

Thème 2 : TRANSPORT. Sous-thème : MISE EN MOUVEMENT

Notions et Contenus	Compétences attendues
Transformation chimique et transfert d'énergie sous forme thermique. Combustion.	<ul style="list-style-type: none"> - Citer différents carburants utilisés et leur mode de production (pétrochimie, agrochimie, bio-industries, etc.). - Utiliser le modèle de la réaction pour prévoir les quantités de matière nécessaires et l'état final d'un système. - Déterminer expérimentalement l'énergie libérée au cours de la combustion d'un hydrocarbure, puis confronter à la valeur calculée à partir d'enthalpies de combustion tabulées. - Citer les dangers liés aux combustions et les moyens de prévention et de protection

Problématique :

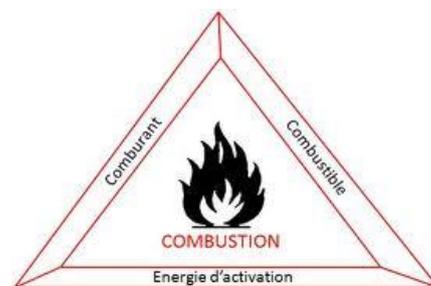
D'où provient l'énergie permettant aux véhicules à moteur thermique de se déplacer ?

COURS :**I. RAPPELS DE PREMIERE :****1) La combustion :**

Une combustion est une _____ entre un _____ (le corps chimique qui brûle) et un _____ (le corps chimique qui réagit avec le combustible, permettant ainsi la combustion).

L'énergie d'activation est l'énergie nécessaire pour amorcer la combustion (étincelle, flamme, frottement...)

Cette réaction produit _____.



Triangle de feu

Les combustibles peuvent être: - Solides: _____
- Liquides: _____
- Gazeux: _____

Le comburant est souvent le _____, mais d'autres composés sont des comburants: ozone O_3 , halogènes, peroxydes, chlorates...

2) La réaction chimique de combustion :

La combustion complète dans le dioxygène :

Il y a combustion complète si le comburant est en quantité suffisante pour brûler tout le combustible.

La plupart des combustions sont une réaction chimique entre le combustible et le dioxygène.

Cette combustion produit du dioxyde de carbone CO_2 et de l'eau H_2O

Ecrire et équilibrer l'équation chimique de la combustion:

- du méthane CH_4

- du propane C_3H_8

- de l'octane C_8H_{18}

- de l'éthanol C_2H_6O

3) Avancement d'une réaction chimique :

Rappel 1 : Relation entre masse et quantité de matière

La **quantité de matière** se note _____ et s'exprime en _____

La **masse** se note _____ et s'exprime en _____

La **masse molaire** se note _____ et s'exprime en _____



Exemple: Calculez la quantité de matière contenue dans 250 g d'éthanol C_2H_6O
 Masses molaires atomiques: $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$

Rappel 2 : Tableau d'Avancement

On appelle x _____. x se mesure _____.

L'avancement maximal _____ d'une réaction est _____

Le premier réactif qui vient à manquer est appelé _____

Lorsque tous les réactifs ont été consommés, on dit qu'ils sont _____

Applications :

Application 1: la combustion du méthane

On brûle 0,10 mol de méthane CH_4 dans un flacon contenant 0,15 mol de dioxygène. Il se forme du dioxyde de carbone et de l'eau. En vous aidant du tableau ci-dessous, déterminez l'avancement maximal de la réaction.

équation chimique					
état du système	Avancement				
initial					
intermédiaire					
Final					

Quel est le réactif limitant ? Que contient le flacon à la fin de la réaction ?

Quelle serait la quantité de matière de dioxygène nécessaire pour que la combustion du méthane se fasse dans les proportions stœchiométriques ?

Application 2: combustion du propane

Une bouteille contient 13 kg de propane C_3H_8 .

a) Déterminez la quantité de matière correspondante.

Masses molaires atomiques: $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$

b) En vous aidant du tableau ci-dessous, déterminez la quantité de dioxygène nécessaire pour brûler tout le propane, si la réaction se fait dans les proportions stœchiométriques.

équation chimique					
état du système	Avancement				
initial					
intermédiaire					
final					

Application 3: la combustion de l'octane

On brûle 1,0 L d'octane C_8H_{18} dans un excès dioxygène. La densité de l'octane vaut $d = 0,72$.

a) Calculez la quantité de matière correspondante.

b) Quel est le réactif limitant ? En vous aidant du tableau ci-dessous, déterminez l'avancement maximal de la réaction.

