

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 %		

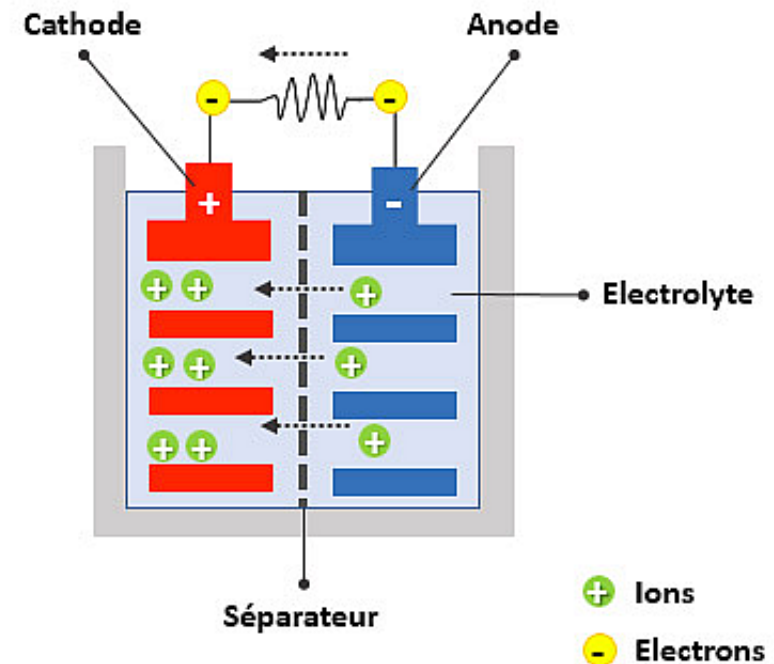
Sommaire

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

Batterie au lithium

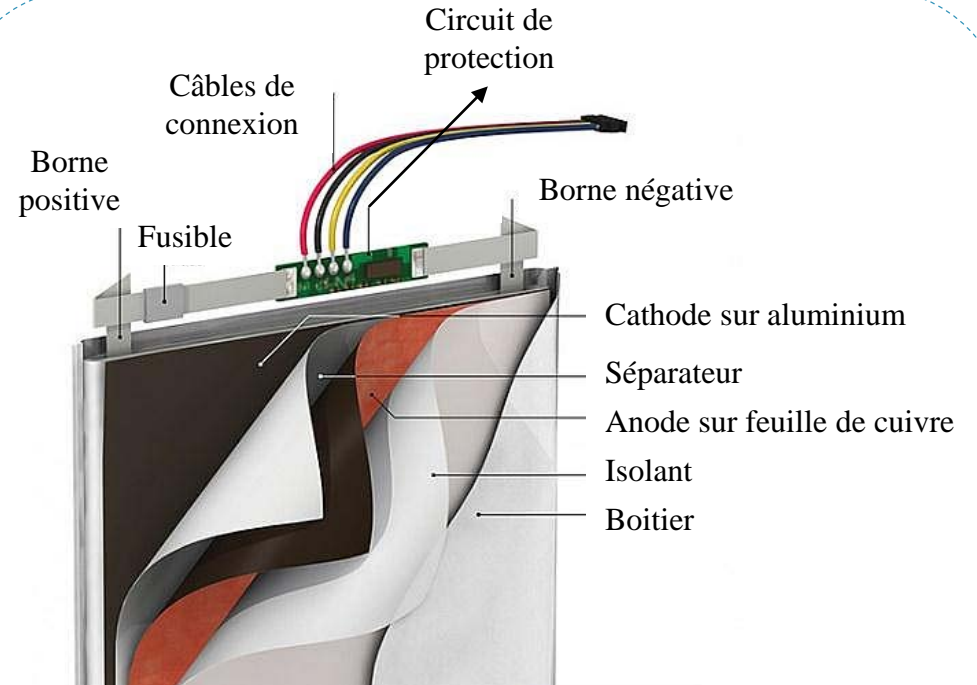
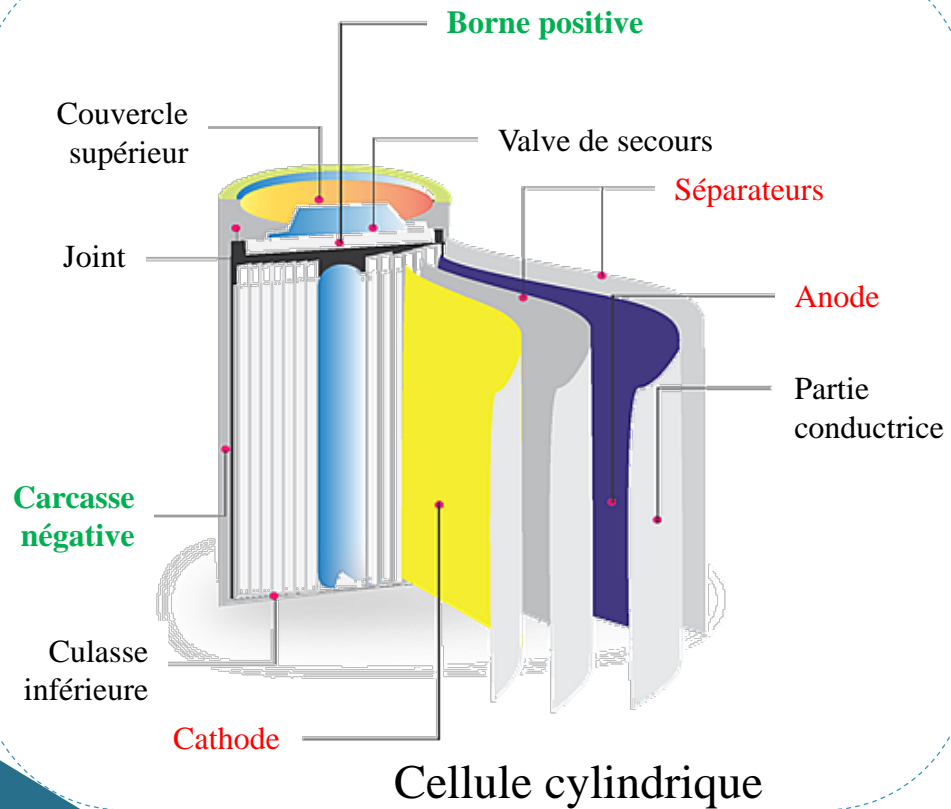
Constitution :

