

Combustion du carbone et des hydrocarbures.

I) La réaction chimique :

1) Combustion du carbone dans le dioxygène :

La combustion du carbone dans le dioxygène produit du dioxyde de carbone. On écrit :



La ligne précédente est appelée Par convention, on symbolise une réaction chimique par une On appelle « » les composés qui interviennent dans la réaction (dans le cas ci-dessus les sont le Carbone et le dioxygène) et on appelle « » les composés formés après la réaction.

Écrivons l'équation chimique précédente à l'aide des formules moléculaires.

Carbone
Dioxygène
Dioxyde de carbone



Que constate-t-on ? On dispose d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène à gauche que l'on retrouve à droite.

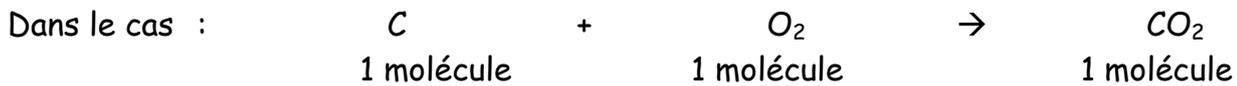
Une réaction chimique est un processus avec réarrangement des atomes constitutifs des pour donner de nouveaux corps appelés Tous les atomes constitutifs des réactifs se retrouvent dans au moins un des produits, et dans les mêmes quantités. On dit qu'au cours d'une réaction chimique il y a conservation de

Attention : La dissolution d'un corps n'est pas une réaction chimique (dissolution du sel dans l'eau par exemple), de même que le changement d'état d'un corps pur (Passage de l'état solide à l'état liquide).

Transformation chimique par Paul Olivier (3 min 53)

<https://www.youtube.com/watch?v=oWK4PByUrT4>

Pour bien rendre compte qu'il y a conservation des mêmes atomes, et qu'il y a le même nombre d'atomes de part et d'autre de l'équation, on affecte chaque réactif et chaque produit d'un nombre appelé coefficient Il correspond au nombre minimum de moles de chaque réactif ou produit permettant cette conservation. Le coefficient 1 ne se note pas.

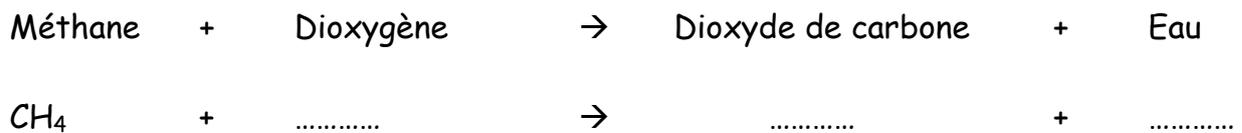


A l'échelle moléculaire, on constate qu'..... atome de carbone réagit avec molécule de dioxygène pour donner molécule de dioxyde de carbone.

A l'échelle humaine..... mole d'atomes de carbone réagit avec mole de molécules de dioxygène pour donner mole de molécules de dioxyde de carbone.

2) Combustion du méthane:

La combustion du méthane s'effectue dans le dioxygène et dégage du dioxyde de carbone et de l'eau.

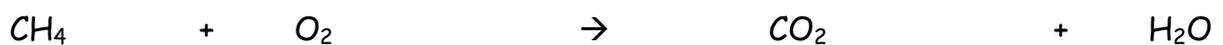


Comptons le nombre d'atomes de chaque espèce avant et après la réaction. Que constatez-vous ?

Éléments	Réactifs	Produits
C		
H		
O		

Peut-on dire qu'une molécule de méthane réagit avec une molécule de dioxygène pour donner une molécule de dioxyde de carbone et une molécule d'eau ?

3) Équilibre d'une réaction chimique :



Pour équilibrer une réaction chimique, on compte le nombre d'atomes par espèce de part et d'autre de la flèche.

C : 1 à gauche et 1 à droite C'est équilibré !

H : 4 à gauche et 2 à droite Ce n'est pas équilibré !

