

Modélisation d'une batterie dans l'environnement Simulink

Sommaire

- Généralités sur les batteries
- Batterie au lithium
- Modèles de batterie au lithium
- Batterie LiFePO4

Batterie

Accumulateurs électrochimiques :

NOMBREUSES TECHNOLOGIES DISPONIBLES
(différents compromis performances – coût) :

Plomb-acide (LAB : Lead-acid battery)

Nickel-Cadmium (NiCd)

Nickel-Métal-Hydrures (NiMH)

Lithium-Ion (Li-Ion)

Métal-air (Zinc, aluminium...)

Sodium-soufre (NaS)

...



Batterie

Accumulateurs électrochimiques :

Type	Énergie massique Wh/kg	Énergie volumique Wh/l	Tension d'un élément V	Puissance en pointe W/kg	Durée de vie (nombre de recharges)	Efficacité de courant	Efficacité de voltage	Efficacité énergétique	Autodécharge en % par mois	Statut
Plomb - Acide	30 - 50	75 - 120	2,25	700	400 - 800				5	Production
Ni-Fe	20 - 60	?	?	?	?				~ 30 %	Production
Li-Ti	50 - 67 ³²	75 - 131 ³²	2,4 ³²	3 000	6 000 ³³				?	Production
Ni-Cd	45 - 80	80 - 150	1,2	?	1 500 - 2 000				> 20	Interdit (toxique)
Ni-H ₂	75	60	1,25	?	?				?	?
Ni-MH	60 - 110	220 - 330	1,2	900	800 - 1 000				> 30	Production
Ni-Zn	90 ³⁴	280 ³⁴	1,60 ³⁴	1 000	200 ³⁴				> 20	Production
Na-S	100 - 110	?	?	?	?				?	Production ³⁵
LMP	110	110	2,6	320	?				?	?
Li-Po	100 - 265	220 - 330	3,7	250	200 - 300				2	Production
Na-NiCl ₂	140 ³⁶	280 ³⁶	2,58 ³⁶	200	3 000 ³⁶				→ 100 (12 %/jour)	Production
Pile alcaline	80 - 160	?	1,5 - 1,65 ³⁷	?	25 - 500				< 0,3	Production
LFP	120 - 140	190 - 250	3,2	> 2 000 ³⁸	2 000				5	Production
Li-ion	100 - 265 ³⁹	220 - 400 ³⁹	3,6	1 500	500 - 1 000				2	Production
Li-S	250 ⁴⁰	?	2,8 ⁴⁰	400 ⁴⁰	?				?	Production
Na-ion	90 ⁴¹	?	3,6	> 3 000	4 000 ⁴¹				?	R&D ⁴²
NI-Li (en)	935 ³²	?	3,49 ⁴³	?	?				?	?
Li-air	1 500 - 2 500	?	3,4	200	?				?	R&D
Flux Vanadium	?	?	1,5 V	?	> 10 000 cycles (> 10 ans)	85 - 93 %	80 - 90 %	65 - 83 %		

Batterie

Accumulateurs électrochimiques :

Type	Énergie massique Wh/kg	Énergie volumique Wh/l	Tension d'un élément V	Puissance en pointe W/kg	Durée de vie (nombre de recharges)	Efficacité de courant	Efficacité de voltage	Efficacité énergétique	Autodécharge en % par mois	Statut
Plomb - Acide	30 - 50	75 - 120	2,25	700	400 - 800				5	Production
Ni-Fe	20 - 60	?	?	?	?				~ 30 %	Production
Li-Ti	50 - 67 ³²	75 - 131 ³²	2,4 ³²	3 000	6 000 ³³				?	Production
Ni-Cd	45 - 80	80 - 150	1,2	?	1 500 - 2 000				> 20	Interdit (toxique)
Ni-H ₂	75	60	1,25	?	?				?	?
Ni-MH	60 - 110	220 - 330	1,2	900	800 - 1 000				> 30	Production
Ni-Zn	90 ³⁴	280 ³⁴	1,60 ³⁴	1 000	200 ³⁴				> 20	Production
Na-S	100 - 110	?	?	?	?				?	Production ³⁵
LMP	110	110	2,6	320	?				?	?
Li-Po	100 - 265	220 - 330	3,7	250	200 - 300				2	Production
Na-NiCl ₂	140 ³⁶	280 ³⁶	2,58 ³⁶	200	3 000 ³⁶				→ 100 (12 %/jour)	Production
Pile alcaline	80 - 160	?	1,5 - 1,65 ³⁷	?	25 - 500				< 0,3	Production
LFP	120 - 140	190 - 250	3,2	> 2 000 ³⁸	2 000				5	Production
Li-ion	100 - 265 ³⁹	220 - 400 ³⁹	3,6	1 500	500 - 1 000				2	Production
Li-S	250 ⁴⁰	?	2,8 ⁴⁰	400 ⁴⁰	?				?	Production
Na-ion	90 ⁴¹	?	3,6	> 3 000	4 000 ⁴¹				?	R&D ⁴²
NI-Li (en)	935 ³²	?	3,49 ⁴³	?	?				?	?
Li-air	1 500 - 2 500	?	3,4	200	?				?	R&D
Flux Vanadium	?	?	1,5 V	?	> 10 000 cycles (> 10 ans)	85 - 93 %	80 - 90 %	65 - 83 %		

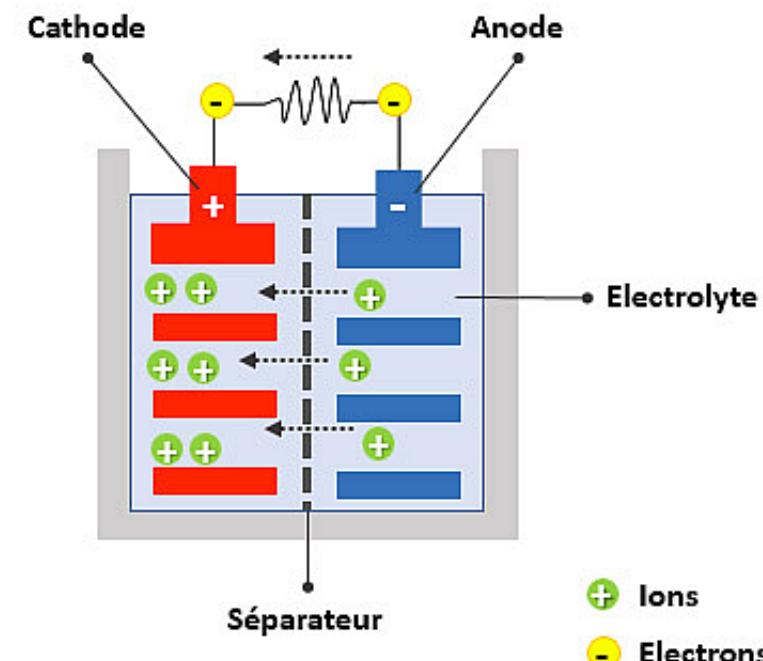
Sommaire

- Généralités sur les batteries
- Batterie au lithium
- Modèles de batterie au lithium
- Batterie LiFePO4

Batterie au lithium

Constitution :

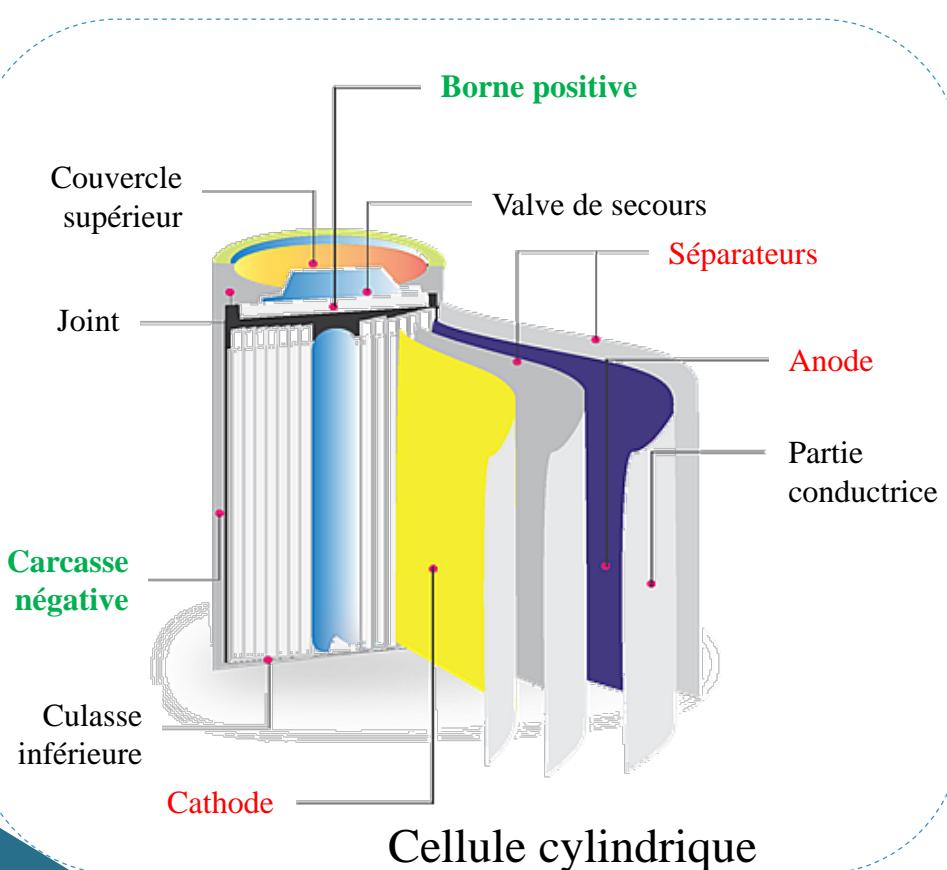
- Fabriquées de manière industrielle depuis les années 90,
- Deux **électrodes** : positive/cathode, négative/anode
- Isolées électriquement par un **séparateur**
- Connectées par un **électrolyte** conducteur ionique
- Insérées dans un boîtier métallique ou plastique



