



Piles et accumulateurs

Niveau MP



Élément imposé : Mettre en oeuvre des mesures électriques dans un environnement électrochimique.



Prérequis



Attendus du programme

Niveau	Notion
MPSI	- Notions d'espèces rédox et couples rédox. - Notions d'électrodes et demi-piles. - Potentiel rédox : potentiel standard, formule de Nernst. - Cinétique des réactions électrochimiques : relations entre intensité et vitesse des réactions électrochimiques. - Allure des courbes intensité-potentiel : couples rapides et couples lents, limitation par la diffusion et par le solvant. - Enthalpie libre standard de demi-équations rédox. - Critère d'évolution spontanée d'un système.

9.3. Énergie chimique et énergie électrique : conversion et stockage Conversion énergie chimique en énergie électrique : Approche thermodynamique.	Établir l'inégalité reliant la variation d'enthalpie libre et le travail électrique. Citer la relation entre la tension à vide d'une pile et l'enthalpie libre de réaction. Déterminer la capacité d'une pile en Ah.
Approche cinétique.	Utiliser les courbes courant-potentiel pour expliquer le fonctionnement d'une pile électrochimique et prévoir la valeur de la tension à vide. Citer les paramètres influençant la résistance interne du dispositif électrochimique.
Conversion énergie électrique en énergie chimique : Caractère forcé de la transformation. Électrolyseur.	Mettre en œuvre une démarche expérimentale utilisant des piles. Utiliser les courbes courant-potentiel pour expliquer le fonctionnement d'un électrolyseur et prévoir la valeur de la tension de seuil.
Recharge d'un accumulateur.	Utiliser les courbes courant-potentiel pour justifier les contraintes dans la recharge d'un accumulateur. Approche documentaire : à partir de documents sur des accumulateurs (lithium ion, nickel-métal hydrure,...), comparer la constitution, le fonctionnement et l'efficacité de tels dispositifs.

Objectifs de la leçon



Quelques difficultés anticipées des élèves :

- ☐ Différence entre pile et accumulateur.
- ☐ Chapitre bilan sur le thème de l'oxydo-réduction.
- ☐ La cathode est-elle toujours le pôle + ?

Solutions apportées :

- ☐ Insister sur la définition des termes et expérience en fin de leçon.
- ☐ Revenir sur les autres chapitres par des calculs et courbes.
- ☐ Revenir sur la définition de cathode et anode.