équation chimique					
état du système	Avancement				
initial					
intermédiaire					
Final					

II. LES CATEGORIES DE CARBURANTS

Définitions:

Un carburant est _____

La biomasse _____

Un biocarburant est _____

Application 4 : Faire l'activité documentaire du livre (Nathan) p 144. Les réponses pourront être présentées dans le tableau ci-dessous:

1-

2-

3-

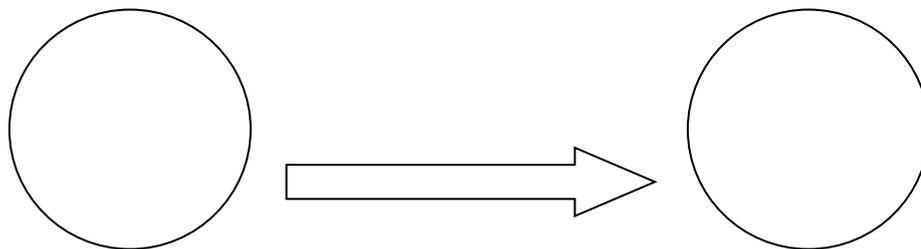
Catégorie de carburant	Origine	Exemples	avantage	inconvénient

III. ENTHALPIE DE COMBUSTION :

1) Définitions :

L'enthalpie, _____

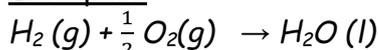
La variation d'enthalpie d'un système, _____

**Remarques :**

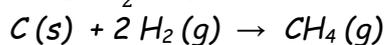
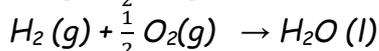
- Lors d'une réaction chimique, de l'énergie est libérée ou captée par les molécules et les ions. Ce sont les liaisons chimiques, qui en se formant ou se brisant transfèrent de l'énergie chimique.
- Lorsque $\Delta H > 0$ alors la transformation (réaction) est dite _____, elle nécessite un apport d'énergie pour se réaliser.

Lorsque $\Delta H < 0$ alors la transformation (réaction) est dite _____, elle dégage de l'énergie pour se réaliser.

La réaction de formation d'un constituant est _____

Exemples:

corps pur simple: constitué d'un seul type d'atomes



L'enthalpie standard de formation ΔH_f° d'un constituant _____

Les valeurs de l'enthalpie standard de formation sont données dans des tables _____ :

TABLE 5.3 Standard Enthalpies of Formation, ΔH_f° , at 298 K

Substance	Formula	ΔH_f° (kJ/mol)	Substance	Formula	ΔH_f° (kJ/mol)
Acetylene	$C_2H_2(g)$	226.7	Hydrogen chloride	$HCl(g)$	-92.30
Ammonia	$NH_3(g)$	-46.19	Hydrogen fluoride	$HF(g)$	-268.6
Benzene	$C_6H_6(l)$	49.0	Hydrogen iodide	$HI(g)$	25.9
Calcium carbonate	$CaCO_3(s)$	-1207.1	Methane	$CH_4(g)$	-74.8
Calcium oxide	$CaO(s)$	-635.5	Methanol	$CH_3OH(l)$	-238.6
Carbon dioxide	$CO_2(g)$	-393.5	Propane	$C_3H_8(g)$	-103.85
Carbon monoxide	$CO(g)$	-110.5	Silver chloride	$AgCl(s)$	-127.0
Diamond	$C(s)$	1.88	Sodium bicarbonate	$NaHCO_3(s)$	-947.7
Ethane	$C_2H_6(g)$	-84.68	Sodium carbonate	$Na_2CO_3(s)$	-1130.9
Ethanol	$C_2H_5OH(l)$	-277.7	Sodium chloride	$NaCl(s)$	-410.9
Ethylene	$C_2H_4(g)$	52.30	Sucrose	$C_{12}H_{22}O_{11}(s)$	-2221
Glucose	$C_6H_{12}O_6(s)$	-1273	Water	$H_2O(l)$	-285.8
Hydrogen bromide	$HBr(g)$	-36.23	Water vapor	$H_2O(g)$	-241.8

L'enthalpie standard de combustion _____

Calcul de l'enthalpie standard de combustion

--

Exemple: Calculez l'enthalpie de combustion complète du méthane CH_4 (g) à 25°C sous 1 bar.