- 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

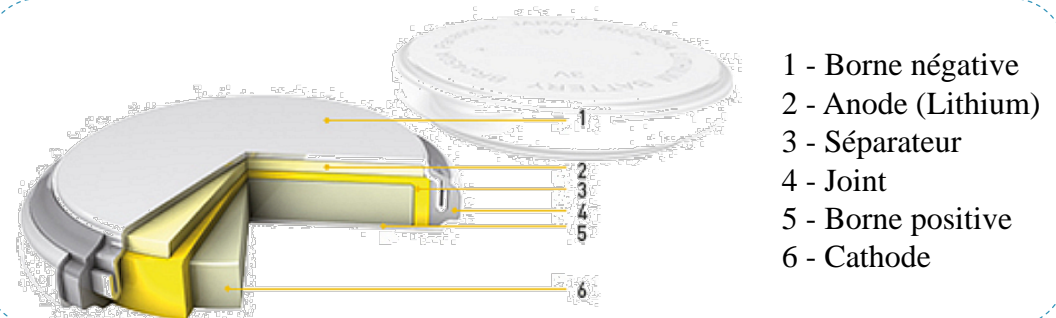


Batterie au lithium

Constitution :

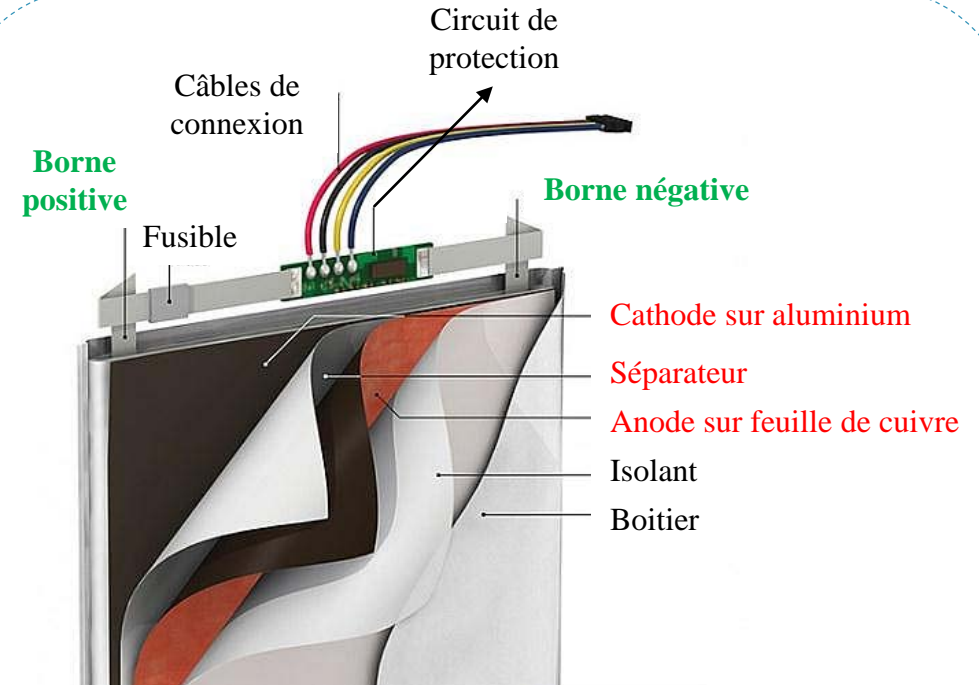
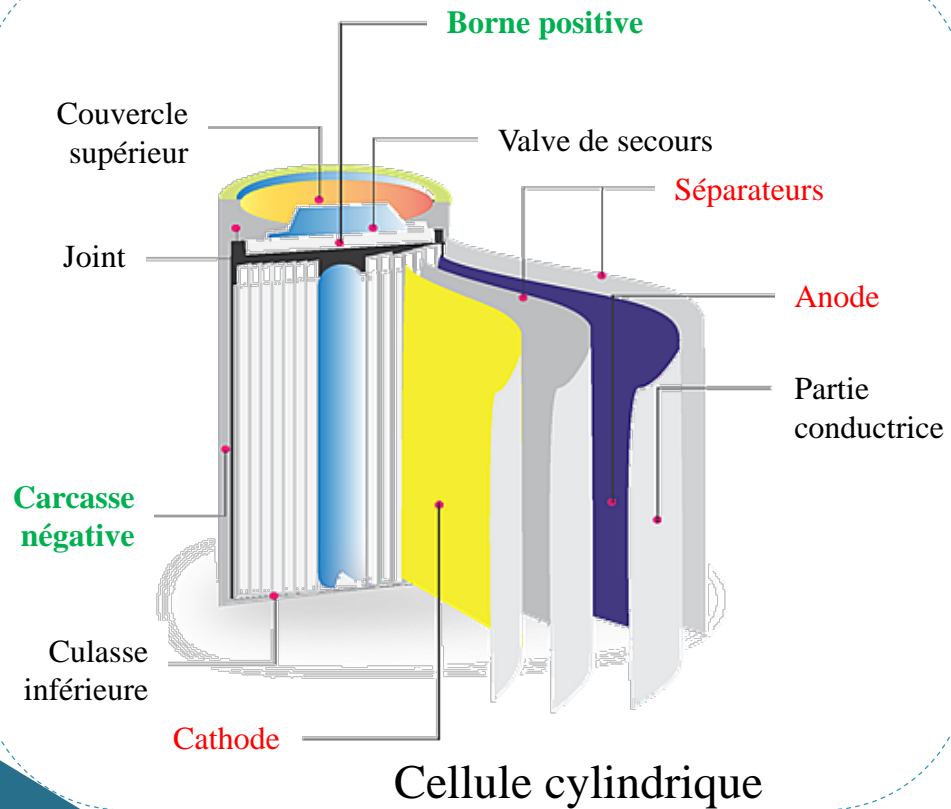


Cellule prismatique

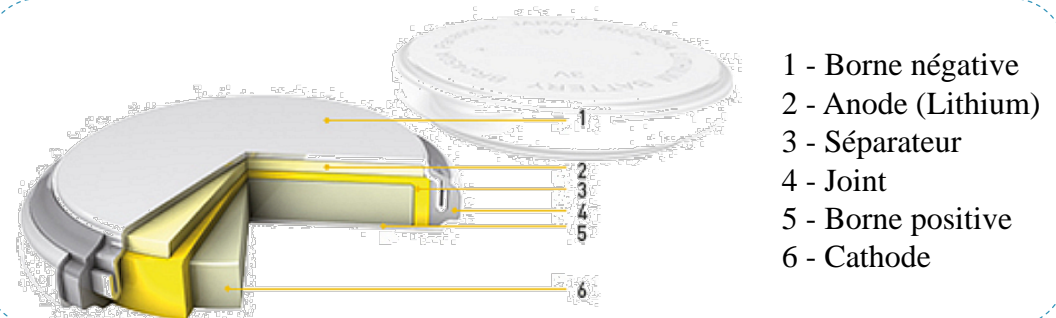


Batterie au lithium

Constitution :

