

- o Historique
- o Rappels
- o Batterie Li-Ion

# Principe de fonctionnement des batteries au lithium

Germain VALLVERDU

Université de Pau et des pays de l'Adour

Institut des Sciences Analytiques et de Physicochimie pour l'Environnement et les Matériaux

22 juin 2011

## Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

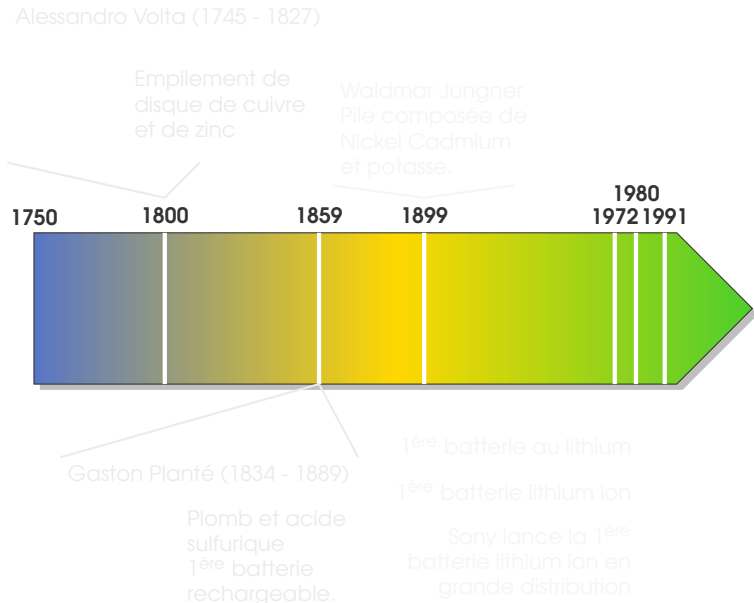
- Historique
  - Rappels
  - Batterie Li-Ion

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

Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

- Historique
- Rappels
- Batterie Li-Ion



Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

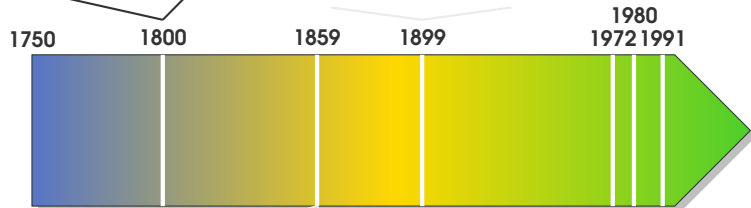
- Historique
- Rappels
- Batterie Li-Ion

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

Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

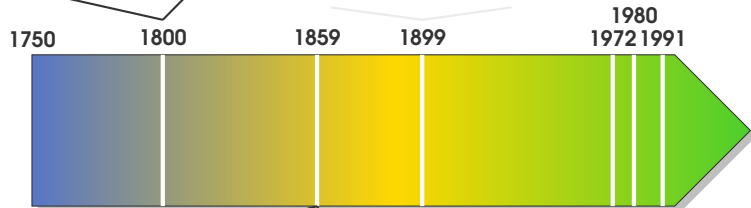
- Historique
- Rappels
- Batterie Li-Ion

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

Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

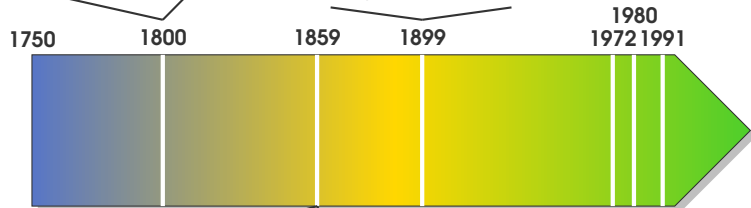
- Historique
- Rappels
- Batterie Li-Ion

