

## Devrait-on revenir à la bougie ?

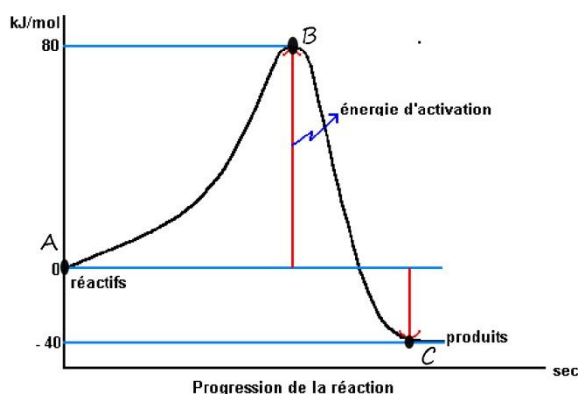


Figure 1 : Diagramme de l'énergie potentielle de la paraffine



Figure 2

Une réaction chimique peut-être exothermique (elle va dégager de la chaleur), athermique ou endothermique (elle absorbe de la chaleur).

Ces transferts d'énergie sont dus à une réorganisation des atomes. Lors d'une réaction exothermique (cas de la figure 1), les atomes vont échanger leurs liaisons, riches en énergie et instables, contre des liaisons moins énergétiques et plus stables.

Les molécules ont une énergie interne appelée également énergie potentielle. Plus l'énergie interne est petite, plus la molécule est stable et moins elle risque de réagir avec une autre molécule. Pour que deux molécules réagissent, il faut qu'elles se choquent avec assez de violence pour initier la réaction. L'énergie du choc est appelée énergie d'activation.

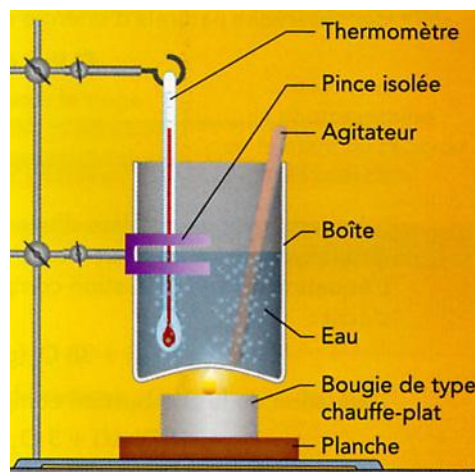
Dans un fluide tel qu'un liquide ou un gaz, les molécules se déplacent d'autant plus vite que la température est haute. Quand on chauffe, les molécules se heurtent donc plus violemment et la probabilité qu'elles réagissent augmente.

Une combustion est une réaction d'oxydoréduction où un corps va s'oxyder au contact du dioxygène de l'air. Cette réaction est tellement exothermique que l'air chaud à sa périphérie en devient lumineux.

### Document 1

**Dans le but de déterminer l'énergie dégagée par la combustion d'une bougie, on réalise l'expérience décrite ci-dessous au laboratoire :**

- On détermine précisément la masse de la bougie (avec son récipient)  $m_b = 743,68$  g et la masse de la canette (appelée boîte sur le schéma ci-contre)  $m_c = 80,02$  g.
- On introduit ensuite environ 150 mL d'eau froide dans la canette et on mesure précisément la masse d'eau introduite  $m_e = 150,39$  g.
- On relève la température initiale de l'eau  $\theta_i = 20,4^\circ\text{C}$ .



- On allume la bougie et on fait descendre la canette de manière à ce que la flamme touche le fond de la canette.
- **Pour homogénéiser la température, on agite régulièrement, tout en continuant à chauffer jusqu'à environ 40°C.**
- On éteint alors la bougie et on relève la température finale  $\theta_f = 40,7^\circ\text{C}$
- On détermine alors la masse perdue la bougie pendant sa combustion  $\Delta m_b = 0.34 \text{ g}$ .

#### ◇ Exploitation des documents :

1. Sur la figure 1, entre quels points la molécule de paraffine absorbe-t-elle de l'énergie ?
2. Même question lorsque la molécule fournit de l'énergie à un système extérieur.
3. Comment appelle-t-on habituellement l'air lumineux ?
4. Associez à chacun des mots suivants un des côtés du triangle du feu : *dioxygène, paraffine, énergie d'activation*.

#### ◇ Interprétation :

5. Lors de la combustion, la bougie gagne-t-elle ou perd-elle de l'énergie ? Justifier (cf. fig 1)
6. Même question pour l'eau de la canette.
7. Expliquez grâce aux questions précédentes, et grâce à la figure 1 concernant le diagramme énergétique de la combustion de la molécule de paraffine, pourquoi les produits de la combustion ont une énergie inférieure à celle des réactifs.