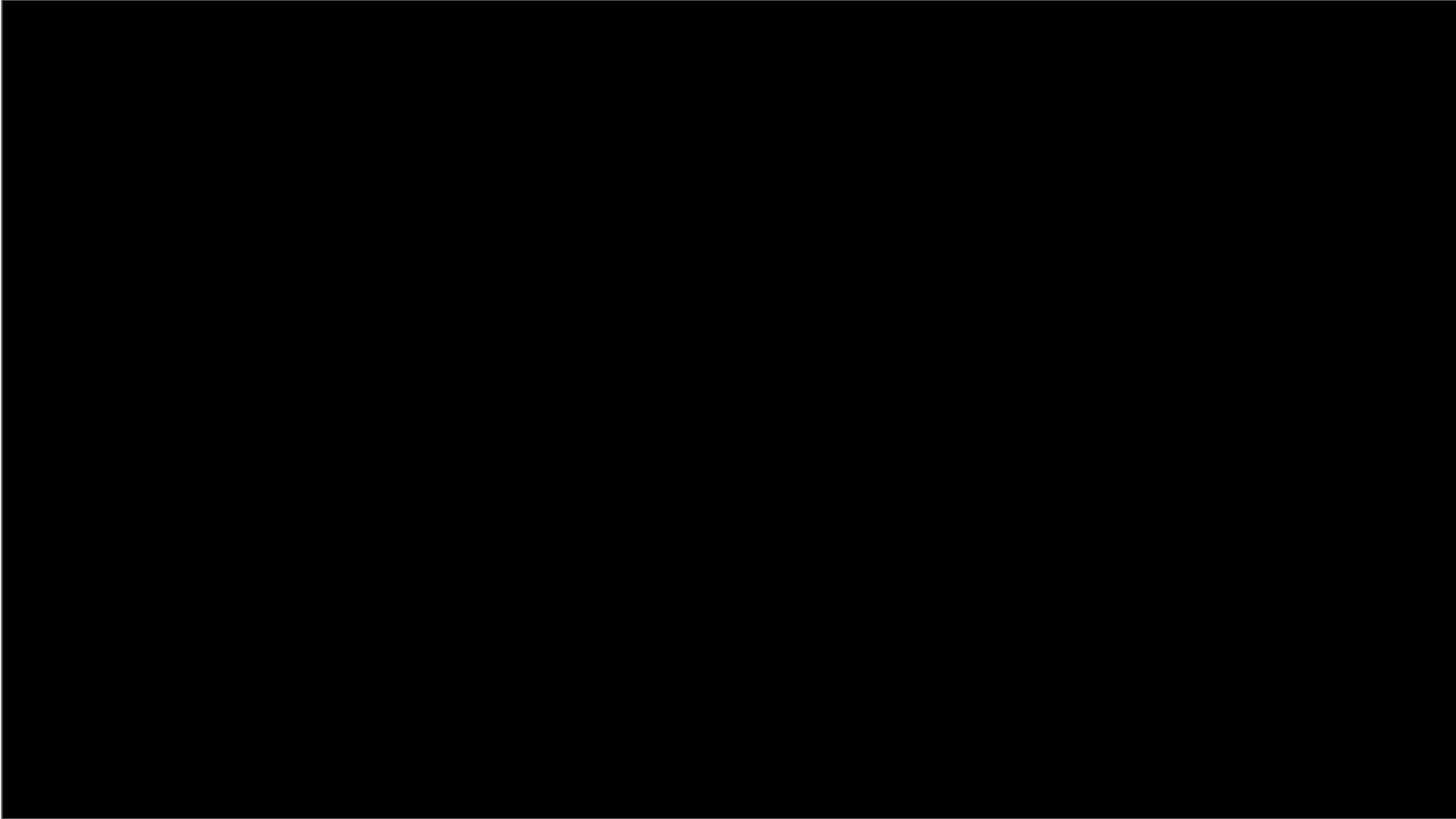
Introduction



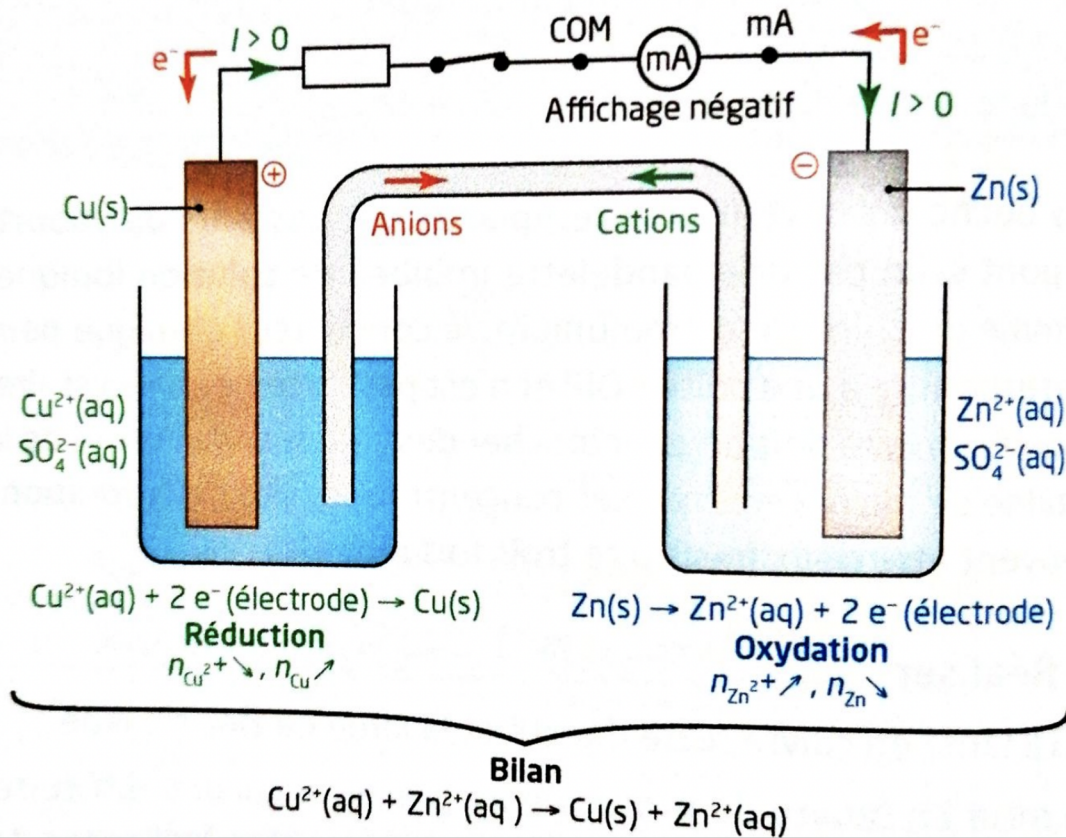
- Un accumulateur permet de stocker de l'énergie électrique sous forme chimique et de la restituer sous forme de courant continu de manière contrôlée.

- Principe : réactions d'oxydo-réduction renversables.

→ Comment fonctionne un accumulateur ainsi que le caractère renversable ou non d'une réaction rédox ?



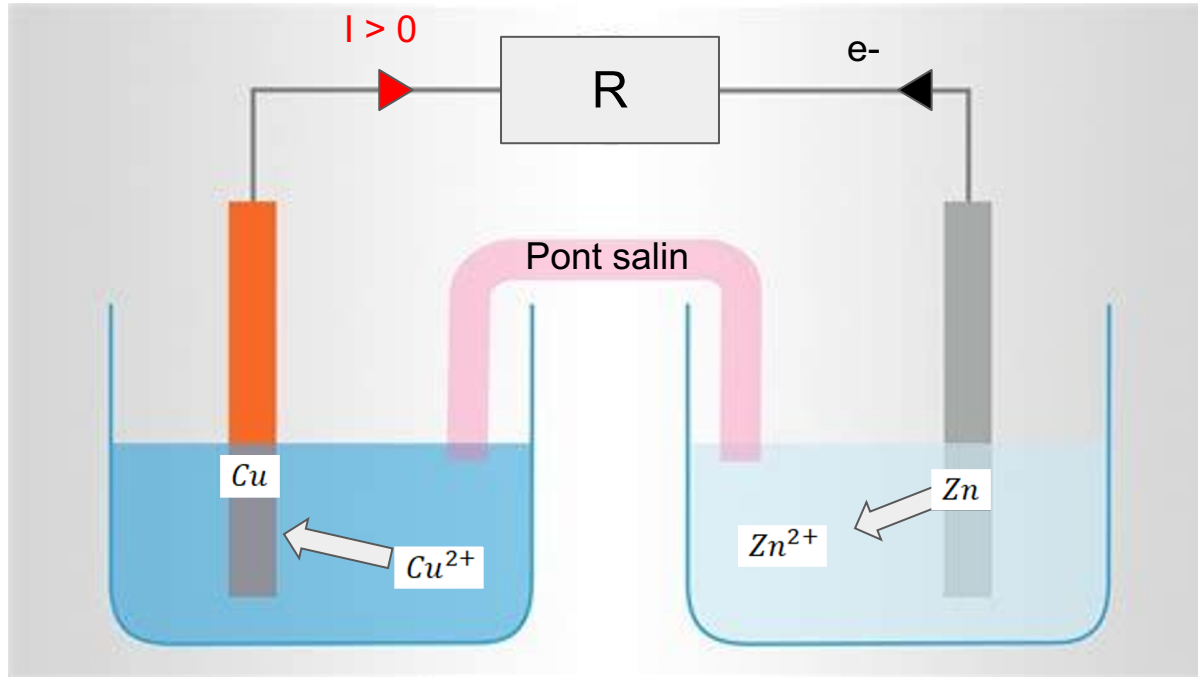
La pile Daniell



$$E^0\left(\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}/\text{Cu}_{(\text{s})}\right) = 0,34 \text{ V}$$

$$E^0\left(\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}/\text{Zn}_{(\text{s})}\right) = -0,76 \text{ V}$$