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

Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

● Historique

○ Rappels

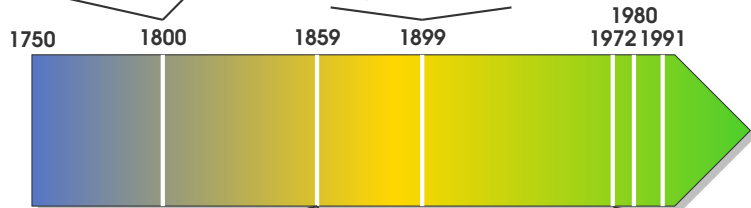
○ Batterie Li-Ion

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

Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

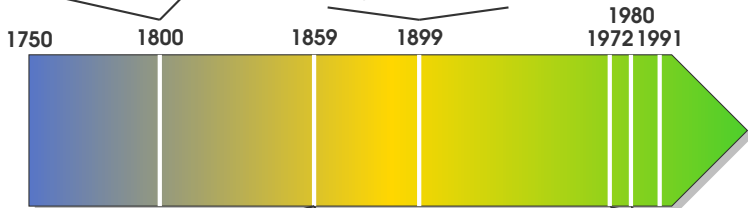
- Historique
- Rappels
- Batterie Li-Ion

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



Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

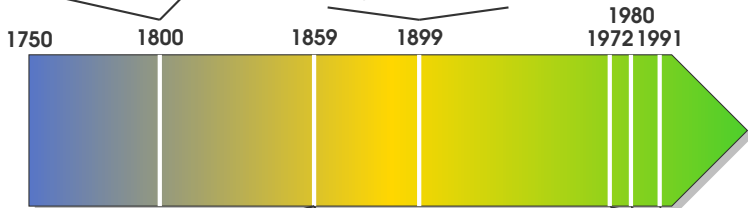
- Historique
- Rappels
- Batterie Li-Ion

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

Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

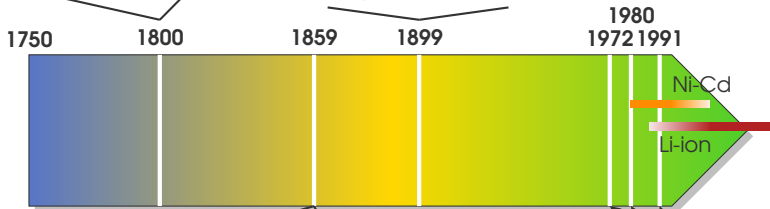
- Historique
- Rappels
- Batterie Li-Ion

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

## Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-Ion

① Un peu d'histoire

② Électricité, pile, batterie

③ Batterie Lithium ion

## Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

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.

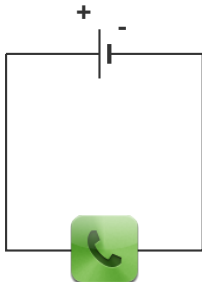
## Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-Ion



La batterie a combien de pôle ?

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



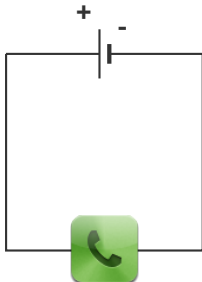
Dans quel sens se déplace le courant électrique ?

- 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.



La batterie a combien de pôle ?

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



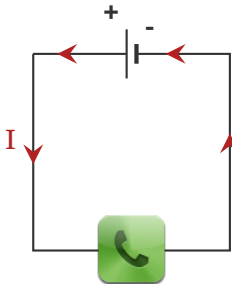
Dans quel sens se déplace le courant électrique ?

- 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.



La batterie a combien de pôle ?

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



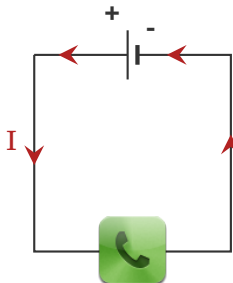
Dans quel sens se déplace le courant électrique ?

- 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.



La batterie a combien de pôle ?

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



Dans quel sens se déplace le courant électrique ?

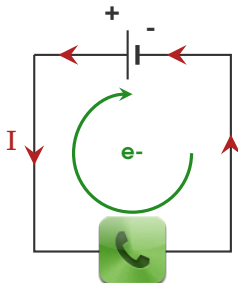
- Du pôle positif au pôle négatif.



Dans quel sens se déplacent les électrons ?

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





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.

