

Réactions d'oxydoréduction et énergie chimique

TD4

🎓 Capacités exigibles

- Identifier l'oxydant et le réducteur mis en jeu dans une pile ou un accumulateur à partir de la polarité de la pile ou des couples oxydant/réducteur utilisés.
- Exploiter les équations d'une réaction d'oxydoréduction pour réaliser un bilan de matière dans le cas d'une charge puis d'une décharge d'un accumulateur.
- Exploiter les équations d'une réaction d'oxydoréduction pour réaliser un bilan de matière dans le cas d'une pile à combustible.
- 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.
- 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.

📄 Niveaux

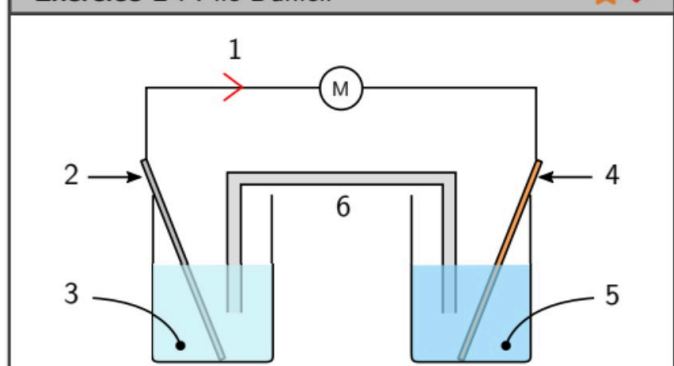
- ♥ À savoir refaire !
- 📦 Niveau découverte
- ★ Niveau apprenti
- ★★ Niveau confirmé
- ★★★ Niveau expert

Exercice 1 : Questions de cours



- Q1** Donner les définitions d'un oxydant et d'un réducteur.
- Q2** Rappeler la différence fondamentale entre une pile et un accumulateur.
- Q3** Quel type de réaction d'oxydoréduction se produit à l'anode ? à la cathode ?
- Q4** Comment obtient-on l'équation-bilan d'oxydo-réduction dans une pile ou un accumulateur ?
- Q5** Décrire le fonctionnement d'un accumulateur en charge et en décharge.
- Q6** Décrire succinctement le principe de fonctionnement d'une pile à combustible.
- Q7** Donner les définitions de "tension nominale", "capacité" et "énergie massique".

Exercice 2 : Pile Daniell



Q1 Compléter le schéma de la pile Daniell avec les termes suivants : électrons, sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$), sulfate de zinc ($\text{Zn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$), cuivre, zinc, pont salin.

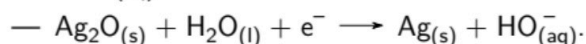
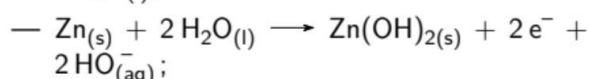
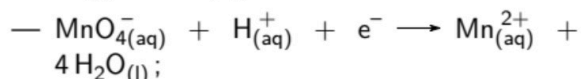
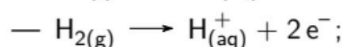
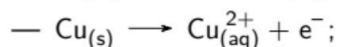
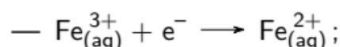
Q2 En vous aidant du sens de circulation des électrons dans la pile, déterminer où l'oxydation et la réduction se produisent.

Q3 Identifier l'anode et la cathode.

Exercice 3 : Couples oxydant/réducteur



Soit les demi-équations d'oxydoréduction non équilibrées suivantes :



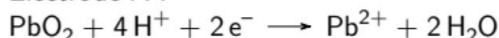
Q1 Identifier les couples oxydant/réducteur intervenant chaque demi-équation.

Q2 Équilibrer les demi-équations.