L'énergie thermique cédée Q lors d'une combustion de n moles de combustible à la température $T = 25^\circ\text{C}$ sous 1 bar vaut:

--

Applications :Applications 5:

Calculez les l'enthalpie de combustion complète à 25°C sous 1 bar de:

a) L'éthanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (l)

b) l'octane C_8H_{18} (l) (l'enthalpie standard de formation de l'octane liquide vaut $-249,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)

c) De l'éthylène gazeux C_2H_4 (g)

Application 6: Calcul de l'énergie cédée par la combustion de $m = 50,0 \text{ g}$ de propane (g) C_3H_8 .

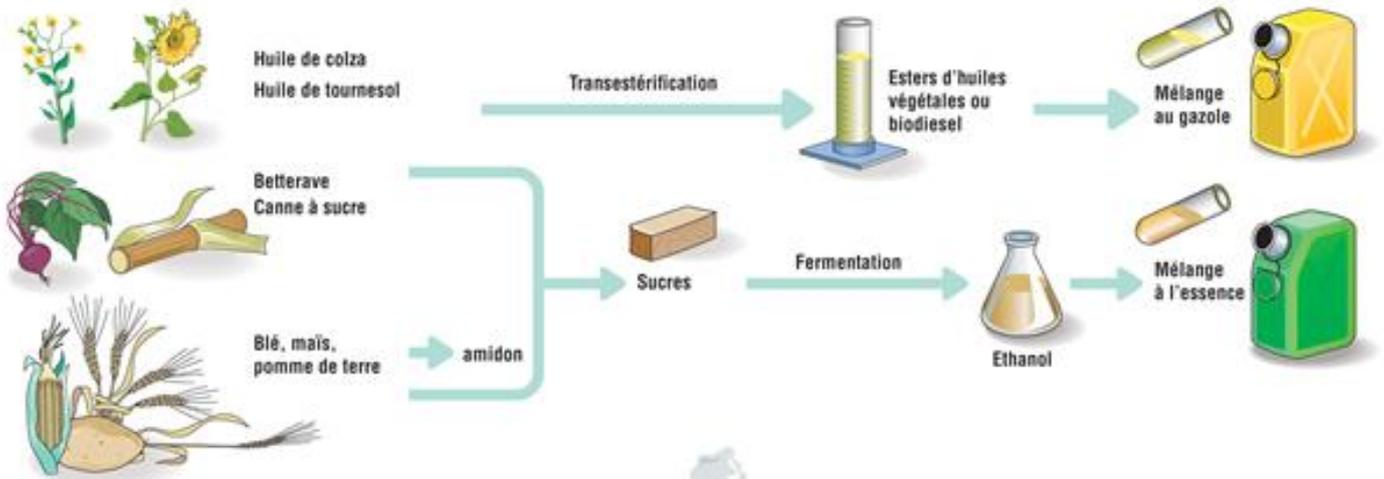
équation chimique					
état du système	Avancement				
initial					
intermédiaire					
Final					

Masses molaires atomiques: $M(\text{C}) = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

IV LES BIOCARBURANTS :