Les coefficients stœchiométriques ne sont donc pas systématiquement égaux à 1. Il faudra donc modifier certains coefficients pour que la réaction soit totale. On dit qu'il faut équilibrer la réaction.

Il faut donc que le nombre d'atomes d'hydrogène soit le double à droite, seule solution : On met un coefficient 2 devant H₂O (On obtient donc 2 molécules d'eau.)

L'équation provisoire est :

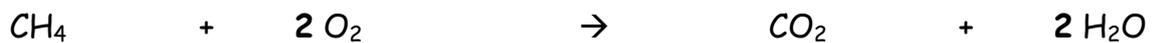


O : 2 à gauche et 4 à droite Ce n'est pas équilibré !

Il faut doubler le nombre d'atomes d'oxygène à gauche. Pour cela, on met un coefficient 2 devant O_2 à gauche. (On obtient alors 2 molécules de dioxygène)

On obtient de ce fait le même nombre d'atomes de chaque espèce de part et d'autre de la flèche.

L'équation définitive devient alors :



1 molécule 2 molécules 1 molécule 2 molécules

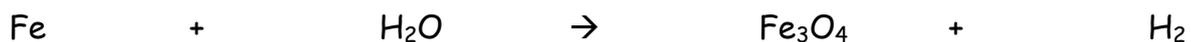
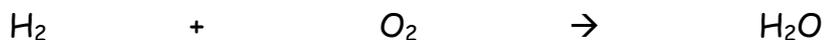
Une molécule de méthane réagit avec deux molécules de dioxygène pour donner une molécule de dioxyde de carbone et deux molécules d'eau.

Comment équilibrer une équation chimique par Paul Olivier (5 min 56)

<https://www.youtube.com/watch?v=VZVBS4OwwIE>

4) Exercices :

Exercice N°1 : Équilibrer les réactions suivantes :



Exercice N°2 : En brûlant dans le dioxygène, le propane donne deux produits :

- Le premier forme de la buée sur un verre froid au-dessus de la flamme.
- Le second est un gaz qui trouble l'eau de chaux.

Quels sont ces produits ?

Écrire l'équation chimique équilibrée de la réaction :



II) Conservation de la quantité de matière, des charges et des éléments :

Nous avons vu précédemment que les éléments se conservent, en effet dans une équation chimique équilibrée, on retrouve le même nombre d'atomes de chaque espèce avant et après la réaction.

1) Conservation de la quantité de matière :

Dans l'écriture d'une équation bilan d'une réaction chimique, les formules chimiques des réactifs et des produits représentent:

- à l'échelle atomique: les molécules ou les atomes en présence.
- à l'échelle humaine : les moles de molécules ou d'atomes des corps en réaction.

Après avoir équilibré la réaction suivante, compléter le tableau.

Équation bilan : (à équilibrer)	CH_4	+	O_2	→	CO_2	+	H_2O
Nombre de moles :							
Masse en grammes :							
Masse totale en grammes :							

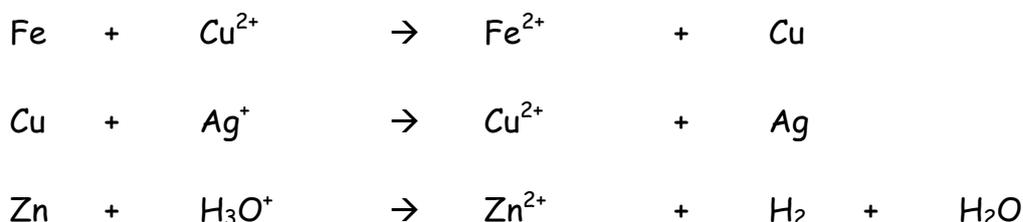
Lors d'une réaction chimique, il y a conservation de la masse. Dans l'équation bilan,

.....

.....

2) Conservation des charges :

Exercice : Les réactions suivantes donnent lieu à la présence d'ions. Il convient donc d'équilibrer les charges de la même manière que l'on équilibrerait les atomes.



