

# 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

---

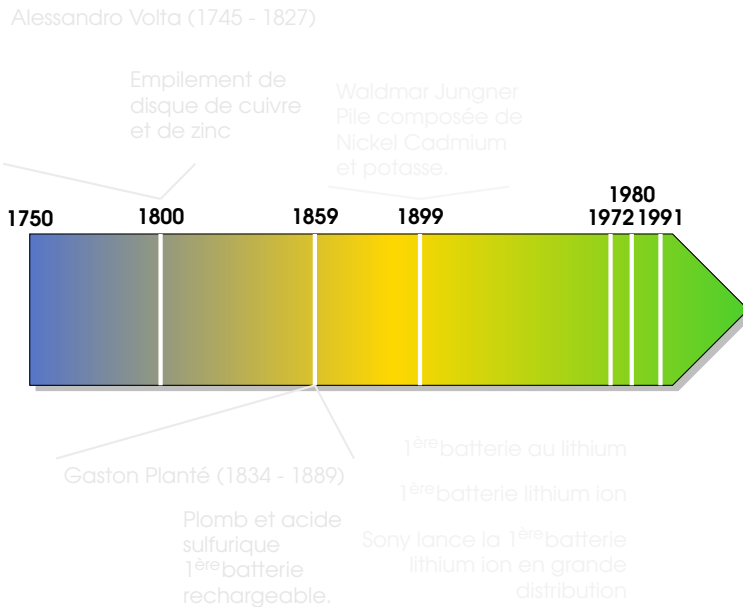
- 1 Un peu d'histoire
- 2 Électricité, pile, batterie
- 3 Batterie Lithium ion

# Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

- Batterie Li-ion



# Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

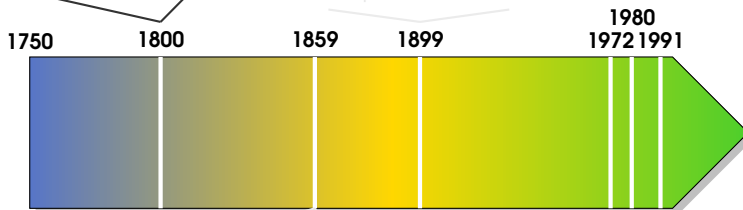
- Batterie Li-ion

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<sup>ère</sup> batterie rechargeable.

1<sup>ère</sup> batterie au lithium

1<sup>ère</sup> batterie lithium ion

Sony lance la 1<sup>ère</sup> batterie lithium ion en grande distribution



# Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

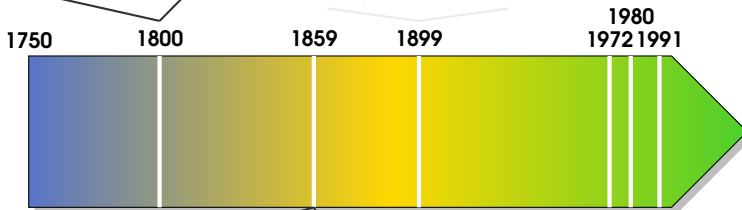
- Batterie Li-ion

Alessandro Volta (1745 - 1827)



Empilement de disque de cuivre et de zinc

Waldmar Jungner  
Pile composée de Nickel Cadmium et potasse.



Gaston Planté (1834 - 1889)



Plomb et acide sulfurique  
1<sup>ère</sup> batterie rechargeable.

1<sup>ère</sup> batterie au lithium

1<sup>ère</sup> batterie lithium ion

Sony lance la 1<sup>ère</sup> batterie lithium ion en grande distribution



# Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

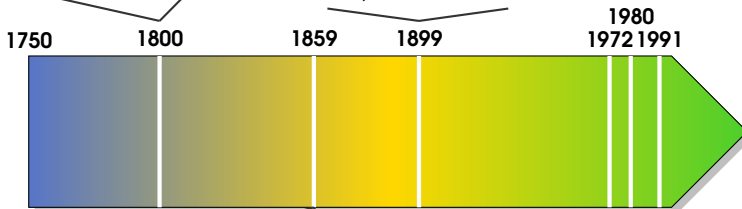
- Batterie Li-ion

Alessandro Volta (1745 - 1827)



Empilement de disque de cuivre et de zinc

Waldmar Jungner  
Pile composée de Nickel Cadmium et potasse.



