

Aspects énergétiques des transformations de la matière

" Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. "

Antoine-Laurent de Lavoisier, chimiste français du XVIII^e siècle

" La république n'a pas besoin de savants. "

*Jean Baptiste Coffinhal
(avant de donner l'ordre d'exécuter Antoine Lavoisier en mai 1794)*

" Quelques instants pour couper cette tête, et cent ans incapable de nous en donner une comme celle-ci. "

Joseph Louis Lagrange, savant français du XVIII^e siècle, le lendemain de l'exécution de Lavoisier

Prérequis :

- ✓ Lors d'un **changement d'état**, la masse se conserve et le volume varie.
- ✓ Un palier de température apparaît lors du changement d'état d'un **corps pur**. Sous pression normale, la fusion de l'eau se produit à **0 °C**, son ébullition à **100 °C**.
- ✓ Les différences entre les trois états physiques de l'eau peuvent être interprétées en utilisant la **notion de molécule**.
- ✓ La **combustion** complète du carbone, du méthane et du butane dans l'air nécessite du dioxygène et produit du dioxyde de carbone et de l'eau (sauf pour le carbone).
- ✓ Les molécules peuvent être représentées par des formules **développées** et **semi-développées**.

Objectifs :

- ✓ Interpréter à l'échelle microscopique les aspects énergétiques d'une variation de température et d'un changement d'état.
- ✓ Mesurer une énergie de changement d'état.
- ✓ Reconnaître une chaîne carbonée linéaire, ramifiée ou cyclique.
- ✓ Nommer un alcane et un alcool.
- ✓ Donner les formules semi-développées correspondant à une formule brute.
- ✓ Interpréter les températures de changement d'état et la miscibilité dans l'eau.
- ✓ Equilibrer une équation chimique de combustion.
- ✓ Calculer l'énergie d'un transfert thermique dans le cas d'une combustion.
- ✓ Relier l'énergie transférée à un système et son élévation de température.

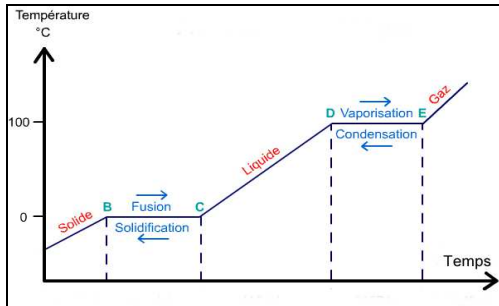
Les applications dans la vie de tous les jours :

- ✓ La combustion d'hydrocarbure (pétrole, charbon, gaz naturel) est une source d'énergie essentielle pour notre société, même si d'autres combustibles sont utilisés (bois, huiles végétales, alcools). Toutes les combustions transfèrent de l'énergie thermique à leur environnement.

I – Effets physiques des transferts thermiques :

1) Interprétation macroscopique :

A pression constante, les changements d'état des corps purs se font à température constante. A la température de transition, les deux états physiques peuvent coexister.



Lors d'un changement d'état d'un corps pur, on observe un palier de température sur le graphique $\theta = f(t)$

Sur le graphique de l'eau pure ci-dessus, une erreur s'est glissée. A vous de la retrouver !

Deux conséquences sont possibles lors d'un transfert thermique :

- ✓ **Variation de la température des corps.**
- ✓ **Changement d'état physique.**

2) Interprétation microscopique :

Les particules d'un solide ont des mouvements de vibration : agitation thermique. Des liaisons assurent la cohésion de ce solide (liaisons ioniques dans les solides ioniques ; liaisons de Van der Waals ou des liaisons hydrogène dans les solides moléculaires).

Lorsque la température augmente, l'amplitude des vibrations croît (énergie thermique transformée en énergie microscopique lors du chauffage) jusqu'à rompre les liaisons entre les particules (fusion du solide).

