

Energie chimique

16 juin 2021

Document en construction.

Leçon de niveau lycée, prendre la classe de première spécialité PC.

Manips-support. Lampe à alcool, dissolution de molécules dans l'eau.

Bougie : test à l'eau de chaux, au sulfate de cuivre anhydre (dans une enceinte transparente, placer une bougie, un tube à essais contenant de l'eau de chaux, et un autre contenant du sulfate de cuivre anhydre, prendre deux témoins si possible).

Prérequis. équations de réaction, oxydo-réduction, formules développées d'une molécule, énergie (Joule).

Notions à développer. Combustion, énergie de liaison, énergie molaire de réaction, pouvoir calorifique massique (J/kg), modélisation d'une combustion par une réaction d'oxydo-réduction. Enjeux de société liés aux combustions (effet de serre et toxicité du monoxyde de carbone)

Comment expliquer le fonctionnement d'une centrale à charbon, d'une chaudière ou d'un moteur à essence ? Ces dispositifs reposent sur des réactions chimiques et s'en servent comme source d'énergie. Nous allons aujourd'hui étudier l'énergie dégagée ou captée par certaines réactions chimiques.

1 Effet thermique de certaines réactions

Il est possible d'observer facilement en laboratoire que certaines réactions chimiques donnent lieu à des échanges d'énergie. Par exemple, on peut dissoudre des pastilles de soude dans l'eau, on peut écrire la réaction qui se

produit de cette manière : $NaOH_s = Na_{aq}^+ + HO_{aq}^-$ Si je place un thermomètre dans mon bécher en même-temps que je dissous ma soude, on note l'augmentation de la température.

Par contre, si je dissous du nitrate de potassium dans l'eau : $KNO_{3(s)} = K_{aq}^+ + NO_{3(aq)}^-$, on observe une baisse de la température. On interprète cela en disant que la réaction de dissolution de la soude a cédé de l'énergie thermique à l'eau, ce qui a conduit à la chauffer ; par contre la dissolution du nitrate de potassium dans l'eau a absorbé de l'énergie, ce qui a fait baisser la température de l'eau. On dit que la dissolution de la soude dans l'eau est exothermique, et que la dissolution du nitrate de potassium est endothermique.

Comment relier quantitativement l'énergie cédée ou absorbée par l'eau (ou un autre corps) à l'élévation ou la baisse de température ? On peut utiliser pour cela les *capacités calorifiques*.

Capacité calorifique de l'eau. Lorsque l'eau reçoit de l'énergie, quand je dissous la soude dans l'eau, sa température s'élève d'un certain nombre de degrés. On donne la capacité calorifique massique de l'eau : $4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$: pour élever la température de l'eau liquide d'un degré Kelvin, on doit lui apporter une énergie de 4180 Joules. On peut ainsi évaluer l'énergie apportée par la dissolution des deux composés précédemment introduits dans l'eau.

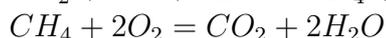
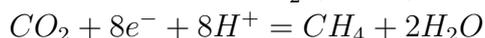
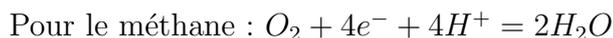
2 Les réactions de combustion

Les réactions de combustion sont impliquées le fonctionnement des voitures, des centrales thermiques et aussi du corps humain (respiration).

Il s'agit d'une réaction d'oxydo-réduction exothermique. Elle met en jeu un combustible, un comburant, elle a besoin le plus souvent d'un apport d'énergie extérieur pour débiter (triangle du feu).

Un exemple de combustion est la combustion d'une molécule carbonée par le dioxygène. Le combustible est la molécule carbonée, le comburant est le dioxygène.

Couples dioxygène/eau, méthane/ CO_2 . Oxydo-réduction. Ecrire la réaction générale.



Besoin d'un comburant, d'un combustible, et de chaleur. C'est le triangle du feu, nécessaire pour les réactions de combustion. Retirer un de ces trois éléments empêche la réaction de combustion de se produire. (sans flamme : avec flammes on parlera de tétraèdre du feu en intégrant la présence de radicaux libres ou de réaction en chaîne).

