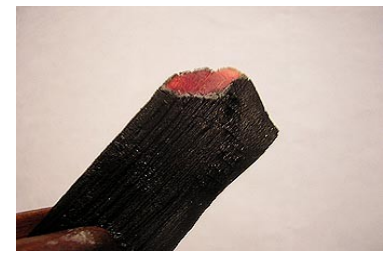
## >T.P. n°2: La combustion du carbone.

### 2-Comprendre l'expérience réalisée:

#### >Partie n°1: Qu'arrive-t-il au dioxygène lors de la combustion ?

>Émettre une hypothèse argumentée:

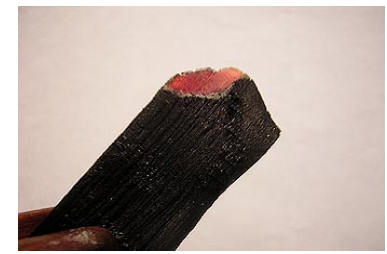
A votre avis pourquoi le morceau de carbone cesse-t-il de brûler après quelques instants ? Argumentez votre réponse.



Compétence du socle: Proposer une hypothèse argumentée / R3



## >T.P. n°2: La combustion du carbone.



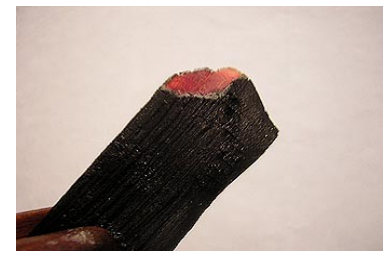
>-Proposer une expérience pour valider ou invalider l'hypothèse émise:

-Quelle(s) expérience(s) pensez-vous réaliser pour tester votre hypothèse ?

-Y a-t-il des précautions (sécurité, soin, etc.) particulières à prendre ?

Compétence du socle: Imaginer un moyen de tester la validité d'une hypothèse / R4

## >T.P. n°2: La combustion du carbone.



>-Réalisation de l'expérience::

Après vérification du professeur et distribution du matériel, réalisez l'expérience que vous avez proposée.

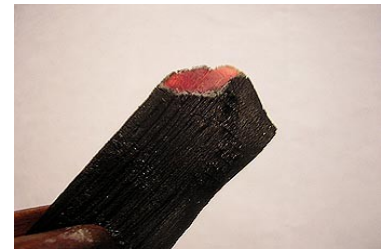
**>-Observations:**

**>-Conclusion n°1:**

-Votre hypothèse est-elle validée ou invalidée ? Justifiez.

-Quelle est la conclusion de votre expérience ?

## >T.P. n°2: La combustion du carbone.



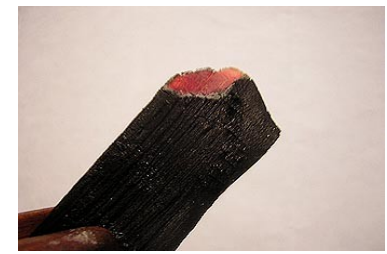
### >Partie n°2: Qu'arrive-t-il au carbone lors de la combustion ?

#### >Émettre une hypothèse argumentée:

A votre avis pourquoi le morceau de carbone a-t-il rétréci lors de la combustion ? En quoi a-t-il pu se transformer avec le dioxygène lors de la combustion ? Argumentez votre réponse.

Compétence du socle: Proposer une hypothèse argumentée / R3

## >T.P. n°2: La combustion du carbone.



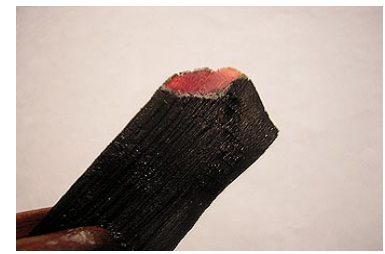
>-Proposer une expérience pour valider ou invalider l'hypothèse émise:

-Quelle(s) expérience(s) pensez-vous réaliser pour tester votre hypothèse ?

-Y a-t-il des précautions (sécurité, soin, etc.) particulières à prendre ?