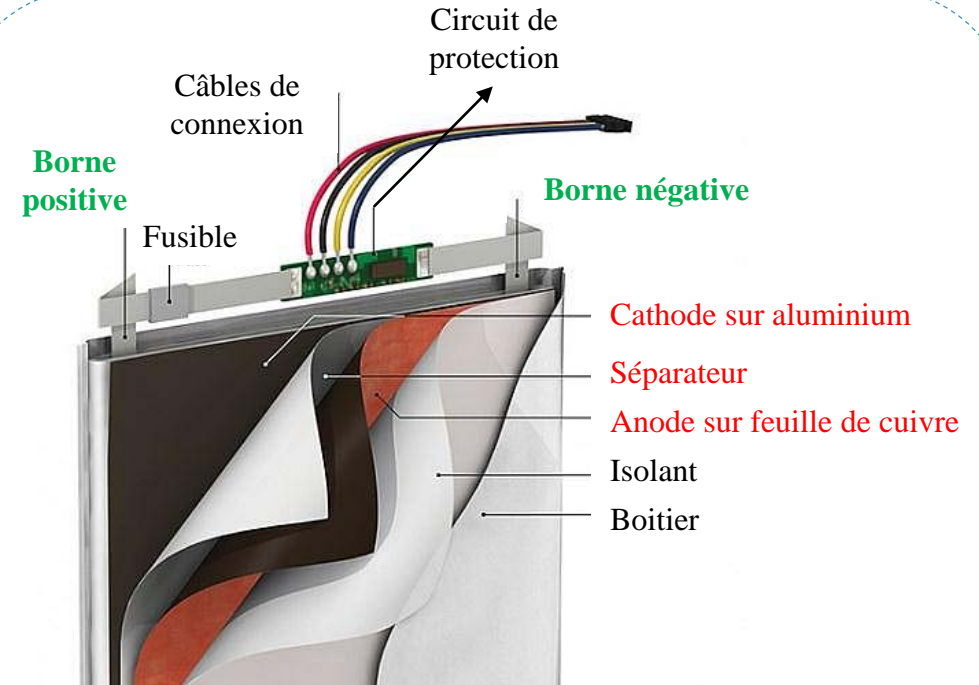
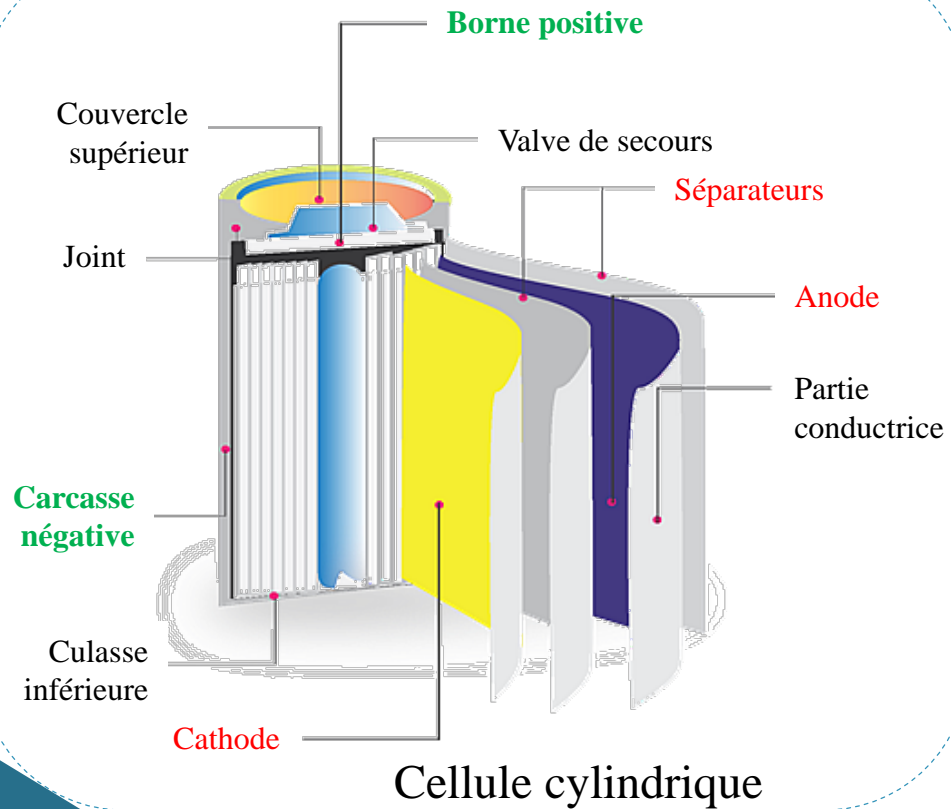


Cellule prismatique

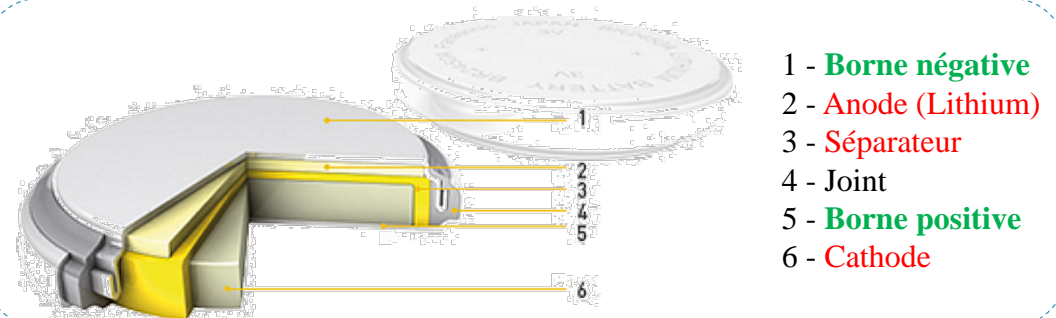


Batterie au lithium

Constitution :

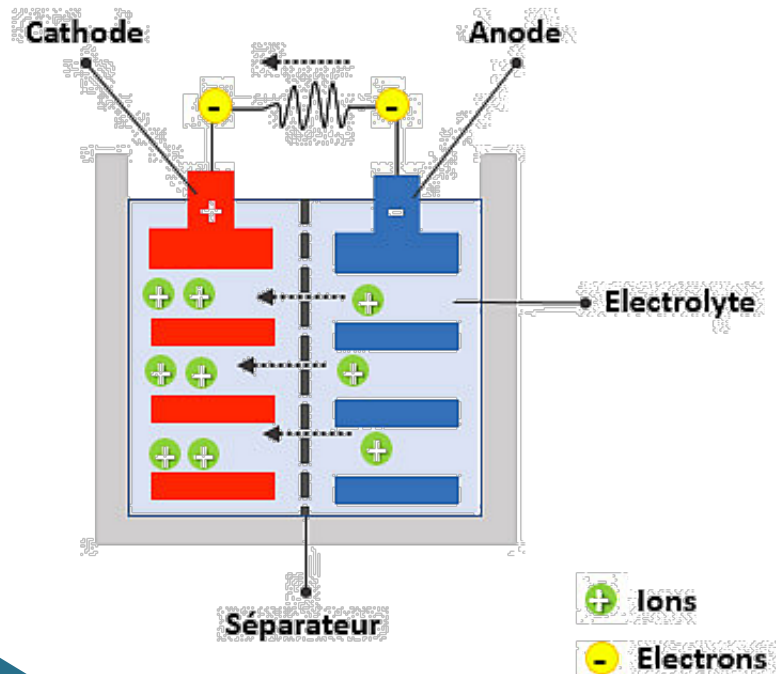


Cellule prismatique



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,...