Gaston Planté (1834 - 1889)



Plomb et acide sulfurique  
1<sup>ère</sup> batterie rechargeable.

1<sup>ère</sup> batterie au lithium

1<sup>ère</sup> batterie lithium ion

Sony lance la 1<sup>ère</sup> batterie lithium ion en grande distribution

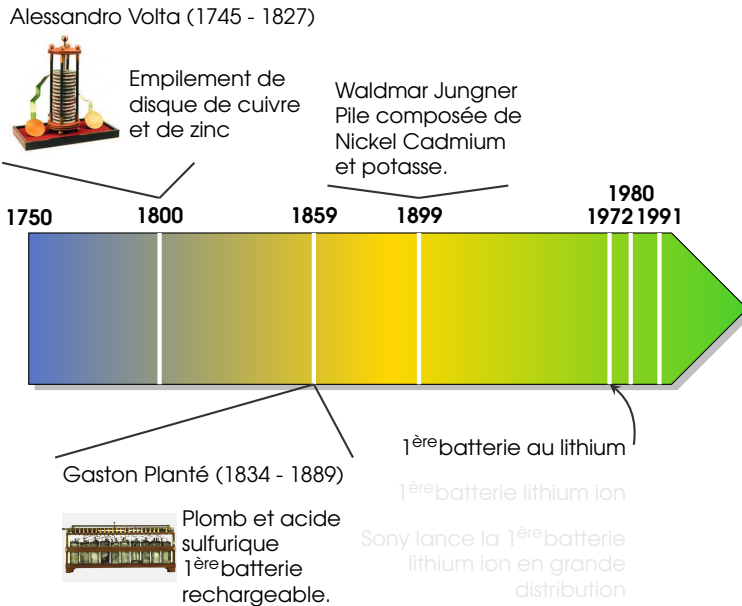


# Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

- Batterie Li-ion



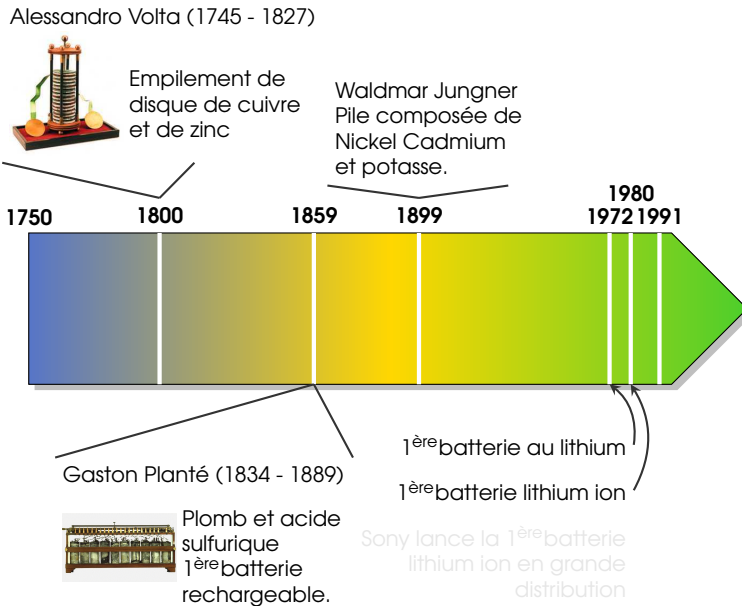


# Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

- Batterie Li-ion

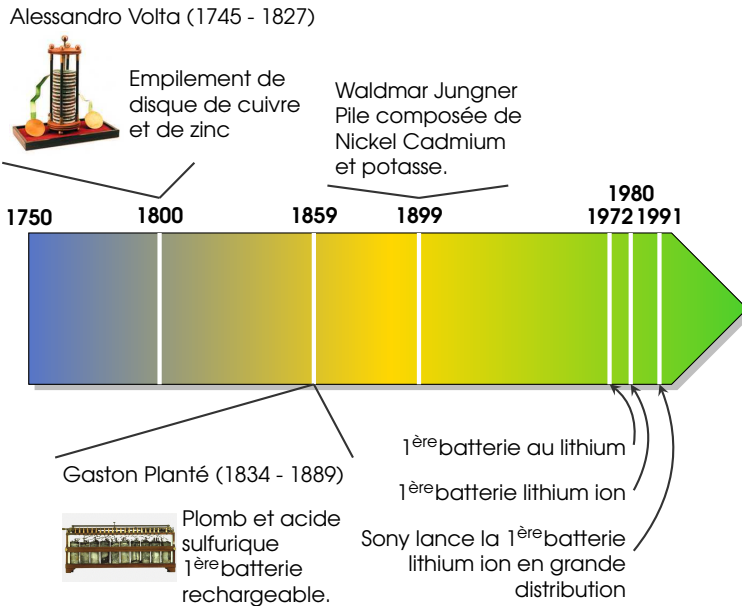


# Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

- Batterie Li-ion

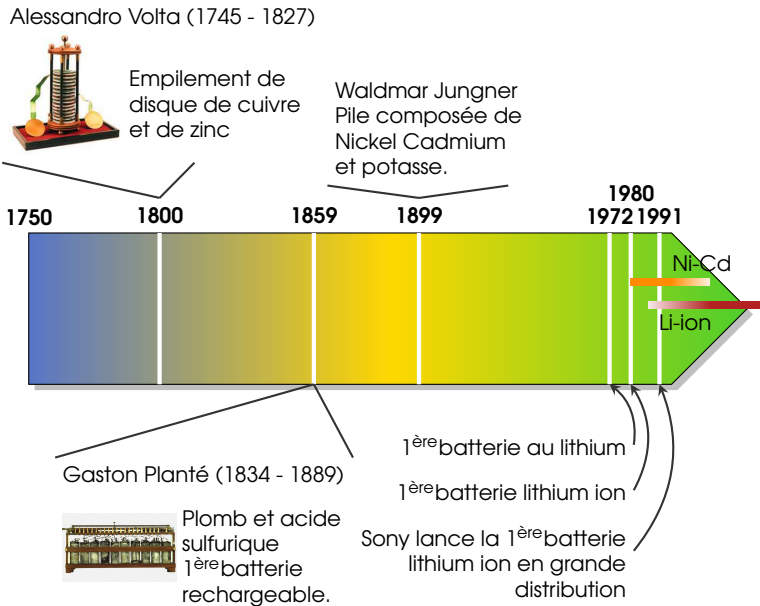


# Les batteries dans l'histoire

- Historique

- Rappels