Compétence du socle: Imaginer un moyen de tester la validité d'une hypothèse / R4

## >T.P. n°2: La combustion du carbone.



>-Réalisation de l'expérience::

Après vérification du professeur et distribution du matériel, réalisez l'expérience que vous avez proposée.

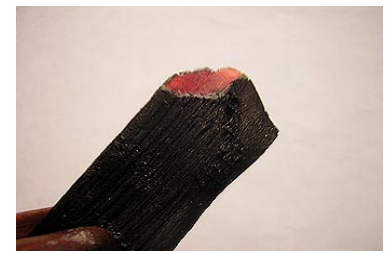
>-**Observations:**

>-**Conclusion n°2:**

-Votre hypothèse est-elle validée ou invalidée ? Justifiez.

-Quelle est la conclusion de votre expérience ?

## >T.P. n°2: La combustion du carbone.

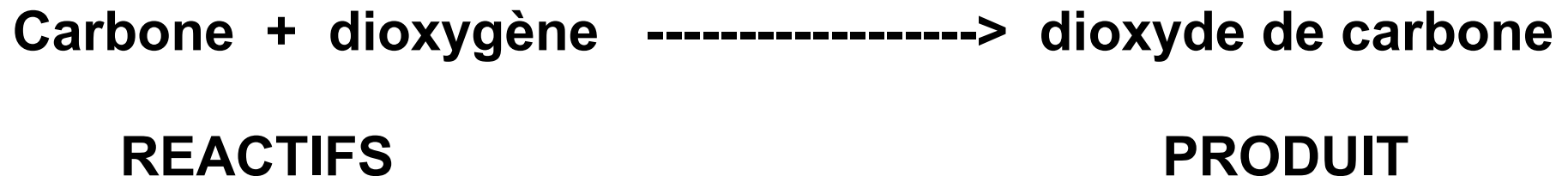


### >CONCLUSION:

**La combustion du carbone est une transformation chimique.**  
Au cours de cette transformation chimique, le carbone et le dioxygène (substances appelées les **réactifs**) réagissent ensemble en libérant de l'énergie thermique.

Ces réactifs se transforment alors en dioxyde de carbone (: le **produit**).

**Cette transformation chimique peut être modélisée sous la forme d'un bilan de réaction chimique :**



## >T.P. n°3: Combustions du butane (et des hydrocarbures).



**>Sécurité:** Cheveux longs attachés, blouse en coton, pailasse dégagée, calme.

**>Objectifs:** Émettre et tester la validité d'hypothèses argumentées pour déterminer quelles sont les transformations chimiques se produisant lors de la combustion d'un hydrocarbure tel que le butane.

### PARTIE n°1: Combustion incomplète:

#### **1-Réaliser et observer la combustion incomplète du butane:**

-Placez le réglage du briquet sur « + » puis actionnez la molette du briquet.

Beaucoup de butane sort alors du briquet: le butane brûle « mal »: la combustion est incomplète.

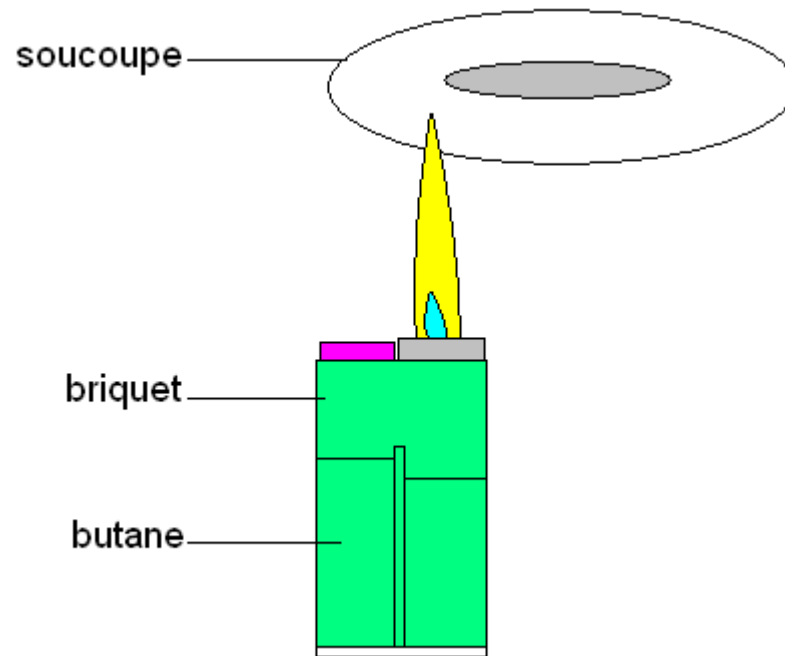
>Quelles sont la taille et la couleur de la flamme ?