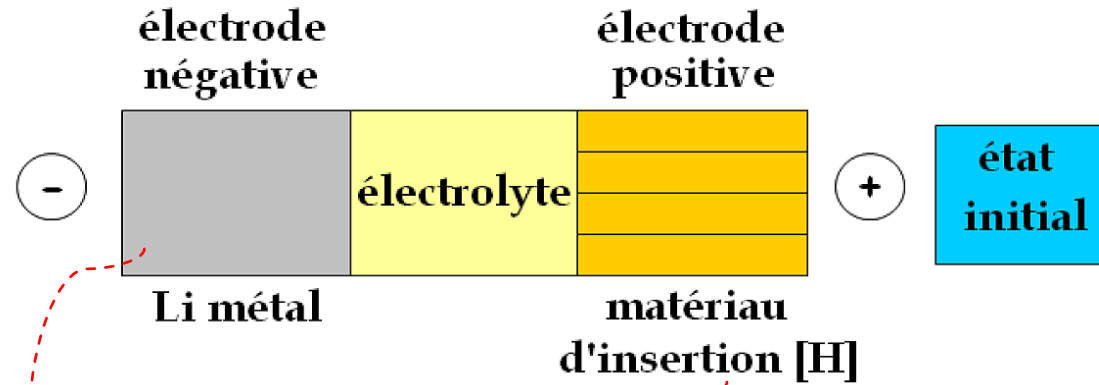
Electrolyte : sel de lithium LiPF_6 dissous dans un mélange de carbonate d'éthylène, de carbonate de propylène ou de tétrahydrofurane)...

Séparateur : élément microporeux en polymère

Batterie au lithium

Fonctionnement :

(exemple batterie lithium métal)



Perte facile d'électrons lors d'une réaction d'oxydation

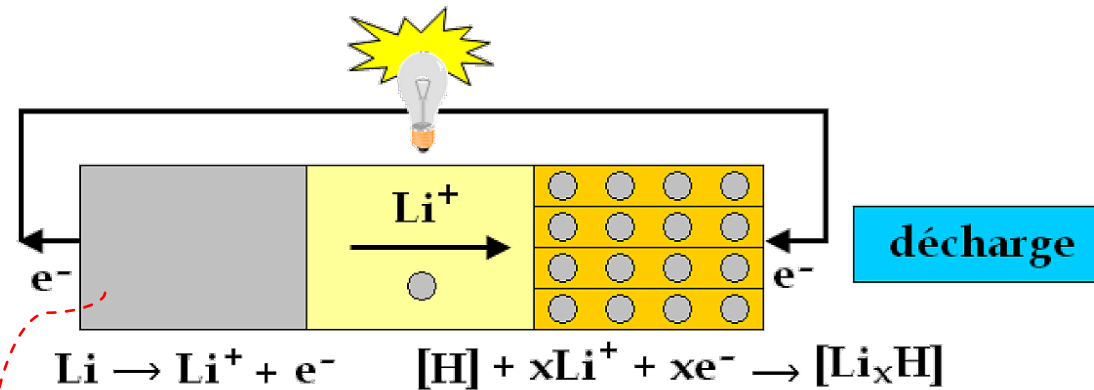
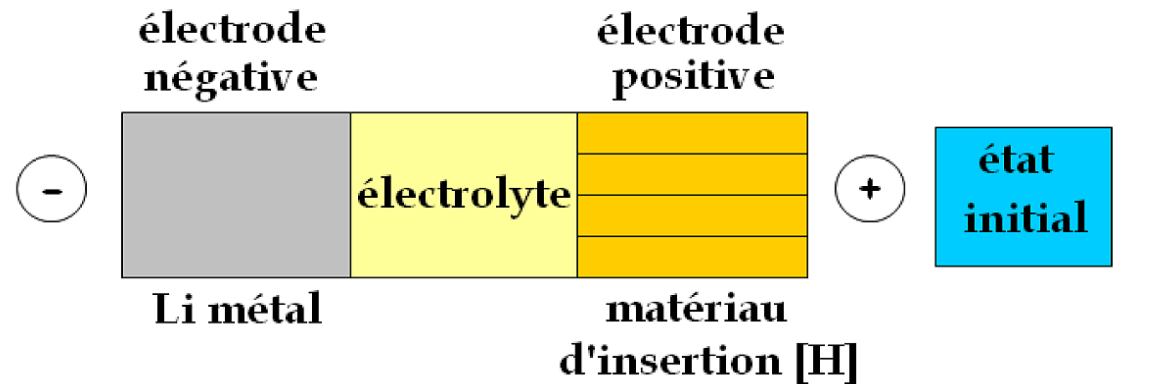
Oxyde métallique lithié pour intercaler le lithium :
 LiFePO_4 , $\text{LiCo}_x\text{Ni}_y\text{Al}_z\text{O}_2$

