

Principe de fonctionnement des batteries au lithium

Germain SALVATO VALLVERDU

Germain SALVATO VALLVERDU

Université de Pau et des pays de l'Adour
Institut des Sciences Analytiques et de Physicochimie pour
l'Environnement et les Matériaux

30 janvier 2020



PLAN

- 1 Un peu d'histoire
- 2 Électricité, pile, batterie
- 3 Batterie Lithium ion



PLAN

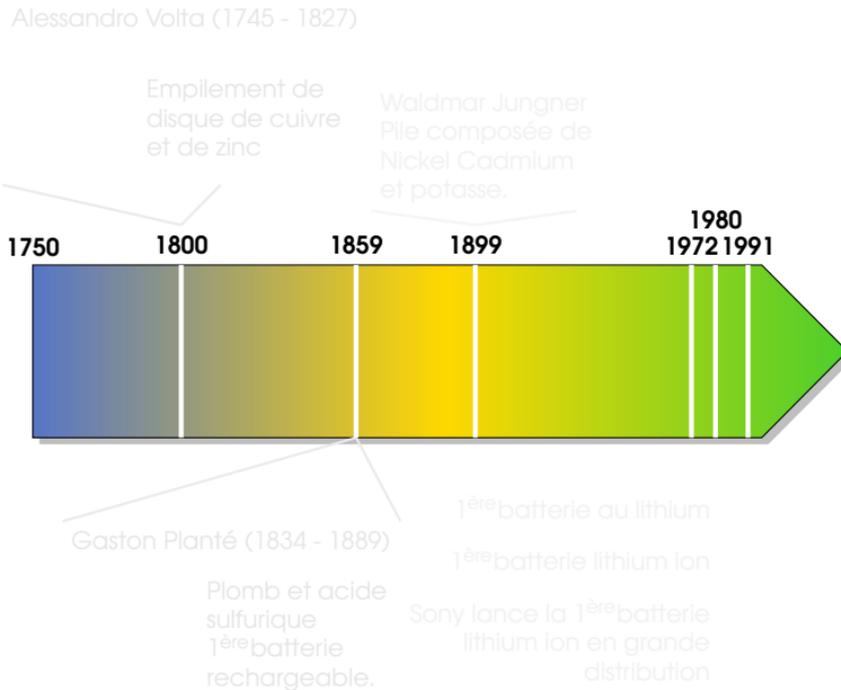
- 1 Un peu d'histoire
- 2 Électricité, pile, batterie
- 3 Batterie Lithium ion

Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

- Batterie Li-ion



Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

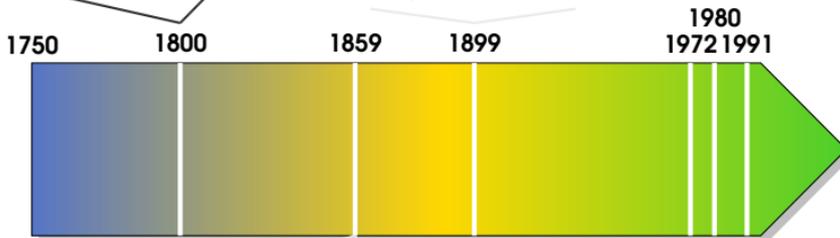
- Batterie Li-ion

Alessandro Volta (1745 - 1827)



Empilement de disques de cuivre et de zinc

Waldmar Jungner
Pile composée de Nickel Cadmium et potasse.



1750

1800

1859

1899

1980
1972 1991

Gaston Planté (1834 - 1889)

Plomb et acide sulfurique
1^{ère} batterie rechargeable.

1^{ère} batterie au lithium

1^{ère} batterie lithium ion

Sony lance la 1^{ère} batterie lithium ion en grande distribution



Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

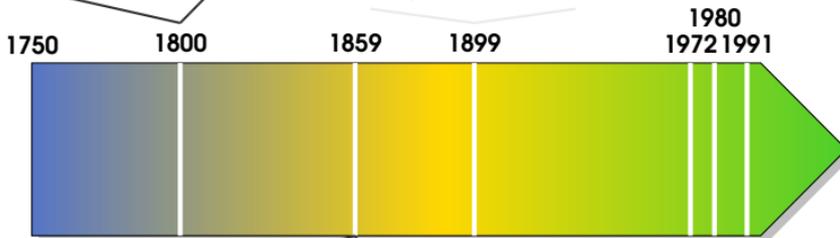
- Batterie Li-ion

Alessandro Volta (1745 - 1827)



Empilement de disque de cuivre et de zinc

Waldmar Jungner
Pile composée de Nickel Cadmium et potasse.



1750

1800

1859

1899

1980
1972 1991

Gaston Planté (1834 - 1889)



Plomb et acide sulfurique
1^{ère} batterie rechargeable.