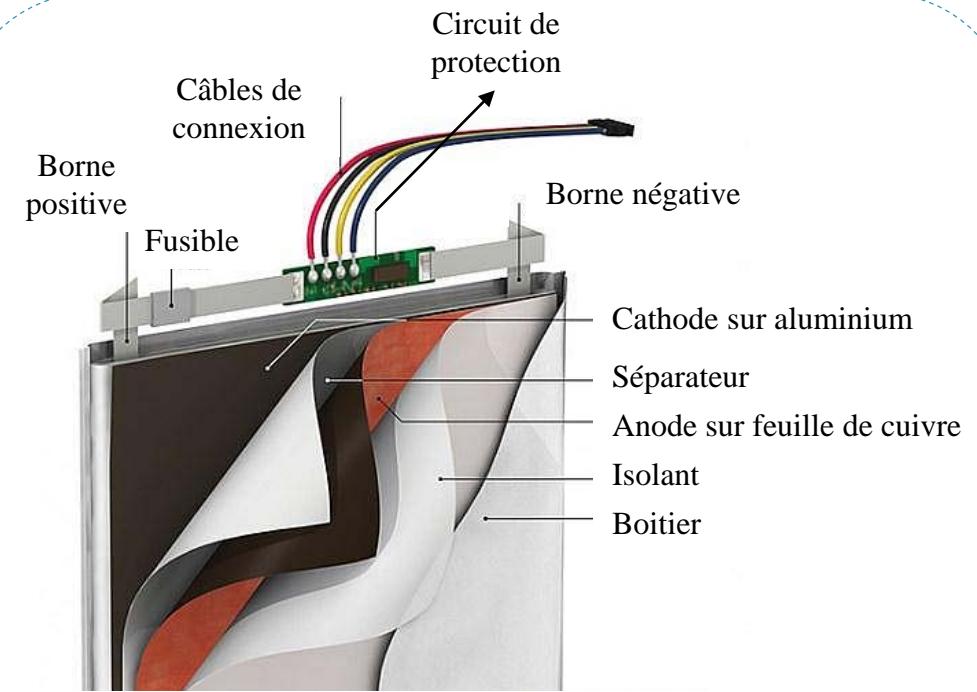
⊕ Ions
⊖ Electrons

Batterie au lithium

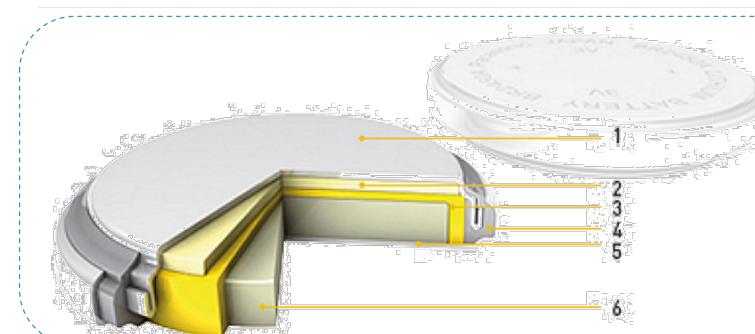
Constitution :



Cellule cylindrique



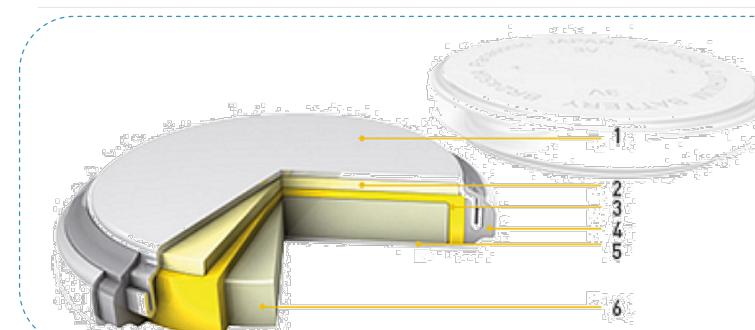
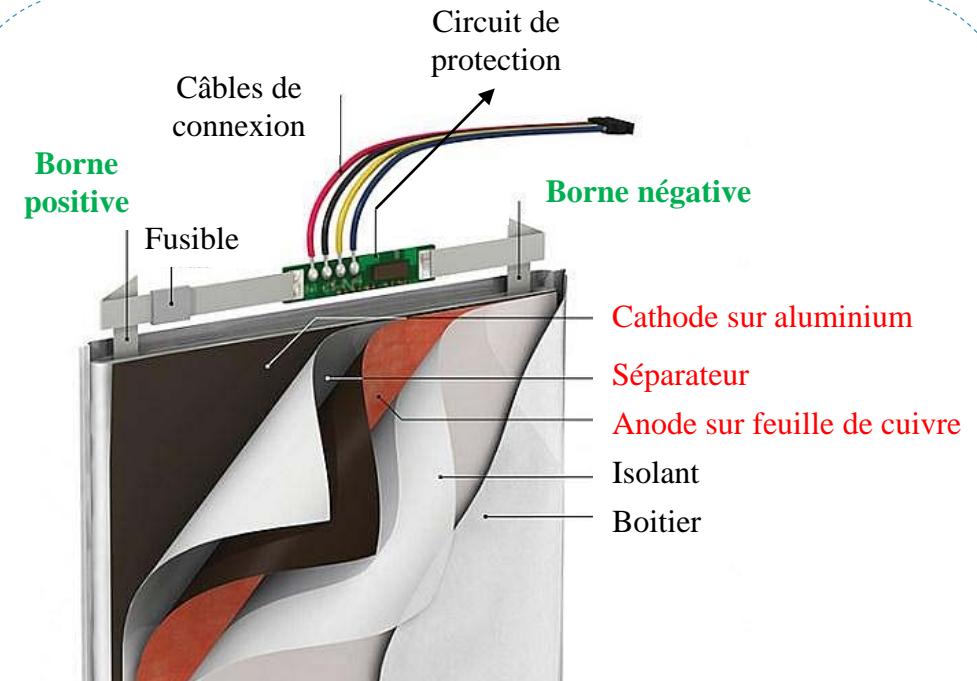
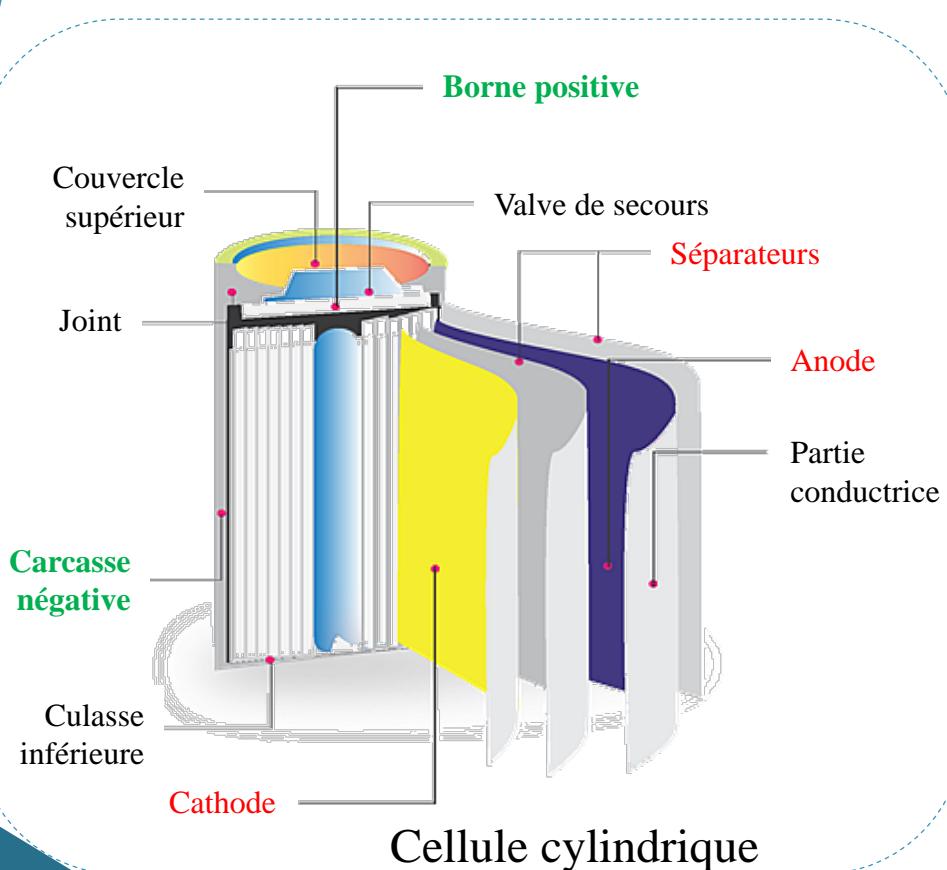
Cellule prismatique



- 1 - Borne négative
- 2 - Anode (Lithium)
- 3 - Séparateur
- 4 - Joint
- 5 - Borne positive
- 6 - Cathode

