

LC02 : Énergie chimique

Louis Heitz et Vincent Brémaud

Sommaire

Extrait du bulletin officiel	3
Bibliographie	3
Introduction	4
I Conversion d'énergie chimique : la combustion	4
I.1 Modélisation d'une réaction de combustion	4
I.2 Énergie libérée par une réaction de combustion	5
I.2.1 Énergie libérée macroscopiquement	5
I.2.2 Origine microscopique	5
II Conversion et stockage d'énergie électrochimique	6
II.1 Caractéristiques énergétiques d'un système électrochimique	6
II.2 Stockage de l'énergie et réversibilité : l'accumulateur	6
Conclusion	7
A Commentaires et questions	7
B Liste matériel	7

Le code couleur utilisé dans ce document est le suivant :

- → Pour des éléments de correction / des questions posées par le correcteur
- Pour les renvois vers la bibliographie
- Pour des remarques diverses des auteurs
- ⚠ Pour des points particulièrement délicats, des erreurs à ne pas commettre
- Pour des liens cliquables
- ✂ Pour les manipulations

Extrait du bulletin officiel

Combustibles organiques usuels.	Citer des exemples de combustibles usuels.
Modélisation d'une combustion par une réaction d'oxydo-réduction.	Écrire l'équation de réaction de combustion complète d'un alcane et d'un alcool.
Énergie molaire de réaction, pouvoir calorifique massique, énergie libérée lors d'une combustion.	Estimer l'énergie molaire de réaction pour une transformation en phase gazeuse à partir de la donnée des énergies des liaisons.
Interprétation microscopique en phase gazeuse : modification des structures moléculaires, énergie de liaison.	Mettre en œuvre une expérience pour estimer le pouvoir calorifique d'un combustible.
Combustions et enjeux de société.	Citer des applications usuelles qui mettent en œuvre des combustions et les risques associés. Citer des axes d'étude actuels d'applications s'inscrivant dans une perspective de développement durable.

Extrait programme première générale

Transformation spontanée modélisée par une réaction d'oxydo-réduction.	Illustrer un transfert spontané d'électrons par contact entre réactifs et par l'intermédiaire d'un circuit extérieur.
Pile, demi-piles, pont salin ou membrane, tension à vide.	Justifier la stratégie de séparation des réactifs dans deux demi-piles et l'utilisation d'un pont salin.
Fonctionnement d'une pile ; réactions électrochimiques aux électrodes.	Modéliser et schématiser, à partir de résultats expérimentaux, le fonctionnement d'une pile.
Usure d'une pile, capacité électrique d'une pile.	Déterminer la capacité électrique d'une pile à partir de sa constitution initiale. Réaliser une pile, déterminer sa tension à vide et la polarité des électrodes, identifier la transformation mise en jeu, illustrer le rôle du pont salin.
Oxydants et réducteurs usuels.	Citer des oxydants et des réducteurs usuels : eau de Javel, dioxygène, dichlore, acide ascorbique, dihydrogène, métaux. Justifier le caractère réducteur des métaux du bloc s.

Extrait programme terminale générale

Bibliographie

Introduction

Niveau : Lycée

PR : réactions d'oxydo-réduction, fonctionnement d'une pile de concentration, approche intuitive de la combustion

Aujourd'hui, on utilise beaucoup d'énergie dans notre quotidien, la voiture dehors ou les ordinateurs de cette salle on besoin d'énergie pour fonctionner. Il peut dès lors être intéressant de comprendre d'où provient cette énergie (au moins pour la partie venant des énergies fossiles) et comment fait-on pour la produire. Elle vient d'un mécanisme que vous connaissez déjà : la combustion.

I Conversion d'énergie chimique : la combustion

I.1 Modélisation d'une réaction de combustion

Une réaction de combustion comme par exemple celle du gaz de ville dans les gazinières est une réaction d'oxydo-réduction au cours de laquelle :

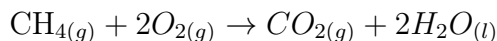
- Un **combustible** [ici le méthane] s'oxyde
- Un **comburant** [ici le dioxygène] se réduit

On parle généralement de combustion pour les réactions d'oxydo-réductions qui libèrent beaucoup de chaleur.

Une telle réaction nécessite une énergie d'activation apportée par une flamme, une étincelle, etc...

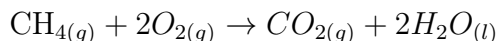
Diapo : triangle du feu pour résumer les ingrédients nécessaire à une combustion.

Exemple de combustion du méthane :

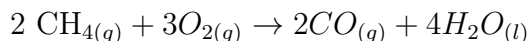


Combustion complète et incomplète

Lors de la réaction d'un alcane ou d'un alcool [exemple méthane, éthanol] on peut qualifier la combustion de complète ou d'incomplète. Une combustion est dite complète si elle ne produit que de l'eau et du dioxyde de carbone. Une compétence exigible est de savoir équilibrer une combustion complète. Dans le cas de la combustion complète du méthane on peut donc écrire :



On équilibre d'abord les carbones et les hydrogènes (combustibles et produits) puis on adapte le nombre stoechiométrique devant l'oxygène. Pour le cas de la combustion incomplète du méthane, il est possible de former du monoxyde de carbone :



Commentaire : les combustions incomplètes peuvent mener à des intoxications au monoxyde de carbone.

Transition : Très bien mais l'énergie alors ?

I.2 Énergie libérée par une réaction de combustion

I.2.1 Énergie libérée macroscopiquement

L'énergie chimique stockée dans un combustible est convertie en énergie thermique. C'est cette énergie que l'on exploite dans les réactions de combustions.