1^{ère} batterie au lithium

1^{ère} batterie lithium ion

Sony lance la 1^{ère} batterie lithium ion en grande distribution

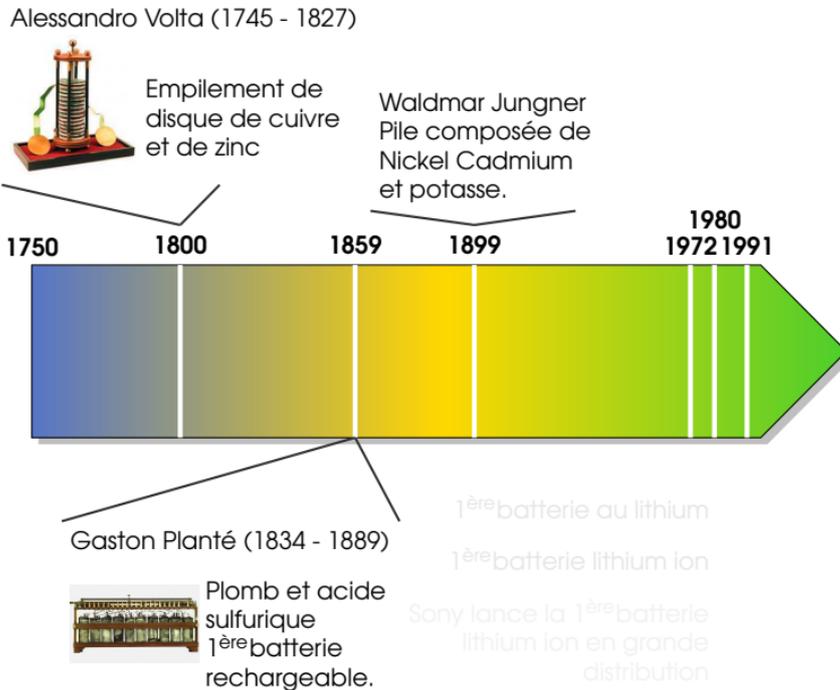


Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

- Batterie Li-ion

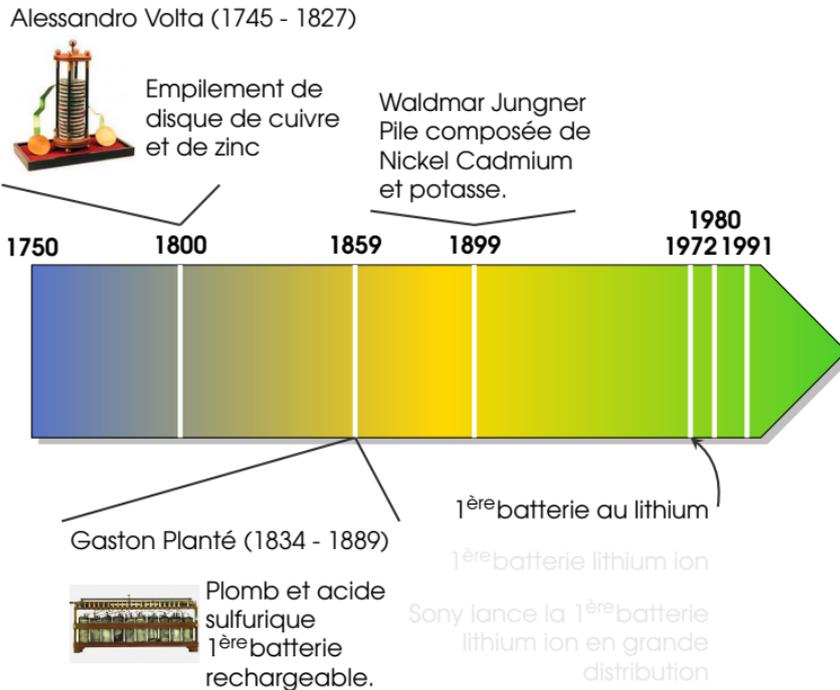


Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

- Batterie Li-ion



Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

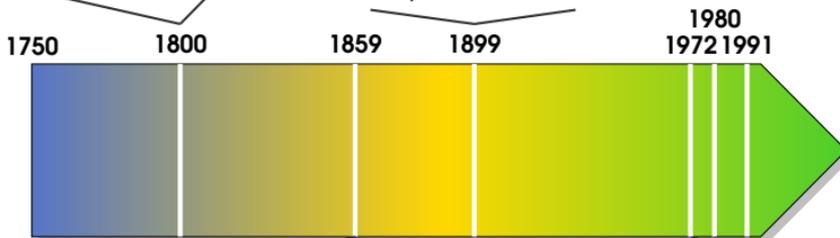
- Batterie Li-ion

Alessandro Volta (1745 - 1827)



Empilement de disques de cuivre et de zinc

Waldmar Jungner
Pile composée de Nickel Cadmium et potasse.