Au cours d'une réaction chimique,

.....

Equilibrer une équation chimique par e-profs (7 min 34)

https://www.youtube.com/watch?v=5T4l93Tb_p0

III) Problèmes :

A) Le produit actif de l'eau de Javel est l'hypochlorite de sodium, de formule NaClO.

1) Donner le nom des éléments présents dans ce composé.

.....

2) Calculer la masse molaire moléculaire de NaClO.

$M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$

.....

3) Il est très dangereux et interdit de mélanger des produits ménagers. Une femme de service d'un hôpital a mélangé deux de ces produits, l'un contenant de l'acide chlorhydrique de formule HCl et l'autre de l'eau de Javel. Un dégagement gazeux très toxique s'est répandu.

a) Équilibrer l'équation de la réaction chimique.



b) Parmi les produits obtenus, donner le nom et la formule du gaz toxique.

.....

B) Bilan molaire :

Soit la réaction dont l'équation bilan s'écrit : $\text{C} + 2 \text{PbO} \rightarrow 2 \text{Pb} + \text{CO}_2$.

Compléter les phrases :

Si 1 mole de C réagit avec moles de PbO, il se forme moles de Pb et mole de CO_2 .

Si mole de C réagit avec 0,5 moles de PbO, il se forme moles de Pb et moles de CO_2 .

Si moles de C réagissent avec moles de PbO, il se forme 4 moles de Pb et moles de CO_2 .

IV) Identifier les produits de la combustion complète d'un hydrocarbure :



Le gaz naturel et le pétrole forment les ressources naturelles d'hydrocarbures. Aujourd'hui, la plus grande partie des hydrocarbures distribués par les producteurs est brûlée dans le dioxygène de l'air pour produire de la chaleur. L'énergie thermique issue de la combustion des hydrocarbures est utilisée pour fabriquer de l'électricité, actionner les moteurs des véhicules ou chauffer les bâtiments.

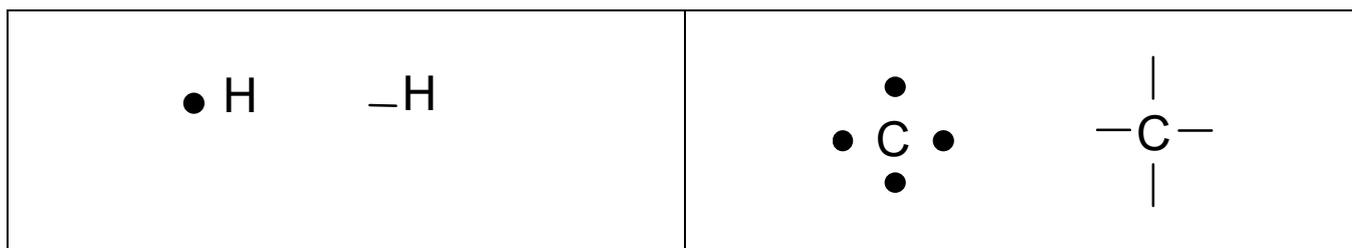
Les réactions de combustion par Profponsonnet (4 min 00)

<https://www.youtube.com/watch?v=IAEIf6Fz5Jc>

1) Identifier les produits de la combustion complète d'un hydrocarbure :

Les hydrocarbures sont des composés organiques ne contenant que les éléments et

Rappels : Le carbone est et l'hydrogène



La plupart des hydrocarbures utilisés comme combustibles appartiennent à la famille des

Les ne comportent que des liaisons covalentes La formule

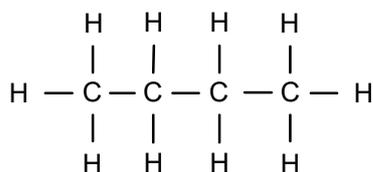
brute générale des alcanes est : $\text{C}_n \text{H}_{2n+2}$