Batterie au lithium

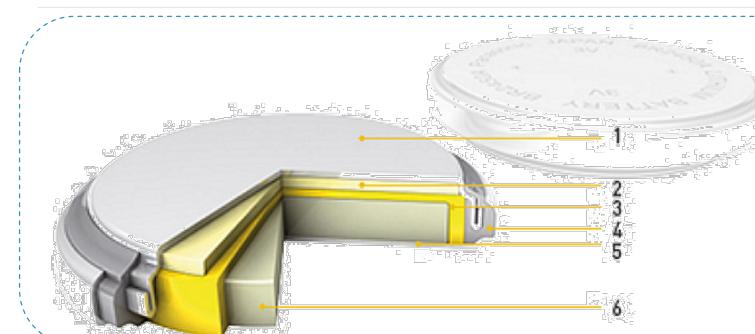
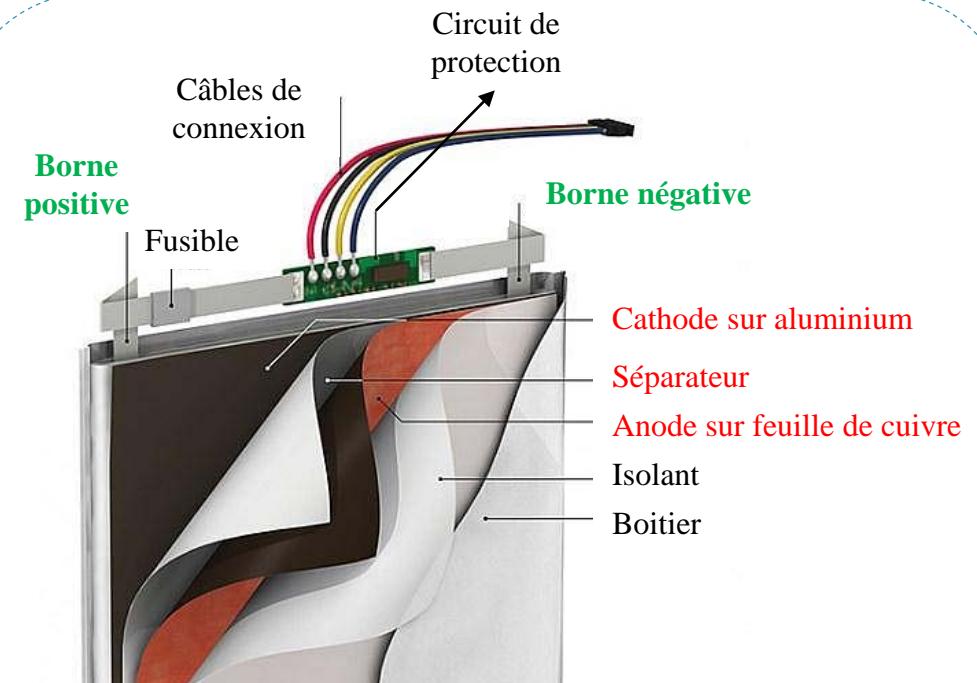
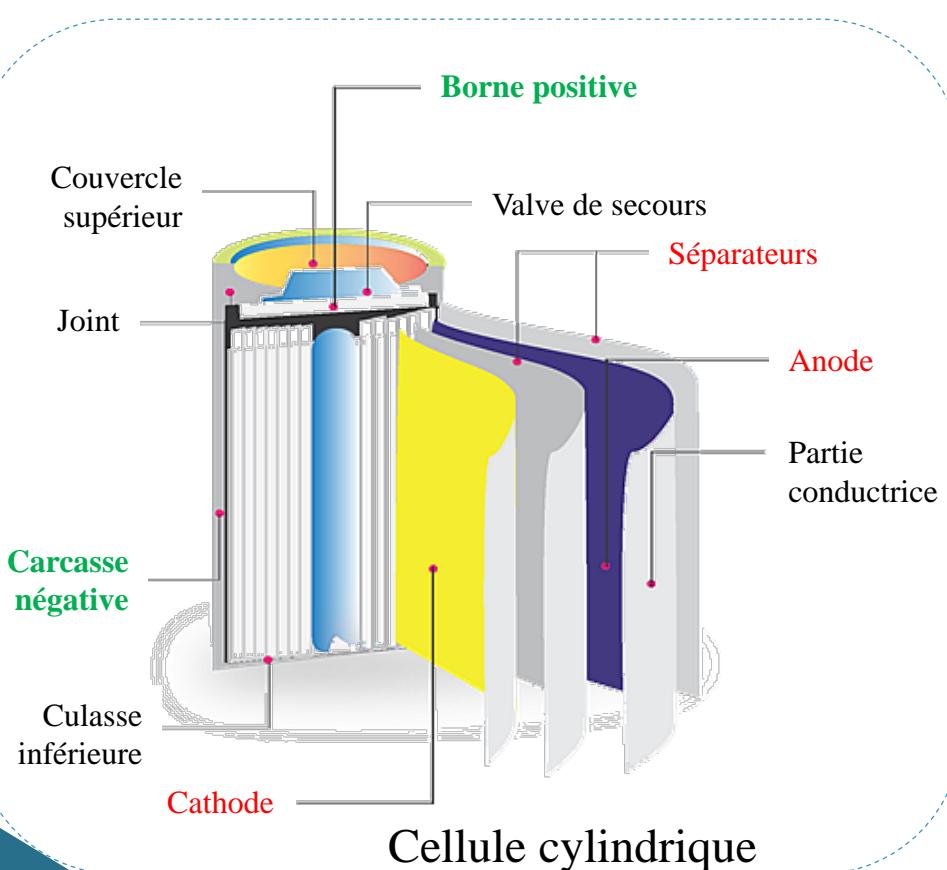
Constitution :



- 1 - Borne négative
- 2 - Anode (Lithium)
- 3 - Séparateur
- 4 - Joint
- 5 - Borne positive
- 6 - Cathode

Batterie au lithium

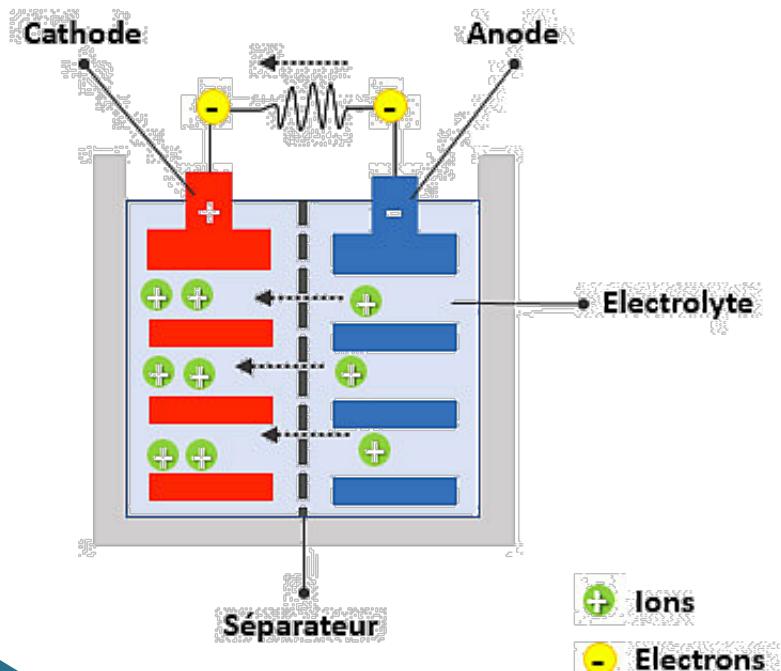
Constitution :



- 1 - Borne négative
- 2 - Anode (Lithium)
- 3 - Séparateur
- 4 - Joint
- 5 - Borne positive
- 6 - Cathode

Batterie au lithium

Constitution :



Cathode :

nickel (« NCA » Nickel Cobalt Aluminium),
manganèse,
NMC (mélange Nickel Manganèse Cobalt),
phosphate de fer...

Anode :

graphite,
titanate de lithium,
silicium,...

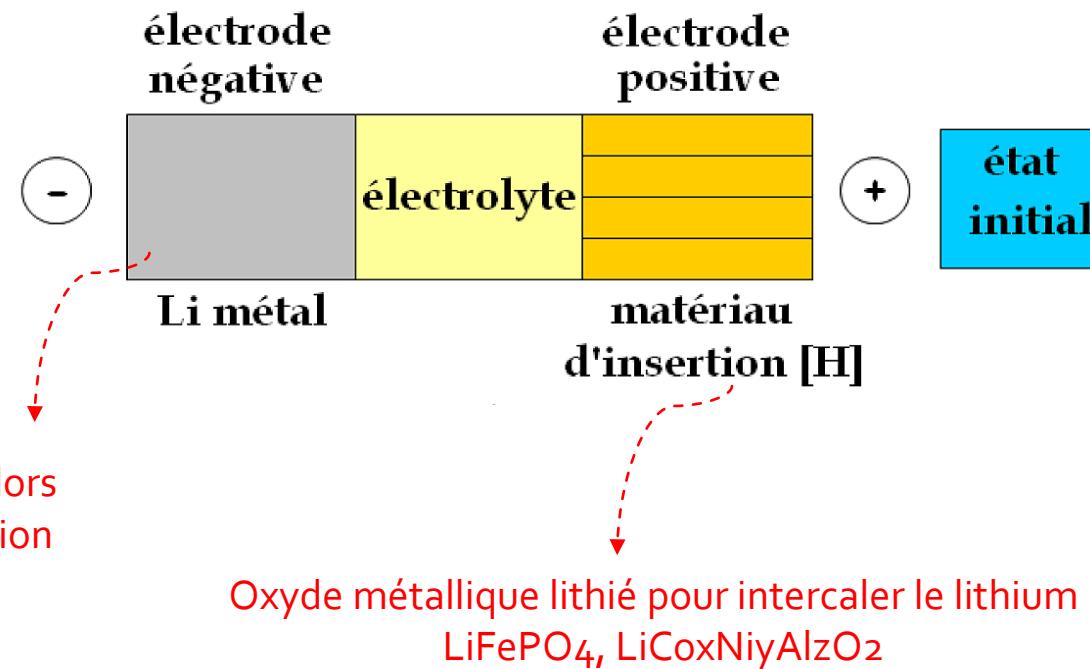
Electrolyte : sel de lithium LiPF_6 dissous dans un mélange de carbonate d'éthylène, de carbonate de propylène ou de tétrahydrofurane)...