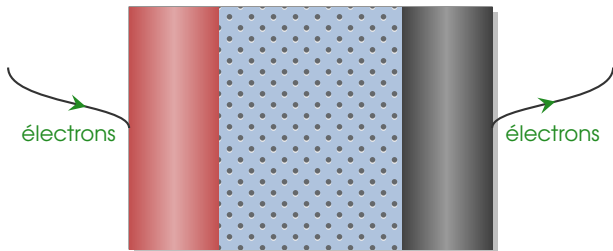
### Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

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

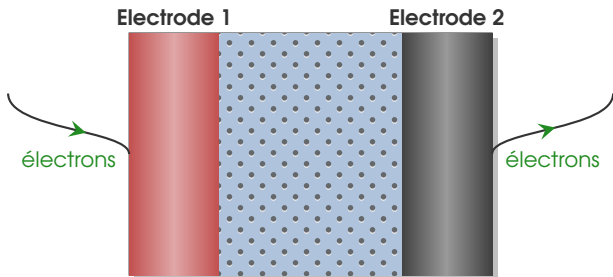
### Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-Ion

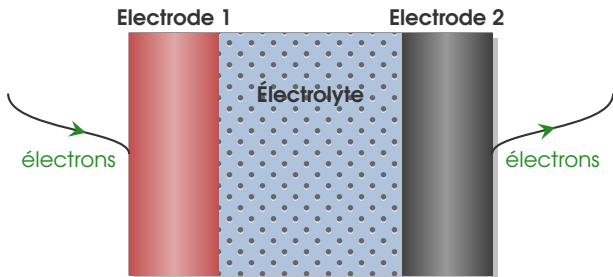


- Deux électrodes
- Un électrolyte



Piles ou batteries ?

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



- Deux électrodes
- Un électrolyte



Piles ou batteries ?

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

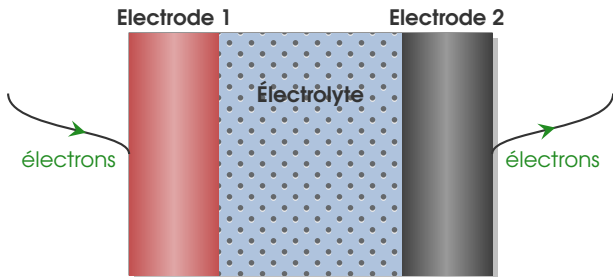
### Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

o Historique

● Rappels

o Batterie Li-Ion

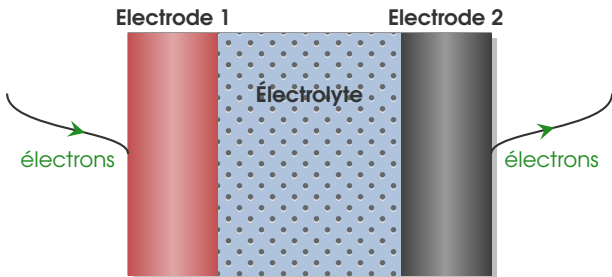


- Deux électrodes
- Un électrolyte



Piles ou batteries ?

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



- Deux électrodes
- Un électrolyte



Piles ou batteries ?

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

## Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

o Historique

o Rappels

● Batterie Li-ion

① Un peu d'histoire

② Électricité, pile, batterie

③ Batterie Lithium ion

### Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

- o Historique
- o Rappels
- Batterie Li-ion

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





### Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

- o Historique
- o Rappels
- Batterie Li-ion

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





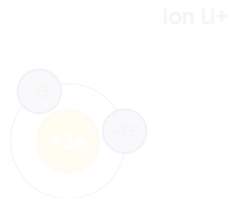
De quoi est constitué un atome ?

- 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





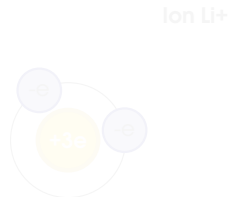
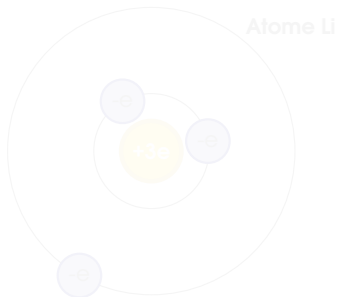
De quoi est constitué un atome ?