**>T.P. n°3: Combustions du butane  
(et des hydrocarbures).**



>Placez une soucoupe en porcelaine retournée sur la flamme:

**-Notez vos observations et complétez le schéma ci-dessous:**





## >T.P. n°3: Combustions du butane (et des hydrocarbures).



### **2-Comprendre l'expérience réalisée: Qu'arrive-t-il au butane lors de la combustion incomplète ?**

>Émettre une hypothèse argumentée:

A votre avis quelle est la nature du dépôt noir obtenu lors de la combustion incomplète du butane (ou d'un hydrocarbure) ? D'où provient-il ? Argumentez votre réponse.

Compétence du socle: Proposer une hypothèse argumentée / R3

**>T.P. n°3: Combustions du butane  
(et des hydrocarbures).**



**>Proposer une méthode pour valider ou invalider l'hypothèse émise:**

Compétence du socle: Imaginer un moyen de tester la validité d'une hypothèse / R4

>T.P. n°3: Combustions du butane  
(et des hydrocarbures).



>Résultats de votre méthode:

>Conclusion n°1:

-Votre hypothèse est-elle validée ou invalidée ? Justifiez.

-Quelle est la **conclusion** de votre expérience ?

## >T.P. n°3: Combustions du butane (et des hydrocarbures).



### **PARTIE n°2: Combustion complète:**

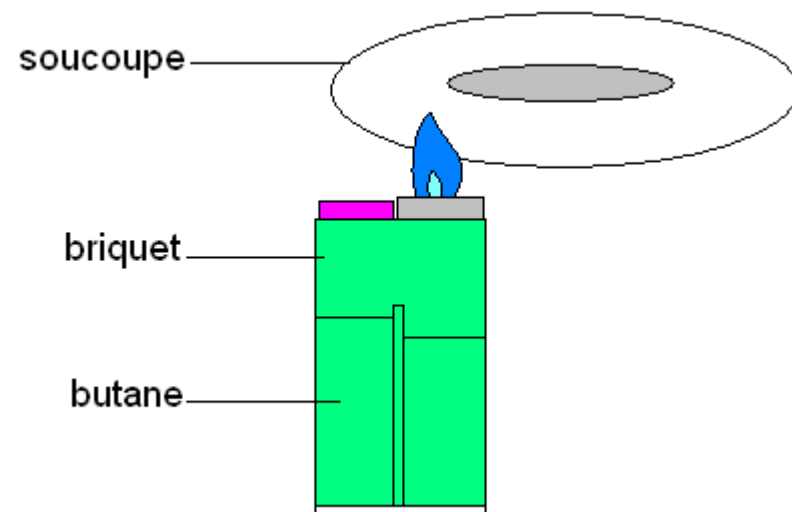
#### **1-Réaliser et observer la combustion complète du butane:**

-Placez le réglage du briquet sur « - » puis actionnez la molette du briquet. Peu de butane sort alors du briquet: le butane brûle «bien »: la combustion est complète.

>Quelles sont la taille et la couleur de la flamme ?

>Placez une soucoupe en porcelaine retournée sur la flamme:

-Notez vos observations et complétez le schéma ci-dessous:



**>T.P. n°3: Combustions du butane  
(et des hydrocarbures).**



**2-Comprendre l'expérience réalisée: Qu'arrive-t-il au butane lors de la combustion complète ?**

**>Émettre une hypothèse argumentée:**

A votre avis quelle est la nature du ou des produit(s) formés lors de la combustion complète du butane ? Argumentez votre réponse.