1750

1800

1859

1899

1980
1972 1991

Gaston Planté (1834 - 1889)



Plomb et acide sulfurique
1^{ère} batterie rechargeable.

1^{ère} batterie au lithium

1^{ère} batterie lithium ion

Sony lance la 1^{ère} batterie lithium ion en grande distribution



Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

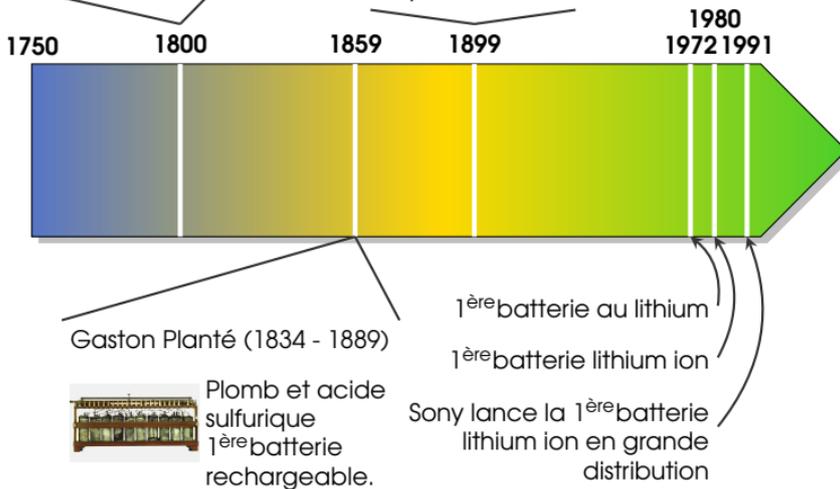
- Batterie Li-ion

Alessandro Volta (1745 - 1827)



Empilement de disque de cuivre et de zinc

Waldmar Jungner
Pile composée de Nickel Cadmium et potasse.

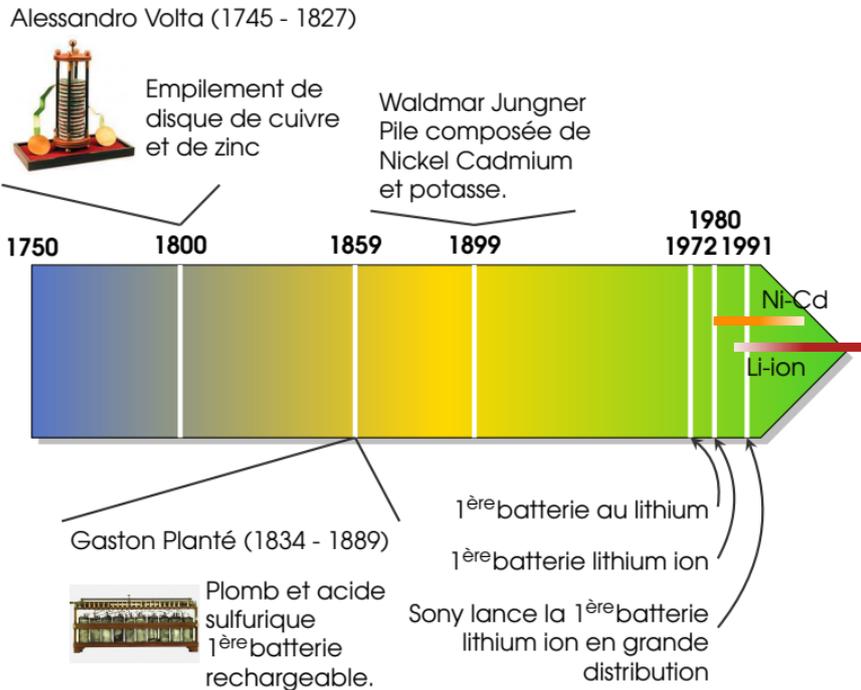


Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

- Batterie Li-ion





PLAN

- ① Un peu d'histoire
- ② **Électricité, pile, batterie**
- ③ Batterie Lithium ion

Un peu d'électricité

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-ion



La batterie a combien de pôle ?

- deux pôles : un pôle positif et un pôle négatif.



Dans quel sens se déplace le courant électrique ?

- Du pôle positif au pôle négatif.



Dans quel sens se déplacent les électrons ?

- Du pôle négatif au pôle positif. Les électrons, chargés négativement sont attirés par le pôle positif.

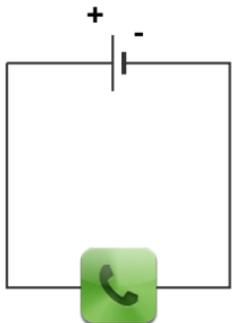


Un peu d'électricité

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-ion



? La batterie a combien de pôle ?

- deux pôles : un pôle positif et un pôle négatif.

? Dans quel sens se déplace le courant électrique ?

