Combustion chimique – Exercices - Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Les cheminées à éthanol C_2H_6O s'installent progressivement dans les foyers français. Faciles à mettre en place et pratiques d'utilisation, elles permettent d'utiliser un biocarburant pour se chauffer.

1. Ecrire l'équation de combustion complète de l'éthanol
2. Calculer l'énergie de réaction molaire de combustion de ce combustible
3. Quelle énergie est-il possible de libérer lors de la combustion d'un réservoir d'éthanol de volume 45,0 cl ?
4. Calculer le pouvoir calorifique de l'éthanol

Donnée : $\rho(C_2H_6O)=789\,g.L^{-1}$

Exercice 2 corrigé disponible

1. Ecrire l'équation de combustion complète du propane C_3H_8
2. Calculer l'énergie de réaction molaire de combustion du propane
3. Déterminer la masse de CO_2 produit pour 1,00kg de propane consommé
4. Calculer le pouvoir calorifique du propane

Exercice 3

Document 1 : les combustions

La combustion de tout combustible fossile, de bois et de certains composés organiques, est source d'énergie. Cela signifie que la rupture des liaisons chimiques des molécules sous l'effet de chaleur est elle-même productrice d'énergie thermique, en quantité plus importante que l'énergie apportée.

On dit **que la combustion est exothermique**.

Lors de la combustion complète d'un alcool ou alcane, le composé organique réagit avec le dioxygène de l'air. Il se forme comme seuls produits, du dioxyde de carbone et de l'eau.

Si la quantité de dioxygène est insuffisante, la combustion est incomplète et il peut se former du monoxyde de carbone.

Document 2 : Voici un document extrait d'un document « la filière bioéthanol », agence ANFA.

Bilan « du puits à la roue » : mesures des gaz rejetés de la production du carburant jusqu'à sa consommation.

➔ **Comparaison à partir de mesures effectuées sur véhicule**

RENAULT MÉGANE 1,6 l	Essence	E85	Écart
Niveau de dépollution	Euro4	Euro4	-
Consommation (l/100 km)	6,8	9,2	+ 35%
Emissions de CO_2 (g/km)	160	141	- 6%
Emissions de CO_2 (g/km) « du puits à la roue »	184	115	-38%

Remarque : Le bioéthanol est noté E85 dans le tableau

Données :

- Masse molaires de quelques éléments : M(C)=12,0 g/mol ; M(H)=1,00 g/mol ; M(O)=16,0 g/mol
- Masse molaire de l'éthanol : M=46 g/mol
- Masse volumique de l'éthanol $\rho = 0{,}80.10^3 g.L^{-1}$

1. Ecrire l'équation de la réaction de combustion complète de l'éthanol
2. Pourquoi ce type de réaction (la combustion des composés organiques) est-il responsable en partie du réchauffement climatique ?
3. Une voiture roulant au bio éthanol rejette-elle moins de gaz à effet de serre qu'une voiture à essence ?
4. A l'aide de l'équation de combustion de l'éthanol et du tableau d'avancement ci-dessous si nécessaire, vérifier la masse de dioxyde de carbone rejetée dans l'atmosphère pour 100 km.
5. L'énergie molaire de combustion de l'éthanol est de 1326 $kJ.mol^{-1}$. En déduire son pouvoir calorifique P en $kJ.kg^{-1}$.

État du système	Avancement (mol)				
État initial	0				
État intermédiaire	x				
État final	x_{max}				

Exercice 4 corrigé disponible

En brûlant selon une combustion complète, un mélange de gazole de formule brute $C_{12}H_{26}$ augmente la pression dans le cylindre du moteur d'une voiture et produit une force pressante en augmentant le volume de la chambre de combustion.

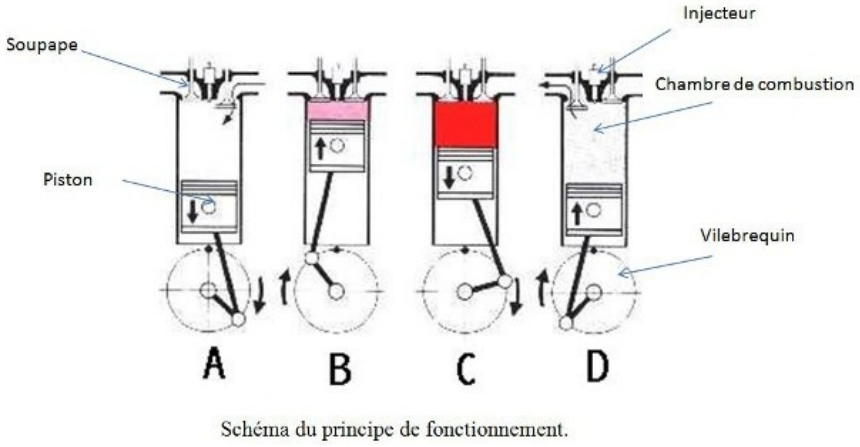
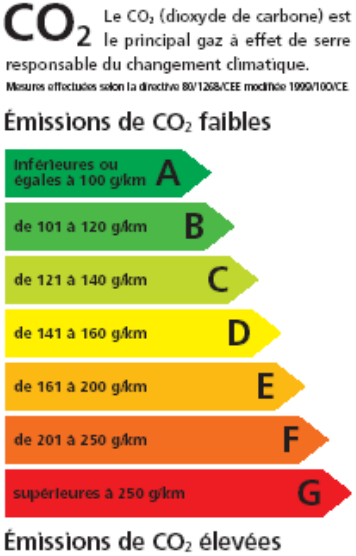