- Batterie Li-ion





# PLAN

---

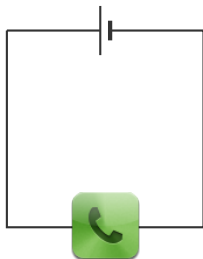
- ① Un peu d'histoire
- ② **Électricité, pile, batterie**
- ③ Batterie Lithium ion

# 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.

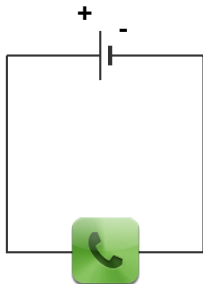


# Un peu d'électricité

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.

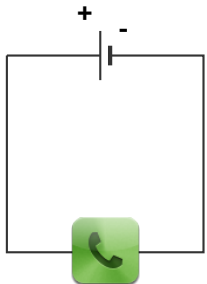


# Un peu d'électricité

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.

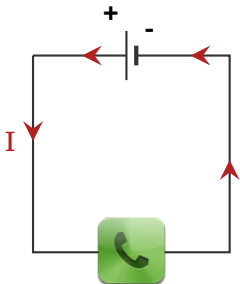


# Un peu d'électricité

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.



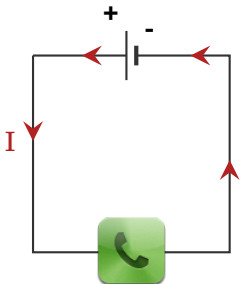


# Un peu d'électricité

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.



