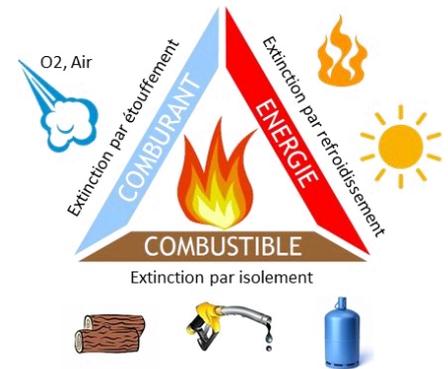


I La réaction de combustion

1) Définition

Un est une substance qui a la propriété de brûler (éthanol, alcane, bois, papier, ...).

Un est une substance qui, sous certaines conditions, permet d'initier une réaction de combustion. Le principal comburant est le (formule O₂) présent à 20 % dans l'air.



L'amorce d'une combustion nécessite une apportée par une flamme, une étincelle, une augmentation de température, ...

Ces trois éléments sont rassemblés sur le « ». Si l'un des trois éléments disparaît pendant la combustion,

.....

.....

2) Equation d'une réaction de combustion

Toutes les molécules organiques qui contiennent principalement des atomes de carbone de d'hydrogène sont des combustibles. Deux familles de molécules organiques sont très utilisées comme combustible :

- les de formule générale C_nH_{2n+2}
- les contenant le groupe hydroxyle « -OH ».

La combustion complète d'un alcane ou d'un alcool en présence de dioxygène produit uniquement (de formule H₂O) et (de formule CO₂).

.....

Pour équilibrer l'équation de la combustion complète, on équilibre l'atome de **carbone**, puis celui d'**hydrogène** et enfin celui d'**oxygène**.

Exemples :

- Equation de la combustion du méthane : CH_{4(g)} + ... O_{2(g)} → ... CO_{2(g)} + ... H_{2O(l)}
- Equation de la combustion du propane : C₃H_{8(g)} + ... O_{2(g)} → ... CO_{2(g)} + ... H_{2O(l)}
- Equation de la combustion de l'éthanol :

$$C_2H_6O_{(g)} + \dots O_{2(g)} \rightarrow \dots CO_{2(g)} + \dots H_2O_{(l)}$$



Combustion dans une lampe à alcool

Astuce : L'équation de la combustion des alcanes ayant un nombre pair d'atomes de carbone n'est pas forcément facile car il faut un nombre impair d'atomes d'oxygène dans les réactifs. On peut passer par une étape intermédiaire pour laquelle le coefficient stœchiométrique devant le dioxygène est Puis on multiplie chaque coefficient pour faire disparaître la fraction.

- Equation de la combustion de l'éthane :
 Etape intermédiaire avec coefficients fractionnaires : C₂H_{6(g)} + ... O_{2(g)} → ... CO_{2(g)} + ... H_{2O(l)}
 Equation finale (on multiplie chaque coefficient par 2) : ... C₂H_{6(g)} + ... O_{2(g)} → ... CO_{2(g)} + ... H_{2O(l)}

- Equation de la combustion du butane : $\dots C_4H_{10(g)} + \dots O_{2(g)} \rightarrow \dots CO_{2(g)} + \dots H_2O_{(l)}$

Au cours d'une combustion, le combustible se lie avec le dioxygène, il subit donc une et joue le rôle de réducteur. Le dioxygène subit une et joue le rôle d'oxydant.

Une combustion peut être modélisée par une entre l'oxydant du couple et le réducteur du couple

Exemple : Equation de la combustion de l'éthanol :

CO₂ / C₂H₆O

O₂ / H₂O

.....

