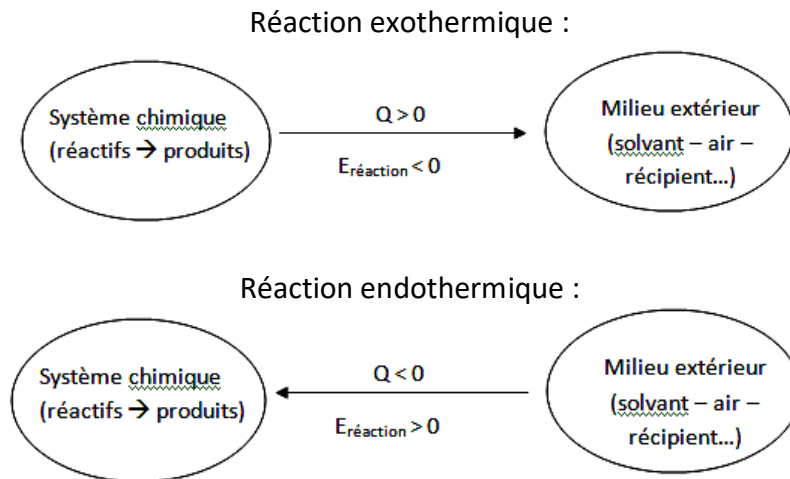


Energie libérée au cours de transformations chimiques

Une réaction chimique est une transformation d'un système chimique dans lequel les liaisons entre les atomes où ions sont modifiées.

Une réaction peut dégager de l'énergie (en général sous forme de chaleur, mais aussi de la lumière), elle est alors dite exothermique. Elle peut nécessiter un apport d'énergie, sous forme de chaleur (donc « produire du froid ») ou de lumière, elle est alors dite endothermique.



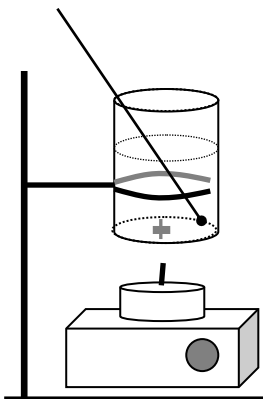
Quelques données :

- La capacité thermique massique de l'eau est : $c_e = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.
- La capacité thermique massique de l'acier est : $c_a = 0,448 \text{ kJ} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.
- On rappelle que la masse volumique de l'eau est : $\rho = 1,00 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.

I. Détermination expérimentale de l'énergie de combustion de l'acide stéarique :

On cherche à déterminer l'ordre de grandeur de l'énergie dégagée lors de la réaction de combustion d'une mole d'acide stéarique ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$), constituant principal des bougies.

1. Expérience :



- Mesurer la masse de la boîte en acier vide.
- Mettre 100 mL d'eau froide dans la boîte d'acier.
- Immerger le barreau aimanté et placer l'ensemble au-dessus de la bougie (éteinte), placée sur l'agitateur magnétique. L'espace entre le fond de la boîte et la mèche de la bougie ne doit pas excéder 2 cm.
- Vérifier que lorsque l'agitateur est en marche, le barreau tourne.
- Placer le thermomètre dans la boîte.
- Relever la température initiale de l'eau : $\theta_i = 27^\circ\text{C}$
- Mesurer la masse initiale de la bougie éteinte : $m_i = 13,50$
- Replacer la bougie, l'allumer
- Attendre que la température de l'eau dans le gobelet ait atteint $\theta_f = 50^\circ\text{C}$
- Eteindre la bougie et mesurer sa masse finale : $m_f = 13,10$

2. Exploitation :

- a. Calculer l'énergie reçue par l'eau au cours de l'expérience.

$$Q_e = m \cdot c_e \cdot \Delta\theta \quad \text{A.N.} \quad Q_e = 0,100 \times 4,18 \times (50 - 27) = 9,6 \text{ kJ}$$

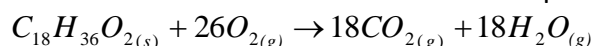
- b. Calculer l'énergie reçue par la boîte en acier.

$$Q_a = m \cdot c_a \cdot \Delta\theta \quad \text{A.N.} \quad Q_a = 0,019 \times 0,448 \times (50 - 27) = 0,20 \text{ kJ}$$

- c. Energie cédée par la combustion :

$$Q_a = -(Q_e + Q_a) \quad \text{A.N.} \quad Q_a = -9,8 \text{ kJ}$$

- d. Donner la réaction de la combustion complète de l'acide stéarique.



