

CHAPITRE 3 : Combustion et énergie chimique

A la fin du chapitre je dois savoir :

A= Acquis	A.R = A Réviser	A	N.A
Connaissances / Compétences :	<ul style="list-style-type: none">- Identifier le système chimique.- Identifier les espèces chimiques présentes à l'état initial et à l'état final- Identifier réactifs, produits, espèces spectatrices, réactif limitants, réactif en excès- Identifier, dans une réaction de combustion, le combustible et le comburant.- Citer les dangers liés aux combustions et les moyens de prévention et de protection associés.- Identifier un effet thermique associé à la transformation chimique d'un système.- Associer à une transformation chimique exothermique (endothermique) une diminution (augmentation) de l'énergie du système.- Identifier l'apport d'énergie nécessaire pour initier une combustion et interpréter l'auto-entretien de celle-ci.- Utiliser la donnée du pouvoir calorifique. Et savoir calculer un pouvoir calorifique- Comparer les pouvoirs calorifiques de différents combustibles.- Savoir équilibrer une équation chimique avec des coefficients stœchiométriques- Connaitre les réactifs et les produits d'une combustion complète- Savoir à partir d'une équation de réaction et des quantités de matière initiale retrouver le réactif limitant		
Manipulation :	<ul style="list-style-type: none">- <i>Mettre en œuvre une expérience pour déterminer le pouvoir calorifique d'un combustible.</i>		

Pour réviser : -Livre p33 – 44

-Exercices résolus p40

-Vidéo de cours + exercices corrigés sur le site

-Fiche exercice 11p41 - 13p41 - 14p41 - 16p42 - 23p44



A flasher avec un téléphone

I/ Transformation chimique

1. Energie chimique

L'énergie chimique constitue un réservoir d'énergie qu'il est possible de libérer lors d'une réaction chimique. Elle est liée à la rupture et à la formation des liaisons lors d'une réaction.

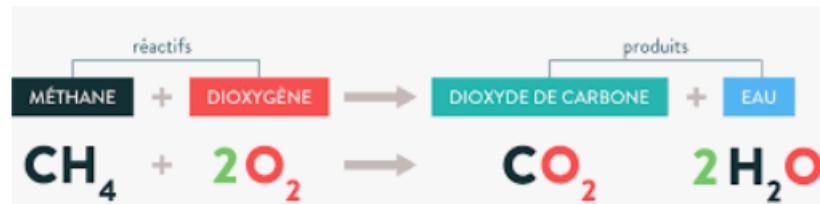
Ex : le pétrole, le charbon sont des réservoirs naturels d'énergie chimique.

L'énergie chimique peut être convertie en plusieurs formes d'énergie : thermique (combustion), électrique (une pile convertie l'énergie chimique en énergie électrique) ...

2. Transformation chimique

Une transformation chimique les atomes présents dans les molécules à l'état initial (début) se réarrangent afin de former de nouvelles molécules à l'état finale (fin).

Au cours d'une transformation chimique les réactifs sont consommés et se transforment en produits. La transformation chimique est modélisée par une équation de réaction chimique équilibrée (cours de 2nd)



3. Effet thermique

La transformation chimique peut amener le système à gagner ou perdre de l'énergie.

- Si le **système gagne de l'énergie**, elle en prélève au milieu extérieur sous forme de chaleur. La réaction est dite **endothermique (la température du milieu extérieur diminue)**.
- Dans le cas où le **système perd de l'énergie**, il la cède au milieu extérieur sous forme de chaleur. La réaction est alors dite **exothermique (la température du milieu extérieur augmente)**.
- Si rien ne se passe, la réaction est dite **athermique**.

Une combustion « s'auto-entretient » : l'énergie qu'elle dégage alimente le triangle du feu.

II/Les combustions

Une combustion est une transformation chimique entre un comburant (dioxygène de l'air) et un combustible (hydrocarbure, alcool, agrocarburant) qui libère de la chaleur (énergie thermique) et qui est amorcée par énergie d'activation.

Une combustion « s'auto-entretient » : l'énergie qu'elle dégage alimente le triangle du feu.