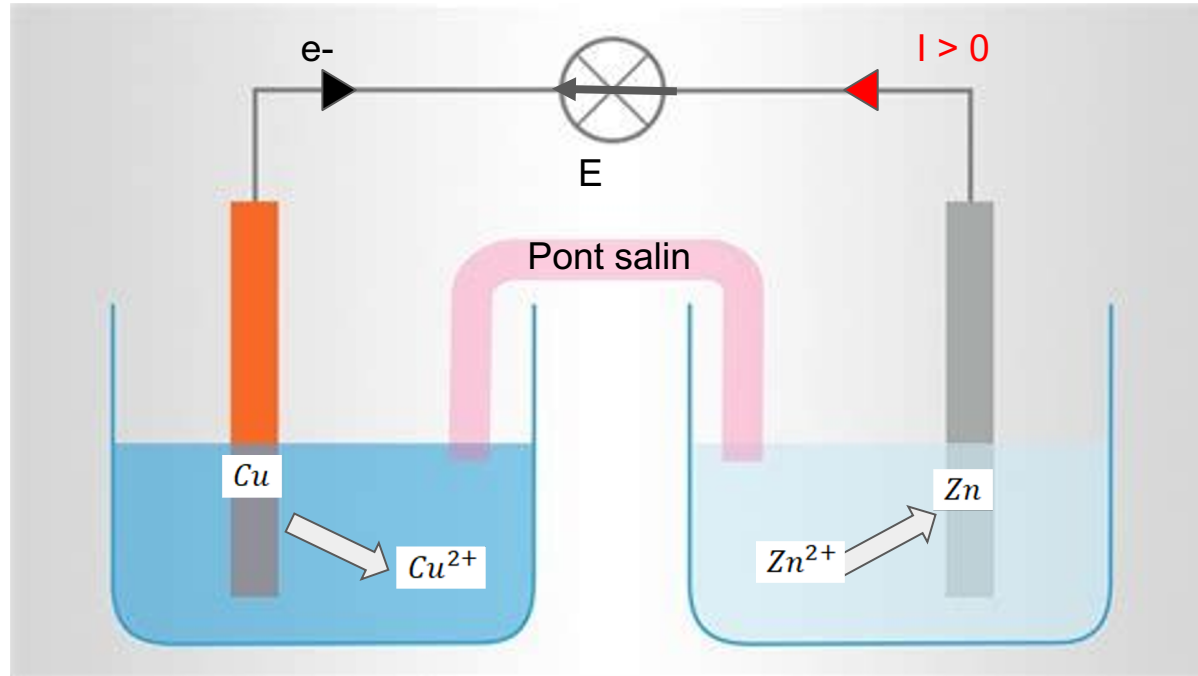
Fonctionnement d'une pile



Cathode (pôle +)
Lieu de la réduction

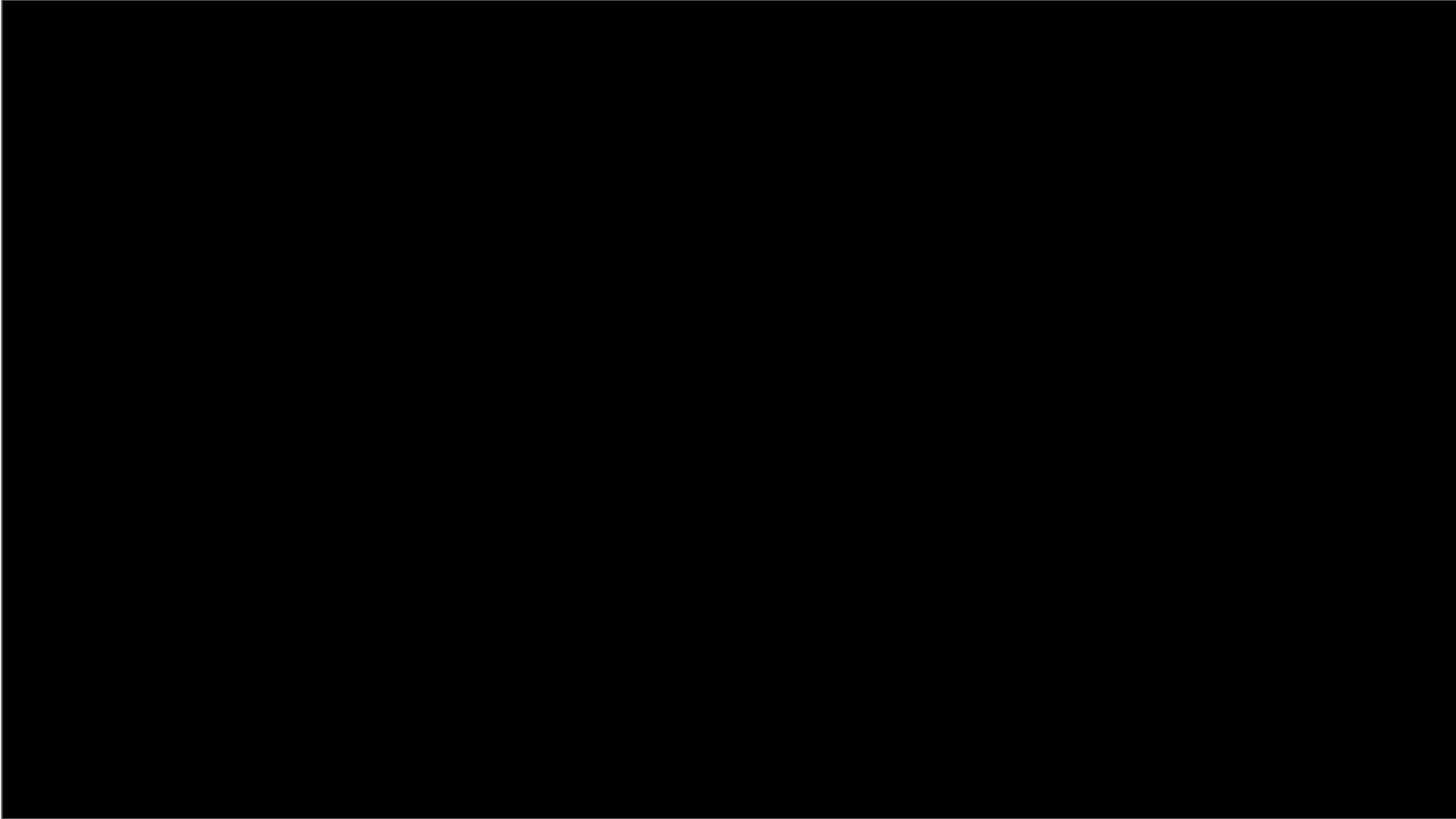