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

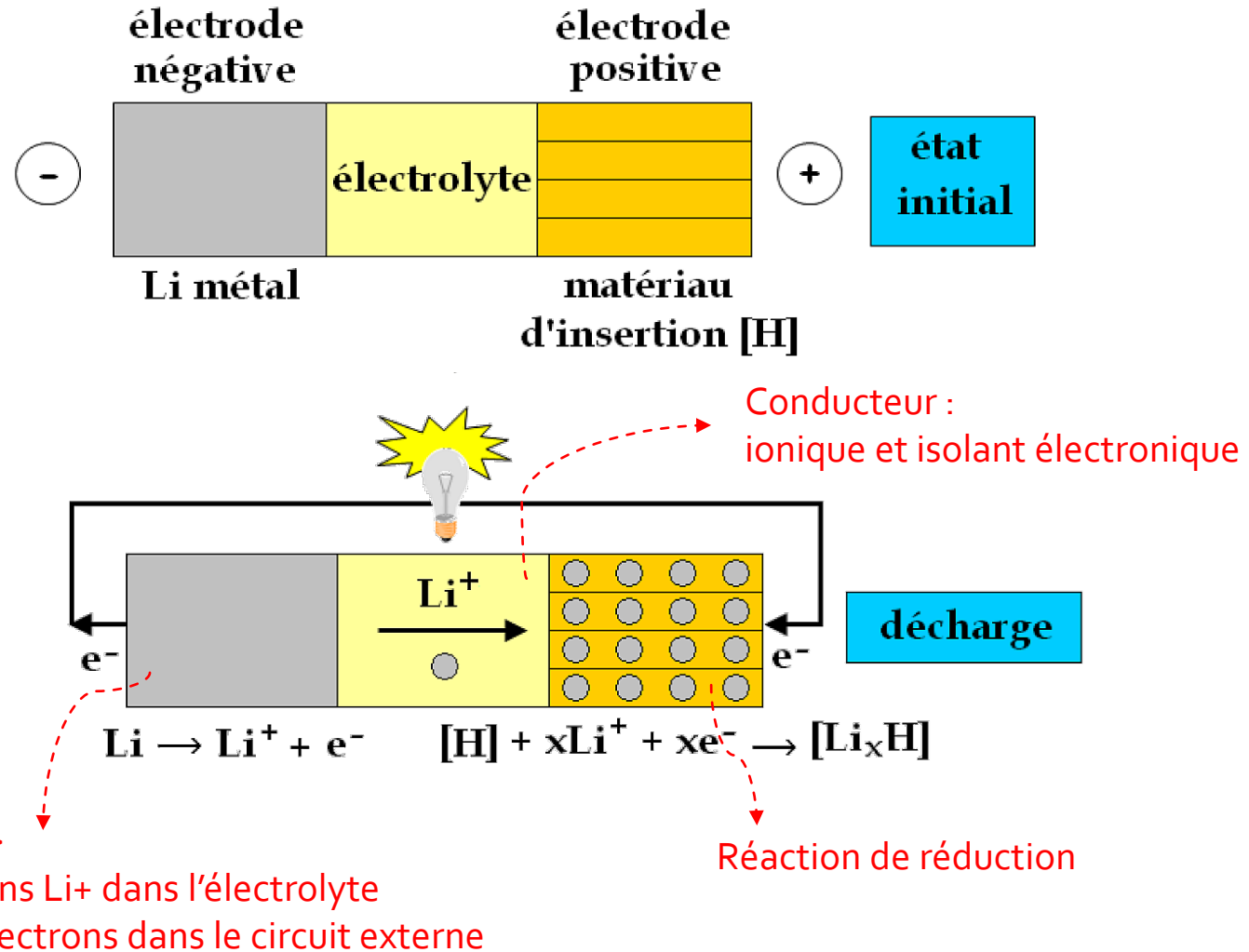
Thèse de doctorat 12/2010

Batterie au lithium

Fonctionnement :

(exemple batterie lithium métal)

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



Benoit Fleutot

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

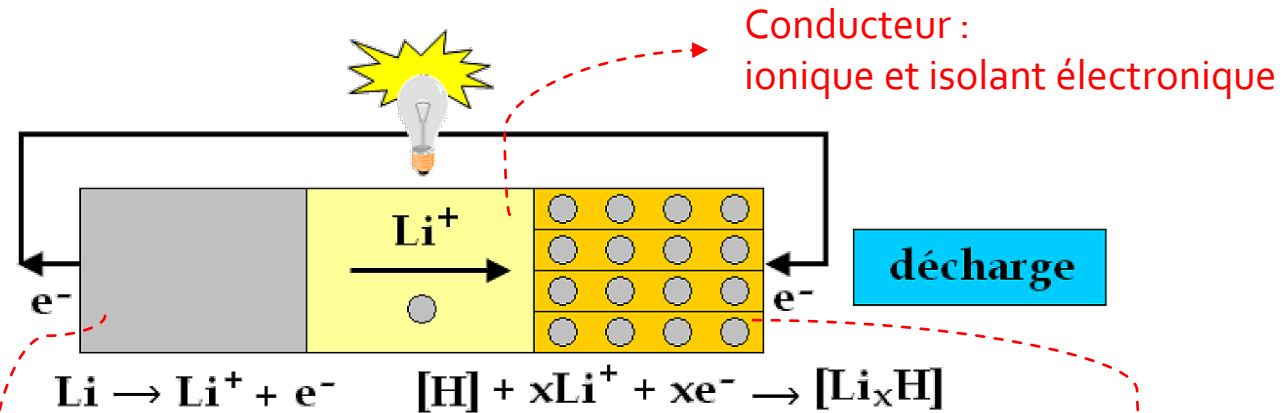
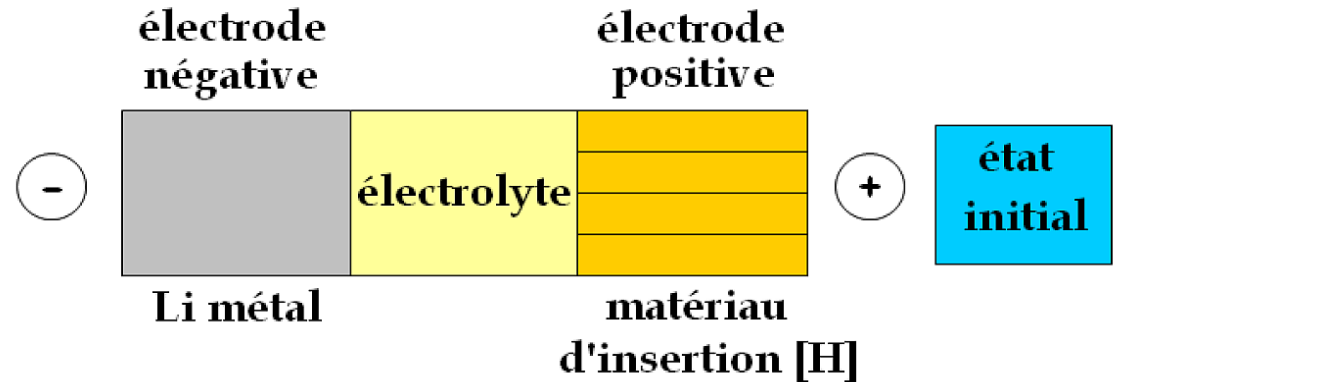
Thèse de doctorat 12/2010

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

Insertion dans le matériau hôte [H]
captation électrons et ions

Benoit Fleutot

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

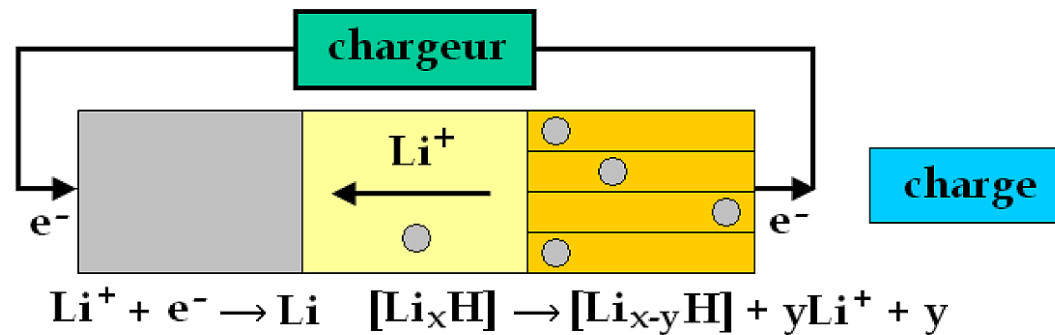
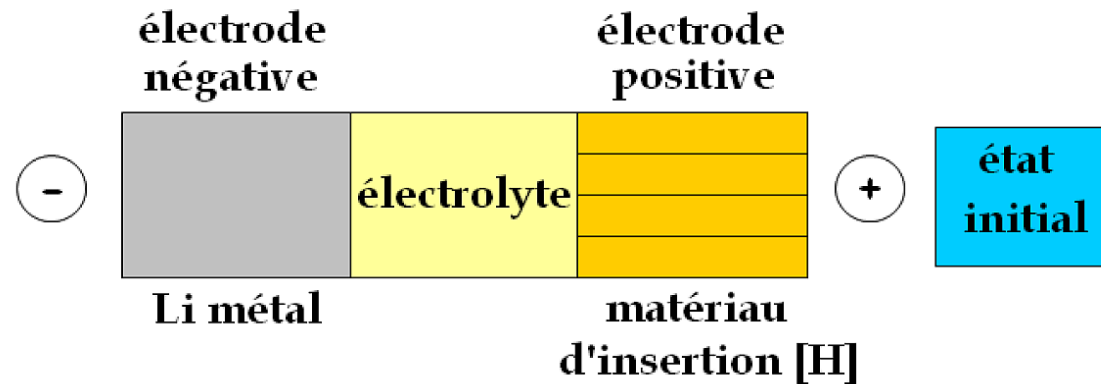
Thèse de doctorat 12/2010