- Du pôle positif au pôle négatif.

? Dans quel sens se déplacent les électrons ?

- Du pôle négatif au pôle positif. Les électrons, chargés négativement sont attirés par le pôle positif.

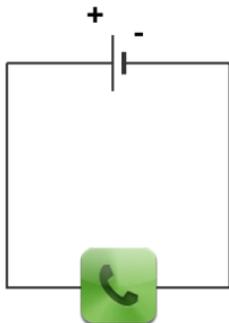


Un peu d'électricité

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-ion



? La batterie a combien de pôle ?

- deux pôles : un pôle positif et un pôle négatif.

? Dans quel sens se déplace le courant électrique ?

- Du pôle positif au pôle négatif.

? Dans quel sens se déplacent les électrons ?

- Du pôle négatif au pôle positif. Les électrons, chargés négativement sont attirés par le pôle positif.

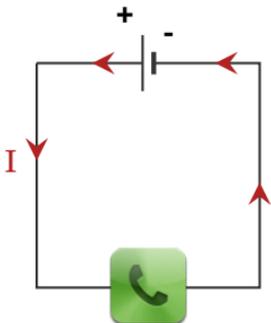


Un peu d'électricité

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-ion



La batterie a combien de pôle ?

- deux pôles : un pôle positif et un pôle négatif.



Dans quel sens se déplace le courant électrique ?

- Du pôle positif au pôle négatif.



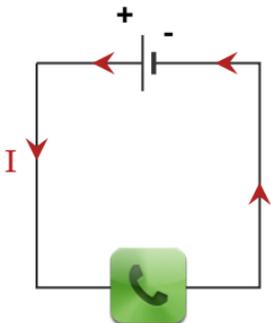
Dans quel sens se déplacent les électrons ?

- Du pôle négatif au pôle positif. Les électrons, chargés négativement sont attirés par le pôle positif.



Un peu d'électricité

- o Historique
- Rappels
- o Batterie Li-ion

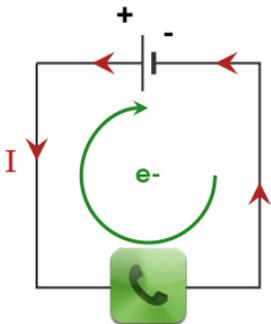


- ? La batterie a combien de pôle ?
- deux pôles : un pôle positif et un pôle négatif.
- ? Dans quel sens se déplace le courant électrique ?
- Du pôle positif au pôle négatif.
- ? Dans quel sens se déplacent les électrons ?
- Du pôle négatif au pôle positif. Les électrons, chargés négativement sont attirés par le pôle positif.



Un peu d'électricité

- o Historique
- Rappels
- o Batterie Li-ion



- ? La batterie a combien de pôle ?
- deux pôles : un pôle positif et un pôle négatif.
- ? Dans quel sens se déplace le courant électrique ?
- Du pôle positif au pôle négatif.
- ? Dans quel sens se déplacent les électrons ?
- Du pôle négatif au pôle positif. Les électrons, chargés négativement sont attirés par le pôle positif.

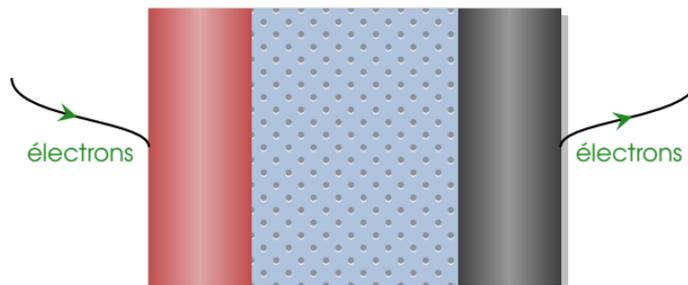


De quoi est composé une pile ?

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-ion



- Deux électrodes
- Un électrolyte



Piles ou batteries ?

- Une pile est non rechargeable
- Une batterie (ou accumulateur) est rechargeable

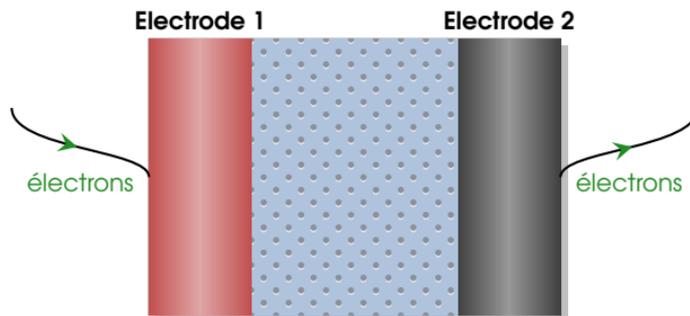


De quoi est composé une pile ?

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-ion



- Deux électrodes
- Un électrolyte



Piles ou batteries?

