

Spé phy 1^{ère} Chap 10- cours : Combustions et enjeux de société

A) La transformation chimique de combustion

1) Définition

- La combustion est une transformation chimique **exothermique** (qui libère de l'énergie thermique) d'**oxydoréduction** entre un **combustible** et un **comburant**.
- Un **combustible** est une substance chimique réductrice qui réagit avec un comburant pour produire de la chaleur.
- Un **comburant** est une substance chimique oxydante qui réagit avec le combustible. Le principal comburant est le **dioxygène présent dans l'air**.



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

Doc. 1. Pour qu'un incendie se produise il faut les trois composantes du « triangle du feu » : combustible, comburant et énergie d'activation (la réaction étant exothermique, l'énergie d'activation n'est plus nécessaire par la suite)



2) Les combustibles

► Toutes les **molécules organiques** qui contiennent principalement des atomes de **carbone (C)** et **d'hydrogène (H)** sont des combustibles. Deux familles de molécules organiques sont très utilisées en tant que combustible : les **alcanes (C_nH_{2n+2})** et les **alcools (C_nH_{2n+2}O)**.

► **Origine des combustibles :**

- Les **combustibles fossiles** (pétrole, gaz naturel et charbon) fournissent plus de 80 % de l'énergie utilisée dans le monde. Ce sont des résidus de matière organique ayant subi des transformations chimiques durant plusieurs millions d'années. Ils ne sont donc **pas renouvelables** à l'échelle de temps humaine.
- Les **biocarburants et biocombustibles** couvrent l'ensemble des carburants et combustibles produits à partir de la **biomasse** (matière première d'origine végétale, animale ou issue de déchets) : bois, bioéthanol, huiles ...

Doc 2 : Les biocarburants .

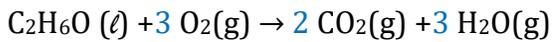
- Sous le nom générique de « diester » sont regroupés les esters méthyliques d'acide gras (huiles) que l'on incorpore au gazole : le Gazole B7 contient 7% de diester
- Le bioéthanol peut être incorporé pur ou sous forme d'ETBE (éthyl tertio butyl éther) dans l'essence sans plomb : L'essence SP95-E10 contient jusqu'à 10 % de bioéthanol ou 22 % d'ETBE.

3) Équation d'une réaction de combustion

La combustion **complète** d'un **alcane** (C_nH_{2n+2}) ou d'un **alcool** ($C_nH_{2n+2}O$) en présence de dioxygène (O_2) produit **uniquement de l'eau (H_2O) et du dioxyde de carbone (CO_2)**.

Le dioxyde de carbone est un gaz incolore et inodore, principal responsable de l'effet de serre.

Doc 3 : équation de combustion complète de l'éthanol liquide.



► Au cours d'une combustion, le **combustible** (alcane ou alcool) se lie avec le dioxygène donc il joue le rôle de **réducteur** et le **dioxygène** joue le rôle d'**oxydant**.

Une combustion peut donc être **modélisée par une réaction d'oxydoréduction**.

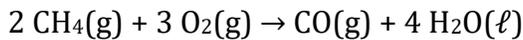
► Lors d'une combustion si le **dioxygène n'est pas en quantité suffisante**, la combustion devient **incomplète** et produit du **carbone** (C) ou du **monoxyde de carbone** (CO) et de l'eau (H_2O). Il est nécessaire alors d'écrire une équation de combustion pour chaque espèce chimique carbonée formée.

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore, inodore et toxique.

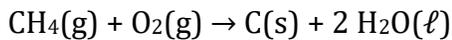
Le carbone est une fine poudre noire qui, en brûlant, colore la flamme en jaune.

Doc 4 : Équations de combustion incomplète du méthane.

- Combustion du méthane CH_4 avec formation de monoxyde de carbone :



- Avec formation de carbone :



B) Aspect énergétique d'une combustion

1) Énergie libérée lors d'une combustion

Lors d'une combustion, une partie de l'**énergie chimique** stockée dans un combustible est convertie en **énergie thermique**. Une combustion est toujours exothermique.

Par convention, l'**énergie reçue** par un système chimique est comptée positivement et l'**énergie libérée** par ce système est comptée négativement.

E > 0 car le système reçoit de l'énergie.



Conséquence : l'énergie globale d'une combustion (exothermique) sera négative.

E < 0 car le système libère de l'énergie.