Séparateur : élément microporeux en polymère

Batterie au lithium

Fonctionnement :

(exemple batterie lithium métal)



Batterie au lithium

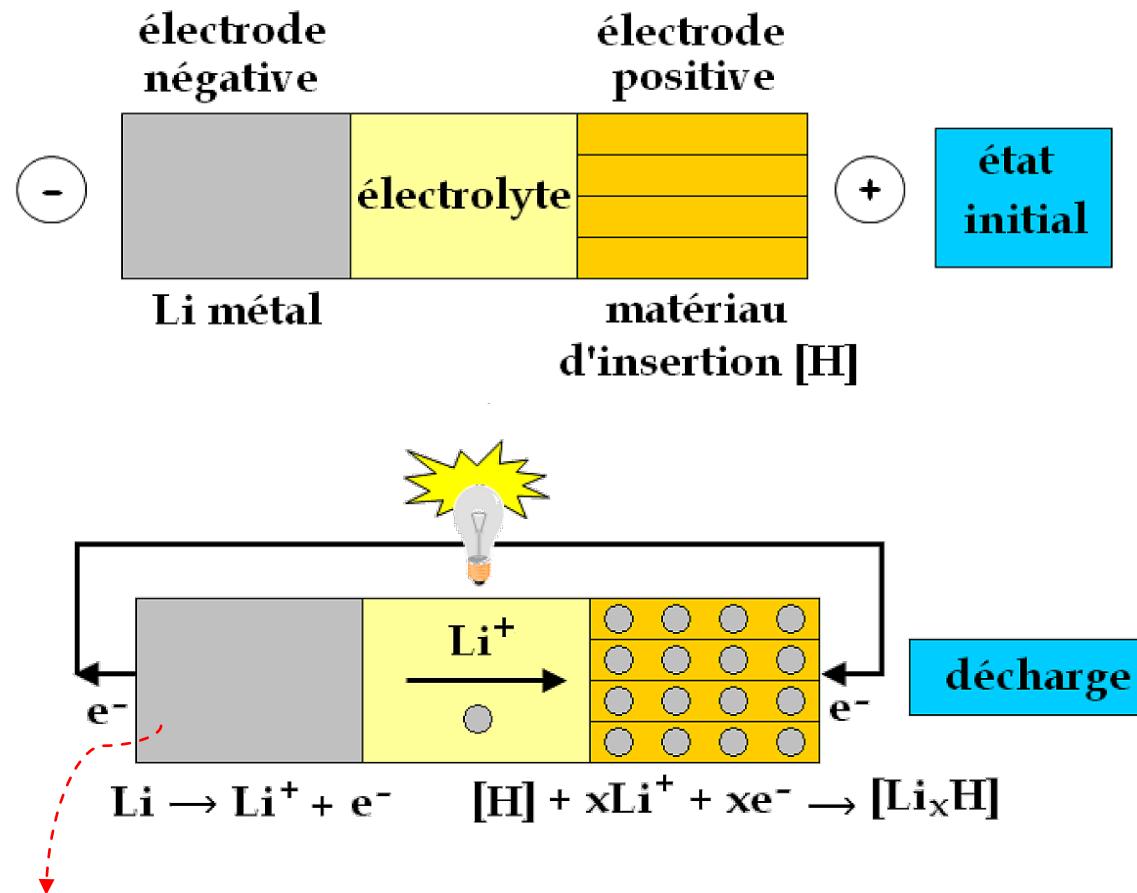
Fonctionnement :

(exemple batterie lithium métal)

Transformation de l'énergie chimique en énergie électrique...

Réaction d'oxydation ->
libération :

ions Li^+ dans l'électrolyte
électrons dans le circuit externe



Benoit Fleutot

Improvement of lithium microbatteries performances : correlation between local structure and ionic conduction of amorphous solid electrolytes

Thèse de doctorat 12/2010

Batterie au lithium

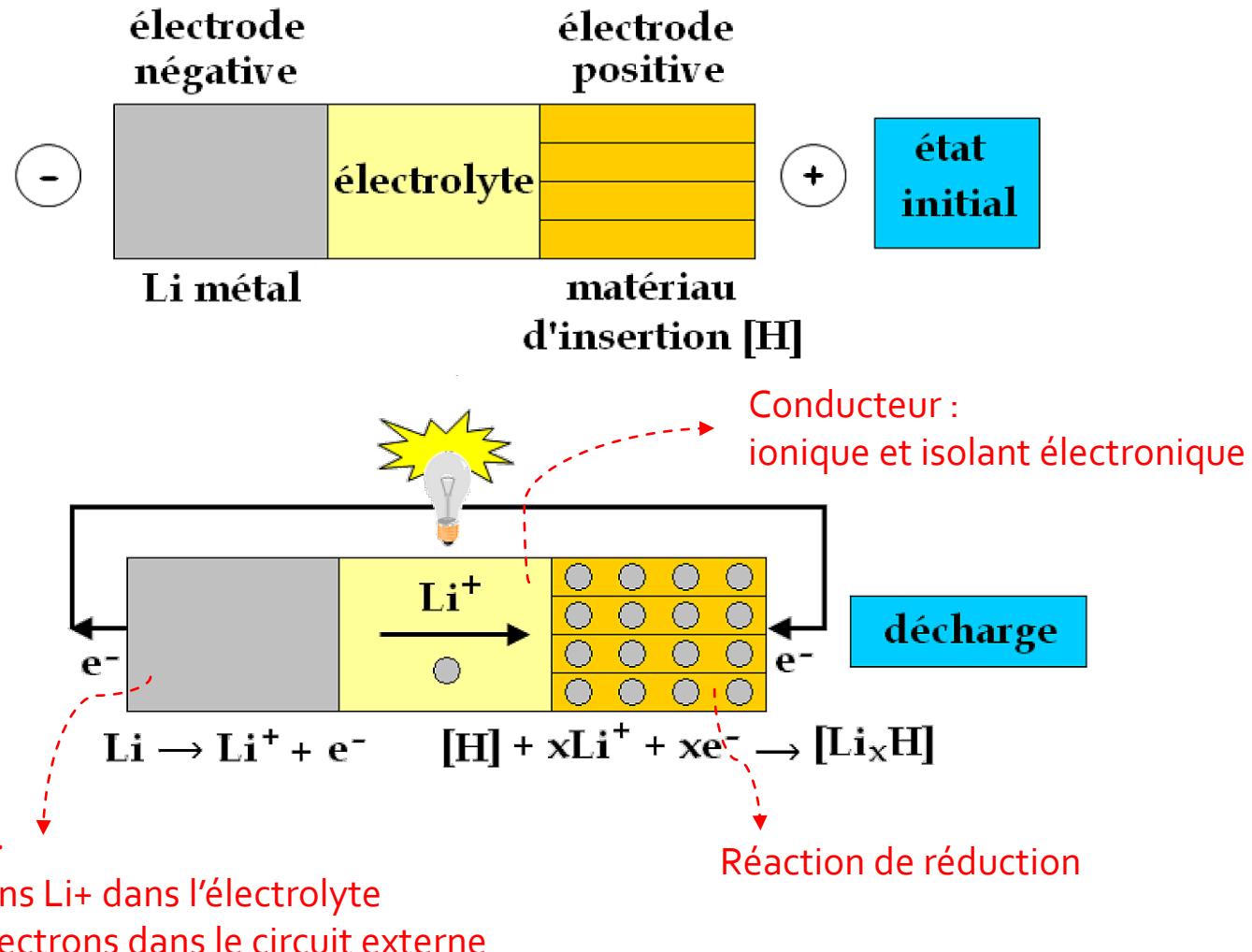
Fonctionnement :

(exemple batterie lithium métal)

Transformation de l'énergie chimique en énergie électrique...