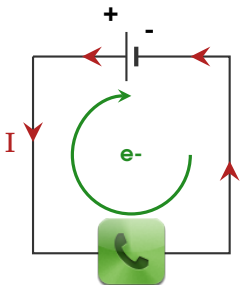
Dans quel sens se déplacent les électrons ?

- 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.

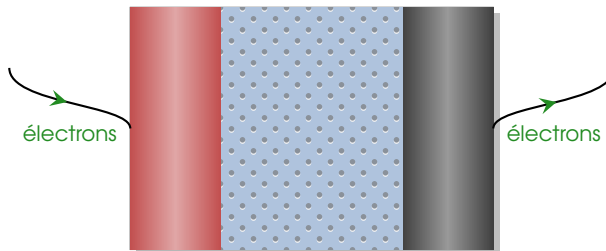


# De quoi est composé une pile ?

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

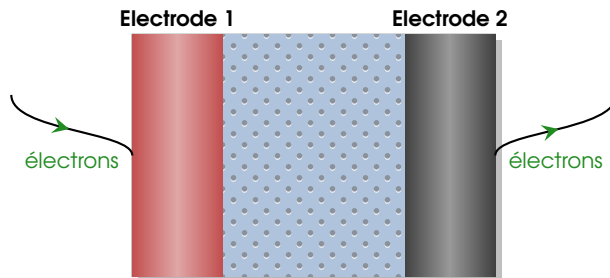


# De quoi est composé une pile ?

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

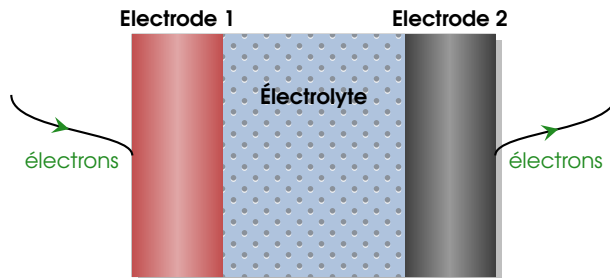


# De quoi est composé une pile ?

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

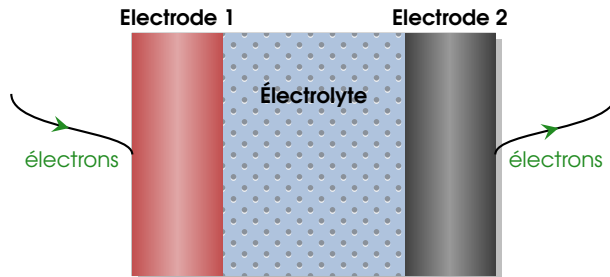


# De quoi est composé une pile ?

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

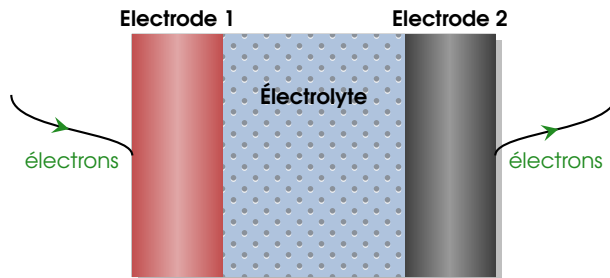


# De quoi est composé une pile ?

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

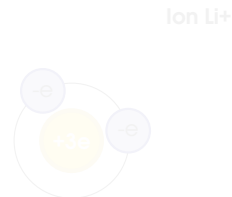
● Batterie Li-Ion

? 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

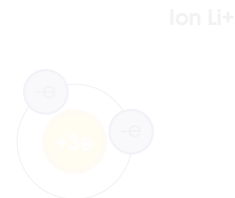
● Batterie Li-ion

? 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

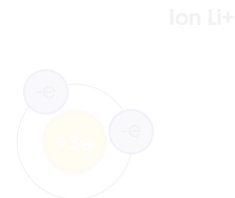
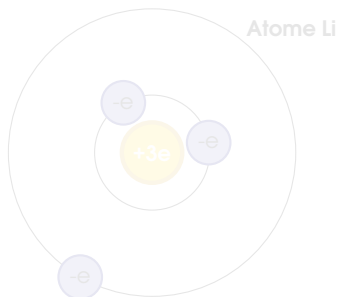
● Batterie Li-Ion