© Belin Éducation/Humensis, 2019 Physique Chimie 1re
© Marse

Doc 5 : Convention des échanges énergétiques

► **L'énergie molaire de combustion** $E_{\text{combustion}}$ est l'énergie libérée par la combustion complète d'une mole de combustible. (**doc. 6**)

► **L'énergie libérée** E par la combustion complète de n moles de combustible dans le cas où le **dioxygène est en excès** est : $E = n \times E_{\text{combustion}}$

E : énergie libérée en joules (J)

n : quantité de matière de combustible en moles (mol)

$E_{\text{combustion}}$: énergie molaire de combustion en joules par mole ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$)

► **Le pouvoir calorifique massique** P_c d'un combustible représente **l'énergie libérée par la combustion complète d'un kilogramme** de ce combustible. Il s'exprime en joules par kilogramme ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$). Il permet de comparer le pouvoir énergétique des combustibles (**doc. 7**).

Doc. 6 : Énergie molaire de combustion de quelques combustibles.

Combustible	Énergie molaire de combustion ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)
Méthane	-890
Butane	-2 877
Éthanol	-1 368

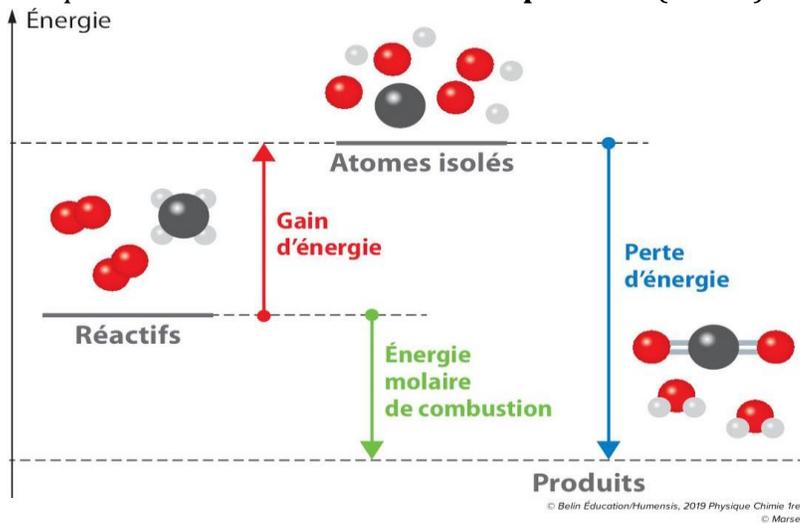
Doc. 7 : Pouvoir calorifique massique de quelques combustibles usuels.

Combustible	P_c ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Essence sans plomb	43
Éthanol	29
Gaz naturel	55
Bois	15
Charbon	15-27

2) Interprétation microscopique d'une combustion

► Au cours d'une combustion, des liaisons **covalentes** sont **rompues** et d'autres sont **formées**, libérant ainsi de l'énergie.

► Pour évaluer l'énergie molaire de combustion, on envisage un processus **hypothétique** au cours duquel **toutes les liaisons des réactifs sont rompues** pour donner **des atomes isolés à l'état gazeux**, à partir desquels se **forment les liaisons des produits** (**doc. 8**).



Doc 8 : Modélisation hypothétique de la combustion du méthane

► **La rupture** d'une liaison covalente nécessite un **apport d'énergie** au système chimique alors que la **formation** d'une liaison covalente **libère de l'énergie**.

Le **bilan des énergies de liaisons rompues et formées** permet d'évaluer l'**énergie molaire** de combustion

$$E_{\text{combustion}} \approx \Sigma D_{\text{A-B rompues}} - \Sigma D_{\text{A-B formées}}$$

$E_{\text{combustion}}$: énergie molaire de combustion en joules par mole ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$)

$D_{\text{A-B rompues}}$: énergie des liaisons rompues en joules par mole ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$)

$D_{\text{A-B formées}}$: énergie des liaisons formées en joules par mole ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$)

Le signe **sigma**, de symbole Σ : somme de tous les termes

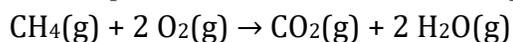
Doc. 9. Énergies de liaison.

Liaison A - B $D_{\text{A-B}} (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$

C - H	413
C - O	358
O - H	463
C - C	348
C = O	798
O = O	498

Exemple : Évaluation de l'énergie molaire de la combustion complète du méthane.

Soit l'équation de la combustion complète du méthane :



Au cours de la combustion :

- 4 liaisons C - H et 2 liaisons O = O sont rompues.
- 2 liaisons C = O et 4 liaisons O - H sont formées.

$$E_{\text{combustion}} = (4 \times D_{\text{C-H}} + 2 \times D_{\text{O=O}}) - (2 \times D_{\text{C=O}} + 4 \times D_{\text{O-H}})$$

$$= (4 \times 413 + 2 \times 498) - (2 \times 798 + 4 \times 463)$$

$$= -800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

C) Combustion et enjeux de société

La question énergétique est au cœur des préoccupations internationales.

L'économie mondiale se trouve face à un double défi : **répondre aux besoins énergétiques croissants** afin de contribuer au développement des pays les plus pauvres (**doc. 10**) tout en **réduisant l'impact environnemental** de l'utilisation de ces énergies.