II – Energie de changement d'état :

1) Energie massique de changement d'état :

A pression constante, l'énergie de changement d'état Q d'un corps est le produit de la masse m de ce corps par l'énergie massique de changement d'état L (appelée aussi chaleur latente) caractéristique du corps.

$$Q = m \times L$$

- ✓ Q est en joule (J).
- ✓ m est en kilogramme (kg).
- ✓ L est en joule par kilogramme ($J.kg^{-1}$)

Exemple : pour l'eau, $L_{fusion} = 3,3 \times 10^5 J.kg^{-1}$ (pour 1 kg de glace, il faut apporter 33 kJ pour effectuer entièrement la fusion) et $L_{vaporisation} = 2,3 \times 10^6 J.kg^{-1}$

2) Capacité thermique d'un corps :

Le transfert thermique Q mis en jeu lors d'une variation $\Delta\theta$ de la température d'une masse m d'un corps s'exprime par :

$$Q = m \times c \times \Delta\theta$$

- ✓ Q est en joule (J).
- ✓ m est en kilogramme (kg).
- ✓ $\Delta\theta$ est en degré Celsius ($^{\circ}C$)
- ✓ c est la capacité thermique massique en $J.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$

Exemple : pour l'eau, $c = 4,18 \times 10^3 J.kg^{-1}.^{\circ}C$ (pour 1 kg d'eau, il faut apporter 4,18 kJ pour augmenter la température d'1 $^{\circ}C$).

III – Effets chimiques des transferts thermiques :1) Les combustions (rappels de 4^e) :

Lors de la combustion complète d'un hydrocarbure (alcane ou alcool par exemple), le composé organique réagit avec du dioxygène pour former comme seuls produits du dioxyde de carbone et de l'eau.

Exemple du butane : $2 C_4H_{10} + 13 O_2 \rightarrow 8 CO_2 + 10 H_2O$

2) Les combustions (rappels de 4^e) :

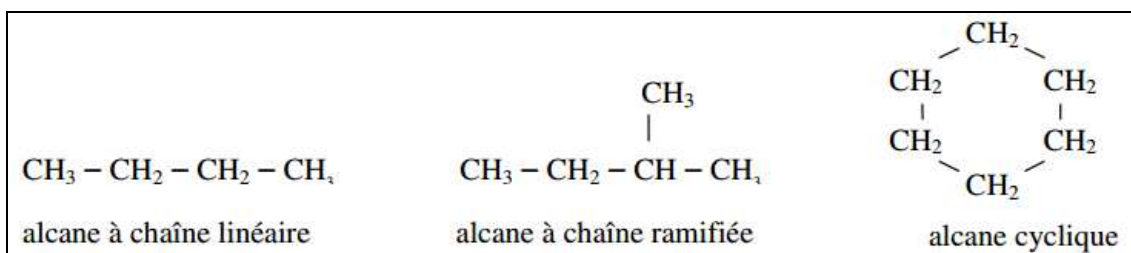
Une combustion est toujours exothermique.

Exemple : l'énergie libérée est utilisée dans les moteurs à combustion des voitures, notamment.

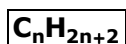
IV – Les alcanes :1) Caractéristiques de la chaîne carbonée :

Les chaînes carbonées constituées d'une succession d'atomes de carbone peuvent être :

- ✓ Linéaires ou ramifiées (existences de groupements alkyles).
- ✓ Acycliques (chaîné ouverte) ou cycliques.

2) Les alcanes linéaires :

Les alcanes linéaires ont pour formule :



Des préfixes indiquent le nombre d'atomes de carbone de la chaîne carbonée :

Nombre de C	1	2	3	4	5	6	7	8
Préfixe	Méth	Eth	Prop	But	Pent	Hex	Hept	Oct
Nombre de C	9	10	11	12	15	16	20	23
Préfixe	Non	Déc	Undéc	Dodéc	Pentadéc	Cét	Eicos	Tricos