Compétence du socle: Proposer une hypothèse argumentée / R3

**>T.P. n°3: Combustions du butane  
(et des hydrocarbures).**



**-Quelle(s) expérience(s) pensez-vous réaliser pour tester votre hypothèse ?**

**-Y a-t-il des précautions (sécurité, soin, etc.) particulières à prendre ?**

>T.P. n°3: Combustions du butane  
(et des hydrocarbures).



**>Réalisation de l'expérience:**

Après vérification du professeur et distribution du matériel, réalisez l'expérience que vous avez proposée.

>Observations:

>Observations:

>Conclusion :

-Votre hypothèse est-elle validée ou invalidée ? Justifiez.

-Quelle est la **conclusion** de votre expérience ?

## >T.P. n°3: Combustions du butane (et des hydrocarbures).

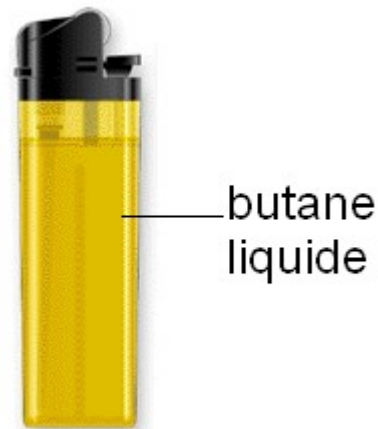


### **Conclusion:**

Le butane est un gaz combustible provenant de la distillation du pétrole dans les raffineries.

C'est un HydroCarbure , c'est à dire une substance dont les molécules sont faites uniquement d'atomes de carbone (C) et d'atomes d'hydrogène (H).

Le butane, gazeux dans les conditions normales de température et de pression, peut-être facilement liquéfié, Ce qui rend son conditionnement et son transport aisés (dans des bouteilles ou des wagons-citernes).



butane  
liquide



## >T.P. n°3: Combustions du butane (et des hydrocarbures).



La transformation chimique de combustion du butane libère beaucoup d'énergie thermique. On l'utilise donc dans les appareils de chauffage et de cuisson (gazinières, ...)



Lors de la **combustion complète** du butane (petite flamme bleue), le butane et le dioxygène (les réactifs) de l'air réagissent ensemble et se transforment en vapeur d'eau et dioxyde de carbone (les produits).

Le **bilan** de la combustion complète du butane est :



## >T.P. n°3: Combustions du butane (et des hydrocarbures).



Lors de la **combustion incomplète** du butane (grande flamme jaune et lumineuse), les produits formés ne sont pas que des gaz: le butane se décompose en partie en **noir de carbone** (poudre noire).

De plus, il se forme également du **monoxyde de carbone**: gaz invisible, inodore, toxique et mortel.

>T.P. n°3: Combustions du butane  
(et des hydrocarbures).



maux de tête,  
vertiges,  
perte de connaissance...

**CHEZ VOUS,**  
le monoxyde de carbone (CO)  
est inodore, invisible et asphyxiant.  
Il ne prévient pas.

**attention !**

# >T.P. n°3: Combustions du butane (et des hydrocarbures).



**300 morts**  
**6 000**  
intoxications aiguës par an.  
1% de CO dans l'air  
tue en **15 minutes**

**les causes :**

- une mauvaise combustion, chaudières, chauffe-eau, inserts, cheminées, chauffages d'appoint, moteurs thermiques, groupes électrogènes...
- une mauvaise aération du logement.

**prévention**  
**soyez vigilant !**

- une bonne ventilation du logement,
- des appareils à combustion entretenus par un professionnel qualifié, attention aux précautions d'emploi.

**en cas d'accident,**

- aérer et évacuer les lieux,
- appeler les pompiers (18) ou le samu (15).

**+ d'infos :**  
Adressez-vous à un professionnel qualifié (chauffagiste, plombier...)  
ou à la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales  
ou au Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris pour (75) (92) (93) (94)  
[www.sante.gouv.fr](http://www.sante.gouv.fr)

  
Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR,  
DE LA SÉCURITÉ INTÉRIEURE  
ET DES LIBERTÉS LOCALES

MINISTÈRE DE LA SANTÉ,  
DE LA FAMILLE  
ET DES PERSONNES  
HANDICAPÉES

maxime guerin - photo: flitner

>Etude d'un article de presse sur les risques d'intoxication au monoxyde de carbone.