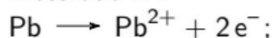
Exercice 4 : Identification de réactions


Pour chacune des demi-équations suivantes, préciser s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction et donner l'équation-bilan d'oxydoréduction de la pile ou de l'accumulateur considéré :

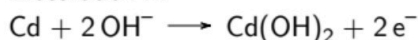
1. Electrode A :



Electrode B :



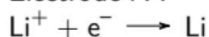
2. Electrode A :



Electrode B :



3. Electrode A :



Electrode B :


Exercice 5 : Pile nickel-argent

L'équation-bilan d'oxydoréduction de fonctionnement de la nickel-argent est :



Lors de son fonctionnement, $n(\text{Ag}^+) = 0.050$ mol d'ion argent sont consommés.

Q1 Donner la relation entre $n(\text{Ag}^+)$, quantité d'ion argent consommée, et $n(\text{Ni})$, quantité de nickel consommée.

Q2 Calculer la quantité $n(\text{Ni})$ de nickel consommée. En déduire la masse correspondante.

Q3 Donner la relation entre $n(\text{Ag}^+)$, quantité d'ion argent consommée, et $n(\text{Ag})$, quantité d'argent formée.

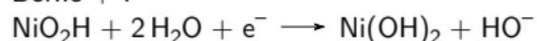
Q4 Calculer la quantité $n(\text{Ag})$ d'argent formée. En déduire la masse correspondante (masse molaire de l'argent : $M(\text{Ag}) = 107.9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$).

Q5 Lors de cette transformation, deux électrons sont échangés. Donner la relation entre $n(\text{e}^-)$, la quantité d'électrons échangés, et $n(\text{Ag}^+)$, quantité d'ion argent consommée. En déduire la capacité de la pile en coulombs (C) sachant qu'une mole d'électrons correspond à une charge de 96500 C.

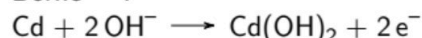
Exercice 6 : Batterie Ni-Cd


Une batterie Ni-Cd de capacité $Q = 83 \text{ A} \cdot \text{h}$ est utilisée dans un équipement d'éclairage de secours autonome. Les réactions aux bornes de l'accumulateur lors de la décharge sont :

— Borne + :



— Borne - :



Q1 Justifier la polarité de la pile associée à chaque électrode lors de la décharge.

Q2 Calculer la quantité de matière d'électrons circulant dans le circuit extérieur pour la décharge complète.

Q3 Calculer les masses de NiO_2H et Cd que l'accumulateur contient pour assurer sa décharge complète.

Données :

— Masses molaires :

$$M(\text{Cd}) = 112.4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1},$$

$$M(\text{Ni}) = 58.7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1},$$

$$M(\text{O}) = 16.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1},$$

$$M(\text{H}) = 1.00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

— Constante de Faraday :

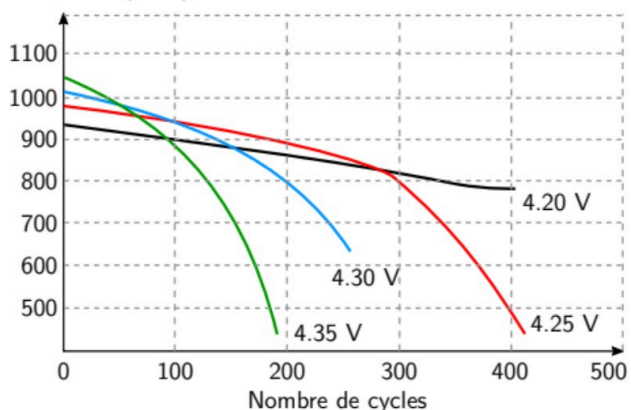
$$F = 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1};$$

— Conversion : $1.0 \text{ A} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^3 \text{ C}$.

Exercice 7 : Cycles de charge et décharge


11 accumulateurs lithium-ion ont subi 250 cycles de charges. Voici les résultats :

Capacité (mAh)



Q1 Quelle est la tension optimale pour charger un accumulateur lithium-ion ? Que se passe-t-il si l'on choisit les autres tensions de charge ?

Q2 Quelle est la valeur de l'énergie emmagasinée lors du premier cycle ? Au bout de 200 cycles ? Au bout de 400 cycles ?