La terminaison de leur nom est toujours « ane » précédé d'un préfixe

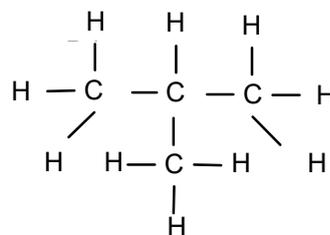
Nombre de carbones	Préfixe	Nom	Formule brute	Formule Semi-développée
1ane	CH_4	CH_4
2ane	C_2H_6	$\text{CH}_3\text{—CH}_3$
3ane	C_3H_8	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$
4ane	C_4H_{10}	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$

5	.....	.....ane	C_5H_{12}	$\begin{array}{cccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_2 \\ & & & & & & | \\ & & & & & & CH_3 \end{array}$
6	.....	.....ane	C_6H_{14}	$\begin{array}{cccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_2 \\ & & & & & & | \\ & & & & & & CH_3 - CH_2 \end{array}$
7	.....	.....ane	C_7H_{16}	$\begin{array}{cccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_2 \\ & & & & & & | \\ & & & & & & CH_3 - CH_2 - CH_2 \end{array}$
8	.....	.....ane	C_8H_{18}	$\begin{array}{cccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_2 \\ & & & & & & | \\ & & & & & & CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 \end{array}$
9	.....	.....ane	C_9H_{20}	$\begin{array}{cccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_2 \\ & & & & & & & & | \\ & & & & & & & & CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 \end{array}$
10	.....	.....ane	$C_{10}H_{22}$	$\begin{array}{cccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_2 \\ & & & & & & & & | \\ & & & & & & & & CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 \end{array}$
20	éicos	éicosane	$C_{20}H_{42}$	$\begin{array}{cccc} CH_3 & - & CH_2 \\ & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 \\ & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 \\ & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 \end{array}$

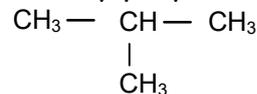
La chaîne carbonée des alcanes n'est pas toujours En effet à partir du butane, la chaîne peut se Dans ce cas la formule brute est toujours la même, seule la structure diffère.



butane



méthylpropane



Le butane et le méthylpropane sont des

Observons le tableau suivant qui donne la constitution chimique des combustibles et des carburants usuels :

Combustible ou carburant	État à température et pression ordinaires	Constituants chimiques	Formule chimique brute
--------------------------	---	------------------------	------------------------

Gaz de ville	Gazeux	Mélange essentiellement de méthane et un peu d'éthane	
Gaz stockés en bouteille ou en cuve	Gazeux mais liquide en bouteille ou en cuve	Propane Butane	
Essence (SP 95 ou 98)	Liquide	Mélange d'heptane et d'octane principalement	
Gazole	Liquide	Mélange de plusieurs constituants dont le dodécane	

2) La combustion d'un hydrocarbure est-elle toujours complète ?

a) Analyse de documents.

Les dangers du monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est un gaz dangereux qui peut être mortel. Il ne sent rien et ne se voit pas.

Aérez au moins 10 min. par jour

Faites vérifier et entretenir : chaudières et chauffages chaque année avant l'hiver

Utilisez dehors : appareils de cuisson (brasero, barbecue) et groupes électrogènes

Respectez le mode d'emploi des appareils de chauffage et de cuisson


www.prevention-maison.fr


Le monoxyde de carbone (CO) est un **gaz incolore, inodore, toxique et potentiellement mortel** qui résulte d'une combustion incomplète, et ce quel que soit le combustible utilisé : bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane. Il diffuse très vite dans l'environnement. Chaque année, ce gaz toxique est responsable d'une centaine de décès en France.

Au cours de la période de chauffe 2016-2017, 1 041 épisodes d'intoxication au CO survenus par accident et impliquant 35 540 personnes ont été signalés au système de surveillance de Santé publique France.

Des gestes simples contribuent pourtant à réduire les risques.