La fabrication de biocarburants

LES FILIÈRES CLASSIQUES

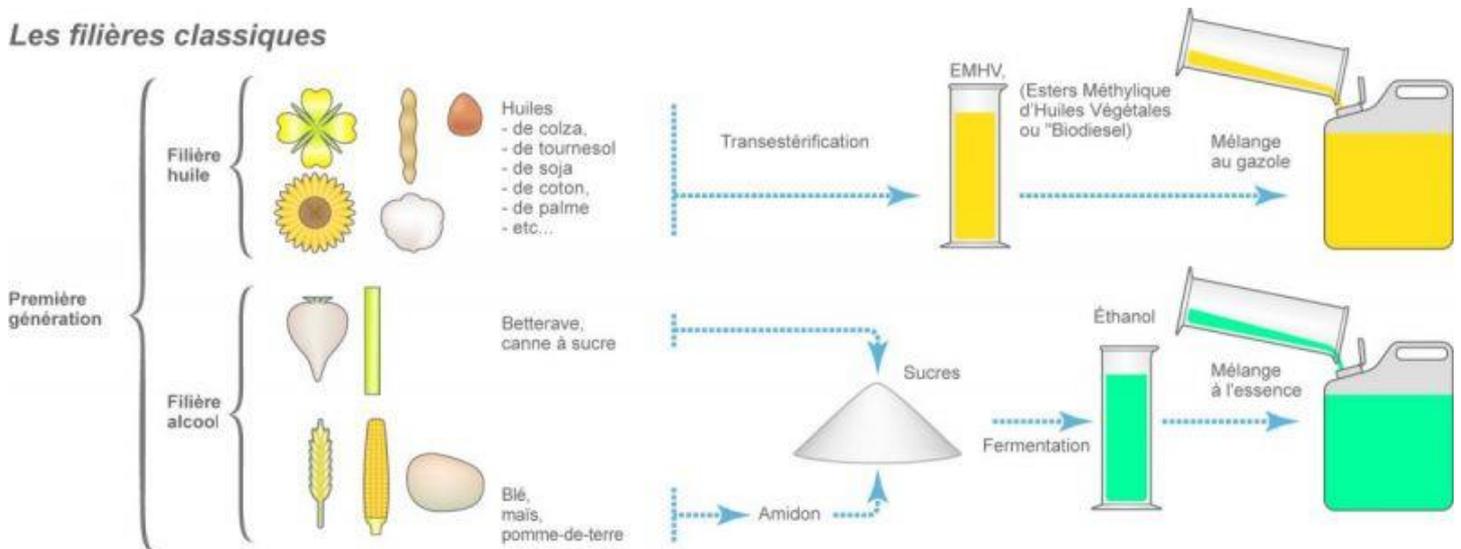


LES FILIÈRES DU FUTUR



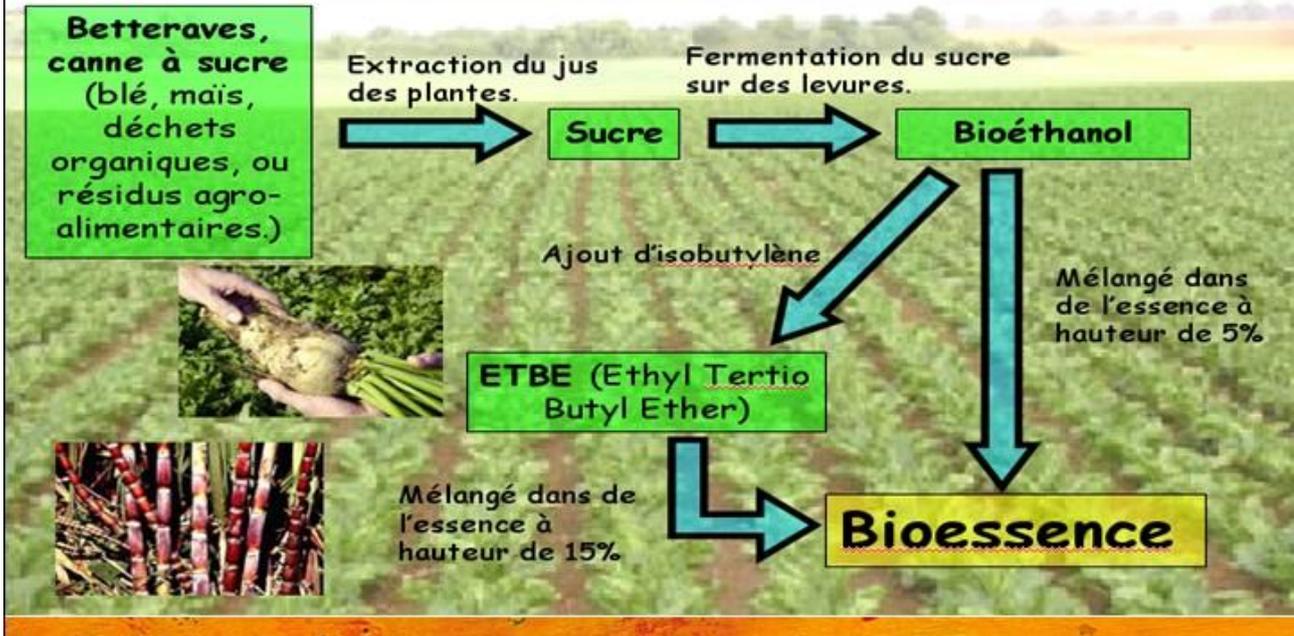
106 / Source: IFP / © Les Echos

Les filières classiques





BIOESSENCE



Thème 2 : TRANSPORT. Sous-thème : MISE EN MOUVEMENT

Notions et Contenus	Compétences attendues
Transformation chimique et transfert d'énergie sous forme thermique. Combustion.	<ul style="list-style-type: none"> - Citer différents carburants utilisés et leur mode de production (pétrochimie, agrochimie, bio-industries, etc.). - Utiliser le modèle de la réaction pour prévoir les quantités de matière nécessaires et l'état final d'un système. - Déterminer expérimentalement l'énergie libérée au cours de la combustion d'un hydrocarbure, puis confronter à la valeur calculée à partir d'enthalpies de combustion tabulées. - Citer les dangers liés aux combustions et les moyens de prévention et de protection

Problématique :

D'où provient l'énergie permettant aux véhicules à moteur thermique de se déplacer ?

COURS :**I. RAPPELS DE PREMIERE :****1) La combustion :**

Une combustion est une **réaction chimique** entre un **combustible** (le corps chimique qui brûle) et un **comburant** (le corps chimique qui réagit avec le combustible, permettant ainsi la combustion).

L'énergie d'activation est l'énergie nécessaire pour amorcer la combustion (étincelle, flamme, frottement...)

Cette réaction produit **de l'énergie thermique**.



Triangle de feu

Les combustibles peuvent être:

- Solides: **charbon, bois, granulés.**
- Liquides: **Fioul, GPL, biocarburants**
- Gazeux: **gaz naturel**

Le comburant est souvent le **dioxygène O₂**, mais d'autres composés sont des comburants: ozone O₃, halogènes, peroxydes, chlorates...

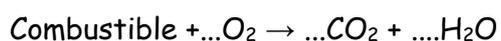
2) La réaction chimique de combustion :

La combustion complète dans le dioxygène :

Il y a combustion complète si le comburant est en quantité suffisante pour brûler tout le combustible.

La plupart des combustions sont une réaction chimique entre le combustible et le dioxygène.