Exercice 8 : Rendement d'une batterie lithium-ion



La batterie d'ordinateur HP 687945-001, de technologie lithium-ion, possède une énergie disponible de $52.0 \text{ W} \cdot \text{h}$, une capacité de $3.55 \text{ A} \cdot \text{h}$ et un rendement de conversion de 90%.

Q1 Quelle conversion énergétique une batterie lithium-ion réalise-t-elle lorsqu'elle se décharge ?

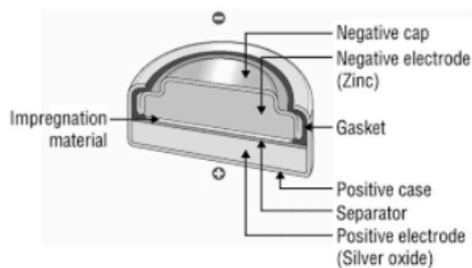
Q2 Calculer l'énergie chimique disponible dans la batterie.

Q3 Sachant que la tension aux bornes d'un accumulateur lithium-ion vaut 3.60 V , déterminer le nombre d'accumulateurs contenus dans la batterie.

Exercice 9 : Durée de fonctionnement d'une pile



Une pile zinc/oxyde d'argent alimente une montre. L'intensité du courant délivrée par la pile est de $31 \mu\text{A}$.



Voici sa fiche technique :

Caractéristique	Valeur
Modèle	SR44SW
Technologie	Zinc/oxyde d'argent/électrolyte alcalin
Tension nominale (V)	1.55
Capacité nominale (mA · h)	165
Dimensions	$\varnothing 11.60 \times 6.60 \text{ mm}$
Gamme de température (°C)	-10/+60
Poids moyen	2.5 g

Q1 Quelle est la capacité de la pile ? Que signifie cette caractéristique ?

Q2 Calculer la durée de fonctionnement de la pile.

Q3 Quel est le rôle de l'électrolyte alcalin ?

Q4 La densité énergétique d'une batterie ou d'une pile correspondant à l'énergie stockée par la batterie par kilogramme. Déterminer la densité énergétique de cette pile.

Exercice 10 : Choix de la technologie d'une batterie

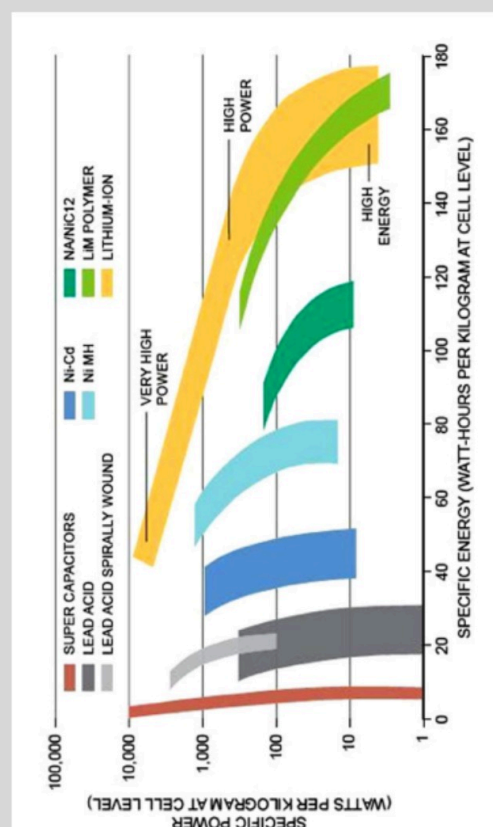


Le diagramme de Ragone permet de comparer la puissance d'une batterie en fonction de son énergie et ainsi choisir la plus adaptée pour son utilisation.

Document 1 : Caractéristique de la Renault Zoé

Masse	Énergie	Puissance	Autonomie
305 kg	41 kW · h	50 kW	390 km

Document 2 : Diagramme de Ragone



Q1 Justifier le choix des batteries d'accumulateurs au plomb pour les voitures thermiques (moteur à explosion).

Q2 Calculer la puissance spécifique et l'énergie spécifique de la batterie.