- Une pile est non rechargeable
- Une batterie (ou accumulateur) est rechargeable

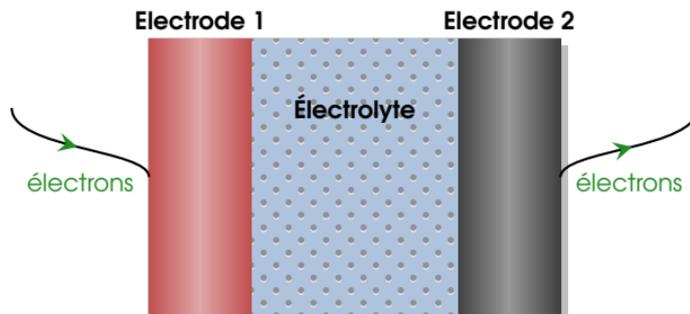


De quoi est composé une pile ?

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-ion



- Deux électrodes
- Un électrolyte

? Piles ou batteries?

- Une pile est non rechargeable
- Une batterie (ou accumulateur) est rechargeable

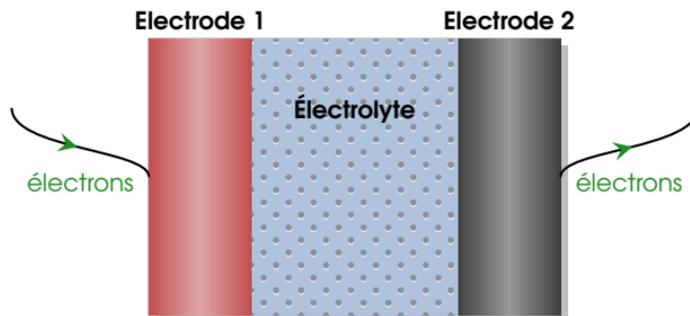


De quoi est composé une pile ?

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-ion



- Deux électrodes
- Un électrolyte



Piles ou batteries ?

- Une pile est non rechargeable
- Une batterie (ou accumulateur) est rechargeable

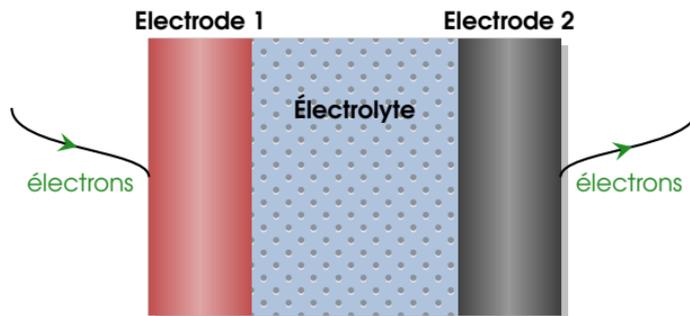


De quoi est composé une pile ?

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-ion



- Deux électrodes
- Un électrolyte

?

Piles ou batteries ?

- Une pile est non rechargeable
- Une batterie (ou accumulateur) est rechargeable





PLAN

- ① Un peu d'histoire
- ② Électricité, pile, batterie
- ③ Batterie Lithium ion

Batterie Lithium-ion un exemple

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-ion

Regardons de plus près la batterie d'un appareil photo numérique



Batterie Lithium-ion un exemple

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-ion

Regardons de plus près la batterie d'un appareil photo numérique



Atome de lithium et ion lithium

o Historique

o Rappels

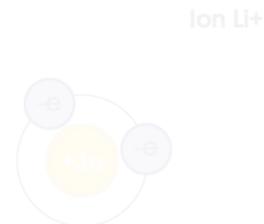
● Batterie Li-Ion

? De quoi est constitué un atome ?

- Noyau : protons (Z) et neutrons (A-Z)
- Nuage électronique : électrons (autant que de protons dans un atome)

? Qu'est ce qu'un ion et comment est ce qu'on le forme ?

- C'est une espèce chimique qui possède une charge électrique
- Un atome ayant perdu ou gagné un électron se transforme en ion



Atome de lithium et ion lithium

o Historique

o Rappels

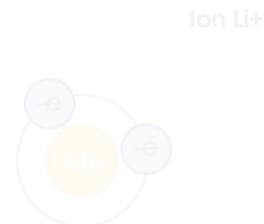
● Batterie Li-ion

? De quoi est constitué un atome ?

- Noyau : protons (Z) et neutrons (A-Z)
- Nuage électronique : électrons (autant que de protons dans un atome)

? Qu'est ce qu'un ion et comment est ce qu'on le forme ?

- C'est une espèce chimique qui possède une charge électrique
- Un atome ayant perdu ou gagné un électron se transforme en ion



Atome de lithium et ion lithium

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-Ion

? De quoi est constitué un atome ?

