

# Combustions complètes

La combustion est omniprésente dans notre vie quotidienne, de la cuisine au chauffage et aux transports. Comprendre le Pouvoir Calorifique (PC), le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) et Supérieur (PCS) est crucial pour optimiser l'efficacité énergétique et prendre des décisions éclairées pour nos pratiques quotidiennes. Ces notions nous aident à mieux utiliser les ressources, produire de l'électricité et chauffer nos bâtiments. Comment pouvons-nous appliquer ces notions de Pouvoir Calorifique dans notre vie quotidienne pour une utilisation plus efficace et durable des combustibles ?

## Sommaire

<b>I</b>	<b>Caractéristiques d'une combustion complète</b>	2
1	Classes de combustibles courants	2
2	Équation de réaction	2
<b>II</b>	<b>Bilan de matière</b>	3
<b>III</b>	<b>Bilan énergétique</b>	3

## I

## Caractéristiques d'une combustion complète

## ♥ Connaitre 1

Une **combustion** est une **réaction d'oxydation** d'un combustible. Elle est **complète** si les seuls produits sont le dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  et l'eau  $\text{H}_2\text{O}$ .

## 💡 Remarques

- Une combustion complète se produit lorsque la quantité de **comburant** est suffisante.
- La présence d'une flamme jaune indique une combustion incomplète, tandis qu'une flamme entièrement bleue signifie une combustion complète.

## 1 Classes de combustibles courants

On utilise trois types de combustibles :

- les alcanes :  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Exemple : méthane  $\text{CH}_4$  ou butane  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  ;
- les alcènes :  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ . Exemple : éthène  $\text{C}_2\text{H}_4$  ou propène  $\text{C}_3\text{H}_6$  ;
- les alcools. Exemple : éthanol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

## 2 Équation de réaction

La méthode d'écriture d'une équation bilan de combustion présente des similitudes avec celle des équations d'oxydo-réduction.

## Méthode 1 Écriture de l'équation bilan d'une combustion complète

- **Étape 1** : Identifier les réactifs et les produits mis en jeu ;
- **Étape 2** : Écrire les réactifs mis en jeu à gauche. Parmi eux doit figure le dioxygène ;
- **Étape 3** : Écrire le signe = ;
- **Étape 4** : Écrire les produits à droite du signe =. Ce sont **uniquement** le dioxyde de carbone et l'eau ;
- **Étape 5** : Équilibrer les atomes autres que l'oxygène et l'hydrogène ;
- **Étape 6** : Équilibrer les atomes d'hydrogène ;
- **Étape 7** : Équilibrer les atomes d'oxygène.

Exemple : combustion complète du butane dans l'air.

- **Étape 1** :
  - Réactifs : butane et dioxygène de l'air ;
  - Produits : dioxyde de carbone et eau (**seuls produits possibles** lors d'une combustion complète) ;
- **Étapes 2, 3 et 4** :
  - butane + dioxygène = dioxyde de carbone + eau ;
  - $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  ;
- **Étape 5** :  $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{O}_2 = 4 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  ;
- **Étape 6** :  $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{O}_2 = 4 \text{CO}_2 + 5 \text{H}_2\text{O}$  ;
- **Étape 7** :  $\text{C}_4\text{H}_{10} + \frac{13}{2} \text{O}_2 = 4 \text{CO}_2 + 5 \text{H}_2\text{O}$  ;

## Exercice d'application 1

Donner les équations bilan de la combustion complète du propène et de l'éthanol.

## II Bilan de matière

Un bilan de matière permet de faire état des quantités de matière mises en jeu lors du processus de combustion complète.

Dans les proportions stœchiométriques, on peut relier les quantités de matières des réactifs à celles des produits. On peut aussi considérer un réactif limitant afin de déterminer quantitativement les quantités mises en jeu.

### 💡 Remarque

Un bilan de matière permet de prédire les masses de réactifs à préparer pour réaliser une combustion. Ce bilan permet aussi de prédire les masses des produits. L'établissement d'un bilan de matière doit se faire suivant trois étapes

### Méthode 2 Bilan de matière pour une combustion complète

- **Étape 1** : Écrire l'équation bilan de la réaction de combustion ;
- **Étape 2** : Écrire les relations entre les quantités de matière des réactifs et des produits en considérant des proportions stœchiométriques ;
- **Étape 3** : Utiliser la relation  $n = \frac{m}{M}$  pour convertir les masses des réactifs pesés en quantité de matière en moles ;
- **Étape 4** : Déterminer les quantités de matières inconnues ;
- **Étape 5** : Utiliser la relation  $m = n M$  afin de calculer les masses des réactifs consommés et des produits formés ;
- **Étape 6** : Dresser un tableau des quantités de matière mises en jeu.

### 💡 Remarque

$M$  est la masse molaire en g/mol d'une entité chimique.  $M$  correspond à la masse d'une mole d'une entité chimique donnée.

### Exercice d'application 2

Donner le bilan de matière pour les combustions complètes dans l'air fournies ci-dessous.

- a) 100 g d'heptane  $C_7H_{16}$ .
- b) 200 g de butanol  $C_4H_{10}O$ .

Données :  $M(O)$  16 = g/mol ;  $M(C)$  12 = g/mol ;  $M(H)$  1 = g/mol.

## III Bilan énergétique

Comme mentionné dans la section I.1. Classes de combustibles courants, on peut utiliser plusieurs classes de combustibles. Le PC et ses dérivés, le PCI et le PCS, permettent de comparer ces combustibles.

### ♥ Connaitre 2

Le **Pouvoir Calorifique** noté PC est l'énergie récupérable par transfert thermique lors de la combustion complète d'un combustible.

### 💡 Remarque

On peut considérer le PC en kJ/mol ou le PC en kJ/mol.

Le PC peut être déterminé en considérant deux procédés, l'un aboutissant au PCI et l'autre au PCS.

**♥ Connaitre 3**

Le **Pouvoir Calorifique Inférieur PCI** représente l'énergie libérée lors de la combustion complète d'un combustible, en considérant que la vapeur d'eau produite pendant la combustion reste sous forme de vapeur.

La liquéfaction de vapeur d'eau est une transformation physique exothermique, *i.e.* l'eau en se liquéfiant transfère/cède de l'énergie.

**♥ Connaitre 4**

Le **Pouvoir Calorifique Supérieur PCS** représente la quantité d'énergie libérée lors de la combustion d'un combustible, en supposant que toute l'eau formée pendant la combustion est condensée à l'état liquide, et l'énergie latente contenue dans cette vapeur d'eau est récupérée.

**Méthode 3 Transfert thermique pour une chaudière**

- **Sans** condensation :

$$Q = m \text{ PCI}$$

- **Avec** condensation :

$$Q' = m \text{ PCS} = Q + m_{\text{EAU}} L_{A \rightarrow B} = m \text{ PCI} + m_{\text{EAU}} L_{A \rightarrow B}$$