► Les combustions sont utilisées dans des domaines très variés tels que : **transport** (moteur à explosion) ; **domestique** (chauffage, cuisson des aliments, production d'eau chaude) ; **énergétique** (centrale thermique) ; **métallurgique** (pyrométallurgie, forgeage, fonderie), **astronautique** (propulsion des fusées).

► **Dans le domaine domestique**, les combustions présentent différents risques tels que : **incendie**, **explosion**, **asphyxie** par consommation du dioxygène, **intoxication** par production de monoxyde de carbone lors d'une combustion incomplète.

► L'utilisation de combustibles fossiles présente également **des risques pour l'être humain et son environnement** : réchauffement climatique dû aux gaz à effet de serre tel que le dioxyde de carbone, pollution atmosphérique, marées noires, explosions minières.

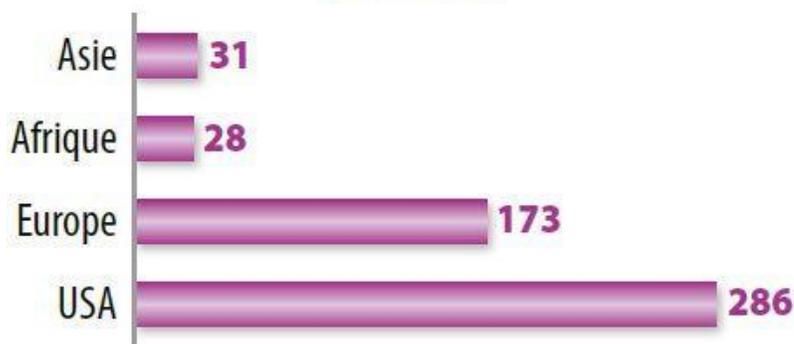
► Pour **réduire l'émission de gaz à effet de serre (doc. 11)** et **l'épuisement progressif des réserves de combustibles fossiles**, il est nécessaire d'agir sur plusieurs fronts :

- **Maîtriser la demande énergétique par un comportement plus responsable** des utilisateurs (consommer local, privilégier les transports en communs, réduire la consommation domestique) et la mise en place de **politiques d'incitation aux économies d'énergie** (développement des transports en commun, mesures réglementaires et fiscales pour améliorer l'isolation des bâtiments).
- **Améliorer l'efficacité énergétique** grâce à des systèmes plus performants de production et d'utilisation de l'énergie pour **diminuer la consommation d'énergies fossiles** (amélioration de l'efficacité des moteurs automobiles, des chaudières domestiques).
- **Émettre moins de CO₂** par la **substitution progressive des énergies fossiles par des énergies renouvelables** (géothermie, énergie solaire, énergie éolienne) ou **nucléaires** et **en augmentant l'utilisation de bioéthanol et du dihydrogène** dans le secteur des transports.

Doc. 10. Consommation moyenne d'énergie primaire par habitant en 2015.

Valeur en moyenne en GJ par habitant

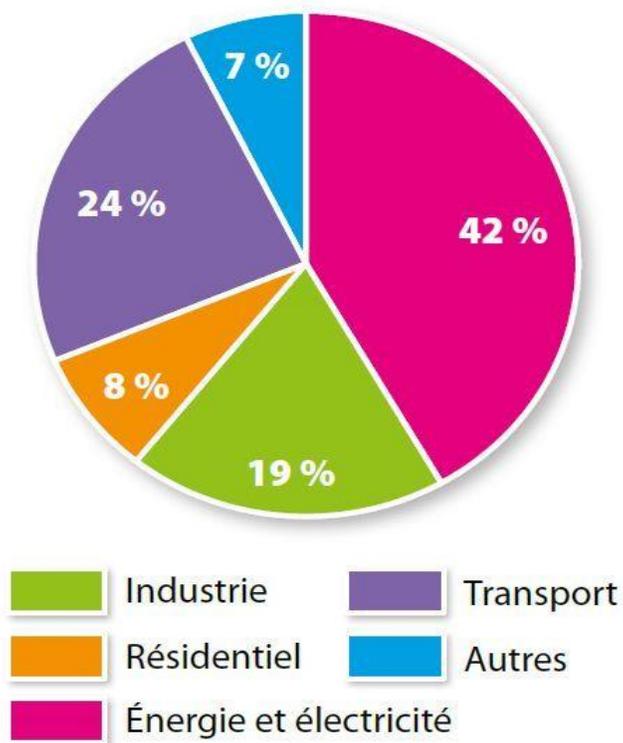
Source : IEA



© Belin Éducation/Humensis, 2019 Physique Chimie 1re

© Marse

Doc. 11. Part des émissions de CO₂ par secteur d'activité dans le monde.



© Belin Éducation/Humensis, 2019 Physique Chimie 1re

© Marse