- Noyau : protons (Z) et neutrons (A-Z)
- Nuage électronique : électrons (autant que de protons dans un atome)

? Qu'est ce qu'un ion et comment est ce qu'on le forme ?

- C'est une espèce chimique qui possède une charge électrique
- Un atome ayant perdu ou gagné un électron se transforme en ion



Atome de lithium et ion lithium

o Historique

o Rappels

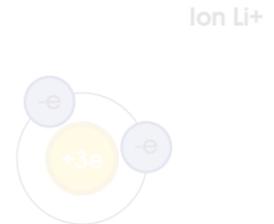
● Batterie Li-ion

? De quoi est constitué un atome ?

- Noyau : protons (Z) et neutrons (A-Z)
- Nuage électronique : électrons (autant que de protons dans un atome)

? Qu'est ce qu'un ion et comment est ce qu'on le forme ?

- C'est une espèce chimique qui possède une charge électrique
- Un atome ayant perdu ou gagné un électron se transforme en ion



Atome de lithium et ion lithium

o Historique

o Rappels

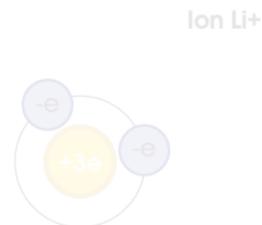
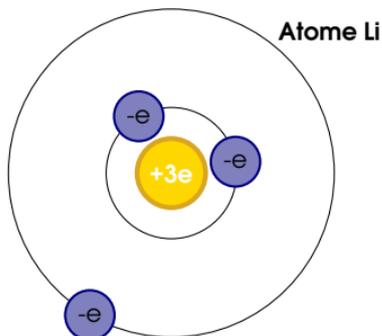
● Batterie Li-ion

? De quoi est constitué un atome ?

- Noyau : protons (Z) et neutrons (A-Z)
- Nuage électronique : électrons (autant que de protons dans un atome)

? Qu'est ce qu'un ion et comment est ce qu'on le forme ?

- C'est une espèce chimique qui possède une charge électrique
- Un atome ayant perdu ou gagné un électron se transforme en ion



Atome de lithium et ion lithium

o Historique

o Rappels

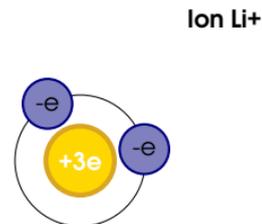
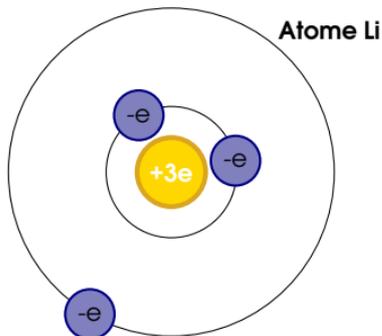
● Batterie Li-ion

? De quoi est constitué un atome ?

- Noyau : protons (Z) et neutrons (A-Z)
- Nuage électronique : électrons (autant que de protons dans un atome)

? Qu'est ce qu'un ion et comment est ce qu'on le forme ?

- C'est une espèce chimique qui possède une charge électrique
- Un atome ayant perdu ou gagné un électron se transforme en ion



Principe général de fonctionnement

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-ion

Principe : Le fonctionnement des batteries au lithium est basé sur l'échange entre les électrodes d'ions lithium accompagné d'un mouvement des électrons.
L'ion lithium est un ion dur : Il est très petit et sa charge est localisée ce qui en fait un candidat de choix pour les batteries fonctionnant par échange d'ions.



Batterie Lithium ou batterie Lithium ion ?

- Dans une batterie lithium métal, une des électrodes est composée de lithium métallique.
- Dans une batterie lithium ion, le lithium reste à l'état ionique



Principe général de fonctionnement

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-ion

Principe : Le fonctionnement des batteries au lithium est basé sur l'échange entre les électrodes d'ions lithium accompagné d'un mouvement des électrons.
L'ion lithium est un ion dur : Il est très petit et sa charge est localisée ce qui en fait un candidat de choix pour les batteries fonctionnant par échange d'ions.



Batterie Lithium ou batterie Lithium ion ?

- Dans une batterie lithium métal, une des électrodes est composée de lithium métallique.
- Dans une batterie lithium ion, le lithium reste à l'état ionique



Deux types de matériaux d'électrodes

o Historique

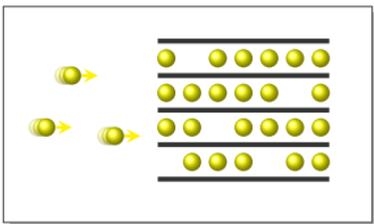
o Rappels

● Batterie Li-Ion

Les matériaux d'électrodes sont de deux types :

matériau d'intercalation

● ion lithium



Dans ces matériaux, les ions lithium s'insèrent progressivement dans le solide et se placent dans les espaces vides (sites cristallographiques vacants) du solide.

matériau de conversion

● ion lithium



Dans ces matériaux, l'insertion des ions lithium s'accompagne d'une modification de la structure du matériaux et forme une nouvelle phase solide.