Cette combustion produit du dioxyde de carbone CO₂ et de l'eau H₂O



Ecrire et équilibrer l'équation chimique de la combustion:

- du méthane CH₄

- du propane C₃H₈

- de l'octane C_8H_{18} - de l'éthanol C_2H_6O **3) Avancement d'une réaction chimique :**Rappel 1 : Relation entre masse et quantité de matièreLa **quantité de matière** se note n et s'exprime en **mol**La **masse** se note m et s'exprime en **g**

$$n = \frac{m}{M}$$

La **masse molaire** se note M et s'exprime en **$g \cdot mol^{-1}$** Exemple: Calculez la quantité de matière contenue dans 250 g d'éthanol C_2H_6O Masses molaires atomiques: $M(C) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(H) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(O) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$n = \frac{250}{(2 \times 12 + 6 + 16)} = 5,4 \text{ mol}$$

Rappel 2 : Tableau d'AvancementOn appelle x **l'avancement de réaction**. x se mesure **en mol**.L'avancement maximal x_{\max} d'une réaction est **la valeur de x pour laquelle la quantité de matière d'un des réactifs vient à manquer**.Le premier réactif qui vient à manquer est appelé **réactif limitant**Lorsque tous les réactifs ont été consommés, on dit qu'ils sont **dans les proportions stœchiométriques**Applications :Application 1: la combustion du méthaneOn brûle 0,10 mol de méthane CH_4 dans un flacon contenant 0,15 mol de dioxygène. Il se forme du dioxyde de carbone et de l'eau. En vous aidant du tableau ci-dessous, déterminez l'avancement maximal de la réaction.

équation chimique		$CH_4 + 2 O_2 = CO_2 + 2 H_2O$			
état du système	Avancement	CH_4	$2 O_2$	CO_2	$2 H_2O$
initial	$x=0$	0,10	0,15	0	0
intermédiaire	x	$0,10-x$	$0,15-2x$	x	$2x$
Final	x_{\max}	0,25	0	0,075	0,15

Quel est le réactif limitant ? Que contient le flacon à la fin de la réaction ?

 x s'annule pour $0,15 - 2x = 0$ soit $x_{\max} = 0,075 \text{ mol}$ Le réactif limitant est donc le dioxygène.A la fin de la réaction le flacon contient 0,25 mol de CH_4 , 0,075 mol de CO_2 et 0,15 mol d'eau.