Schéma du principe de fonctionnement.

Document 1 - Moteur thermique à 4 temps



Document 2 - *Classe de voitures selon l'émission en gaz CO_2*

La combustion du gazole produit des gaz à effet de serre (dioxyde de carbone et eau) favorisant le réchauffement climatique

On étudie un véhicule diesel consommant 5,5 L pour 100 km

Donnée : $\rho_{C_{12}H_{26}} = 0{,}75\, kg\,.\,L^{-1}$

1. Quelle situation du document 1 représente une combustion ?
2. Ecrire l'équation de la réaction de combustion complète du dodécane
3. Quelle est la quantité de matière de dodécane consommé par kilomètre ?
4. Déterminer la masse de CO_2 produit par km parcouru ; quelle est la classe de cette voiture ?
5. Déterminer l'énergie molaire de combustion du dodécane puis le pouvoir calorifique du dodécane ; comparer le résultat avec l'éthanol

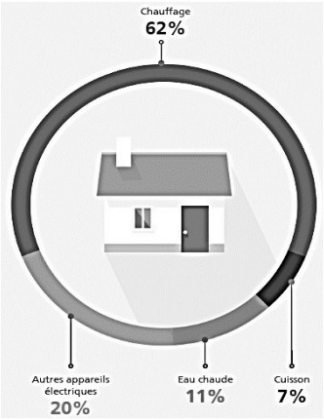
Exercice 5

1. Donner les différents types de liaisons contenues dans le propan-1-ol C_3H_8O
2. Calculer l'énergie de dissociation du propan-1-ol
3. Ecrire l'équation de combustion complète du propan-1-ol
4. Calculer l'énergie de réaction molaire de combustion du propan-1-ol
5. Calculer le pouvoir calorifique de l'éthanol

Exercice 6

Les principales dépenses d'énergie au sein d'une maison française se répartissent entre quatre grands postes dont le plus important est le chauffage.

Le but de l'exercice est d'étudier les dépenses énergétiques liées chauffage dans une maison comportant deux étages.

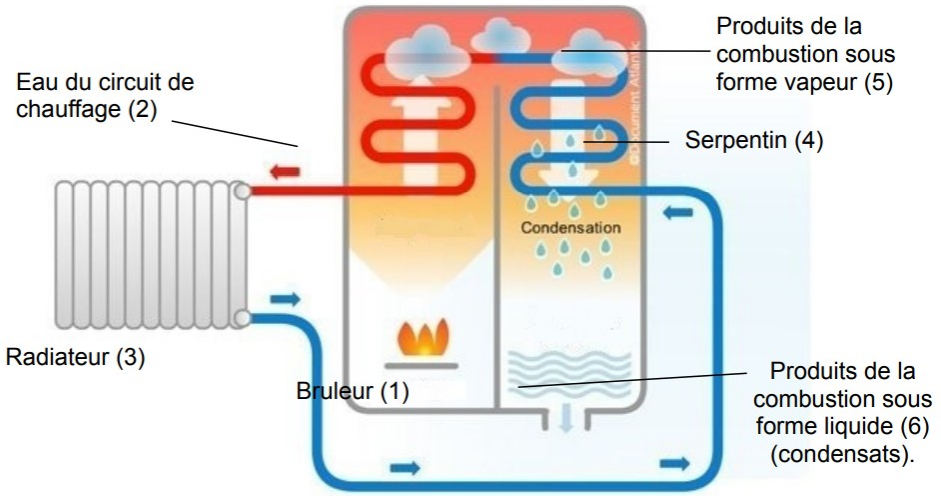


Principales dépenses d'énergie au sein d'une maison française
Source https://travaux.edf.fr/

1. Chauffage de la maison

La maison est équipée d'un chauffage central à partir d'une chaudière fonctionnant au gaz naturel. Afin de réaliser des économies d'énergie, le choix a été fait d'installer une chaudière à condensation. Le principe de fonctionnement d'une chaudière à condensation est illustré sur ci-dessous.