Deux types de matériaux d'électrodes

o Historique

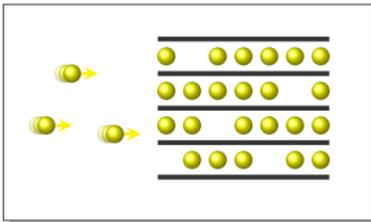
o Rappels

● Batterie Li-ion

Les matériaux d'électrodes sont de deux types :

matériau d'intercalation

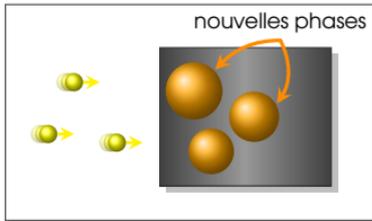
● ion lithium



Dans ces matériaux, les ions lithium s'insèrent progressivement dans le solide et se placent dans les espaces vides (sites cristallographiques vacants) du solide.

matériau de conversion

● ion lithium



Dans ces matériaux, l'insertion des ions lithium s'accompagne d'une modification de la structure du matériaux et forme une nouvelle phase solide.



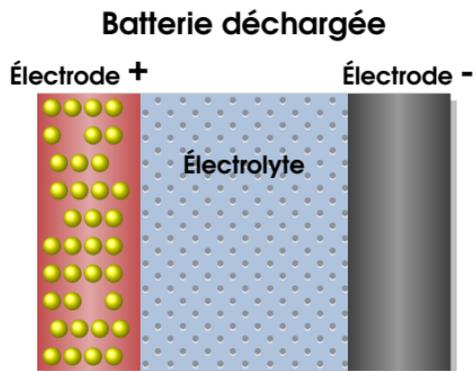
Fonctionnement d'une batterie Lithium Ion

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-ion

● ion lithium



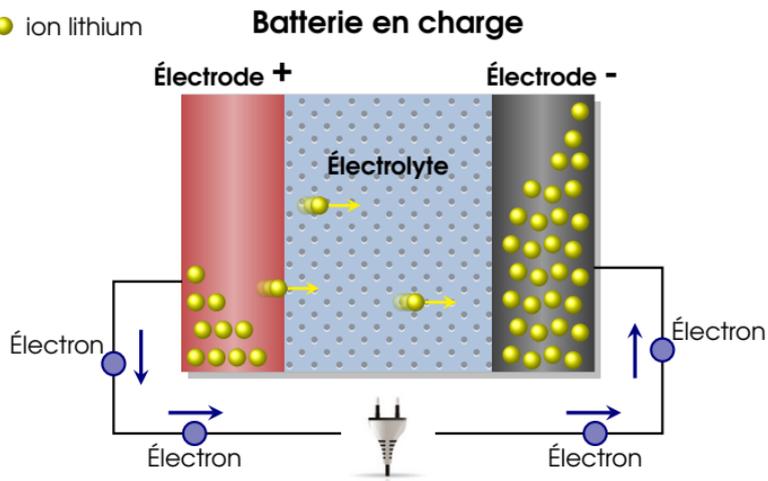
Fonctionnement d'une batterie Lithium Ion

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-Ion

● ion lithium



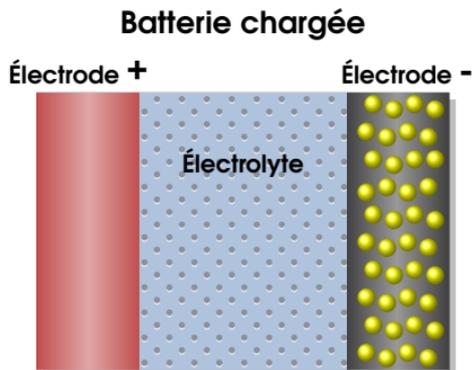
Fonctionnement d'une batterie Lithium Ion

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-ion

● ion lithium



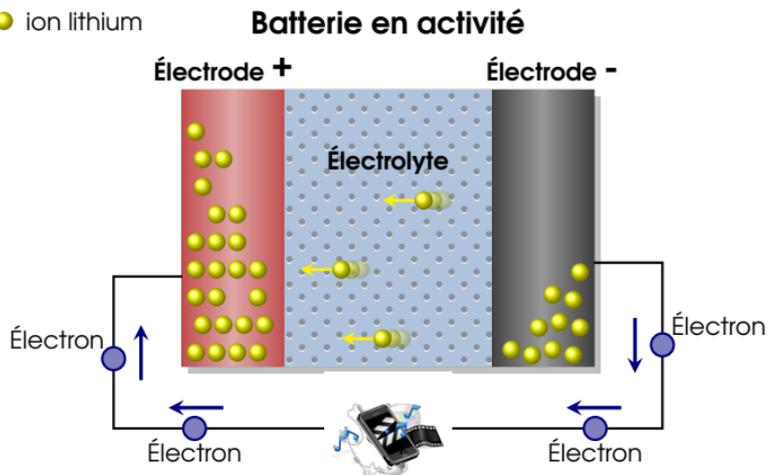
Fonctionnement d'une batterie Lithium Ion