Réaction d'oxydation ->
libération :

ions Li^+ dans l'électrolyte
électrons dans le circuit externe



Batterie au lithium

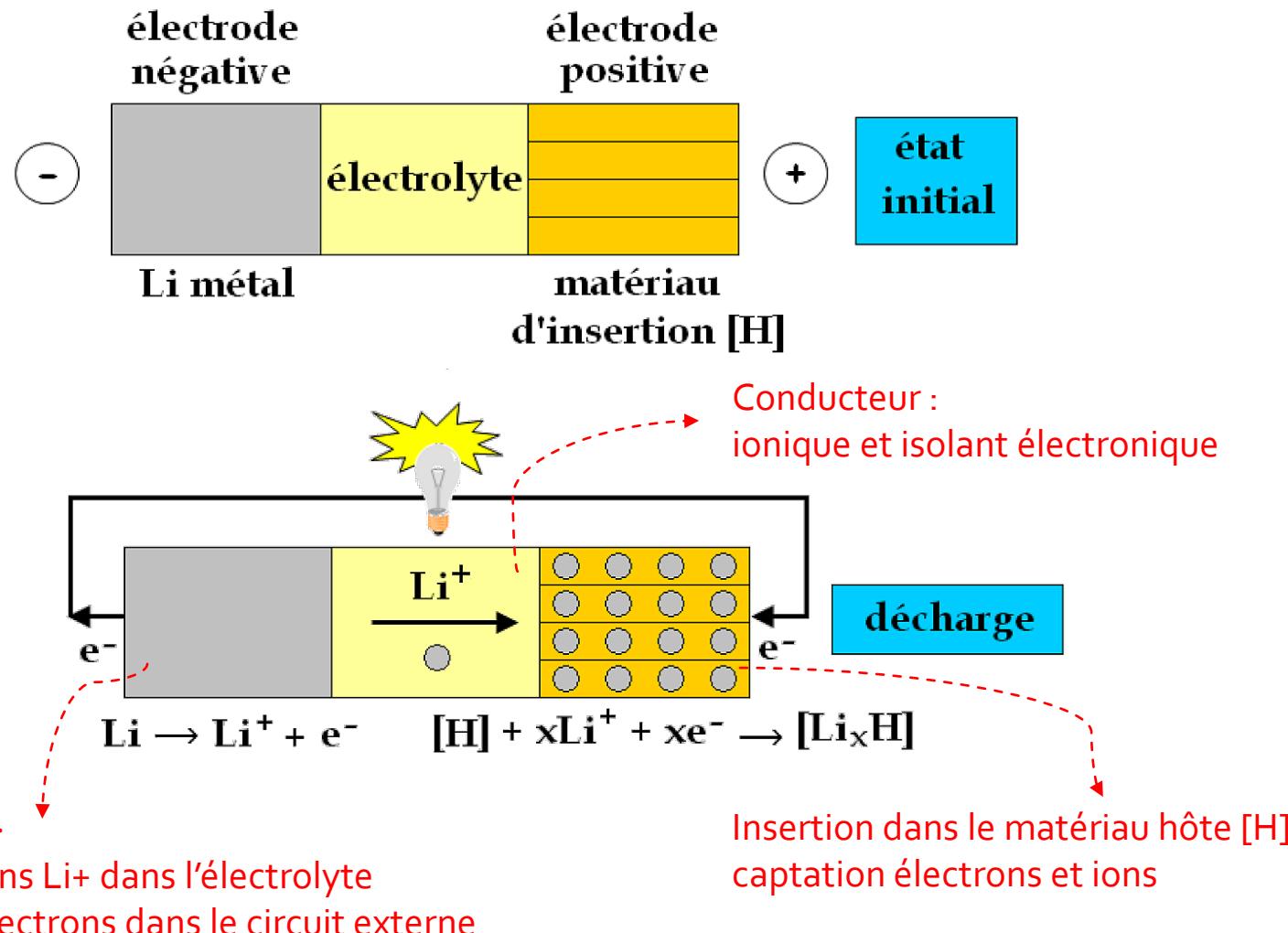
Fonctionnement :

(exemple batterie lithium métal)

Transformation de l'énergie chimique en énergie électrique...

Réaction d'oxydation ->
libération :

ions Li^+ dans l'électrolyte
électrons dans le circuit externe



Benoit Fleutot

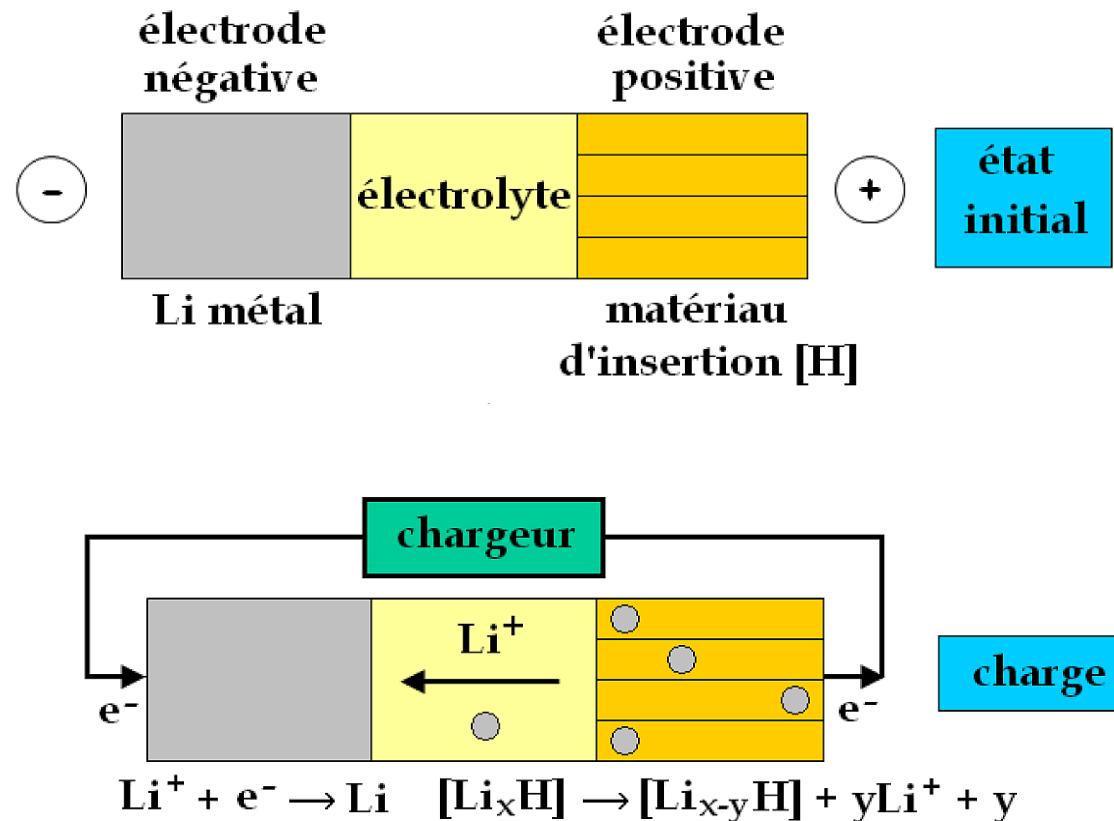
Improvement of lithium microbatteries performances : correlation between local structure and ionic conduction of amorphous solid electrolytes
Thèse de doctorat 12/2010

Batterie au lithium

Fonctionnement :

(exemple batterie lithium métal)

Transformation de l'énergie chimique en énergie électrique...



Réaction d'oxydation inverse

Benoit Fleutot

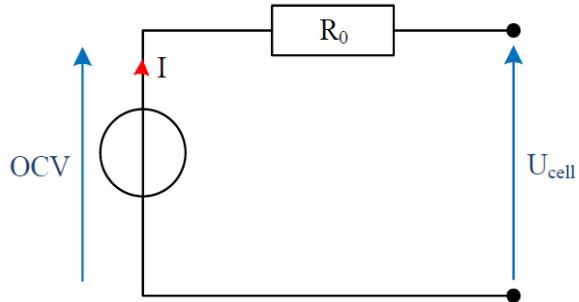
Improvement of lithium microbatteries performances : correlation between local structure and ionic conduction of amorphous solid electrolytes
Thèse de doctorat 12/2010

Sommaire

- Généralités sur les batteries
- Batterie au lithium
- Modèles de batterie au lithium
- Batterie LiFePO4
- Ensemble pv-batterie-charge

Modèles de batterie au lithium

Modèles électriques :

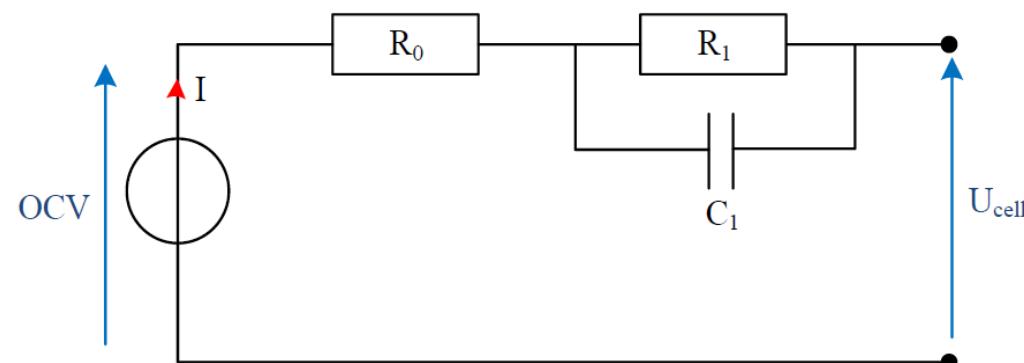


Le plus simple :

Modèle statique

Bien pour un simple dimensionnement

On peut faire dépendre R_0 à l'état de charge (SOC)



RC série :

R_0 : résistance due aux électrodes

Elle dépend de l'état de charge, de la température, du vieillissement,...

$R_1//C_1$: comportement dynamique de la batterie.

C_1 capacité due aux interfaces électrolyte/électrode

R_1 réactions électrochimiques aux électrodes.