Test de la bougie pour voir les différentes composantes entrant en jeu.

Pourquoi la réaction de combustion libère-t-elle de l'énergie? Cassure de liaisons (énergie d'activation) puis reformation de liaisons, envoi d'énergie vers l'extérieur sous forme de chaleur.

Dangers de la combustion incomplète (dépôt de suie, monoxyde de carbone). Si la proportion de dioxygène est plus faible : $3CH_4(g) + 4O_2(g) = 6H_2O(g) + 2CO(g) + C(s)$; la suie c'est pas bon pour les poumons, ça pollue, ça salit, et CO c'est un gaz très dangereux.

2.1 Origine des transferts thermiques observés

Lorsqu'on fait une réaction de combustion, on casse des liaisons de la molécule et on en reforme d'autres. Cependant les atomes de la molécule sont plus stables quand ils sont liés que quand ils sont libres : pour cette raison, on est obligé de payer un coût en énergie pour casser une liaison (énergie de liaison). C'est pour cela qu'on doit commencer la réaction au moyen d'une allumette. Une fois ces liaisons brisées, d'autres se forment, avec le dioxygène : la formation de ces liaisons stabilise la molécule et engendre le rejet d'énergie vers l'extérieur. Il faut apporter moins d'énergie pour casser les liaisons, que ce qu'on récupère pour former les nouvelles liaisons : c'est pour cela qu'on assiste à un échauffement et que la combustion est exothermique.

3 Pouvoir calorifique d'un carburant

L'expérience de la lampe à alcool. Oxydation de l'éthanol : $C_2H_5OH + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$

On cherche à quantifier le pouvoir calorifique massique d'un carburant, en J/kg. Pour cela on place le carburant dans une lampe à alcool, et on approche une flamme pour commencer une réaction de combustion. Cette réaction est à l'origine d'un échauffement (transfert thermique), on s'en sert pour chauffer de l'eau. Connaissant la masse d'eau et l'élévation de température, on va

calculer avec la capacité calorifique massique de l'eau et la variation de masse de carburant brûlé, son pouvoir calorifique massique.

Discuter de la démarche et de sa précision : dispositif très simple mais pas calorifugé, transferts thermiques liés à la canette et à l'air ambiant.

On recherche bien évidemment à trouver le carburant qui possède le meilleur pouvoir calorifique massique possible. Ex. Kérosène : 10 300 kcal par kilogramme de carburant. Rappel 1 kcal = 4180 J (à relier à la capacité calorifique massique de l'eau). Comparer avec l'énergie d'une réaction nucléaire ?

Réaction de combustion pour l'octane (composant principal des carburants) : $2C_8H_{18}(l) + 5O_2(g) = 16CO_2(g) + 18H_2O(l)$

On pourra calculer la quantité de matière de CO_2 rejetée pour une certaine consommation de carburant (par exemple 1L, supposant la réaction totale, sachant que la masse volumique est de 703g/L).

1L donne 703g d'octane ($M = 114g/mol$) correspondant donc à 6,17 mol environ ; 1 mol d'octane produit 8 mol de CO_2 donc 6,17 mol d'octane donnent un poids de 1,97 kg de CO_2 ce qui est beaucoup.

Conclusion

Nous avons ainsi mis en évidence qu'il était possible de récupérer de l'énergie en procédant à des réactions chimiques, et présenté la réaction de combustion qui est encore de nos jours un moyen simple de produire de la chaleur. Il faut évidemment relativiser sur le danger des réactions de combustion, puisqu'une combustion mal contrôlée peut aboutir à la création de gaz dangereux pour la santé, et qu'une combustion produit dans tous les cas des gaz à effet de serre. Mais c'est aussi la réaction que produit notre corps lorsque nous respirons.

En classe de terminale, il sera possible d'étudier également les réactions d'oxydo-réduction plus en profondeur et de montrer leur utilité pour la production d'énergie électrique.

A développer : énergie chimique et développement durable : pile à hydrogène ?