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-Ion

● ion lithium



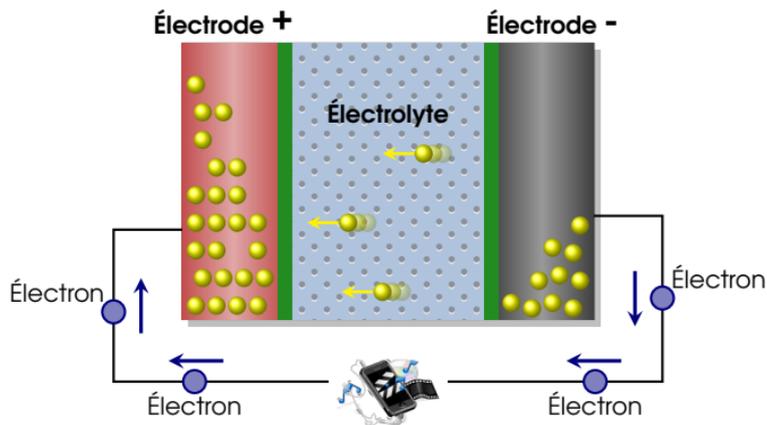
o Historique

o Rappels

● Batterie Li-Ion

Comprendre les phénomènes d'usures des batteries

- Formation d'une couche bloquant l'intercalation des lithium.
- Dégradation des matériaux d'électrodes.
- Dégradation de l'électrolyte.
- Risque de court-circuit lors de la charge.



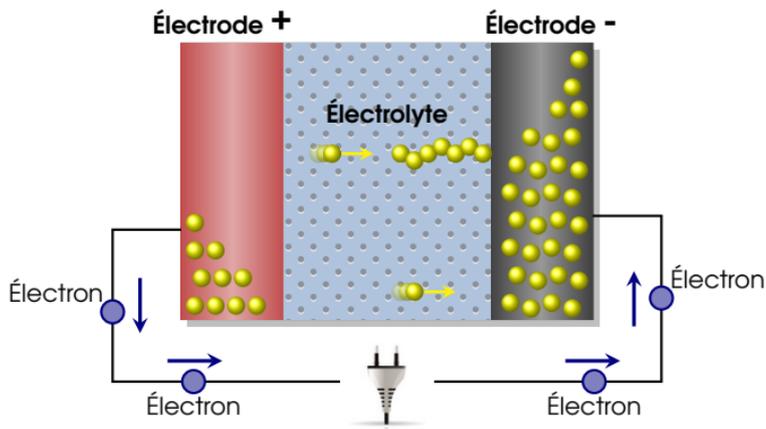
o Historique

o Rappels

● Batterie Li-Ion

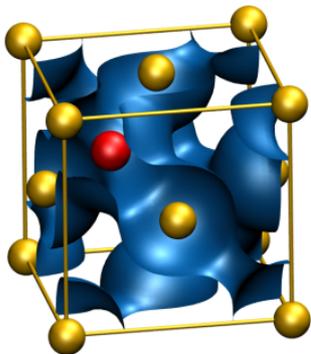
Comprendre les phénomènes d'usures des batteries

- Formation d'une couche bloquant l'intercalation des lithium.
- Dégradation des matériaux d'électrodes.
- Dégradation de l'électrolyte.
- Risque de court-circuit lors de la charge.



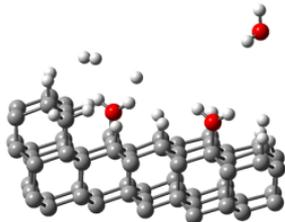
Méthodes employées

- Historique
- Rappels
- Batterie Li-Ion



- Simulation numérique de chimie quantique
- Etude de la structure électronique

- Etude des propriétés des matériaux d'électrodes
- Effet de la présence du lithium sur le matériau



- Etude de la réactivité des surfaces
- Effet du courant électrique sur la réactivité

- Comprendre les raisons de la dégradation de l'électrolyte
- Perte de capacité des batteries



o Historique

o Rappels

● Batterie Li-Ion

Batterie de grosse capacité

- Optimiser les matériaux employés dans la conception des batteries
- Choisir l'électrolyte le plus adapté
- Voiture électrique

Conception de micro-batteries

- Batterie de très faible épaisseur
- Remplacement des piles boutons
- Piles employées en médecine
- Piles sur une carte à puce