Quelle serait la quantité de matière de dioxygène nécessaire pour que la combustion du méthane se fasse dans les proportions stœchiométriques ?

Il faut 2 mol de dioxygène pour brûler 1 mol de méthane, il faudrait donc :
 $n = 0,20$ mol de dioxygène pour brûler 0,1 mol de méthane.

Application 2: combustion du propane

Une bouteille contient 13 kg de propane C_3H_8 .

a) Déterminez la quantité de matière correspondante.

Masses molaires atomiques: $M(C) = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(H) = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$$n = \frac{13000}{44} = 295 \text{ mol}$$

b) En vous aidant du tableau ci-dessous, déterminez la quantité de dioxygène nécessaire pour brûler tout le propane, si la réaction se fait dans les proportions stœchiométriques.

équation chimique		$C_3H_8 + 5 O_2 = 3 CO_2 + 4 H_2O$			
état du système	Avancement	C_3H_8	O_2	CO_2	H_2O
initial	$x=0$	295	n_{O_2}	0	0
intermédiaire	x	$295 - x$	$n_{O_2} - 5x$	$3x$	$4x$
final	x_{max}	0	0	885	1180

$$x_{max} = 295 \text{ mol donc } n_{O_2} - 5x_{max} = 0$$

$$n_{O_2} = 5x_{max} = 5 \times 295$$

$$n_{O_2} = 1475 \text{ mol}$$

Application 3: la combustion de l'octane

On brûle 1,0 L d'octane C_8H_{18} dans un excès dioxygène. La densité de l'octane vaut $d = 0,72$.

a) Calculez la quantité de matière correspondante.

$$\mu = d \times \mu_{eau} = 720 \text{ g/L donc } m_{octane} = \mu \times V = 720 \text{ g}$$

$$n_{octane} = 720 / 114 = 6,32 \text{ mol}$$

b) Quel est le réactif limitant ? En vous aidant du tableau ci-dessous, déterminez l'avancement maximal de la réaction.

équation chimique		$2 C_8H_{18} (l) + 25 O_2 (g) = 16 CO_2 (g) + 18 H_2O (l)$			
état du système	Avancement	C_8H_{18}	O_2	CO_2	H_2O
initial		6,32	excès	0	0
intermédiaire		$6,32 - 2x$	excès	$16x$	$18x$
Final		$6,32 - 2x_{max}$	excès	$16x_{max}$	$18x_{max}$

Réactif limitant : C_8H_{18} donc $x_{max} = 3,16 \text{ mol}$

II. LES CATEGORIES DE CARBURANTS

Définitions:

Un carburant est un combustible qui alimente les moteurs thermiques. Sa combustion produit de l'énergie thermique.

La biomasse est l'ensemble de la matière organique d'origine animale ou végétale.

Un biocarburant est un carburant liquide produit à partir de la biomasse.

Application 4 : Faire l'activité documentaire du livre (Nathan) p 144. Les réponses pourront être présentées dans le tableau ci-dessous:

1- Il existe 3 catégories de carburants : les carburants issus de la pétrochimie, les biocarburants et les algocarburants.

2-

3-

Catégorie de carburant	Origine	Exemples	avantage	inconvénient
issus de la pétrochimie	Pétrole Gaz naturel	Essence, diesel, Kérosène	Bon combustible Longtemps peu cher et disponible (ce n'est plus vrai)	Réserves limitées Produit de GES (gaz à effet de serre) et autres polluants Stock limité
issus de l'agrochimie Biocarburant de première génération	Betterave, canne à sucre, maïs, blé, pomme de terre colza, tournesol	Bioéthanol Biodiesel	Source d'énergie renouvelable. Leur culture absorbe du CO ₂ Leur combustion ne produit pas ou peu d'oxydes azotés et soufrés	Entre en concurrence avec l'alimentation animale et humaine
issus de l'agrochimie Biocarburant de deuxième génération	Matières cellulosiques (déchets verts, paille, bois)	Bioéthanol Biodiesel Biohydrogène Biogaz	" + Bon rendement	Source limitée (déchets)
issus de l'agrochimie Biocarburant de troisième génération	micro-organismes (bactéries, algues)	"	" + meilleur rendement	Pas encore au point

2- On peut limiter l'émission de GES en utilisant des agrocarburants ou algocarburants dans les moteurs thermiques.