Q3 Placer le point de fonctionnement de cette batterie sur le diagramme de Ragone. En déduire la technologie utilisée par la batterie de la Renault Zoé.

Exercice 11 : Pile à combustible au méthanol



Une pile à combustible au méthanol est embarquée dans un camping-car. Elle a pour but d'en assurer l'autonomie en rechargeant une batterie auxiliaire. L'étude consiste à répondre à la question suivante : Combien de fois peut-on recharger cette batterie auxiliaire avec 1 L de méthanol alimentant la pile à combustible ?

Document 1 : présentation de la pile à combustible au méthanol


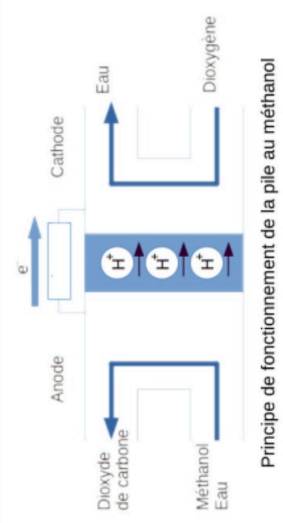


Photo de la Pile à combustible au méthanol
Source : <http://www.my-efoy.com>



Principe de fonctionnement de la pile au méthanol

Document 2 : demi-équations aux électrodes de la pile à combustible

Électrode	Couple Oxydant / Réducteur	Demi-équation électronique
1	O ₂ (g) / H ₂ O(l)	O ₂ (g) + 4 H ⁺ (aq) + 4 e ⁻ → 2 H ₂ O(l)
2	CO ₂ (g) / CH ₃ OH(aq)	CH ₃ OH(aq) + H ₂ O(l) → CO ₂ (g) + 6 H ⁺ (aq) + 6 e ⁻

Document 3 : données utiles

Masse volumique du méthanol : $\rho = 792 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.
 Formule chimique du méthanol : CH₃OH.
 Masses molaires :
 $M(\text{H}) = 1,00 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
 Quantité de matière n :
 $n = \frac{m}{M}$ où m est la masse de l'échantillon et M est la masse molaire.
 Capacité d'une pile ou une batterie : $Q = n(e^-) \times F$
 où F est la constante de Faraday $F = 96500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $n(e^-)$ est la quantité de matière d'électrons.

Document 4 : caractéristiques de la pile à combustible

Tension nominale de la pile $U_{\text{pile}} = 12 \text{ V}$
 Rendement de la pile $\eta = 25 \%$

Document 5 : batterie auxiliaire

Tension nominale de la batterie $U_{\text{batterie}} = 12 \text{ V}$
 Capacité de la batterie : $Q = 100 \text{ A}\cdot\text{h}$
 $1 \text{ A}\cdot\text{h} = 3600 \text{ C}$

1. Nommer le type d'électrode où a lieu l'oxydation et celui où a lieu la réduction.
 2. Indiquer sur le document réponse, à rendre avec la copie :
 - le sens du courant traversant la charge à l'extérieur de la pile ;
 - les pôles + et - de la pile.
 3. Établir que l'équation de fonctionnement de la pile à combustible est :
 $2 \text{ CH}_3\text{OH}(\text{aq}) + 3 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ CO}_2(\text{g}) + 4 \text{ H}_2\text{O}(\ell)$
 4. Vérifier que la masse molaire du méthanol CH₃OH est M est égale à $32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
 5. Calculer la quantité de matière n dans un litre de méthanol.
 6. Montrer, à l'aide de la demi-équation électronique à l'électrode 2 que la quantité de matière $n(e^-)$ d'électrons est 149 mol .
 7. Déterminer la capacité Q de la pile à combustible, en coulomb puis en ampère-heure.
 8. Montrer que l'énergie utile délivrée par la pile à combustible vaut $12 \text{ kW}\cdot\text{h}$.
- La notice technique de la pile à combustible indique que l'on peut faire dix charges de batterie avec un litre de méthanol. Vérifier que cette information est conforme à l'aide d'un calcul.*