Pourtant, certains symptômes annonciateurs d'une intoxication au monoxyde de carbone existent. Maux de têtes, nausées et vomissements sont notamment les premiers signes qui doivent alerter. Bien identifiés, ils permettent de réagir rapidement et d'éviter le pire. A l'approche du froid, de simples mesures de prévention et une bonne connaissance des symptômes peuvent aider à éviter ces accidents. C'est pourquoi, l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (Inpes) poursuit son action d'information sur les gestes à adopter pour prévenir une intoxication au CO et sur les réflexes à avoir en cas d'apparition des symptômes.

A disposition de tous, un dépliant rappelant les consignes d'entretien et les situations à risque est téléchargeable sur le site https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/depliant_monoxyde_de_carbone.pdf

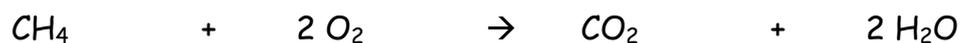
Pourquoi est-ce si dangereux ?

Le CO est un gaz invisible : incolore, inodore et non irritant qui se diffuse très vite dans l'environnement. Après avoir été respiré, il se fixe sur les globules rouges à la place de l'oxygène et peut s'avérer mortel en moins d'une heure. En cas d'intoxication grave (chronique ou aiguë), les personnes gardent parfois des séquelles à vie : migraines chroniques ou bien maladies neurologiques invalidantes (troubles de la coordination motrice, paralysies de toutes formes). Ces intoxications sont suspectées de perturber le développement cérébral des enfants et notamment leur fonctionnement intellectuel.

b) Les réactions qui forment le monoxyde de carbone :

Tous les hydrocarbures brûlent dans l'air avec un dégagement de chaleur. Observons la combustion du méthane.

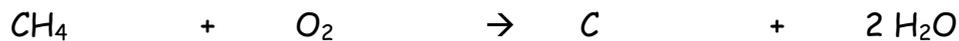
Dans un excès de dioxygène :



La combustion du méthane est complète. Si l'arrivée d'air (oxygène) est suffisante, le gaz est bien brûlé ; la flamme est bleue, il ne se forme alors que de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone.



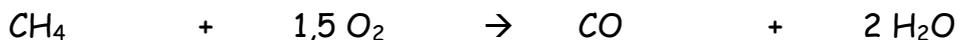
Lorsque le dioxygène fait fortement défaut :



Il se forme sur les récipients des résidus noirs de carbone. S'il n'y a pas assez de dioxygène, la combustion est alors incomplète, la flamme est très orange. Le gaz est mal brûlé, il reste du carbone (noir de fumée) et il peut se former en plus du monoxyde de carbone (gaz très toxique).



Lorsque le dioxygène fait défaut :



Il se forme du monoxyde de carbone qui est un gaz incolore et inodore extrêmement toxique car il se combine avec le fer de l'hémoglobine du sang de manière irréversible.

Le méthane étant lui-même un gaz incolore et inodore, les producteurs de gaz lui ont ajouté un gaz odorant afin de détecter les éventuelles fuites. Dans les mines, les « coups de grisou » étaient difficiles à prévenir, le grisou n'étant en fait que du méthane.

V) Combustion d'un hydrocarbure : quels aspects énergétiques ?

1) Calcul de l'énergie fournie lors d'une réaction de combustion:

La combustion est donc une réaction chimique au cours de laquelle les réactifs disparaissent pour laisser apparaître de nouveaux corps, les produits de la réaction. Certaines réactions chimiques sont, c'est à dire qu'elles produisent de la chaleur. (Dans une réaction chimique, l'énergie dégagée par la formation de liaisons dans les produits est supérieure à l'énergie requise pour briser les liaisons dans les réactifs. Le contraire d'une réaction est une réaction, la température baisse au cours d'une telle réaction.)

Il est possible de calculer la quantité d'énergie fournie lors d'une réaction chimique exothermique. Le tableau suivant indique la quantité d'énergie correspondant à la destruction ou à la fabrication de certaines liaisons.