On peut simplifier en :

II Aspect énergétique d'une combustion

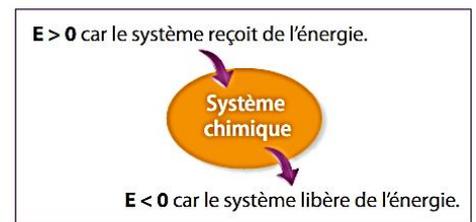
1) Energie libérée lors d'une combustion

Lors d'une combustion, l'énergie chimique stockée dans le combustible est convertie en énergie

Cette énergie est appelée « ». Elle est notée et se mesure en (J). On utilise très souvent le kilojoule (1 kJ = 10³ J) et le mégajoule (1 MJ = 10⁶ J).

Par convention, on ajoute un signe à l'énergie selon le sens dans lequel se fait l'échange d'énergie **par rapport au système**.

- Si le système, alors il a de l'énergie en moins. Cette énergie est donc comptée pour le système.
- Si le système, alors il a de l'énergie en plus. Cette énergie est donc comptée pour le système.



Convention des échanges énergétiques.

Une réaction de combustion est toujours : le système chimique en combustion libère de l'énergie. Son énergie de réaction E est donc

2) Energie molaire de réaction

Pour une combustion complète, l'énergie molaire de réaction, notée E_r, est Elle se mesure en joule par mole (J.mol⁻¹). L'énergie libérée par la combustion complète d'une quantité de matière n de combustible est donnée par :

E : énergie de réaction en joule (J)
 n : quantité de matière de combustible en mole (mol)
 E_r : énergie molaire de réaction en joule par mole (J.mol⁻¹)

Remarque : Pour une combustion, puisque E est négatif, l'énergie molaire de réaction E_r est aussi négative.

Exercice : On brûle une bougie contenant 20,0 g d'acide stéarique.

Données : masse molaire de l'acide stéarique M = 284,0 g.mol⁻¹

Energie molaire de réaction de l'acide stéarique : E_r = -10 818 kJ.mol⁻¹

- 1) Calculer la quantité de matière d'acide stéarique contenue dans cette bougie.

.....



2) Calculer l'énergie libérée par la combustion de cette bougie.

3) Pouvoir calorifique

On utilise très souvent le pouvoir calorifique pour comparer le pouvoir énergétique des combustibles.

Le **pouvoir calorifique** d'une matière combustible, noté **PC**, est

Il se mesure en (J.kg⁻¹).

Par convention, PC est

Doc. 3 Divers pouvoirs calorifiques

Combustible	Pouvoir calorifique (MJ.kg ⁻¹)
Dihydrogène	142,9
Butane	49,51
Essence	47,8
Diesel	44,8
Éthanol	29,7
Bois	15

Remarque : Le pouvoir calorifique PC est donc une énergie massique de réaction. Il est positif bien qu'il s'agisse d'énergie libérée par le système, mais elle est gagnée le système chauffé.

L'énergie libérée par la combustion complète d'une masse **m** de combustible est donnée par :

E : énergie de réaction en joule (J)
 m : masse de combustible en kilogramme (kg)
 PC : pouvoir calorifique en joule par kilogramme (J.kg⁻¹)

Remarque : le signe « - » dans la formule est obligatoire car, par convention, PC est positif mais E est négatif.

Exercice : Calculer l'énergie libérée par la combustion de 5,00 kg d'octane. PC(octane) = 48,1 MJ.kg⁻¹