? 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

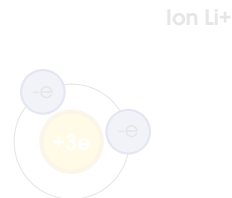
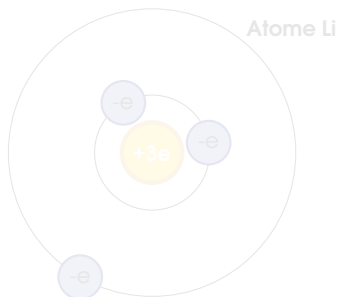
● Batterie Li-ion

? 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

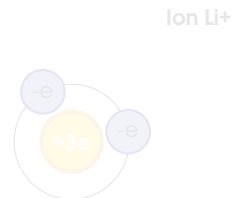
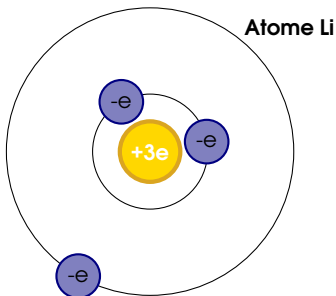
● Batterie Li-ion

? 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

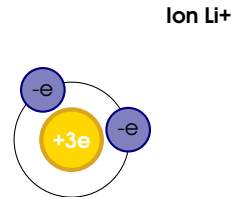
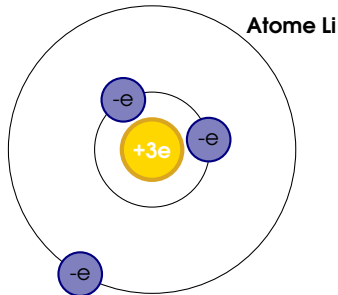
● Batterie Li-ion

? 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

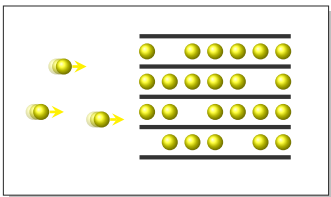
o Rappels

● 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

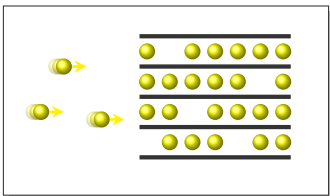
o Rappels

● Batterie Li-ion

Les matériaux d'électrodes sont de deux types :

## matériau d'intercalation

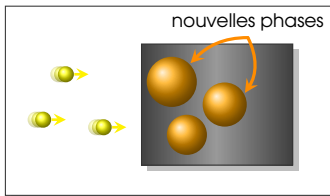
● ion lithium



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.



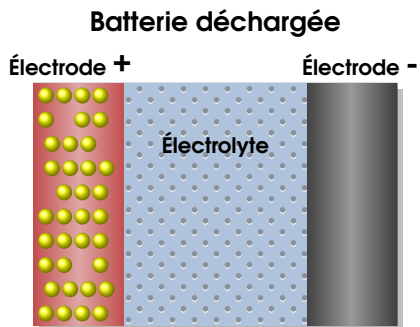
# Fonctionnement d'une batterie Lithium Ion