#### ◇ Vers le principe de conservation de l'énergie...

La paraffine et l'oxygène réagissent lors d'une combustion et dégagent une énergie thermique qui pourra être utilisée pour chauffer ce qu'il y a autour.

Analysons le transfert d'énergie thermique. Du côté de la bougie, on a deux étapes : l'énergie nécessaire à la fonte de la paraffine  $Q_{\text{fonte}} = \Delta m_b \cdot L_{\text{fus}}$  et l'énergie dégagée par la combustion  $Q_{\text{comb}}$ . On pose  $Q_{\text{bougie}}$  la quantité de chaleur donnée par la bougie à l'eau :

$$Q_{\text{bougie}} = \Delta m_b \cdot L_{\text{fus}} + Q_{\text{comb}}$$

8. La fusion de la paraffine donne-t-elle ou prend-elle de l'énergie à la bougie ?
9.  $L_{\text{fus}}$  est appelée chaleur latente de fusion et indique l'énergie qu'il faut fournir pour faire fondre la paraffine. Quel sera le signe du terme  $\Delta m_b \cdot L_{\text{fus}}$  ?

Du côté de la canette et de l'eau, il existe une loi de proportionnalité reliant l'énergie gagnée ou perdue par transfert thermique à la masse et à la variation de température. On appelle  $c_{\text{corps}}$  la constante de proportionnalité, qui est spécifique à chaque élément chimique. Cette constante est également appelée capacité calorifique massique et s'exprime en  $\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$  (ou un de ses multiples, ou sous-multiples).

On a donc :

$$Q_{\text{eau}} = (m_e \cdot c_{\text{eau}} + m_c \cdot c_{\text{canette}}) \cdot (\theta_f - \theta_i)$$

10. On considère qu'il n'y a que les deux échanges d'énergies mentionnés ci-dessus, et que toute l'énergie émise par la bougie sert à réchauffer l'eau de la canette. En vous inspirant du principe de conservation de l'énergie, pour le système {eau+bougie+canette}, écrivez l'égalité que cela implique.

11. Calculez l'énergie dégagée par la combustion  $Q_{comb}$  grâce à vos mesures et aux données suivantes :  $c_{canette} = 0.90 \text{ J} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  et  $c_{eau} = 4.18 \text{ J} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ .  
On donne également  $L_{vap} = 1,42 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$

12. En déduire l'énergie thermique libérée par 1g de paraffine, par 1 kg de paraffine. On notera cette dernière valeur H.

Combustible	MJ/kg
Bois	15
Charbon	15-27
Éthanol	29,7
Gazole (carburant Diesel)	44,8
Essence	47,3
Butane	49,51
Propane	50,35
Dihydrogène	141,79

13. Comparer H, le pouvoir calorifique de la paraffine avec celui d'autres carburants.

14. Déterminer la masse de paraffine nécessaire pour égaler l'énergie produite par 1 kg de butane.

15. Ecrivez l'équation de combustion de la paraffine ( $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$ ), sachant que la réaction ne produit que de l'eau et du dioxyde de carbone.

16. Si l'air ne circule pas bien à proximité de la flamme, on observe une combustion incomplète qui produit du monoxyde de carbone et de la suie (carbone pur). Expliquez.

Tableau comparant les pouvoirs calorifiques de différents carburants.

17. Sachant que  $H_{théorique} = 42,1 \text{ MJ/kg}$ , trouvez des possibles causes pouvant expliquer cette différence.

◇ **Application : Quelle masse de paraffine faudrait-il brûler pour évaporer l'eau de la canette ?**

18. Prenons un cas théorique où on a versé 150 g d'eau dans la canette. La température initiale est de 20°C. Exprimer  $Q_{rechauffée}$ , l'énergie nécessaire pour chauffer l'eau jusqu'à 100°C.

19. Exprimer  $Q_{vap}$ , l'énergie nécessaire pour vaporiser toute l'eau, déjà à 100°C, sachant que la chaleur latente de vaporisation de l'eau vaut  $L_{vap} = 2257 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ .

20. Si l'on fait évaporer toute l'eau à partir d'une bougie, justifier l'expression suivante :

$$Q_{comb} + Q_{fonte} + Q_{rechau} + Q_{vap} = 0$$

21. Donnez l'expression de  $Q_{fonte}$  et justifier son signe.

22. Justifier que  $Q_{comb} = \Delta m_b \cdot H$ .

23. On a donc  $Q_{comb} + Q_{fonte} = \Delta m_b (H - L)$ . Calculez  $\Delta m_b$ , la masse de paraffine nécessaire pour faire évaporer toute l'eau.