Exemple : le pentane a pour formule C_5H_{12}

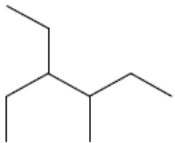
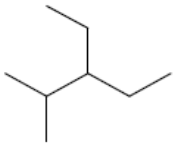
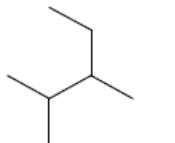
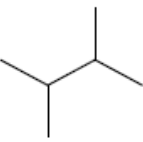
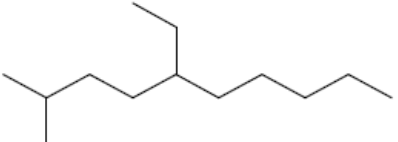
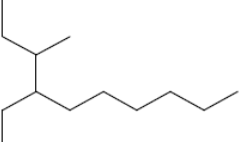
3) Les alcanes ramifiées :

D'après les règles de l'IUPAC (Union International de Chimie Pure et Appliquée), on indique le nom du groupement alkyle (la ramification) en le précédant de sa position (nombre le plus petit possible) avant d'ajouter le nom de la chaîne carboné **la plus longue** avec la terminaison **ane**.

Les groupes alkyles résultent de l'enlèvement d'un hydrogène à partir d'un alcane. Ils sont nommés en remplaçant la terminaison -ane par -yle.

Nombre de carbone	Nom du groupe alkyle	Formule brute
1	Méthyle	CH ₃
2	Ethyle	C ₂ H ₅
3	Propyle	C ₃ H ₇
4	Butyle	C ₄ H ₉
5	Pentyle	C ₅ H ₁₁

Exemples :


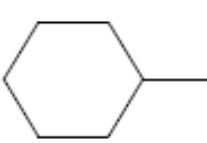
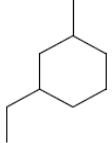
 3-ethyl-4-methylhexane	 3-ethyl-2-methylpentane	 2,3-dimethylpentane
 2,3-dimethylbutane	 5-ethyl-2-methyldecane	 4-ethyl-3-methyldecane

4) Les alcanes cycliques :

Ce sont des alcanes dont la chaîne forme un cycle. Leur nom est précédé de cyclo. Leur formule générale est :



Exemples :

 cyclopentane	 methylcyclohexane	 1-ethyl-3-methylcyclohexane
---	--	--

5) Propriétés physiques des alcanes :

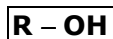
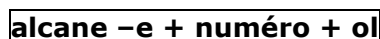
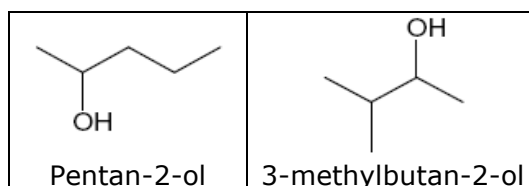
Les températures de changement d'état :

- ✓ **Augmentent** avec la longueur de la chaîne carbonée.
- ✓ **Diminuent** lorsque le nombre de ramification de deux isomères augmentent.

Exemple : Le butane (0 °C) a une température d'ébullition plus faible que l'hexane (69 °C), permettant la distillation fractionné (séparation de 2 liquides miscibles ayant des température d'ébullition différentes par vaporisation).

V – Les alcools :1) Formule :

Un alcool est un composé organique comportant un groupement hydroxyle –OH sur un carbone.

2) Nomenclature :3) Exemples :4) Propriétés physiques des alcools :

Pour une même chaîne carbonée, les alcools ont des températures de changement d'état supérieures à celle des alcanes.

En effet, le groupement –OH rajoute des liaisons hydrogènes (inexistant chez les alcanes), nécessitant plus d'énergie pour effectuer un changement d'état.

Exemple : l'éthanol a une température d'ébullition (78,4 °C) plus grande que l'éthane (- 88 °C).

La solubilité d'un alcool dans l'eau :

- ✓ **Diminue** avec la longueur de la chaîne carbonée.
- ✓ **Augmente** lorsque le nombre de ramification de deux isomères augmentent.

En effet, le groupement –OH est hydrophile tandis que la chaîne carbonée est hydrophobe.

Exemple : le butan-1-ol (80 g.L⁻¹) est plus soluble dans l'eau que le pentan-1-ol (22 g.L⁻¹).