Anode (pôle -)
Lieu de l'oxydation

Fonctionnement d'un électrolyseur

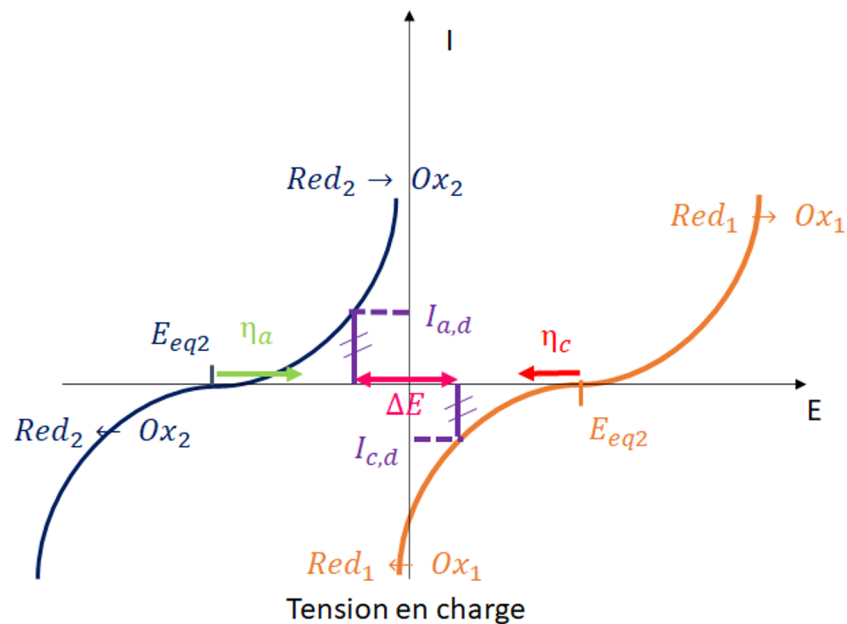
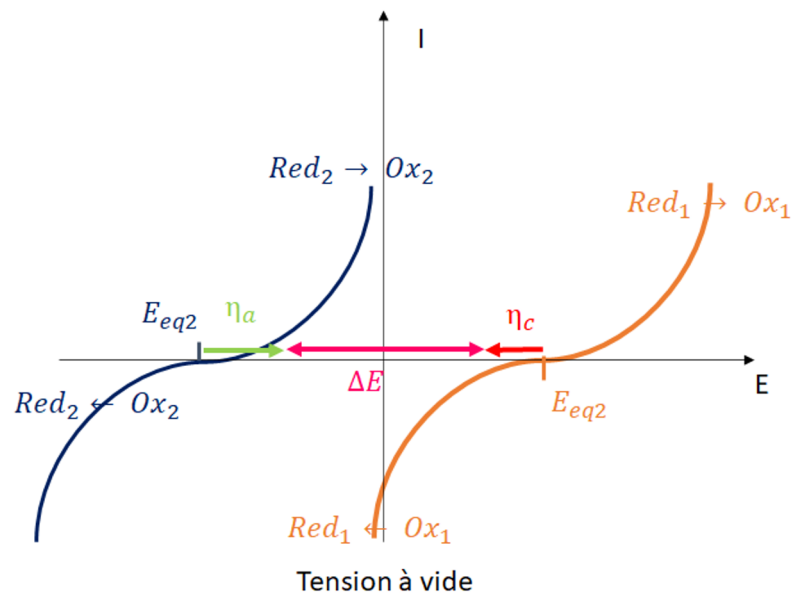