## Intoxication au monoxyde de carbone:

Attention aux appareils de chauffage mal réglés et aux pièces mal ventilées.

Il était environ 19h30, ce mercredi, lorsque le centre de secours de Blois Nord a reçu un appel provenant d'un jeune adolescent signalant une vague de malaises touchant les membres de sa famille, parents et petit frère compris.

De retour d'une compétition sportive à l'extérieur, il s'est aperçu dès son retour à la maison qu'un problème était survenu. En effet, il trouva ses parents nauséux et en état de torpeur tandis que le petit Jonathan, 7 ans, souffrait de maux de tête. Contactant le centre de secours et après avoir indiqué les symptômes observés, il reçut pour consigne d'aérer les lieux et de faire sortir les membres de sa famille en attendant l'arrivée du SAMU.



*La chaudière au gaz responsable de l'intoxication était mal entretenue et installée dans une pièce mal ventilée. (photo P.H.)*

Après l'évacuation vers le centre hospitalier de Blois, il a été établi un diagnostic d'intoxication au monoxyde de carbone. Ce gaz sournois, invisible et inodore, est produit lors de la combustion incomplète du gaz naturel, du bois ou de combustibles tels que les produits pétroliers. Il est responsable chaque année en France de centaines de décès et

de milliers d'hospitalisations.

Pour s'en prévenir, il est nécessaire de faire entretenir régulièrement ses installations de chauffage ou de production d'eau chaude: un bon réglage et un ramonage annuel sont recommandés par les professionnels. D'autre part, une bonne ventilation doit être assurée dans le local où se déroule la

la combustion. Heureusement pour notre famille, ils ont pu regagner leur habitation après quelques heures en observation, dès le jeudi après-midi. Gageons qu'ils n'obstrueront plus leurs grilles de ventilation comme ils l'avaient fait, causant cet incident sans suite.

I.A.

## >T.P. n°3: Combustions du butane (et des hydrocarbures).



Remarque: Le butane étant un gaz combustible, il risque, en cas de fuite de déclencher une **explosion**.

>Quelle est la conduite à tenir en cas de fuite de gaz ?

### **Les bons gestes face à une fuite de gaz :**

Quel que soit le gaz que vous utilisez, le gaz naturel, le gaz butane ou le gaz propane, évitez tout risque d'étincelle qui suffirait à provoquer une explosion :

- \* N'allumez pas la lumière, même en pleine nuit !
- \* Ne touchez à aucun interrupteur ni au disjoncteur
- \* Ne téléphonez pas de chez vous ni d'un appareil fixe ni d'un portable
- \* Ne prenez pas l'ascenseur pour aller téléphoner de l'extérieur, mais prenez les escaliers sans allumer la lumière
- \* Ne sonnez pas chez votre voisin de palier, mais frappez à la porte

## >T.P. n°3: Combustions du butane (et des hydrocarbures).



1-Faites un important courant d'air en ouvrant largement plusieurs fenêtres et bien sûr en priorité celle de la cuisine ou de la pièce d'où provient la fuite. Ne refermez qu'après avoir couper l'arrivée de gaz.



2-Fermez le robinet d'arrivée de gaz de l'appareil qui est en cause. Si vous avez plusieurs appareils fonctionnant au gaz, ne perdez pas de temps à chercher de quel appareil il s'agit et coupez l'arrivée de gaz au compteur. Si il s'agit d'une bouteille fermez le robinet d'arrivée de la bouteille.



## >T.P. n°3: Combustions du butane (et des hydrocarbures).



3) Si la fuite ne cesse pas ou si vous êtes inquiet, appelez les secours d'une cabine téléphonique, ou à l'extérieur de chez vous avec un portable.

Si vous n'êtes pas seul, emmenez avec vous les membres de votre famille Faites le 18 pour appeler les pompiers.

Nous vous rappelons que l'appel des pompiers est gratuit dans une cabine téléphonique : vous n'avez donc pas besoin de monnaie ou d'une carte téléphonique : vous décrochez et vous faites le 18. Vous ne devez raccrocher que lorsque les pompiers vous disent de le faire.