Pour plus de précisions :

$$- R_0 = f(\text{SoC}, T^\circ, \text{signe}(I))$$

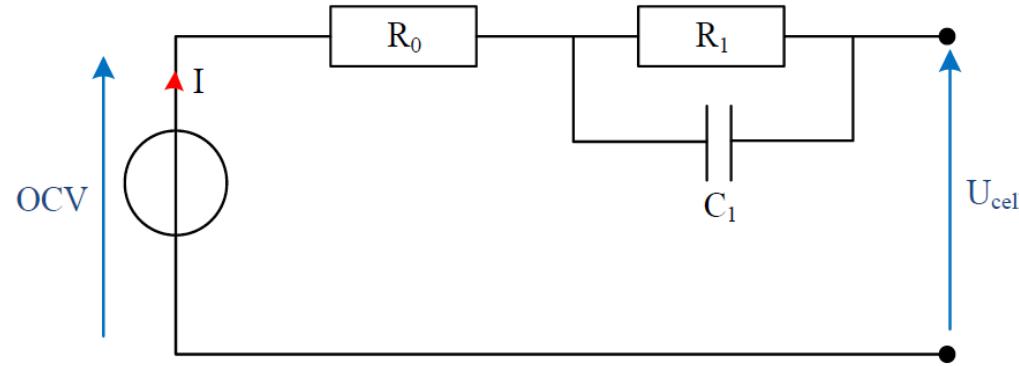
$$- R_1 = f(\text{SoC}, \text{signe}(I))$$

$$- C_1 = f(\text{SoC})$$

SOC : State Of Charge
OCV : Open Circuit Voltage

Modèles de batterie au lithium

Modèles électriques :



Mesure de R_0 :

On applique un échelon de courant ΔI

Mesure de la résistance avec $R = \frac{\Delta U}{\Delta I}$

Si ΔU est mesuré juste après ΔI alors $R = R_0$

Si ΔU est mesuré en régime établi alors $R = R_0 + R_1$

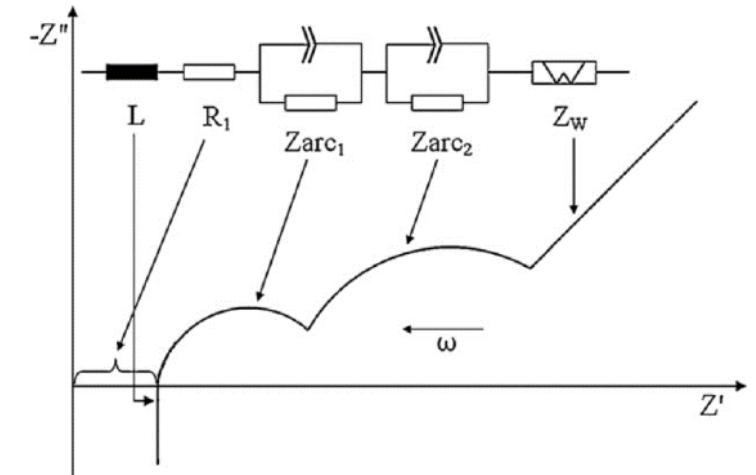
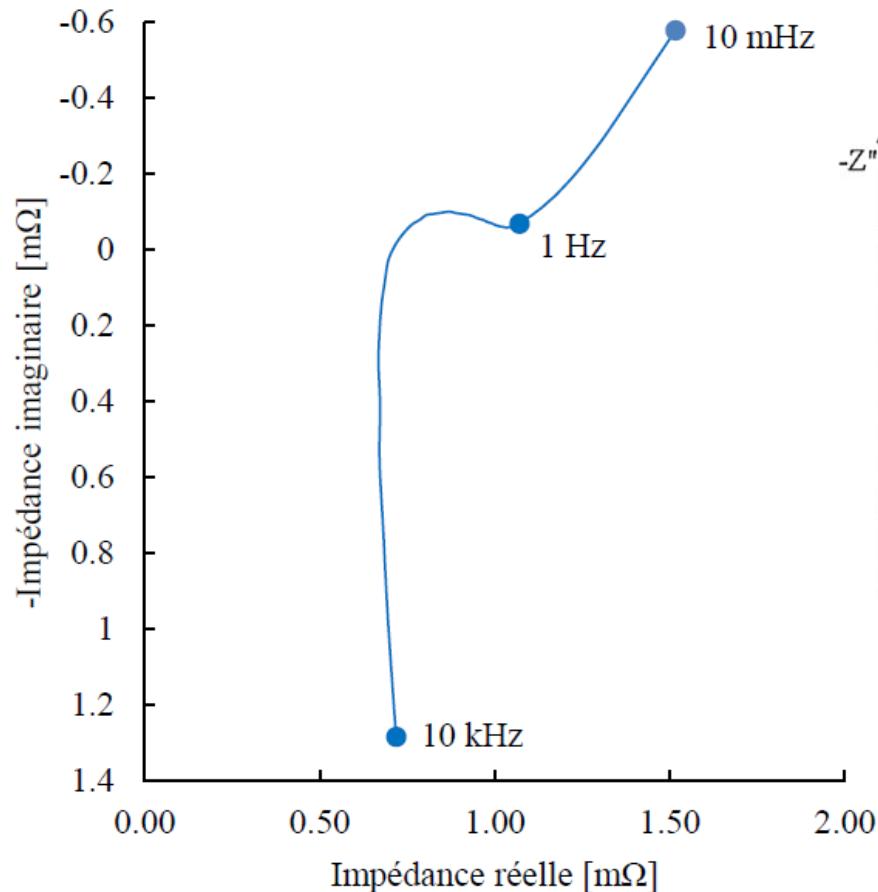
Modèles de batterie au lithium

Modèles
électriques :

Spectroscopie d'impédance

electrochimique :

Injection d'une tension sinusoïdale et mesure de la réponse en courant (ou vice-versa) et pour différentes fréquences



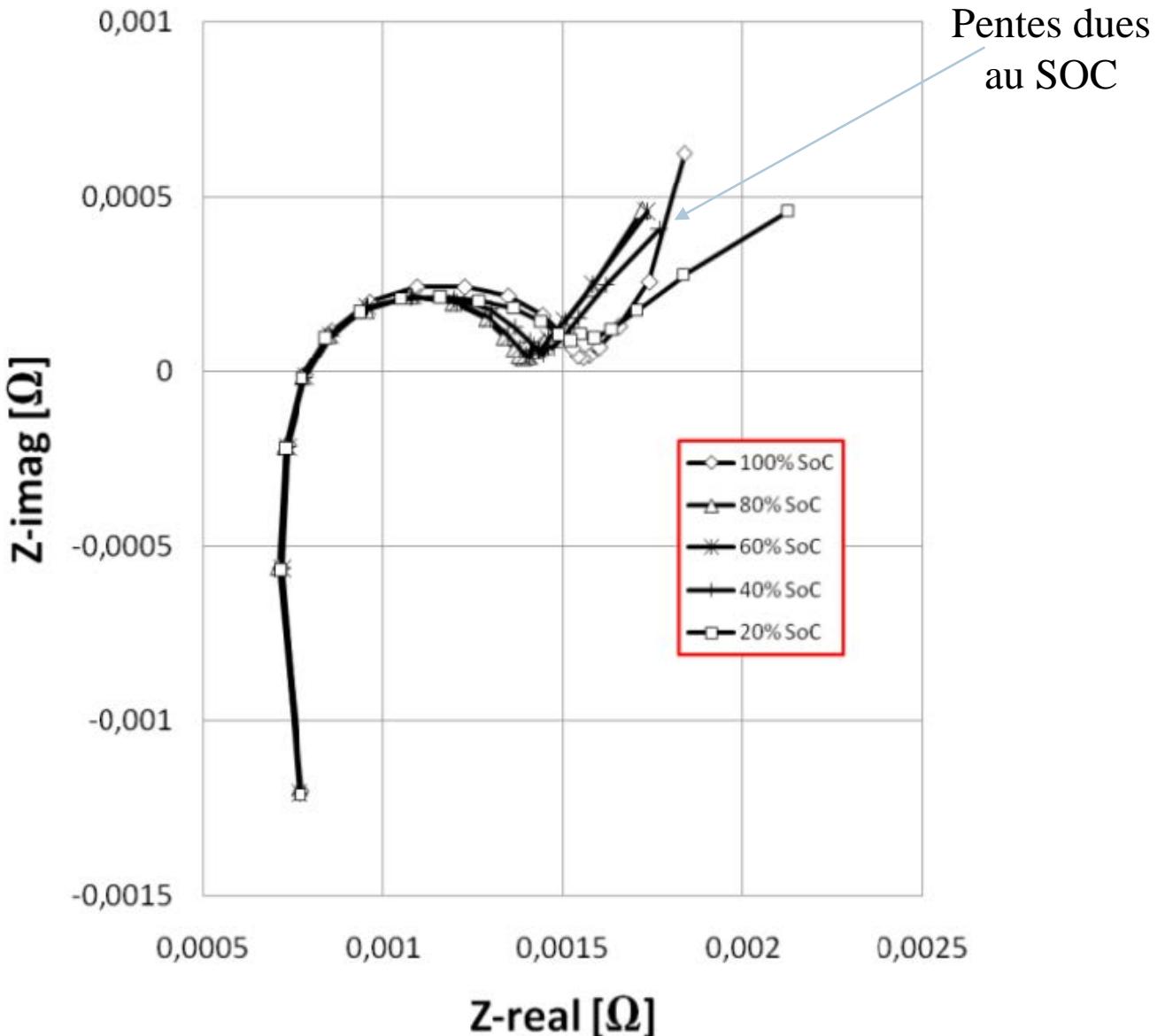
Modèles de batterie au lithium

Modèles
électriques :

Spectroscopie d'impédance
électrochimique :

Injection d'une tension sinusoïdale et mesure de la réponse en courant (ou vice-versa) et pour différentes fréquences

Technique applicable en laboratoire
Difficilement applicable sur des systèmes embarqués.
Sensibilité des résultats aux conditions de mesure.