Anode (pôle +)
Lieu de l'oxydation

Cathode (pôle -)
Lieu de la réduction



Fonctionnement en pile

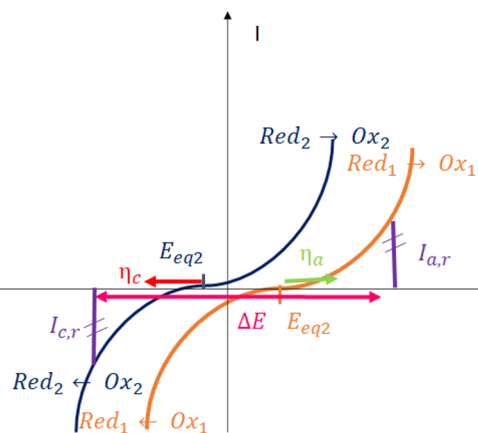


Quelques piles

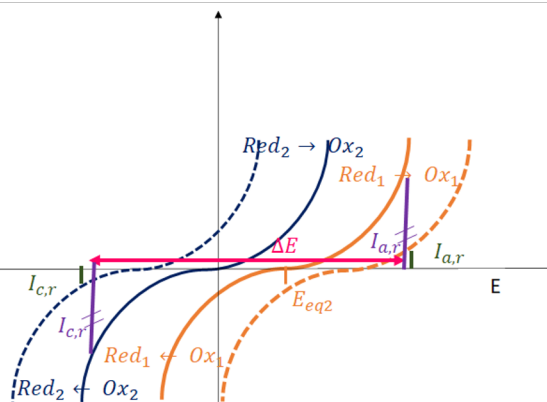


Type de pile		Tension	Densité d'énergie	Description
Salines		1,5 V	70 Wh/kg	Inventées en 1866, elles sont formées d'un électrolyte acide constitué de chlorure d'ammonium auparavant appelé salin Peu coûteuses et peu performantes
Alcalines		1,5 V	160 Wh/kg	Constituées d'un électrolyte basique, principalement à base de soude ou de potasse, un métal alcalin Un peu plus chères que les piles salines, mais aussi plus performantes
Lithium-SOCl ₂		3,6 V	2 690 Wh/kg	Leur durée de vie est jusqu'à 7 fois supérieure à celle des piles alcalines et elles délivrent 3,5 V contre 1,5 V pour les alcalines Elles sont aussi plus légères, résistantes aux températures extrêmes et peuvent être conservées bien plus longtemps Les plus onéreuses, mais aussi les plus puissantes

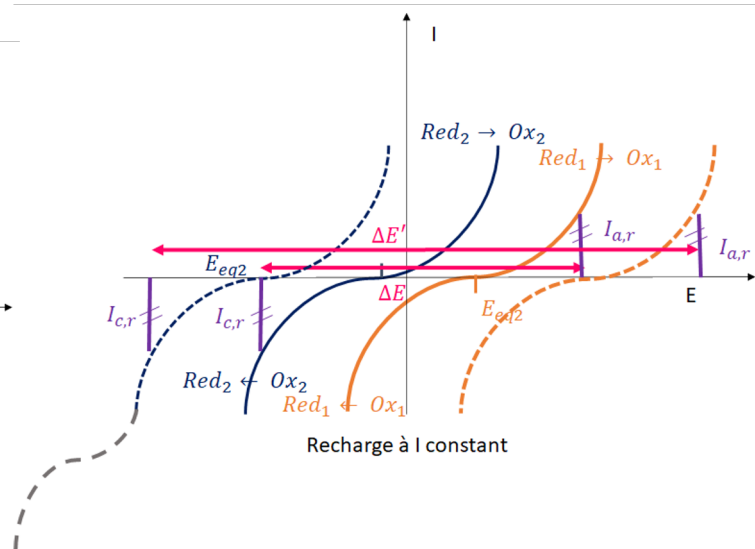
Fonctionnement en électrolyseur



Pile déchargée



Recharge à U constant



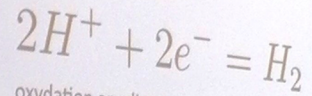
Recharge à I constant

Accumulateur au Plomb

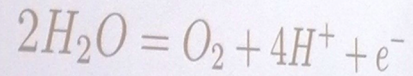


Exemple de l'électrolyse de l'eau

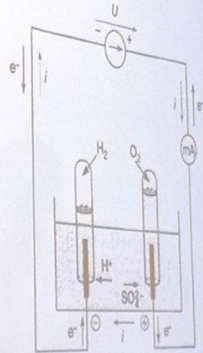
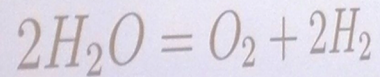
réduction cathodique :



oxydation anodique :



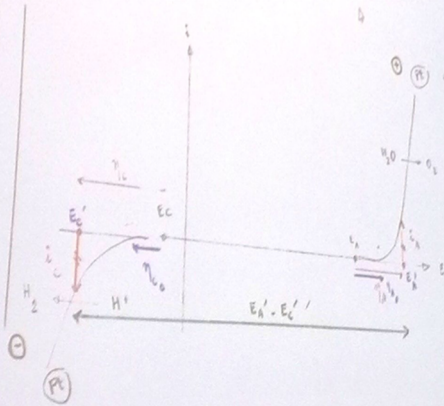
Bilan :