Batterie au lithium

Fonctionnement :

(exemple batterie lithium métal)

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



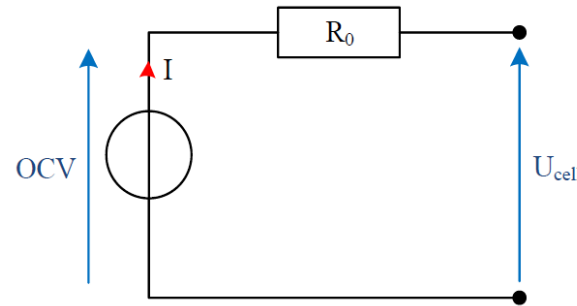
Réaction d'oxydation inverse

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 :

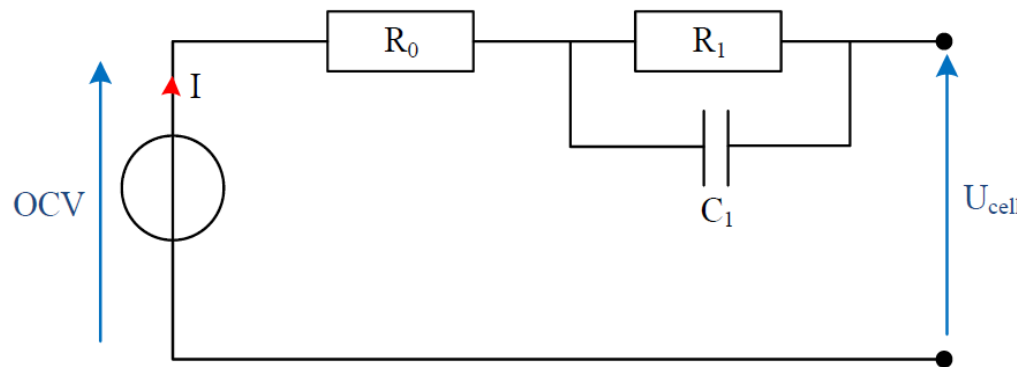


Le plus simple :

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 :

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

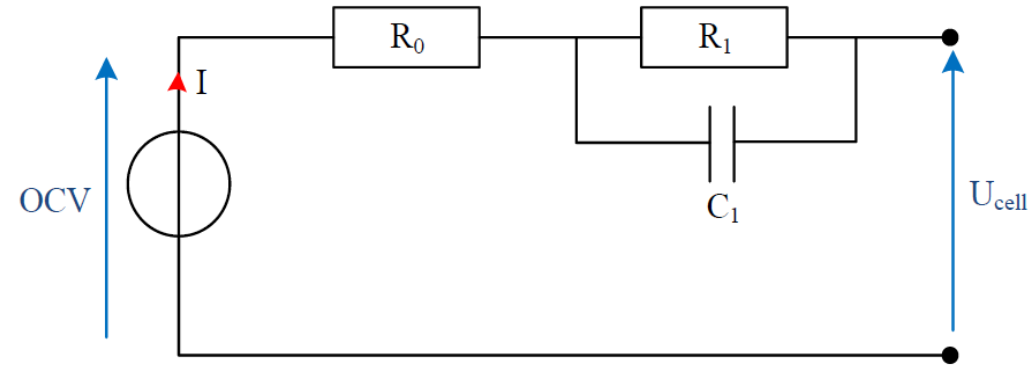
- $R_1 = f(\text{SoC}, \text{signe}(I))$

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

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 $R = R_0$

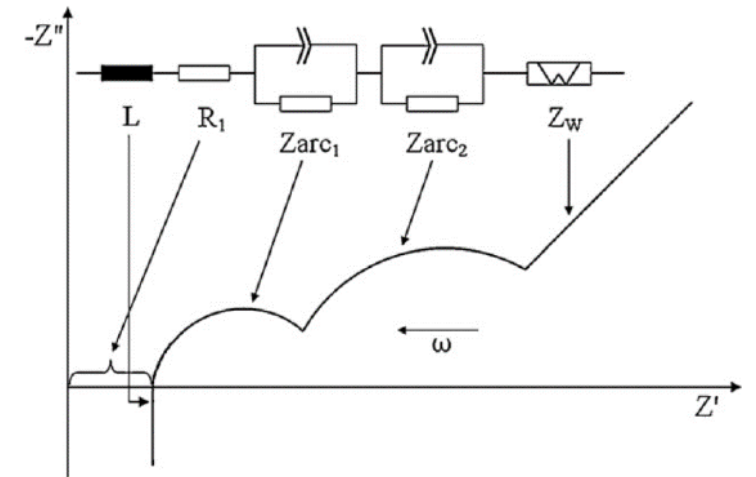
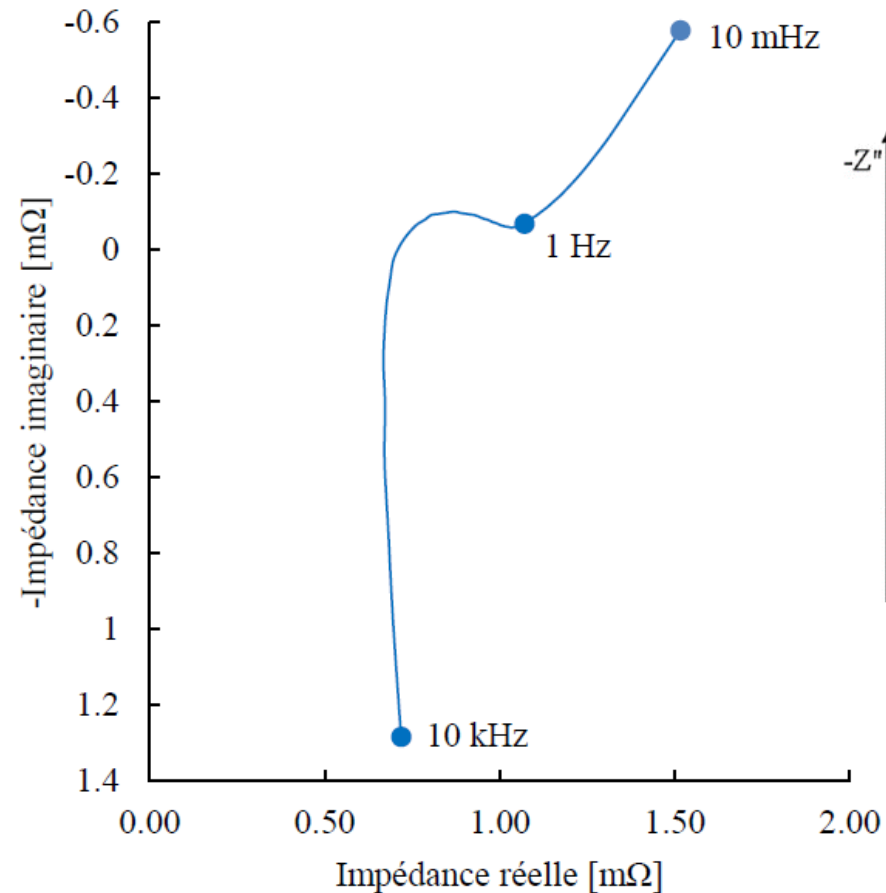
Si ΔU est mesuré en régime établi alors $R = R_0 + R_1$