Sommaire

- Généralités sur les batteries
- Batterie au lithium
- Modèles de batterie au lithium
- **Batterie LiFePO₄**
- Ensemble pv-batterie-charge

Batterie LiFePO₄

Technologie apparue en 1996, la technologie Lithium Ferro Phosphate présente les avantages suivants :

- Technologie sécurisée (pas de phénomène d'emballement thermique)
- Densité d'énergie légèrement inférieure aux batteries lithium-ion
- Durée de vie > 10 ans
- Nombre de cycles : > 2000
- Faible toxicité pour l'environnement (utilisation de Fer, de graphite et de phosphate)
- Cathode faite en phosphate mixte de fer et de lithium
- Très bonne tenue de température (jusqu'à 60-70°C)
- Très faible résistance interne. Stabilité, voire diminution au cours des cycles.
- Puissance quasi constante durant toute la plage de décharge
- Facilité de recyclage

Batterie LiFePO₄

Sigit Arianto, Rietje Y. Yunaningsih, Edi Tri Astuti, and Samsul Hafiz

« Development of Single Cell Lithium Ion Battery Model Using Scilab/Xcos »

(9.6 Ah, 3.2 V_{nom})

<https://h5.fr.aliexpress.com/item/32672475621.html> :



3.2 v 10Ah batterie Lifepo4

Shenzhen GTKPower ?

Descriptions:

- Type: Lifepo4 cellules
- Tension: 3.2 v
- Capacité évaluée: 10Ah, (La capacité réelle est d'environ 9Ah-10Ah)
- Résistance interne: moins de 5 mohms
- Poids: 243g autour
- Dimensions: épais * W * H: 9*108*148mm (longueur de cosse incluse)
- Taille de cosse Positive et négative: longueur: 20mm
- Le courant de décharge continu nominal: 30A
- Le courant de décharge pulsé : 40A
- Tension de coupure: 2.50 v
- Température de décharge:-20 °c ~ + 60 °c
- Temps de charge: 6 heures (standard); 3 heures (rapide)
- Cycle de vie professionnel supérieur (Cycle de vie: 2000 fois)

Applications: Véhicules électriques, avions miniatures, outils électriques, stockage d'énergie solaire, voitures de golf, autocars de tourisme...

Batterie LiFePO4

<http://www.hecobattery.com> :



NEW ENERGY TECHNOLOGY CO.
www.hecobattery.com

1. Long cycle life: More than 2500 times (charge and discharge at 1C, 80% capacity retention after 2500 cycles);
2. High safety: No fire and explosion in overcharge test;
3. Good charging and discharging performance;
4. All raw material of the batteries are environmental-friendly;
5. Wide working temperature range: From -10°C to 60°C, extremely cold and hot weather will not affect its performance.
6. Produced with automatic equipments

10Ah LiFePO4 Battery Cell Parameters

Model	Nominal Volt	Nominal Capacity	Std Dis Current	Fast Dis Current	Max Dis Current	Dis Cut-off Volt	Std Charge Current	Fast Charge Current	Charge Cut-off Volt	Dimension (MAX)	About Weight
	V	Ah	A	A	A	V	A	A	V	mm	g
1260190	3.2	10	2	10	30	2.3	2	10	3.65	12*60*190	250
1282135	3.2	10	2	10	30	2.3	2	10	3.65	12*82*135	250

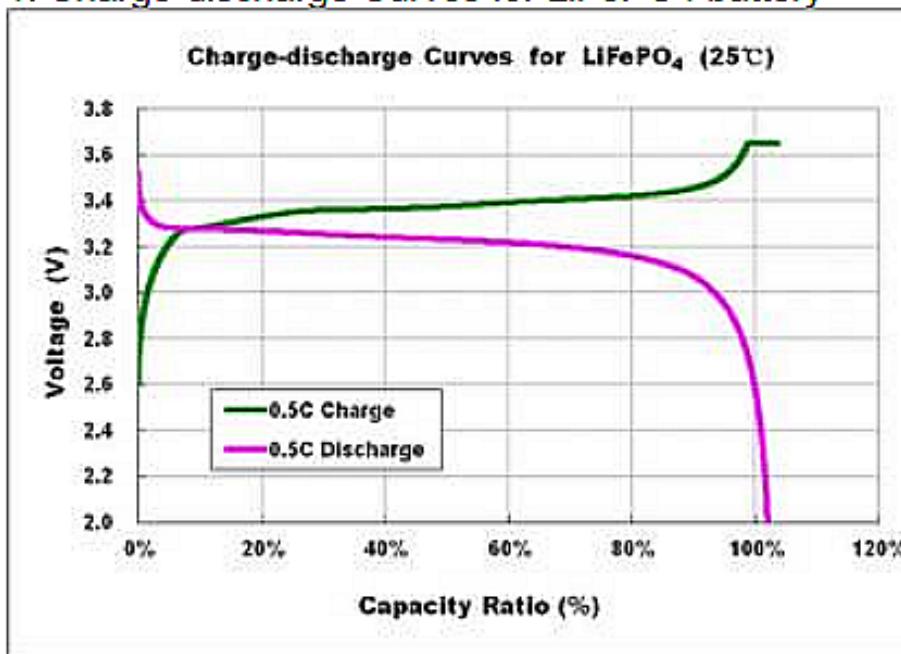
Batterie LiFePO₄

<http://www.hecobattery.com> :

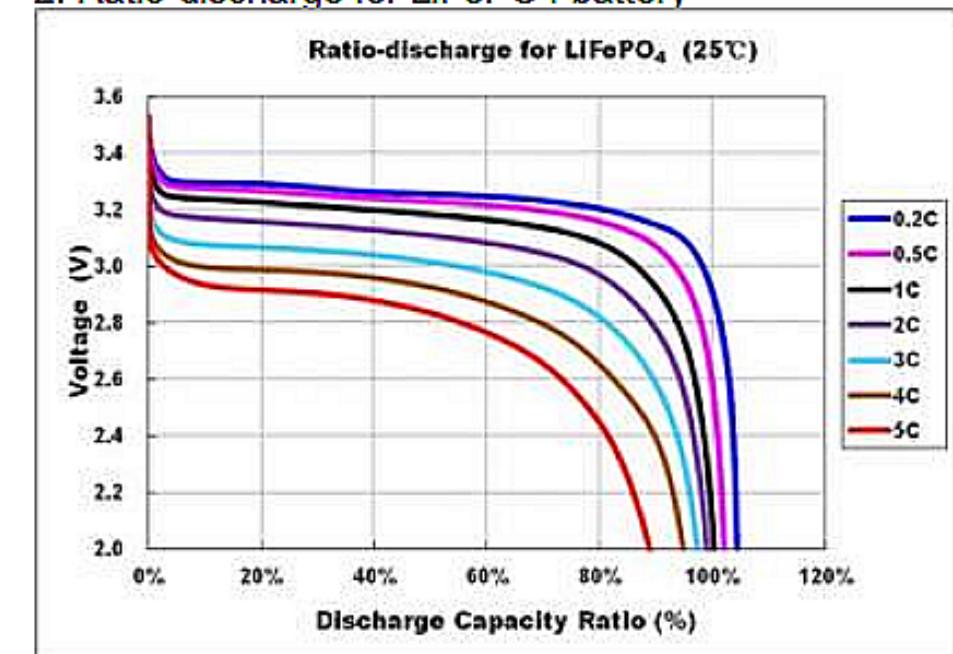


NEW ENERGY TECHNOLOGY CO.
www.hecobattery.com

1. Charge-discharge Curves for LiFePO₄ battery



2. Ratio-discharge for LiFePO₄ battery



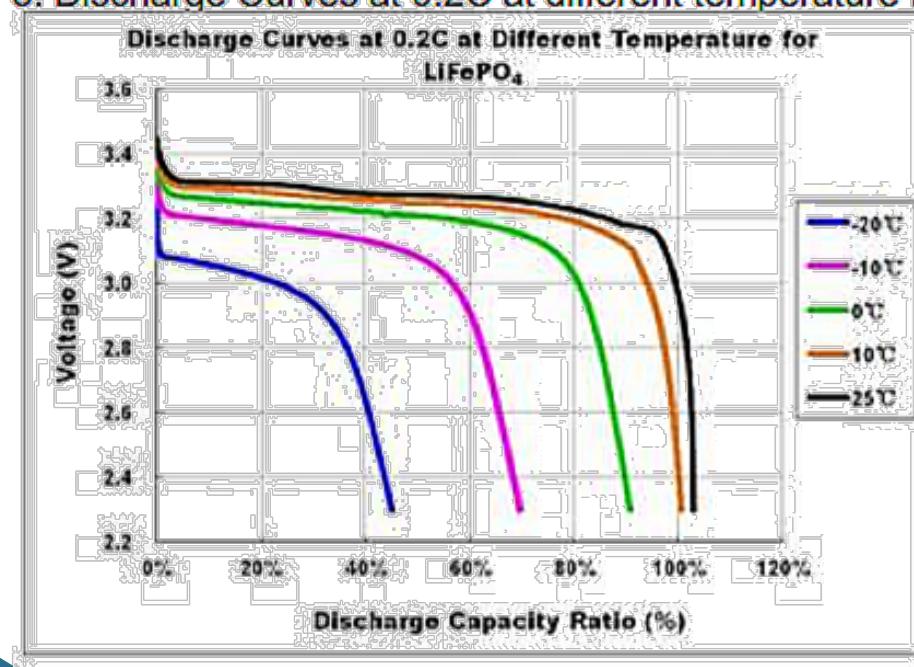
Batterie LiFePO₄

<http://www.hecobattery.com> :