Accumulateur au Plomb



Etude cinétique de l'électrolyse de l'eau



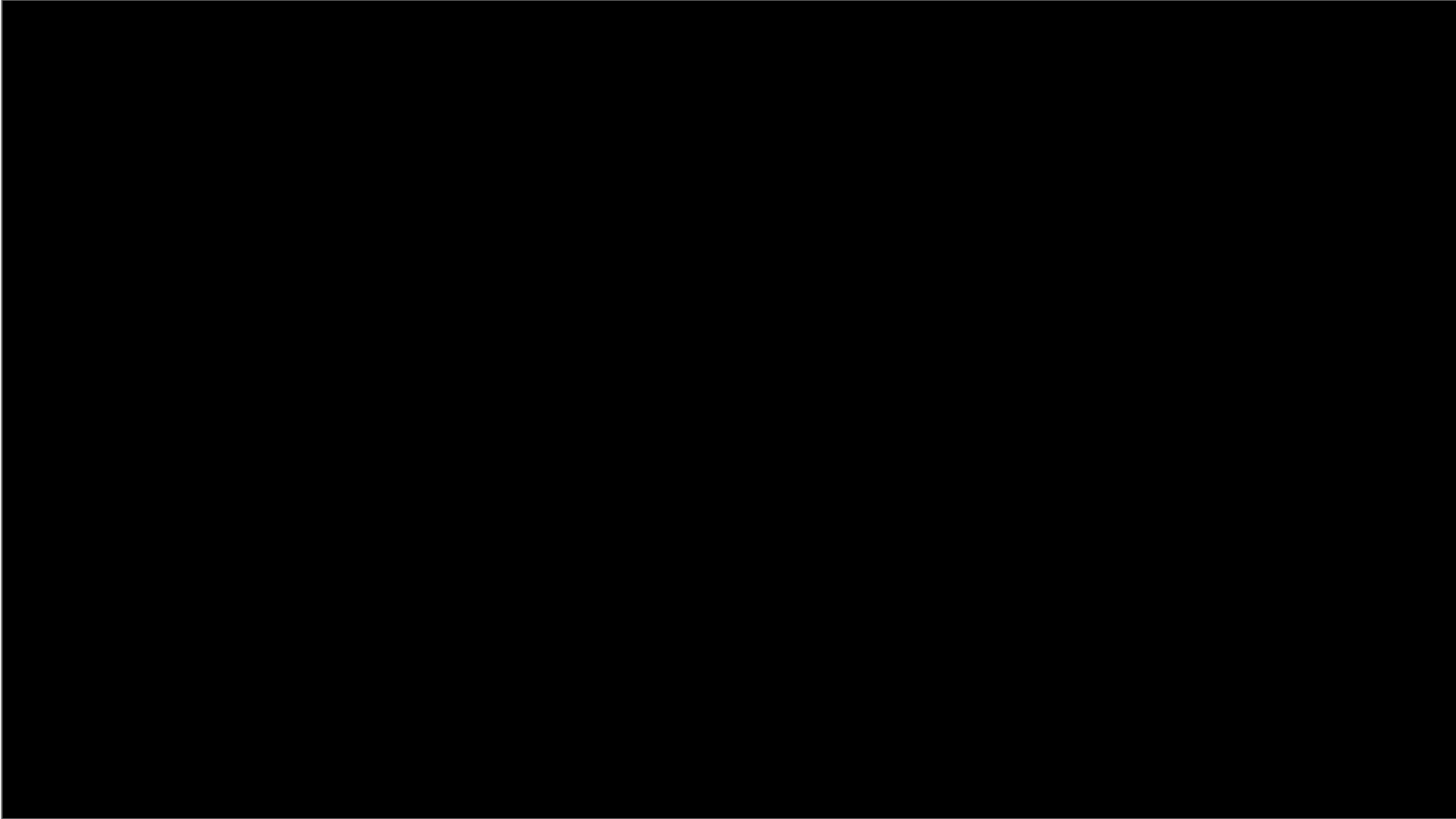
Différence de potentiel réelle :

$$U = (E'_a - E'_c) + r i \quad \text{où } r \text{ correspond à la résistance interne du système}$$

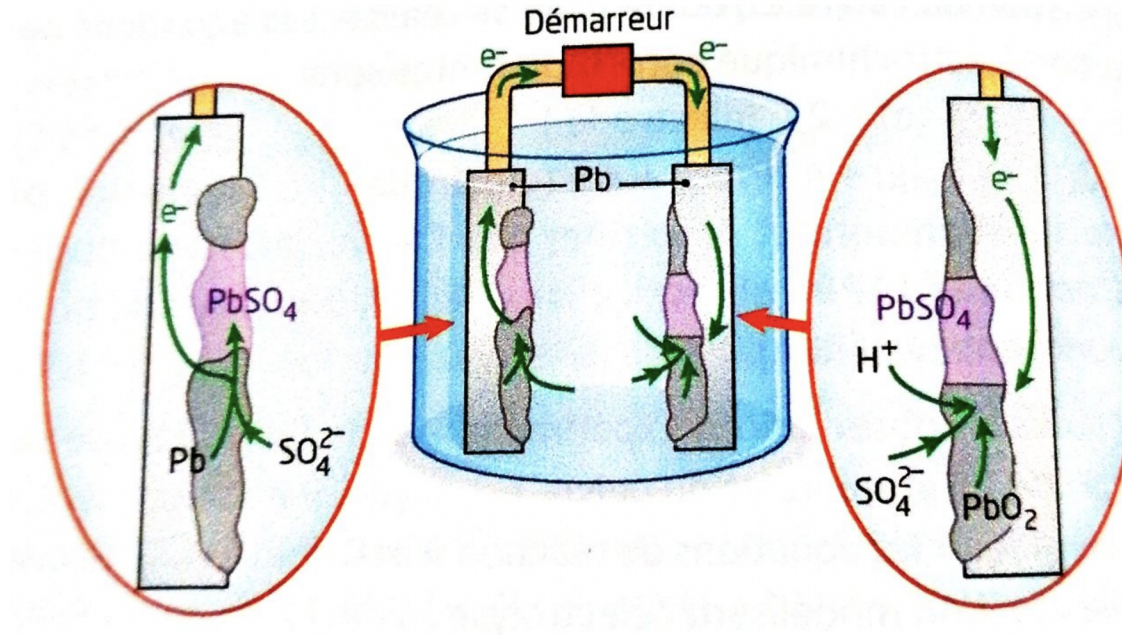
Pôle + / Pôle - ?



	Pile	Electrolyse
Anode (Oxydation)	 Pôle - de la pile	 Pôle + du générateur sur l'anode de la pile.
Cathode (Réduction)	 Pôle + de la pile	 Pôle - du générateur sur la cathode de la pile.



Accumulateur au Plomb



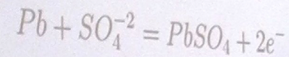
Accumulateur au Plomb



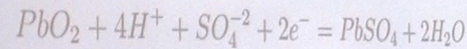
Décharge de l'accumulateur au plomb

Montage juste avant la décharge : 2 électrodes de plomb, dont l'une est recouverte par du dioxyde de plomb plongeant dans une solution contenant de l'acide sulfurique à environ 1,7 M.