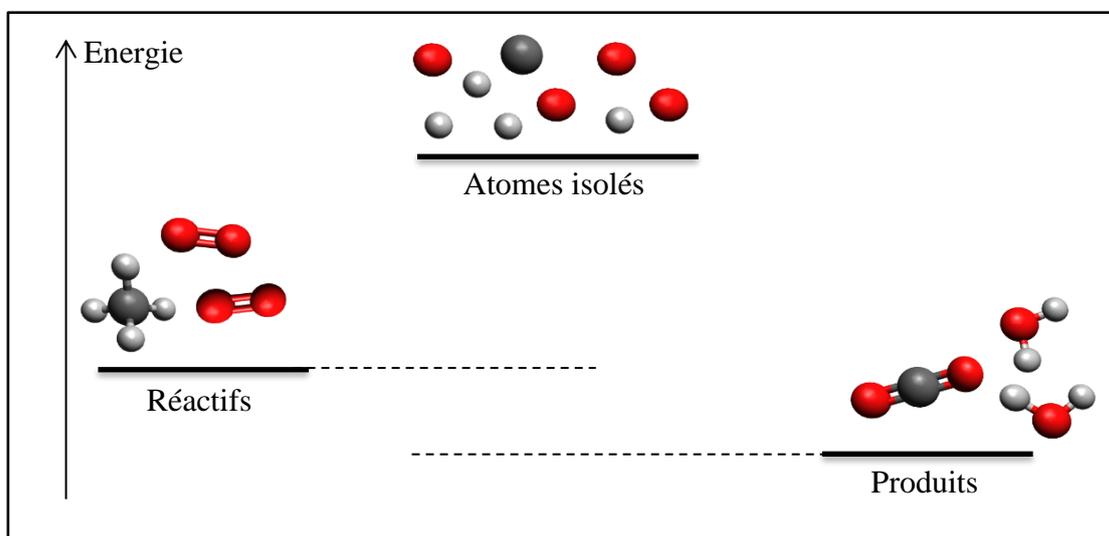
4) Energie molaire de liaison

Au cours d'une combustion, des liaisons covalentes sont et d'autres sont
 Ce sont ces modifications de structures moléculaires qui sont à l'origine de l'énergie molaire de réaction.

Pour calculer l'énergie molaire de réaction E_r, on envisage une **étape hypothétique** dans laquelle
, à partir desquels se forment les liaisons des produits.

La **rupture** d'une liaison covalente nécessite un apport d'énergie, donc un d'énergie pour le système. La **formation** d'une liaison covalente libère de l'énergie, c'est donc une d'énergie pour le système.

Exemple : équation de la combustion de la méthane : CH_{4(g)} + 2 O_{2(g)} → CO_{2(g)} + 2 H₂O_(l)



L'énergie molaire de réaction se calcule à partir de l'énergie gagnée en cassant les liaisons des réactifs et de l'énergie perdue en formant les liaisons des produits. Ces énergies s'obtiennent à partir de

L'énergie molaire de liaison E_l d'une molécule A – B est

Il s'agit donc de l'énergie molaire de la réaction :

Elle est toujours et se mesure en ($J \cdot mol^{-1}$).

L'énergie de liaison Certaines liaisons sont plus « solides » que d'autres, en particulier les liaisons doubles ou triples, il faudra donc apporter davantage d'énergie pour les briser. L'énergie de liaison peut aussi dépendre de la molécule dans laquelle la liaison est présente. Elles sont données dans des tables.

L'énergie molaire de réaction E_r se calcule par :

Pour ne pas oublier de liaisons dans le calcul, on peut modéliser la réaction en remplaçant chaque formule brute de l'équation par sa formule développée. On prend en compte les coefficients stœchiométriques.

Dans la combustion du méthane, la modélisation est :



Modélisation :

On a donc :

- dans les réactifs, rupture de
-
- dans les produits, formation de
-

L'énergie molaire de réaction E_r vaut :

$E_r =$

$E_r =$

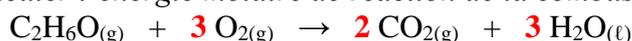
$E_r =$

Liaison	E_l (en $kJ \cdot mol^{-1}$)
H-H	432
O=O	498
C-C	348
H-O	463
C-O	350
C=O	724
C=O (dans CO_2)	804
C-H	415
H-Br	368

Doc. 1 Extrait d'une table des énergies molaires de liaison.

Attention : L'énergie molaire de réaction se calcule à partir de la combustion d'une mole de combustible. Il faut donc impérativement le dans l'équation de la réaction.

Exercice : Calculer l'énergie molaire de réaction de la combustion de l'éthanol.



L'énergie molaire de réaction E_r vaut :

.....

.....

.....