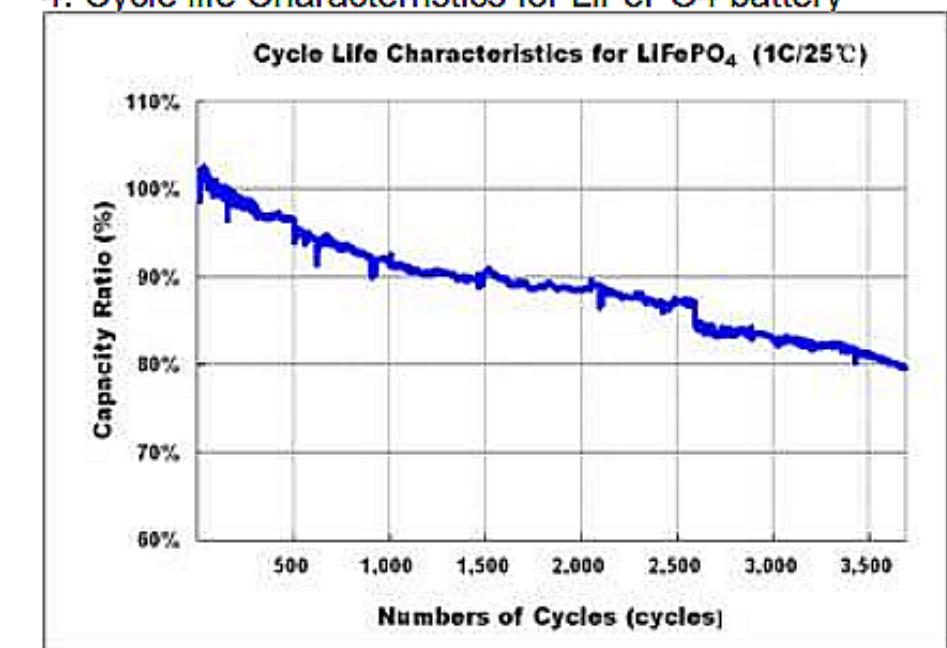


NEW ENERGY TECHNOLOGY CO.
www.hecobattery.com

3. Discharge Curves at 0.2C at different temperature for LiFePO₄ battery



4. Cycle life Characteristics for LiFePO₄ battery



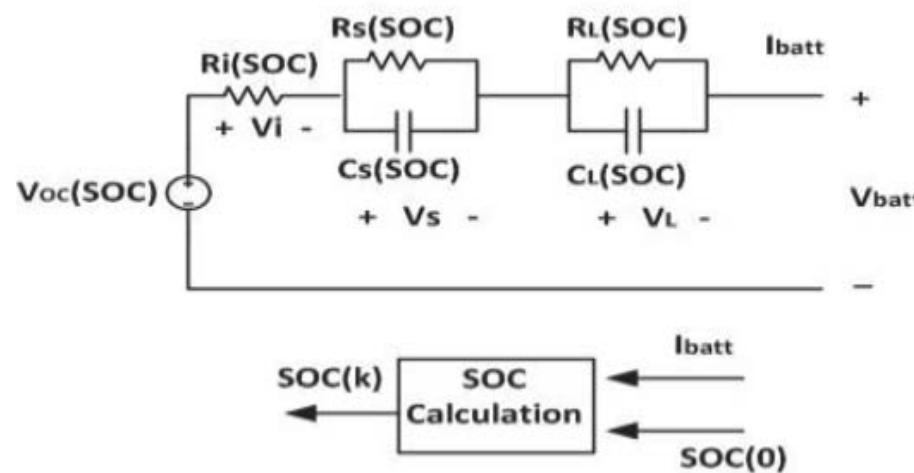
Batterie LiFePO₄

☞ Travail à effectuer : Construire et simuler un modèle de batterie lithium LiFePO₄
(9.6 Ah, 3.2 Vnom)

Sigit Arianto, Rietje Y. Yunaningsih, Edi Tri Astuti, and Samsul Hafiz

« Development of Single Cell Lithium Ion Battery Model Using Scilab/Xcos »

AIP Conference Proceedings 2016



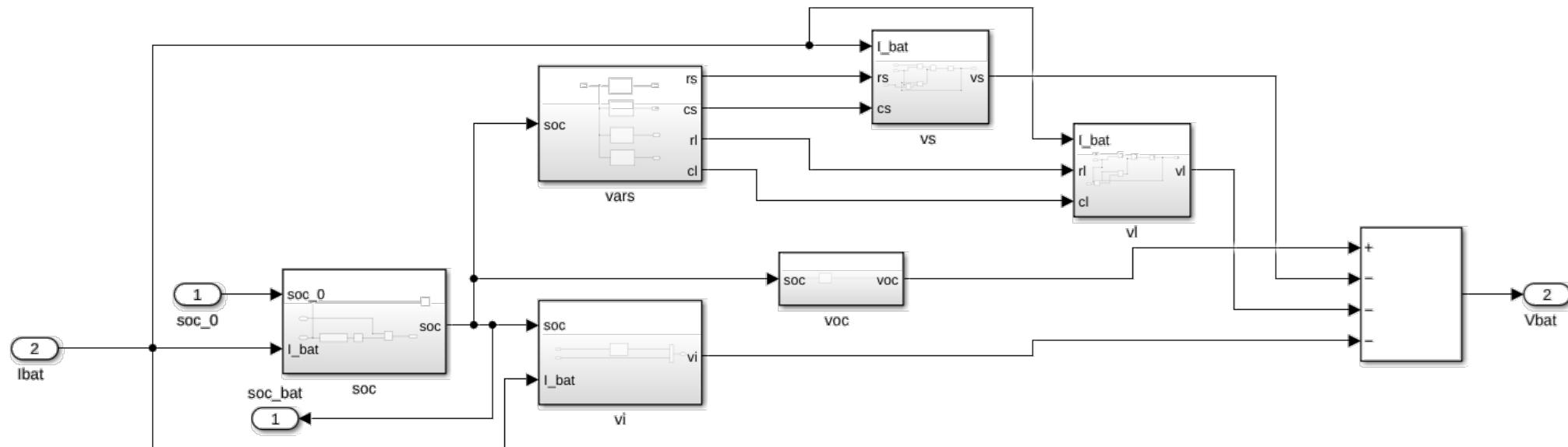
Batterie LiFePO₄

☞ Travail à effectuer : Construire et simuler un modèle de batterie lithium LiFePO₄
(9.6 Ah, 3.2 Vnom)

Sigit Arianto, Rietje Y. Yunaningsih, Edi Tri Astuti, and Samsul Hafiz

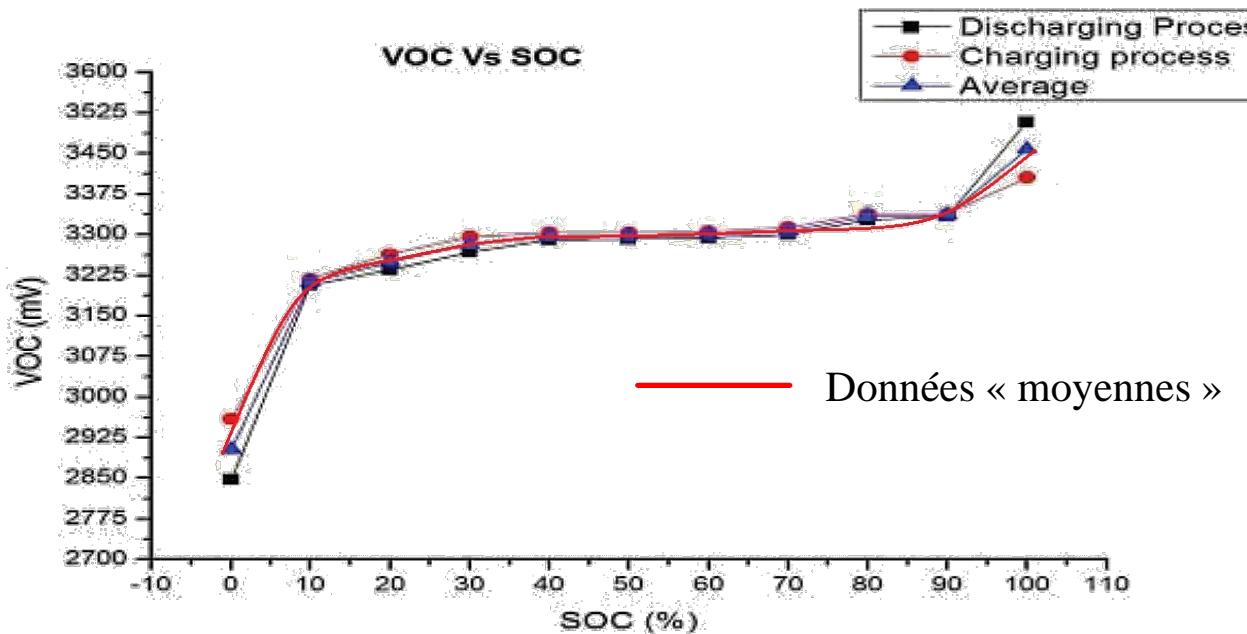
« Development of Single Cell Lithium Ion Battery Model Using Scilab/Xcos »

AIP Conference Proceedings 2016



Batterie LiFePO₄

☞ Travail à effectuer : Construire et simuler un modèle de batterie lithium LiFePO₄
(9.6 Ah, 3.2 Vnom)



Extraction des données
avec plotdigitizer

Batterie LiFePO₄

Sigit Arianto, Rietje Y. Yunaningsih, Edi Tri Astuti, and Samsul Hafiz

« Development of Single Cell Lithium Ion Battery Model Using Scilab/Xcos »

(9.6 Ah, 3.2 V_{nom})