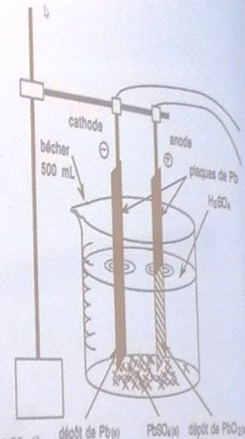
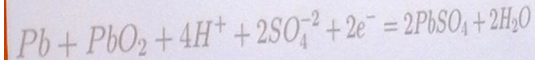
A l'anode :



A la cathode :



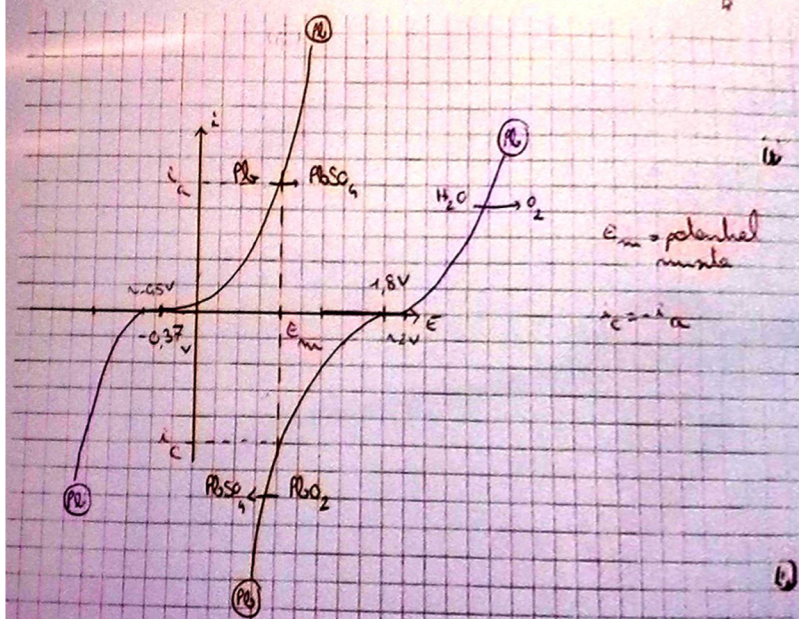
Bilan :



Accumulateur au Plomb



Etude cinétique de la décharge de l'accumulateur au plomb



- surtension H^+/H_2 sur plomb : 0,5 V
- surtension O_2/H_2O sur plomb : 0,8 V
- $E(PbSO_4(s)/Pb) = -0,36V$
- $E(PbO_2(s)/PbSO_4(s)) = 1,7V$

Accumulateur au Plomb



Charge de l'accumulateur au plomb

A l'anode :

$$\text{PbSO}_{4(s)} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{PbO}_{2(s)} + 4\text{H}_{(aq)}^+ + 2e^- + \text{SO}_4^{-2}$$

A la cathode :

$$\text{PbSO}_{4(s)} + 2e^- = \text{Pb}_{(s)} + \text{SO}_4^{-2}$$

Bilan :

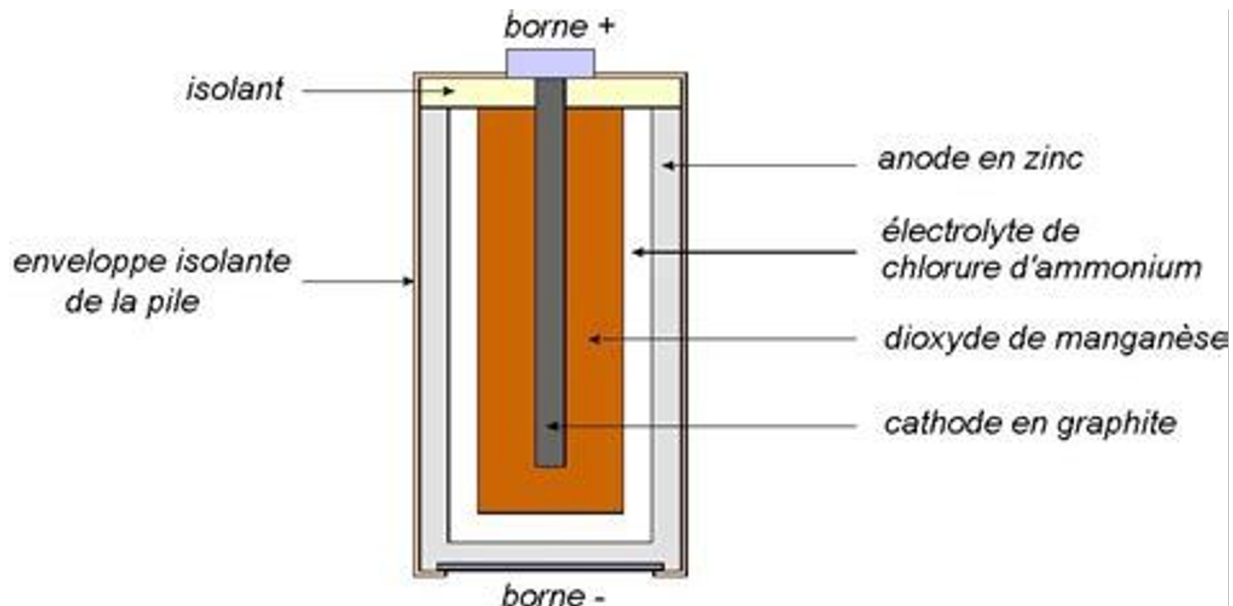
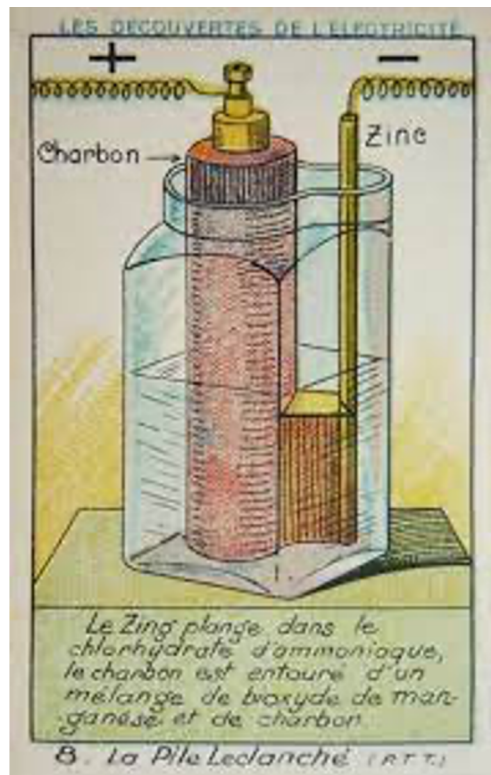
$$2\text{PbSO}_{4(s)} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Pb}_{(s)} + \text{PbO}_{2(s)} + 4\text{H}_{(aq)}^+ + 2e^- + 2\text{SO}_4^{-2}$$