- e. Calculer la quantité (en mol) d'acide stéarique qui a réagi.

$$n = \frac{m_f - m_i}{M} \quad \text{A.N.} \quad n = \frac{0,40}{284} = 1,4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

- f. En considérant que toute l'énergie dégagée par la réaction a été reçue par l'eau et par la boîte, déterminer une valeur de l'énergie molaire de la réaction de combustion étudiée.

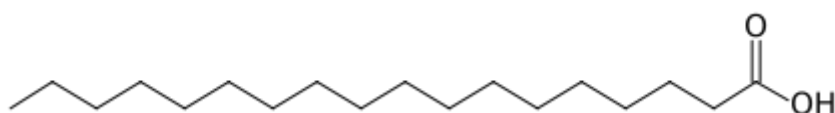
$$E_{mol} = \frac{-(Q_e + Q_a)}{n} \quad \text{A.N.} \quad E_{mol} = \frac{-9,8}{1,4 \times 10^{-3}} = -7,0 \times 10^3 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

II. Energie de liaison :

1. L'énergie chimique est une énergie potentielle microscopique d'interaction : elle est mise en jeu dans les liaisons entre atomes, ions, molécules...

Un système chimique consomme de l'énergie lorsque des liaisons se rompent ; il libère de l'énergie lorsque des liaisons se forment.

2. Donnée : formule topologique de l'acide stéarique :

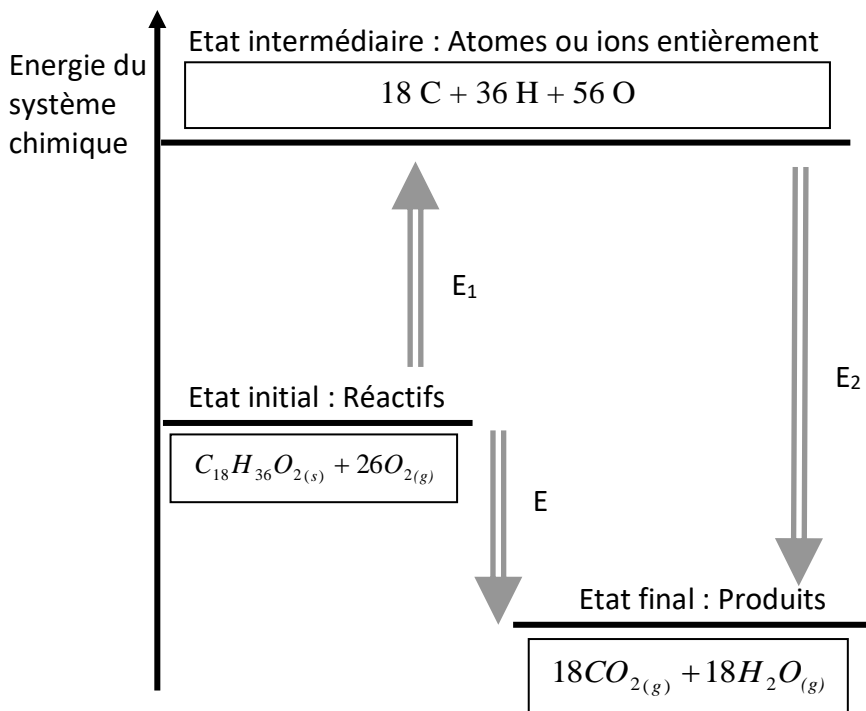


Exemples :