Dans le brûleur (1), la combustion du gaz naturel permet de transférer de l'énergie à l'eau du circuit de chauffage (2). Cette eau, après avoir alimenté les radiateurs (3), circule dans un serpentin (4) mis en contact avec les produits de la combustion du gaz naturel (5). Ces produits se condensent au contact de l'eau froide et les condensats produits dans la chaudière (6) sont ensuite rejetés à l'égout. La condensation étant un phénomène exothermique, de l'énergie thermique est ainsi fournie à l'eau du circuit de chauffage.



Principe de fonctionnement d'une chaudière à condensation.
D'après https://ma-maison-eco-confort.atlantic.fr/

Données :

- le « gaz naturel » est principalement constitué de méthane ;
- énergies molaires des liaisons en $kJ \cdot mol^{-1}$

liaison	C-H	C=O (dans CO_2)	O=O	O-H
énergie de liaison ($kJ \cdot mol^{-1}$)	411	795	494	459

- masses molaires atomiques en $g \cdot mol^{-1}$: H : 1,0 $g \cdot mol^{-1}$; C : 12,0 $g \cdot mol^{-1}$; O : 16,0 $g \cdot mol^{-1}$
- numéros atomiques : H : 1 C : 6 O : 8 ;
- la valeur de l'énergie libérée par la condensation d'un gramme d'eau est : 2,3 kJ ;
- masse volumique de l'eau liquide : ρ = 1,0 $kg \cdot L^{-1}$.

1.1. Écrire l'équation de la réaction modélisant la combustion du gaz naturel dans le dioxygène. La formule du méthane est CH_4 et les produits de combustion sont le dioxyde de carbone et l'eau.

1.2. Établir le schéma de Lewis des molécules de dioxyde de carbone et d'eau.

1.3. À partir du tableau donnant les valeurs des énergies de liaison, calculer celle de l'énergie molaire de réaction de la combustion du gaz naturel dans le dioxygène et justifier du caractère exothermique de la transformation. En déduire que le pouvoir calorifique du méthane est d'environ 50 $kJ \cdot g^{-1}$.

1.4. Calculer l'énergie thermique libérée au cours de la combustion de 100 g de méthane. Montrer qu'au cours de cette combustion il se forme 225 g de vapeur d'eau.
1.5. On fait l'hypothèse que toute la vapeur d'eau formée lors de la combustion se condense et que seule l'énergie libérée lors de la condensation de l'eau est récupérée. Calculer la valeur de l'énergie associée à la condensation de la vapeur d'eau formée pour 100 g de méthane puis montrer que l'utilisation de cette énergie permet de réaliser un gain maximal d'environ 10 % en énergie.

Exercice 7

Avec 13,41 gigatonnes de dioxyde de carbone émis dans le monde en 2016, le transport est le deuxième contributeur de gaz à effet de serre derrière la production d'énergie électrique […].Les émissions de dioxyde de carbone des transports dépendent de plusieurs facteurs : la distance totale parcourue, le nombre de passagers par véhicule, le carburant utilisé ou encore le type de trajet. Or, les statistiques montrent un nombre toujours plus important de voitures en circulation dans le monde, ainsi qu'une importante augmentation du trafic aérien et du commerce mondial de marchandises. La part des émissions de CO_2 par secteur d'activité dans le monde est fournie dans le tableau ci-après.

Énergie électrique	Industrie	Résidentiel	Transport	Autres
41,5 %	18,9 %	8,4 %	24,4 %	6,8 %

D'après Céline Deluzarche, chiffres AIE pour l'année 2016.

1. Voiture diesel ou voiture essence ?
D'après le texte introductif, les émissions de dioxyde de carbone dues aux transports dépendent, entre autres, du carburant utilisé. On se propose, en répondant aux questions de cette première partie, de construire un argumentaire scientifique permettant de valider ou d'invalider cette affirmation. Les deux carburants étudiés sont le gasoil et l'essence sans plomb. On admet qu'ils sont respectivement modélisés par du dodécane ($C_{12}H_{26}$) pour l'un et de l'octane (C_8H_{18}) pour l'autre.