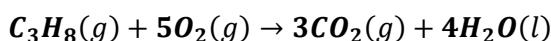


1. Combustion complète

Une transformation chimique de combustion complète s'effectue lorsque O₂ est présent en quantité suffisante pour permettre de faire brûler la totalité du combustible.

- Les produits d'une transformation chimique de combustion complète sont l'eau H₂O et le dioxyde de carbone CO₂.

Exemple : **Combustion complète du propane C₃H₈ dans le dioxygène O₂**



Remarque :

- **Les réactifs** se trouvent à gauche de la flèche, **les produits** à droite de la flèche

- Au cours d'une transformation chimique, le nombre d'atomes et la charge électrique totale sont conservés. Pour cela il faut équilibrer l'équation de la réaction avec des **coefficients stœchiométriques**.

- Les **espèces spectatrices** ne sont pas dans l'équation de la réaction

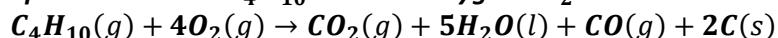
- Les symboles des différents **états des réactifs et des produits** d'une transformation chimique sont : (s) pour « solides », (l) pour « liquides », (aq) pour « aqueux » et (g) pour « gazeux ».

2. Combustion incomplète

Une transformation chimique de combustion incomplète s'effectue lorsque O_2 n'est pas présent en quantité suffisante pour permettre de faire brûler la totalité du combustible.

Les produits d'une transformation chimique de combustion incomplète sont l'eau H_2O , le dioxyde de carbone CO_2 , le monoxyde de carbone CO et de la suie (riche en carbone C).

Exemple : Combustion incomplète du butane C_4H_{10} dans le dioxygène O_2



III/ Energie libérée par une combustion (Notion de pouvoir calorifique)

1. Pouvoir calorifique massique (PC)

Le pouvoir calorifique (ou PC) d'un combustible est l'énergie que peut fournir la combustion complète d'un kilogramme de ce combustible. Il s'exprime en $J\cdot kg^{-1}$ (ou $MJ\cdot kg^{-1}$ ou $kJ\cdot kg^{-1}$).

$$Q_{\text{combustion}} = PC \times m_{\text{combustible}}$$

Avec : - PC , le pouvoir calorifique

- Q, l'énergie libérée par la combustion
- m, la masse de combustible consommée

Attention : Les unités du pouvoir calorifique sont liées aux unités utilisées pour l'énergie Q et celles utilisées pour la masse m.

Application : Le kérosène ($C_{12}H_{26}$), est utilisé dans les avions, la combustion du kérosène est à l'origine du fonctionnement de celui-ci. Les moteurs thermiques des avions ont un rendement proche de 42%.

Données : Volume du réservoir d'un avion : 3000L

Masse volumique $\rho=0,80 \text{ kg/L}$

PC ($C_{10}H_{22}$)= 43,0 $MJ\cdot kg^{-1}$

1. Calculer la masse de Kérosène dans le réservoir
2. Calculer l'énergie thermique libérée par la combustion du réservoir de Kérosène
3. Calculer l'énergie mécanique produite par le moteur à combustion.

2. Pouvoir calorifique molaire (PCM)

La combustion est une transformation exothermique : le système libère de la chaleur. L'énergie chimique du système se transforme en énergie thermique.

Pour quantifier cette énergie dégagée, on utilise la notion de pouvoir calorifique noté PC. Il quantifie l'énergie thermique Q libérée par masse de carburant brûlé (ou par quantité de matière brûlée). Le pouvoir calorifique MASSIQUE s'exprime donc en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ et le pouvoir calorifique MOLAIRE s'exprime en $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Application :

Un avion effectue un vol entre **Paris et Barcelone**, soit environ **850 km**. Pour ce trajet, il consomme environ **2 500 L de kérósène**.

On modélise le kérósène par le **dodécane ($\text{C}_{12}\text{H}_{26}$)**, un hydrocarbure de formule chimique $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$.