- 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





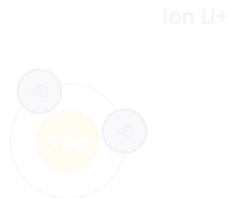
De quoi est constitué un atome ?

- 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





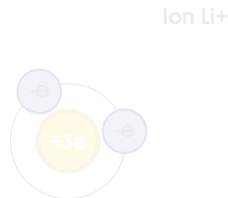
De quoi est constitué un atome ?

- 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





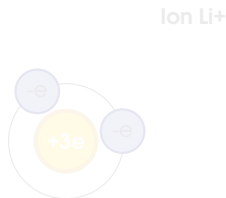
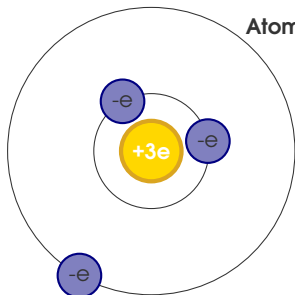
De quoi est constitué un atome ?

- 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





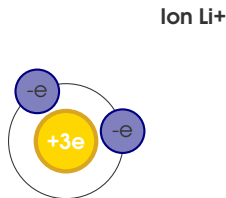
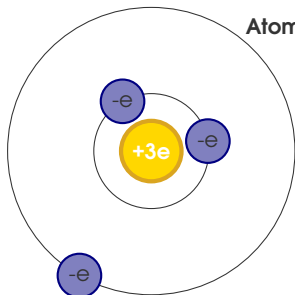
De quoi est constitué un atome ?

- 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



## Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

- Historique
- 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



## Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

- Historique
- 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.



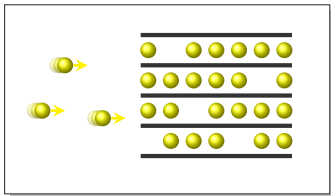
### Batterie Lithium ou batterie Lithium ion ?

- 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

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

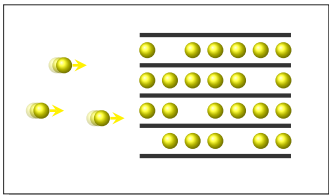


Dans ces matériaux, l'insertion des ions lithium s'accompagne d'une modification de la structure du matériaux et forme une nouvelle phase solide.

Les matériaux d'électrodes sont de deux types :

### matériau d'intercalation

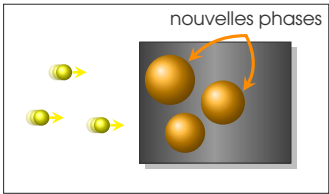
● ion lithium



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.

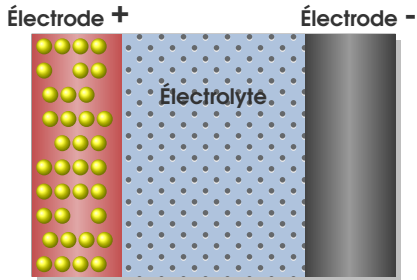
## Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

- o Historique
- o Rappels
- Batterie Li-Ion

● ion lithium

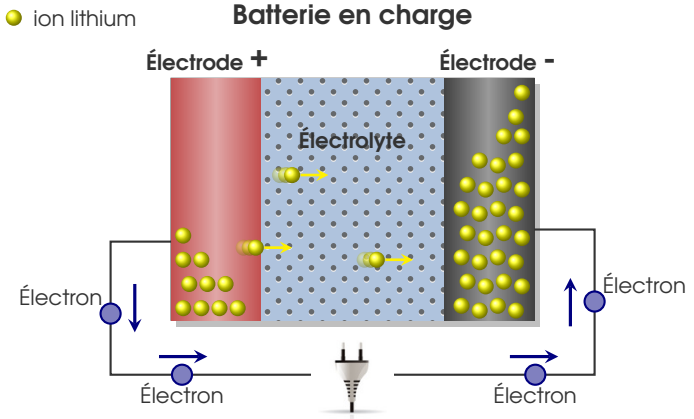
## Batterie déchargée



Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

- o Historique
- o Rappels
- Batterie Li-Ion



## Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

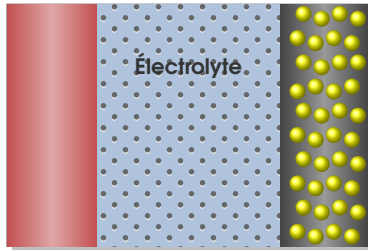
- o Historique
- o Rappels
- Batterie Li-Ion