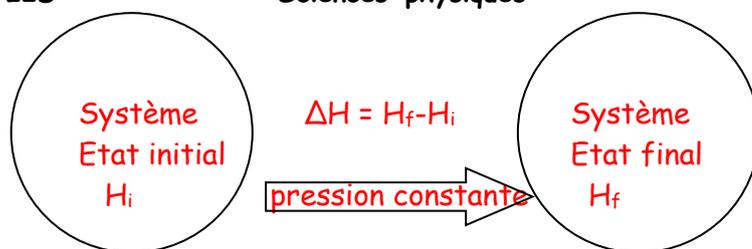
Le CO₂ émis est équilibré par le CO₂ absorbé par les plantes.

III. ENTHALPIE DE COMBUSTION :

1) Définitions :

L'enthalpie, notée H , est la mesure de l'énergie d'un système qui peut être dégagée sous forme d'énergie thermique (chaleur).

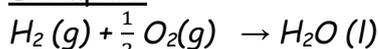
La variation d'enthalpie d'un système, notée ΔH , est la quantité d'énergie thermique échangée par un système à pression constante.

**Remarques :**

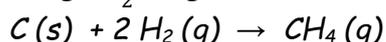
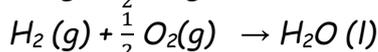
- Lors d'une réaction chimique, de l'énergie est libérée ou captée par les molécules et les ions. Ce sont les liaisons chimiques, qui en se formant ou se brisant transfèrent de l'énergie chimique.
- Lorsque $\Delta H > 0$ alors la transformation (réaction) est dite **endothermique**, elle nécessite un apport d'énergie pour se réaliser.

Lorsque $\Delta H < 0$ alors la transformation (réaction) est dite **exothermique**, elle dégage de l'énergie pour se réaliser.

La réaction de formation d'un constituant est la réaction de formation d'une mole de ce constituant à partir des corps purs simples qui le constituent, à la température T sous une pression de 1 bar.

Exemples:

corps pur simple: constitué d'un seul type d'atomes



L'enthalpie standard de formation ΔH_f° d'un constituant est la variation d'enthalpie correspondant à la formation d'une mole de ce constituant, dans les conditions standard: $T = 298 K$ et $P = 1 \text{ bar}$.

Les valeurs de l'enthalpie standard de formation sont données dans des tables en J/mol:

TABLE 5.3 Standard Enthalpies of Formation, ΔH_f° , at 298 K

Substance	Formula	ΔH_f° (kJ/mol)	Substance	Formula	ΔH_f° (kJ/mol)
Acetylene	$C_2H_2(g)$	226.7	Hydrogen chloride	$HCl(g)$	-92.30
Ammonia	$NH_3(g)$	-46.19	Hydrogen fluoride	$HF(g)$	-268.6
Benzene	$C_6H_6(l)$	49.0	Hydrogen iodide	$HI(g)$	25.9
Calcium carbonate	$CaCO_3(s)$	-1207.1	Methane	$CH_4(g)$	-74.8
Calcium oxide	$CaO(s)$	-635.5	Methanol	$CH_3OH(l)$	-238.6
Carbon dioxide	$CO_2(g)$	-393.5	Propane	$C_3H_8(g)$	-103.85
Carbon monoxide	$CO(g)$	-110.5	Silver chloride	$AgCl(s)$	-127.0
Diamond	$C(s)$	1.88	Sodium bicarbonate	$NaHCO_3(s)$	-947.7
Ethane	$C_2H_6(g)$	-84.68	Sodium carbonate	$Na_2CO_3(s)$	-1130.9
Ethanol	$C_2H_5OH(l)$	-277.7	Sodium chloride	$NaCl(s)$	-410.9
Ethylene	$C_2H_4(g)$	52.30	Sucrose	$C_{12}H_{22}O_{11}(s)$	-2221
Glucose	$C_6H_{12}O_6(s)$	-1273	Water	$H_2O(l)$	-285.8
Hydrogen bromide	$HBr(g)$	-36.23	Water vapor	$H_2O(g)$	-241.8

L'enthalpie standard de combustion ΔH_c° d'un combustible est l'énergie thermique libérée lors de la combustion d'une mole de ce combustible, à la température $t = 298 \text{ K}$ et sous 1 bar.