Modèles de batterie au lithium

Modèles électriques :

Spectroscopie d'impédance électrochimique :

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



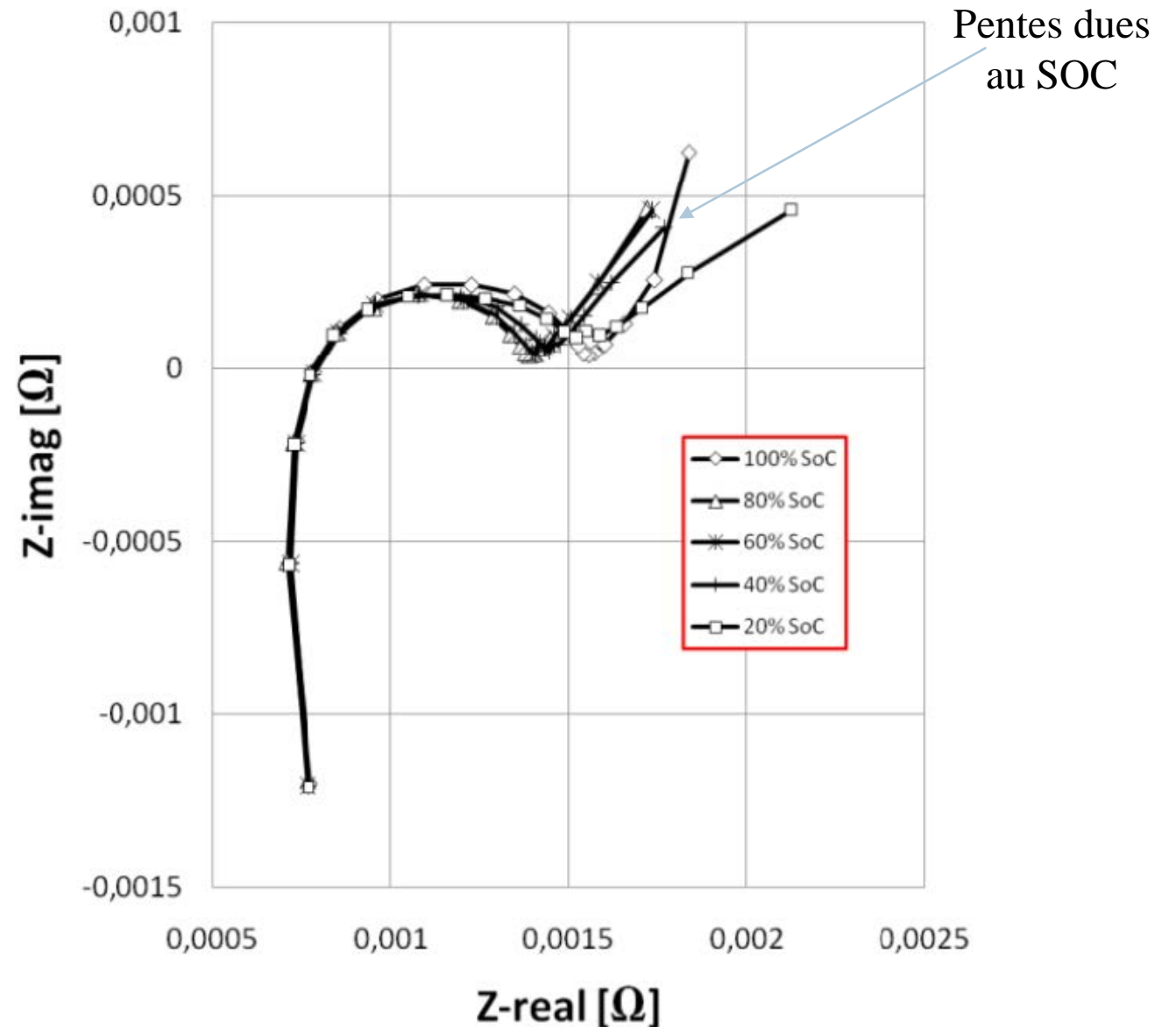
Modèles de batterie au lithium

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'emballlement 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> :