● ion lithium

## Batterie chargée

Électrode +

Électrode -



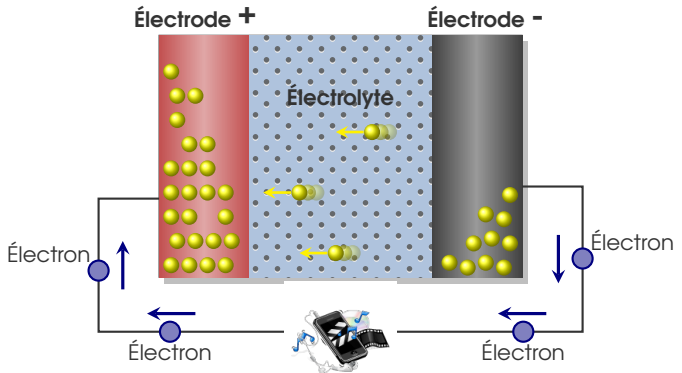
Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

- o Historique
- o Rappels
- Batterie Li-Ion

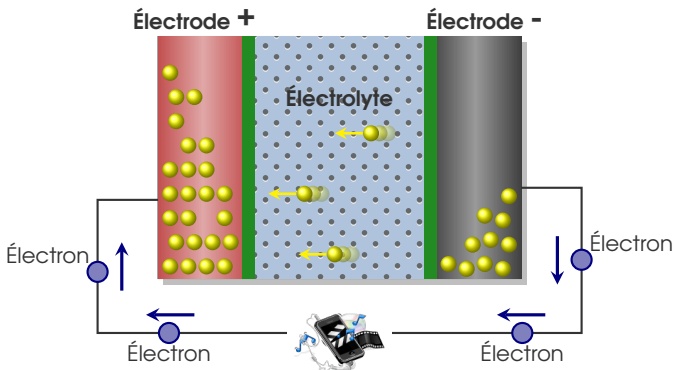
● ion lithium

## Batterie en activité



### Comprendre les phénomènes d'usures des batteries

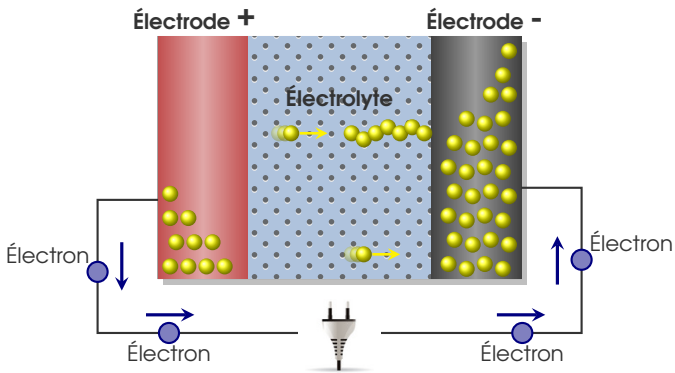
- Formation d'une couche bloquant l'intercalation des lithium.
- Dégradation des matériaux d'électrodes.
- Dégradation de l'électrolyte.
- Risque de court-circuit lors de la charge.





### 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.



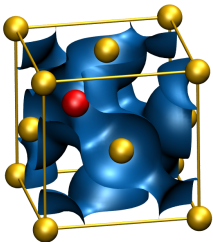
Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

o Historique

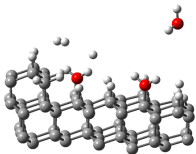
o Rappels

● 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

## Batterie Li-Ion

Germain VALLVERDU

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