Quelques batteries



Type de batterie	Énergie spécifique	Nombre de cycles (charge et décharge)	Autodécharge (par mois)	Tension nominale d'un élément	Utilisation
Plomb	40 Wh/kg	800	5 %	2 V	Véhicules routiers Véhicules électriques Site isolé non raccordé au réseau
Ni/MH	80 Wh/kg	1 500	20 %	1,2 V	Téléphones portables Appareils photo Rasoirs électriques
Lithium-ion	200 Wh/kg	1 200	3 %	3,6 V	Téléphones portables Véhicules électriques Appareils photo Ordinateurs portables
Lithium-polymère	170 Wh/kg	250	5 %	3,7 V	Véhicules électriques légers Téléphones portables

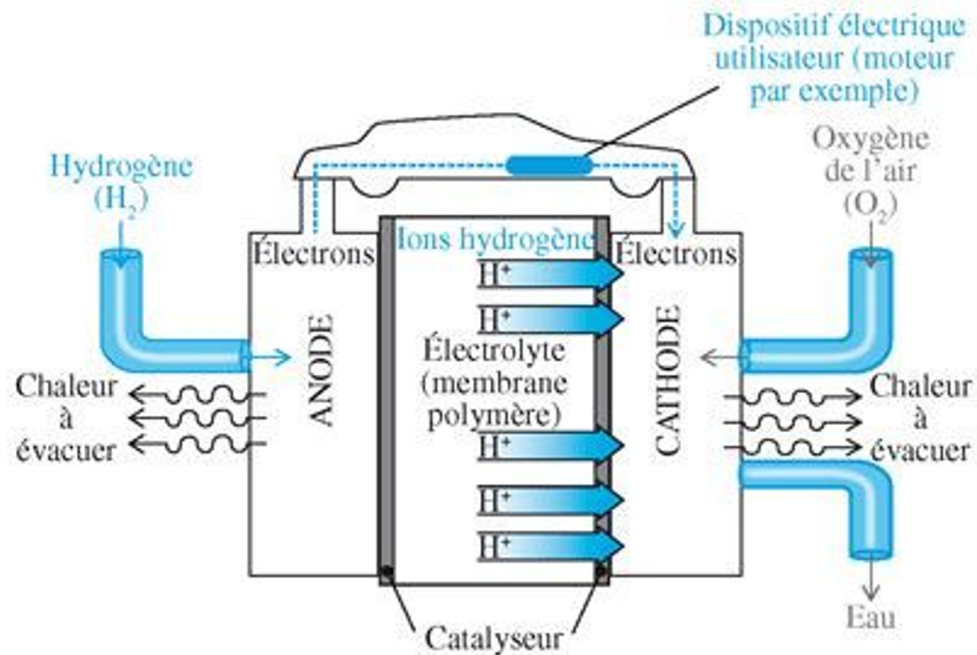
Structure pile Leclanché



Conclusion



- Faible coût
- Non polluante
- Problème de stockage de l'hydrogène
- Energie de production



Plan 1

File Rouge : Problématique du stockage d'électricité : étudier la batterie au plomb pour comprendre son utilité. Robustesse, fort courant d'appel,ect...

1. Thermodynamique des piles

1.1. Potentiel standard

1.2. Caractéristique d'un pile

2. diagramme i-E

2.1. Construction du diagramme

2.2. Etude d'un accumulateur au Plomb

fil rouge : accumulateur au plomb des batteries de voiture

I) Transformation spontanée et piles électrochimiques

- 1) Présentation
- 2) Bilan thermodynamique élémentaire
- 3) Pile Leclanché...

II) Transformations forcées et électrolyseurs

- 1) Présentation
- 2) Etude thermodynamique
- 3) Etude cinétique (pour l'accumulateur au plomb)

III) Accumulateurs

- 1) Décharge de l'accumulateur au plomb (étude cinétique)
- 2) Caractéristiques (explication de la condition de réversibilité d'une transformation spontanée)
- 3) Calcul du rendement faradique de l'accumulateur au plomb

Mettre en oeuvre une démarche expérimentale utilisant des piles.	accumulateur au plomb courbe I-E	
Mettre en oeuvre des piles et des électrolyseurs.	Fabriquer une pile Leclanché électrolyse de l'eau et électrolyse d'une solution de Na^+ Cl^-	
Mettre en oeuvre des mesures électriques dans un environnement électrochimique	mesures de tension ? dépendance en température ?	Vérifier la relation $\Delta_r G = \Delta_r H - T \Delta_r S$

Biblio

- protocoles sur l'accumulateur au plomb de zotero
- protocoles leclanché zotero