	(kJ/mole)		(kJ/mole)
H-H	432	C=O	799
O=O	494	C-C	347
O-H	460	C=C	611
C-H	410	C=C (aromatic)	519
C-O	360	N=O	623

Exemple 1 : $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

H_2 : Destruction de 2 liaisons H-H 2 x 432 kJ = 864 kJ
 O_2 : Destruction de la double liaison O=O 1 x 494 kJ = 494 kJ
 H_2O : Formation de 4 liaisons O-H 4 x 460 kJ = 1 840 kJ

Chaleur = $(864 + 494) - 1840 = - 482 \text{ kJ}$ (La valeur négative indique que la réaction produit de la chaleur, qu'elle est donc exothermique.)

Exemple 2 :

$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 CH_4 : Destruction de liaison C-H x 410 = kJ.
 O_2 : Destruction de doubles liaisons O=O x 494 = kJ.
 CO_2 : Formation de doubles liaisons C=O x 799 = kJ.
 H_2O : Formation de liaisons O-H x 460 = kJ.

Chaleur =

2) Energie Thermique de combustion :

La combustion du carbone ou des hydrocarbures libère une énergie Thermique E (en joule) qui est à la masse m de carbone ou d'hydrocarbure (en kilogramme). Le coefficient de proportionnalité est appelé (ou chaleur de combustion) (en J/kg). Il dépend de l'hydrocarbure comme l'indique le tableau ci-dessous.

Hydrocarbure	PC (en MJ/kg)
Méthane (CH ₄)	50,0
Ethane (C ₂ H ₆)	47,8
Propane (C ₃ H ₈)	46,4
Butane (C ₄ H ₁₀)	45,8
Essence	47,3
Gazole	44,8
Bois	15
Charbon	Entre 15 et 27

L'énergie thermique pour une masse m de combustible se calcule :

$$E = m.PC$$

E en J, m en kg et PC en J/kg

3) Calcul de la quantité de CO₂ émis lors d'une réaction de combustion:

Le dioxyde de carbone émis lors des réactions de combustion est l'un des principaux gaz à effet de serre. Ces gaz bloquent et réfléchissent le rayonnement thermique infrarouge.



Une voiture dont la consommation d'essence est de 7 L pour 100 km libère du CO₂ dans l'atmosphère. On veut déterminer la masse de CO₂ produite par km afin de déduire la classe énergétique de la voiture. On suppose que l'essence utilisée est de l'octane. La masse volumique de l'essence est $\rho_{essence} = 750 \text{ g/L}$. On sait que $M(H) = 1 \text{ g/mol}$, $M(C) = 12 \text{ g/mol}$ et $M(O) = 16 \text{ g/mol}$. Le tableau de classification énergétique est le suivant :

Émissions de CO₂ faibles



Émissions de CO₂ élevées

a) Déterminer la quantité de matière de combustible consommée par km. Pour cela on calcule :

Le volume d'essence pour 1 km sera de L.

La masse d'essence correspondante sera deg.

La masse molaire moléculaire de l'octane sera $M(C_8H_{18}) = \dots\dots\dots$ g/mol.

La quantité de matière sera alors :

Mol de C ₈ H ₁₈	1	
Masse de C ₈ H ₁₈ (en g)		

b) Ecrire l'équation équilibrée de la combustion de l'octane dans le dioxygène.



c) Compléter l'égalité de formation du CO₂.

1 mole d'octane produit moles de CO₂ doncmol d'octane produit moles de dioxyde de carbone.

d) Calculer la masse de CO₂ produite pour 1 km

La masse molaire moléculaire du dioxyde de carbone sera $M(CO_2) = \dots\dots\dots$ g/mol.

Mol de CO ₂	1	
Masse de CO ₂ (en g)		

e) Indiquer la classe énergétique de la voiture.

La classe énergétique de la voiture est

Le carbone : Les sorciers font leur bilan par c'est pas sorcier (26 min 15)

<https://www.youtube.com/watch?v=OxLZ-LVJ02Y>