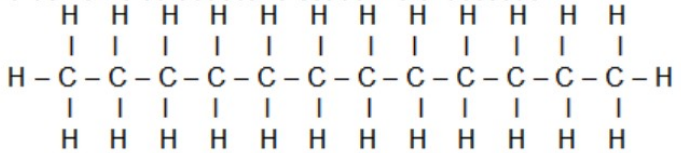
Type de véhicule	Diesel	Essence sans plomb
Carburant utilisé	Gasoil : essentiellement du dodécane	Essence : essentiellement de l'octane
Volume de carburant consommé pour 100 km parcourus	V = 5,0 L	
Masse de dioxyde de carbone émis par kilomètre parcouru	m = 120 g	

Données
Energie molaire de combustion de l'octane : E_m = - 5,1 × 10^3 kJ.mol^{-1}.
Masse volumique de l'octane : ρ = 0,70 kg.L^{-1}.
Masses molaires atomiques (g.mol^{-1}) : M(C) = 12,0 ; M(H) = 1,00 ; M(O) = 16,0.
Représentation de quelques éléments : $_1$H ; $_6$C ; $_8$O.
Extrait d'une table d'énergies molaires de liaison :

Liaison	E_l (kJ.mol^{-1})
C – H	415
C – C	348
C – O	350
O = O	498
O – H	463
C = O	724
C = O dans CO_2	804

1.1. L'équation de la réaction modélisant la combustion du dodécane s'écrit :
$$2\ C_{12}H_{26}\ (l) + 37\ O_2\ (g) \rightarrow 24\ CO_2\ (g) + 26\ H_2O\ (g)$$

Le schéma de Lewis du dodécane est donné ci-dessous :



1.1.1. Représenter le schéma de Lewis du dioxygène, du dioxyde de carbone et de l'eau.
1.1.2. Déterminer la quantité de matière de dioxyde de carbone rejeté par la voiture diesel par kilomètre parcouru.
1.1.3. En déduire la quantité de matière de dodécane consommé par kilomètre parcouru.
1.1.4. Montrer, à l'aide des données, qu'une estimation de l'énergie molaire de combustion du dodécane est E'_m = - 7,50 × 10^3 kJ.mol^{-1}. Indiquer pourquoi il s'agit d'une estimation.
1.1.5. En déduire l'énergie libérée E_{lib} par la combustion du gasoil pour un kilomètre parcouru.

1.2. Une voiture essence de motorisation équivalente libère une énergie liée à la combustion de l'essence E'_{lib} = - 1,7 □ 103 kJ par kilomètre parcouru.

1.2.1. Montrer que la masse de dioxyde de carbone émise par la voiture à essence par kilomètre parcouru vaut m' = 1,2 □ 10^2 g.

1.2.2. Commenter le résultat obtenu et rédiger un conseil argumenté sur le choix du véhicule à utiliser pour minimiser l'impact sur le réchauffement climatique. On s'attachera notamment à montrer si le critère de la consommation par kilomètre parcouru est un indicateur suffisant.

Exercice 8

L'Hindenburg a été le 129ème dirigeable construit par la société allemande Zeppelin entre 1935 et 1936. Dirigeable le plus grand et le plus luxueux jamais construit, avec ses dimensions hors normes de plus de 240 m de long, il pouvait accueillir 124 personnes et comportait une salle à manger, un salon de lecture, un fumoir, des cuisines et plusieurs cabines. Disposant d'un volume de dihydrogène de près de 200 000 m^3 et de 4 moteurs il affichait une vitesse de croisière de plus de 120 $km.h^{-1}$. Le 6 mai 1937, lors de son 63ème voyage et après 77 heures de vol, il s'est écrasé à l'atterrissage à Lakehurst dans le New Jersey.

www.portail-aviation.com

On explique aujourd'hui cet accident de la façon suivante : après trois jours de vol, le dirigeable chargé d'électricité statique et après avoir rencontré un orage aurait connu une défaillance technique engendrant une fuite de dihydrogène. Une décharge d'électricité statique créée lorsqu'une des amarres du dirigeable a touché le sol aurait amorcé la combustion du dihydrogène, réaction du dihydrogène avec le dioxygène de l'air.

Données

- Équation de la réaction modélisant la combustion du dihydrogène :

$$H_{2\,(g)} + \frac{1}{2} O_{2\,(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

- Numéros atomiques : H (Z = 1) ; O (Z = 8)
- Énergies de liaison

Liaison	H –H	O = O	O – H
Énergie de liaison (en $kJ.mol^{-1}$)	D_{H-H} = 436	$D_{O=O}$ = 496	D_{O-H} = 463

- Volume molaire des gaz à 20°C : V_m = 24,0 $L.mol^{-1}$
- Le TNT (trinitrotoluène) est un explosif. On compare souvent les énergies produites lors des explosions en équivalent TNT, l'explosion d'un gramme de TNT libérant une énergie de 4184 J.

2.1. Établir les schémas de Lewis des molécules H_2, O_2 et H_2O.

2.2. Identifier la nature et le nombre de liaisons rompues et formées au cours de la combustion du dihydrogène.

2.3. Combien de tonnes de TNT produiraient une énergie équivalente lors de son explosion à celle produite par l'explosion du dihydrogène contenu dans l'Hindenburg ?