Données : - Masse volumique du kérósène : **0,80 kg/L**

- Masse molaire du dodécane ($\text{C}_{12}\text{H}_{26}$) : **170 g/mol**

- Pouvoir calorifique molaire (PCM) : **7510 kJ/mol**

- Masse molaire du CO_2 : **44 g/mol**

1. Écrire l'équation de la combustion complète du dodécane ($\text{C}_{12}\text{H}_{26}$).

Indiquer les réactifs et les produits, en équilibrant l'équation.

2. À l'aide de la masse volumique, **calculer la masse de kérósène** consommée pendant le vol.

3. Calculer alors **la quantité de matière de kérósène** consommée pendant le vol.

4. En utilisant le **pouvoir calorifique molaire (PCM)**, **calculer l'énergie totale libérée** lors de cette combustion pour le vol.

4. Lors de la combustion d'une mole de dodécane, il se forme **12 moles de dioxyde de carbone (CO_2)**. a) Calculer la **quantité de matière (en mol)** de CO_2 produite lors du vol.

b) En déduire la **masse de CO₂** libérée pendant le vol.

5. Un trajet en train Paris-Barcelone émet en moyenne **1,5 kg de CO₂ par passager**. Comparer cette valeur à celle obtenue à la question 4, en supposant que l'avion transporte **150 passagers**. Discuter : quel est le mode de transport le plus écologique pour ce trajet ? Justifier.

IV/ Notion de réactif limitant

1.

- ✓ Une transformation chimique s'arrête lorsqu'au moins un des réactifs est totalement consommé.
- ✓ Le **réactif limitant** d'une transformation chimique est le réactif totalement consommé en premier.
- ✓ Si le ou les autres réactifs sont partiellement consommés, ils sont **en excès**.
- ✓ Le réactif limitant d'une transformation chimique est celui pour lequel le rapport de sa quantité de matière initiale sur son nombre stœchiométrique est le plus petit.
- ✓ Soit l'équation ajustée : $a A + b B \longrightarrow c C + d D$

$$\frac{n_i(A)}{a} < \frac{n_i(B)}{b}$$

Si $\frac{n_i(A)}{a} < \frac{n_i(B)}{b}$, alors A est le réactif limitant.

Application 1 :

On fait réagir $2,0 \cdot 10^{-2}$ mol de propane C₃H₈ avec $2,5 \cdot 10^{-1}$ mol de dioxygène. La combustion est complète.

1. Ecrire l'équation de la réaction

2. Identifier le réactif limitant

3. D'après l'équation chimique, lors de la combustion complète du butane, lorsqu'unemol de propane est consommée, mole(s) de dioxygène sont consommées. Il se forme alors mole(s) de dioxyde de carbone et mole(s) d'eau.

4. La combustion de mol de propane forme mol de dioxyde de carbone. Calculer la quantité de matière de dioxyde de carbone formée par la réaction

IV/ Dangers liés aux combustions

1. Dangers

Toutes les réactions de combustion présentent des dangers :

- pour les personnes :
 - **brûlures** par exposition aux flammes dont la température peut dépasser 1000 °C
 - **intoxications** liées aux combustions incomplètes
 - **asphyxies** dues aux **fumées** qui contiennent des particules de carbone solide et/ou manque de dioxygène de l'air consommé par la combustion.
- Pour les biens : destruction des bâtiments par incendie ou par explosion

2. Mesures de prévention et de protection

Les moyens de prévention : Le monoxyde de carbone est un gaz inodore et incolore. C'est un gaz asphyxiant très toxique qui, absorbé en quelques minutes par l'organisme, se fixe sur l'hémoglobine et peut provoquer la mort.

Il faut donc s'assurer que le dioxygène soit en quantité suffisante pour éviter les combustions incomplètes, et donc entretenir régulièrement les appareils de chauffage, et aérer les pièces.

Les moyens de protection :

- alarmes, détecteurs de fumées
- robinets d'incendie armés (RIA) dans les bâtiments industriels et ceux recevant du public (alimentés par une source d'eau – se déclenchent avant l'arrivée des pompiers)
- extincteurs
- sprinkler : appareils d'extinction automatique : arrosage automatique en cas d'incendie