Une réaction de combustion libère systématiquement de l'énergie, la chaleur Q reçue par le système est donc négative ($Q < 0$), la réaction est dite **exothermique**.

L'énergie convertie lors de la combustion dépend de la quantité de combustible. Elle peut se calculer à partir de l'énergie molaire de combustion ou du pouvoir calorifique d'un combustible.

$$Q = nE_m$$

avec n la quantité de matière de combustible utilisée et E_m l'énergie molaire de combustion en J/mol. Ou encore :

$$Q = -m PC$$

avec m la masse de combustible utilisée et PC le pouvoir calorifique du combustible.

Remarques : l'énergie molaire de combustion E est l'énergie transférée lors de la combustion d'une mole de combustible ($E < 0$). Le pouvoir calorifique PC est l'énergie transférée par un kilogramme de combustible.

Diapo : présentation manip canette

✂ **Manip canette, calcul de PC / E_m**

Transition : Mais d'où vient cette énergie produite lors de la combustion, microscopiquement ?

I.2.2 Origine microscopique

Au cours d'une combustion, des liaisons covalentes sont rompues et d'autres sont créées. Pour évaluer l'énergie molaire de combustion, on envisage un processus hypothétique au cours duquel toutes les liaisons des réactifs sont rompues pour donner des atomes isolés. A partir de ces atomes isolés on reforme les produits de reformant les liaisons. La rupture d'une liaison covalente nécessite un apport d'énergie alors que la formation d'une liaison covalente libère de l'énergie.

Diapo : énergie de liaison chemin fictif

Diapo : exemple combustion et calcul de E_m

Transition : On sait produire de l'énergie, mais nos besoins varient parfois dans le temps, et il peut être pratique de pouvoir utiliser de l'énergie électrique sans avoir à transporter un moteur à combustion avec soit. Aussi on va s'intéresser à un mode de stockage d'énergie sous forme chimique que vous connaissez bien : les piles !

II Conversion et stockage d'énergie électrochimique

II.1 Caractéristiques énergétiques d'un système électrochimique

Rappels sur le fonctionnement d'une pile : animation.

Un pile comme la pile Daniell est composée de 2 demi-piles.

Ces demi-piles sont appelées cathode et anodes et le point fondamental est qu'elles ne sont pas au même potentiel.

Il y a donc une différence de potentiel entre la cathode où il y a réduction des ions Cu^{2+} en Cu et l'anode où il y a oxydation du Zinc solide en ions Zn^{2+} .

Si l'on connecte un voltmètre (qui a une grande résistance), on ne fait pas circuler de courant et on peut mesurer la tension nominale ou tension à vide de la pile. .

Si on connecte un élément pour fermer le circuit il peut circuler des électrons : on a de l'électricité.

En conclusion : la réaction d'oxydo-réduction permet de convertir une énergie chimique en énergie électrique.

Une grandeur importante dans une pile est sa capacité, il s'agit de la charge totale débitée au cours de la vie de la pile. Tableau d'avancement en quantité de matière au tableau. Le zinc est en large excès. Pour la quantité de matière initiale de Cu^{2+} , on a pour $V=50 \text{ mL}$ et $C=0.1 \text{ mol.L}^{-1}$ une quantité de matière d'électrons qui a circulé de $n_{\text{Cu}^{2+}} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$. On en déduit à l'état final que la quantité de matière d'électron qui a circulé est :

$$n_{el} = 2 \times n_{\text{Cu}^{2+}} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Cela correspond à une charge disponible de 965 C. Or $1\text{C}=1 \text{ A.s}=3600\text{A.h}$. La capacité de la pile Daniell vaut donc :

$$C_{\text{pile}} = 965/3600 = 270\text{mA.h}$$

Cela veut dire que la pile peut débiter 270 mA pendant 1 h.

Transition : Très bien mais c'est pas très économe de jeter ces piles systématiquement quand elles sont usées. On sait que certaines piles peuvent se recharger (les batteries), en chimie on appelle cela des accumulateurs.

II.2 Stockage de l'énergie et réversibilité : l'accumulateur

Partie tampon.

En fait, vous connaissez déjà les accumulateurs : les batteries des voitures sont des accumulateurs. Plus exactement, ce sont ce que l'on appelle des accumulateurs au plomb. Un accumulateur est un système électrochimique qui agit comme un dispositif de stockage d'énergie électrique sous forme chimique. Il peut fonctionner suivant deux modes :

générateur : il fonctionne comme une pile et convertit l'énergie chimique en énergie électrique ; Lorsque, à l'arrêt, on actionne le démarreur, l'accumulateur se comporte comme une pile, il fournit un courant électrique et permet de faire démarrer le moteur.

récepteur : il fonctionne comme un électrolyseur et convertit l'énergie électrique en énergie chimique. Lorsque la voiture roule, l'alternateur fournit de l'énergie électrique à l'accumulateur, celui-ci se comporte comme un électrolyseur et se « recharge » en régénérant les espèces chimiques.

Conclusion

Nous avons illustré dans cette leçon comment une réaction chimique pouvait libérer de l'énergie. Dans le cas d'une combustion nous nous sommes munis des outils pour quantifier la conversion d'énergie chimique liée à la création de liaison en énergie thermique. Nous avons ensuite mis en avant l'importance de l'énergie électrochimique notamment dans son caractère réversible et la possibilité de stockage. Ouverture possible sur la l'énergie chimique dans le corps humain ? # LC14

A Commentaires et questions

B Liste matériel

✂ **Manips** :