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-ion

● ion lithium



# Fonctionnement d'une batterie Lithium Ion

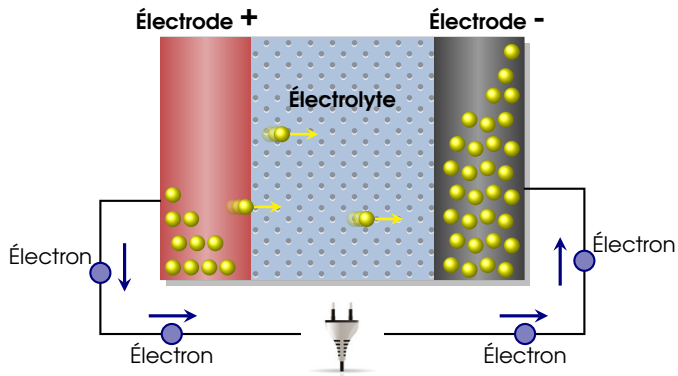
o Historique

o Rappels

● Batterie Li-Ion

● ion lithium

## Batterie en charge



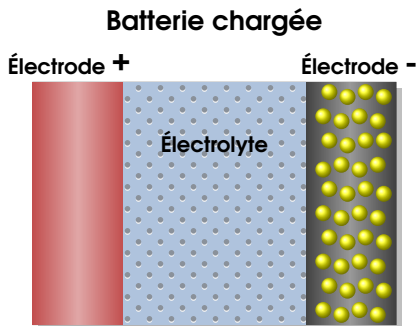
# Fonctionnement d'une batterie Lithium Ion

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-ion

● ion lithium



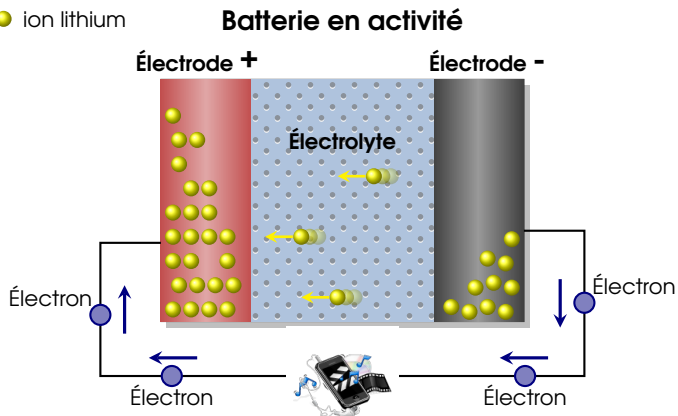
# Fonctionnement d'une batterie Lithium Ion

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-Ion

● ion lithium





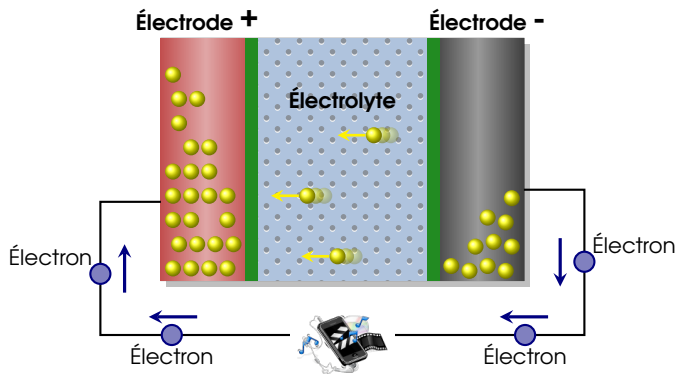
o Historique

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.



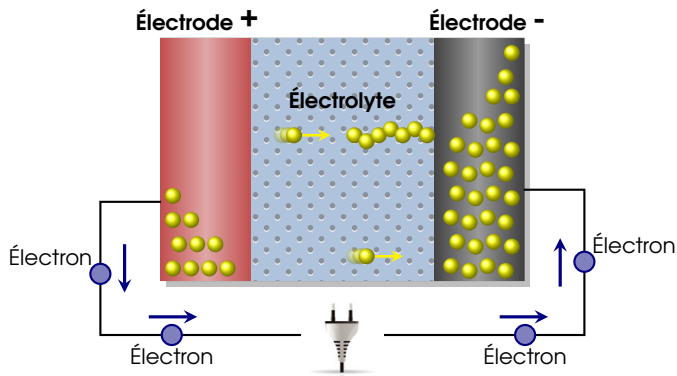
o Historique

o Rappels

● Batterie Li-Ion

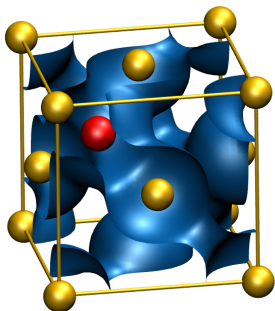
## Comprendre les phénomènes d'usures des batteries

- 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.



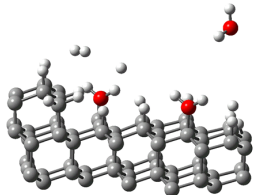
# Méthodes employées

- 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