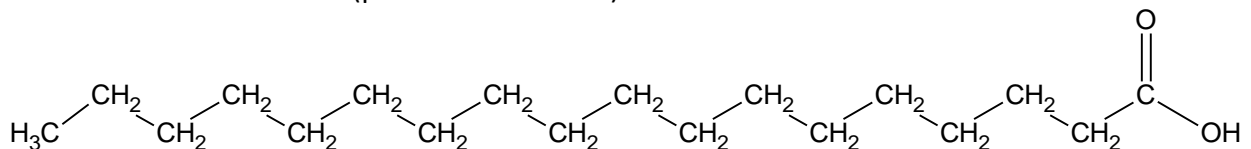
Liaison A-B	Energie libérée par la formation de la liaison (kJ.mol ⁻¹)	Energie consommée lors de la rupture de la liaison (kJ.mol ⁻¹)
C - H	-415	+415
C - C	-345	+345
C - O	-356	+356
O = O	-498	+498
C = O	-798	+798
O - H	-463	+463

3. Calcul de l'énergie de réaction à partir des énergies de liaison :

On peut schématiser l'évolution de l'énergie chimique du système au cours de sa transformation par le diagramme suivant :



- Définir ce qu'est E_1 .
Energie qu'il faut apporter au système pour rompre toutes les liaisons des réactifs.
- Définir ce qu'est E_2 .
Energie libérée par le système lors de la formation des liaisons des produits.
- Qu'est-ce que E ? A partir du diagramme, établir une relation entre E , E_1 et E_2 .
 $E = E_1 + E_2$
- Donner la formule développée de l'acide stéarique, sachant qu'il s'agit d'un acide carboxylique dont la chaîne est linéaire (pas de ramification)



L'acide stéarique compte :

- 17 liaisons C – C
- 35 liaisons C – H
- 1 liaison C = O
- 1 liaison O – H

- Faire le compte des liaisons rompues pour le passage à l'état intermédiaire du diagramme.
En déduire une valeur de E_1 en utilisant les valeurs du tableau donné précédemment.

$$E_1 = 17E_{C-C} + 35E_{C-H} + E_{C=O} + E_{C-O} + E_{O-H} + 26E_{O=O}$$

A.N. $E_1 = 34950 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Rq : ne pas oublier les 26 liaisons O = O formant les 26 molécules d'O₂ nécessaires à la combustion.

- f. Faire le compte des liaisons formées lors du passage de l'état intermédiaire à l'état final. En déduire une valeur de E₂ en utilisant les valeurs du tableau.

$$E_2 = 36E_{C=O} + 36E_{O-H} \quad \text{A.N.} \quad E_2 = -45396 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

- g. Calculer E et comparer les ordres de grandeurs des valeurs théorique et expérimentale trouvée précédemment.

$$E = E_1 + E_2 \quad \text{A.N.} \quad E = -10446 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

- h. Donner des causes possibles responsables de l'écart entre les valeurs expérimentales et théoriques de l'énergie de réaction.

On a obtenu expérimentalement E_{exp} = -7000 kJ.mol⁻¹ et par le calcul E_{th} = -10446 kJ.mol⁻¹

Calculons l'écart relatif entre ces deux valeurs :

$$\frac{|E_{\text{exp}} - E_{\text{th}}|}{|E_{\text{th}}|} \times 100 = \frac{10446 - 7000}{10446} \times 100 = 33$$

Il y a 33% d'écart entre les deux valeurs. Cet écart est important ; il faut émettre des hypothèses pour l'expliquer :

- Les pertes de chaleur, non prises en comptes dans les mesures (au niveau de la bougie, dissipation au niveau de la cannette...)
- La valeur théorique est établie pour une combustion complète, or on constate qu'en réalité a combustion produit beaucoup de suie (carbone) ; la combustion est donc loin d'être complète
- La valeur théorique est établie pour la combustion d'une mole d'acide stéarique gazeuse. Dans l'expérience, une partie de l'énergie libérée par la combustion est utilisée pour transformer l'acide solide en acide liquide puis gazeux ; cette quantité de chaleur n'est donc pas utilisée pour chauffer l'eau...