

LC02 : Energie chimique

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

Niveau : Lycée

Prérequis :

- Redox
- Eq. bilan et tab. d'avct
- Notion de système chimique
- Liaisons chimiques

Introduction

Exemples du quotidien qui font intervenir de l'énergie chimique : réchaud, pile ... tâchons de comprendre et de caractériser d'où vient cette énergie.

1 Conversion d'énergie chimique en énergie thermique : la combustion

1.1 Réaction de combustion

- Définition : réaction redox avec oxydation du combustible (alcanes, alcools) et réduction du comburant ($O_2 (g)$)
- Couples : $CO_2 (g)$ /combustible et $O_2 (g)$ / $H_2O(l)$
- Exemple de la combustion de l'éthanol liquide : demi-équations redox, éq bilan.
- Par convention, on prend un coefficient stoechiométrique de 1 pour le combustible.
- Manip : manip eau de chaux pour mettre en évidence la production de $CO_2 (g)$ lors de la combustion de l'éthanol

1.2 Energie de combustion, pouvoir calorifique

- Lorsqu'on fait une réaction chimique, on a deux étapes :
 1. Rupture des liaisons des réactifs : $E_{rupture} = \sum E_{liaison}(réactifs)$
 2. Formation des liaisons qui constituent les produits : $E_{formation} = \sum E_{liaison}(produits)$
- La formation d'une liaison est stabilisatrice (nécessite de l'énergie), et la rupture d'une liaison libère de l'énergie.
- Bilan de l'énergie mise en jeu lors de la réaction: $Q = E_{rupture} - E_{formation}$.
 - Si $Q > 0$: réaction endothermique, prend de l'énergie à l'extérieur (exemple de la dissolution du sel qui refroidit le bécher)
 - Si $Q < 0$: réaction exothermique, fournit de l'énergie à l'extérieur (exemple de la combustion)
- Application à la combustion :
 - définition du système chimique ;
 - définition de l'énergie molaire ε_{comb} de combustion d'un combustible : $Q = -n_{comb}\varepsilon_{comb}$
 - définition du pouvoir calorifique PC d'un combustible : $PC = -m_{comb}\varepsilon_{comb}$
 - Commenter le sens de ces deux grandeurs
 - Remarque : $\varepsilon_{comb} = -\frac{Q}{n_{comb}} = -\frac{m_{comb}}{n_{comb}}PC = -M_{comb}PC$
 - **Sur diapo** : donner qqs ODG de PC

1.3 Détermination d'un PC

1.3.1 A partir des énergies de liaison

(Présenter toutes cette partie sur diapo et écrire au tableau les étapes du raisonnement)

- **Sur diapo** : rappel de la réaction, schéma des molécules (éthanol, eau, dioxyde de carbone, dioxygène)
- Méthode :
 1. Rompre toutes les liaisons des réactifs : on obtient $E_{rupture}$ (**sur diapo : détail du calcul et A.N : 4733 kJ/mol**)
 2. Former toutes les liaisons des produits : on obtient $E_{formation}$ (**sur diapo : détail du calcul et A.N : 5994 kJ/mol**)
 3. En déduire $\varepsilon_{comb} = E_{rupture} - E_{formation} = -1261 \text{ kJ/mol}$ et $PC = -\frac{\varepsilon_{comb}}{M_{eth}} = \frac{1261}{46,07} = 27 \text{ MJ/kg}$:

1.3.2 Par calorimétrie

- Bilan d'énergie sur le système (hypothèse contestable en pratique du fait des pertes) :

$$\begin{aligned}Q_{combustion}^{produit} &= Q_{recue}^{canette} + Q_{recue}^{eau} \\ PC m_{eth}^{brûlée} &= m_{eau} c_{eau} \Delta T + m_{alu} c_{alu} \Delta T \\ \Rightarrow PC &= \frac{m_{eau} c_{eau} + m_{alu} c_{alu}}{m_{eth}^{brûlée}} \Delta T\end{aligned}$$

- Manip : calcul du PC de la combustion de l'éthanol. Commenter vis-à-vis de la valeur attendue.

2 Conversion d'énergie chimique en énergie électrique : la pile

2.1 Composition d'une pile : la pile Daniell

- Sur diapo : schéma d'une pile Daniell : rappels cathode, anode, sens de circulation du courant, équation de réaction.
- Manip : 2 piles Daniell en série, mise en évidence d'une tension et allumage d'une lampe.

2.2 Capacité d'une pile

- Définition capacités électrique et énergétique d'une pile, lien entre les deux (3) (rque : en mettant des piles en série on augmente la capacité énergétique mais pas la capacité électrique)
- Calcul dans le cas de la pile Daniell. Commenter.

Conclusion de la leçon

Ouverture vers la pile à combustible (hydrogène) : intérêt car énergie molaire de combustion comparable à d'autres carburants, mais pouvoir calorifique plus grand du fait de la faible masse molaire en comparaison.