Elle s'exprime en $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Calcul de l'enthalpie standard de combustion

$$\Delta H_c^\circ = \sum_i \Delta H_{f_i}^\circ (\text{produits}) - \sum_j \Delta H_{f_j}^\circ (\text{réactifs})$$

Exemple: Calculez l'enthalpie de combustion complète du méthane $\text{CH}_4 (\text{g})$ à 25°C sous 1 bar.



$$\Delta H_c^\circ (\text{CH}_4) = \Delta H_f^\circ (\text{CO}_{2\text{g}}) + 2 \times \Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}_\text{g}) - \Delta H_f^\circ (\text{CH}_{4\text{g}}) - 2 \times \Delta H_f^\circ (\text{O}_{2\text{g}})$$

$$\Delta H_c^\circ (\text{CH}_4) = -393,5 + 2 \times (-241,8) - (-74,8) - 0$$

$$\Delta H_c^\circ (\text{CH}_4) = -802,3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

L'énergie thermique cédée Q lors d'une combustion de n moles de combustible à la température $T = 25^\circ\text{C}$ sous 1 bar vaut:

$$Q = n \times \Delta H_c^\circ$$

Applications :

Applications 5:

Calculez les l'enthalpie de combustion complète à 25°C sous 1 bar de:

a) L'éthanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} (\text{l})$

b) l'octane $\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$ (l'enthalpie standard de formation de l'octane liquide vaut $-249,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)

c) De l'éthylène gazeux $\text{C}_2\text{H}_4 (\text{g})$

Application 6: Calcul de l'énergie cédée par la combustion de $m = 50,0 \text{ g}$ de propane ($\text{g}) \text{C}_3\text{H}_8$.

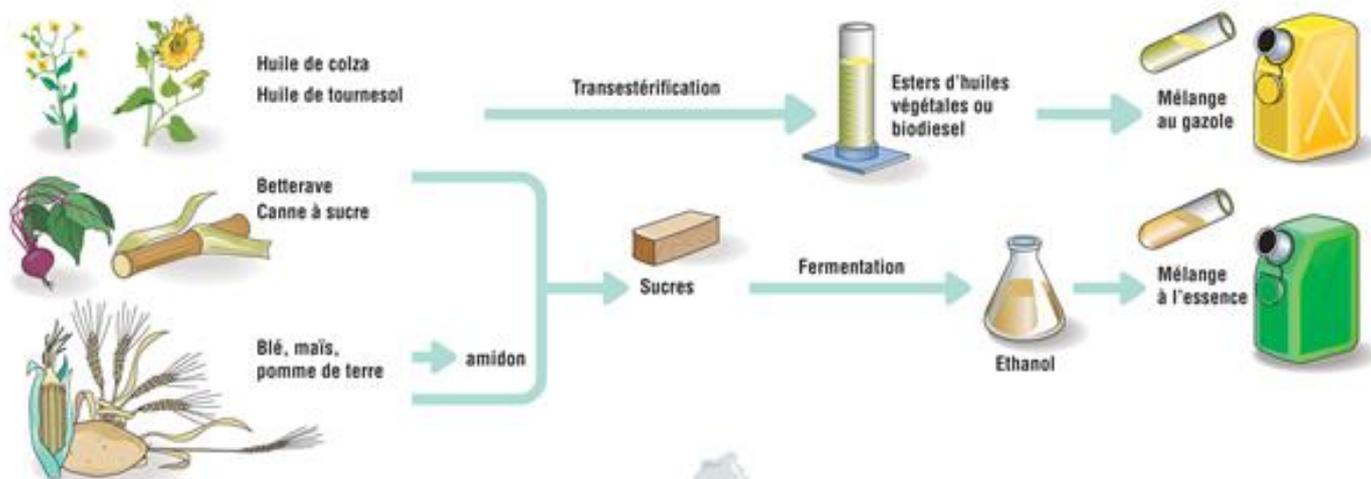
équation chimique					
état du système	Avancement				
initial					
intermédiaire					
Final					

Masses molaires atomiques: $M(\text{C}) = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

IV LES BIOCARBURANTS :

La fabrication de biocarburants

LES FILIÈRES CLASSIQUES



LES FILIÈRES DU FUTUR



Idé / Source: IFP / © Les Echos

Les filières classiques