Questions, remarques

Questions :

- Prérequis liaisons chimiques : à quel niveau, quelles notions abordées ?
- D'où vient l'énergie dans la pile Daniell si pas des liaisons ?
- Pourquoi une combustion s'accompagne t-elle d'une flamme ? Rayonnement thermique CN de la suie ou bien désexcitations électroniques du gaz.
- Notion de combustion complète/incomplète ? Lien avec le caractère total de la réaction ?
- Composition du diesel ?
- Autres réactions faisant intervenir un caractère thermique ?
- Confusion énergie pour activer la réaction / énergie libérée par la réaction ? Passer par un schéma type PR vu en prépa.
- Dire "ajuster" et non pas "équilibrer" pour l'écriture des demi-réactions et des réactions, pour éviter la confusion avec l'équilibre thermodynamique.

Manipulations, ressources

1. Détermination du PC de l'éthanol (voir <https://ensps.lab.educ.space/labs/2/items/1132> pour le setup de la bombe calorifique)

Manip : Détermination d'un PC par calorimètre

Matériel :

- Canette dont on connaît la capacité calorifique (soit parce qu'on sait de quoi elle est faite soit parce qu'on a fait la manip avec un calorimètre en préparation) On choisit un métal type aluminium pour sa bonne conductivité thermique
- Balance
- Brûler à éthanol
- Alu
- C'est tout

Protocole

- Verser m_{eau} d'eau dans la canette et relever la température de l'ensemble à l'équilibre
- Peser le brûleur et noter sa masse avant la combustion
- Allumer le brûleur, calorifuger comme on peut (d'ailleurs préférer le terme "isoler thermiquement")
- Après un certain temps éteindre le brûleur, le peser et en déduire la masse d'éthanol qu'on a consommé, mesurer la température de l'eau chaude
- C'est tout

2. Pile Daniell : mise en évidence du passage d'un courant et d'une tension aux bornes de la pile (mettre deux piles en série).
3. Capacité d'une pile :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_%C3%A9lectrique#Capacit%C3%A9_et_d%C3%A9charge_des_piles

B.O.

• Énergie chimique

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Transformation chimique d'un système et conversion d'énergie associée ; effets thermiques associés.	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier le système chimique. - Identifier un effet thermique associé à la transformation chimique d'un système. - Associer à une transformation chimique exothermique (endothermique) une diminution (augmentation) de l'énergie du système.
Un exemple de transformations exothermiques : les combustions.	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier, dans une réaction de combustion, le combustible et le comburant. - Identifier l'apport d'énergie nécessaire pour initier une combustion et interpréter l'auto-entretien de celle-ci.
Pouvoir calorifique d'un combustible (en kJ.kg^{-1})	<ul style="list-style-type: none"> - Comparer les pouvoirs calorifiques de différents combustibles. - <i>Mettre en œuvre une expérience pour déterminer le pouvoir calorifique d'un combustible.</i>
Protection contre les risques liés aux combustions.	<ul style="list-style-type: none"> - Citer les dangers liés aux combustions et les moyens de prévention et de protection associés.

Figure 1: BO 1ere STI2D

• Énergie chimique

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Piles, accumulateurs. Conversion d'énergie chimique en énergie électrique.	<ul style="list-style-type: none"> - Distinguer une pile d'un accumulateur. - Calculer l'énergie totale stockée dans une batterie d'accumulateurs ou une pile à partir des caractéristiques tension et quantité d'électricité stockée. - <i>Exploiter les principales caractéristiques des piles ou accumulateurs (tension à vide, capacité, énergies massique et volumique, nombre de cycles de charge et décharge) pour les utiliser dans des applications spécifiques.</i>

Figure 2: BO Terminale STI2D

- **Énergie chimique**

En classe de première ont été abordées les énergies de liaisons et de changement d'état. En classe terminale, la transformation chimique est étudiée à pression constante, ce qui permet d'introduire la notion d'enthalpie. La liaison chimique, qu'elle soit intermoléculaire ou intramoléculaire, est ainsi vue comme un réservoir d'énergie permettant de stocker ou de restituer de l'énergie. L'estimation expérimentale du pouvoir calorifique est l'occasion de revenir sur les incertitudes et les sources d'erreur.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Diagramme d'état d'un corps pur. Enthalpie de changement d'état. Enthalpie standard de formation. Enthalpie standard de réaction. Capacité thermique. Pouvoir calorifique.	<ul style="list-style-type: none"> - Prévoir l'état physique d'un corps pur à température et pression données à l'aide de son diagramme d'état. - Définir une enthalpie de changement d'état. - Prévoir le signe d'une enthalpie de changement d'état lors du passage d'un état physique à un autre. - Définir une enthalpie standard de formation. - Calculer une enthalpie standard de réaction à partir de données tabulées en utilisant la loi de Hess. - Identifier le caractère exothermique, endothermique ou athermique d'une réaction. - Citer et exploiter la relation entre variation d'enthalpie, capacité thermique et variation de température pour une phase condensée. - Définir et utiliser le pouvoir calorifique pour comparer différents combustibles. <p>Capacité expérimentale :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en œuvre une expérience pour estimer le pouvoir calorifique d'un combustible.

Figure 3: BO Terminale STL