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

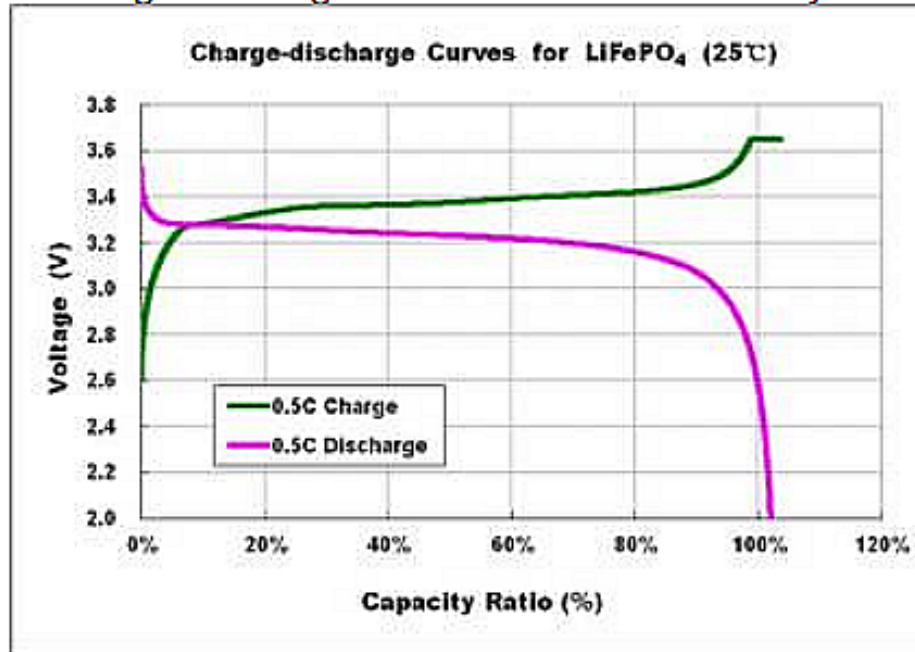
Batterie LiFePO₄

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

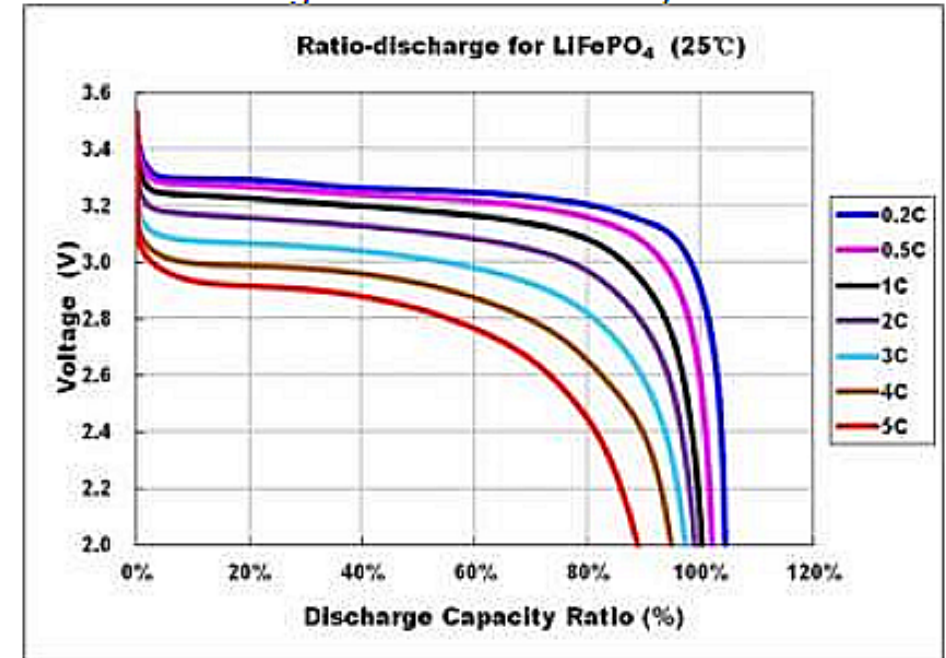


NEW ENERGY TECHNOLOGY CO.
www.hecobattery.com

1. Charge-discharge Curves for LiFePO₄ battery



2. Ratio-discharge for LiFePO₄ battery



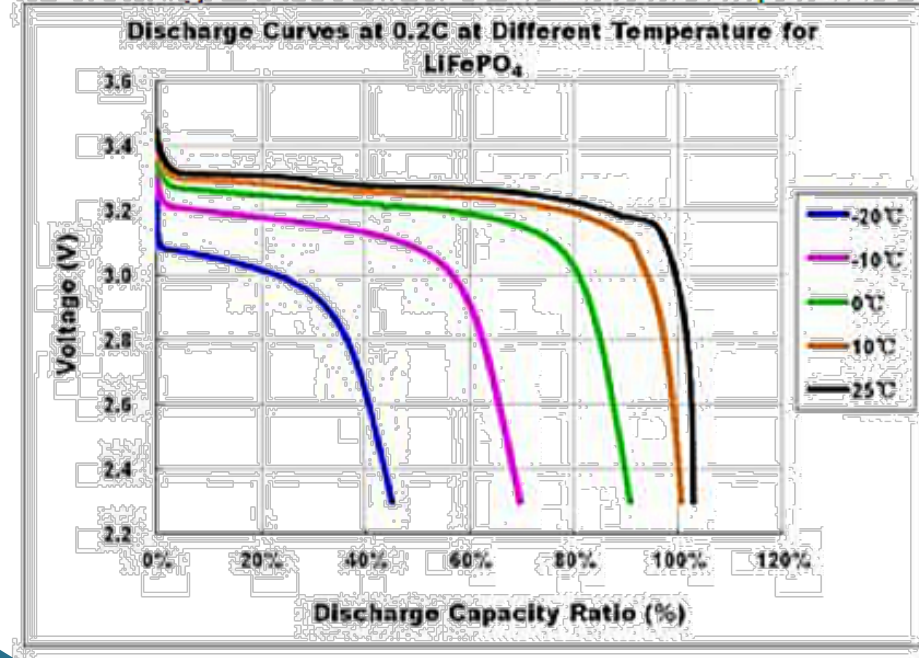
Batterie LiFePO4

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

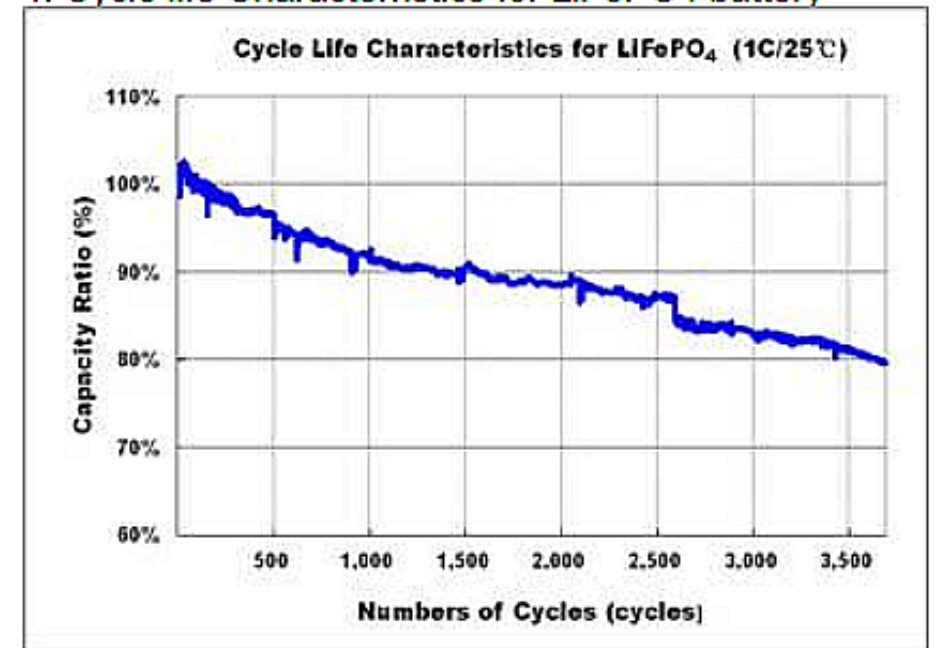


NEW ENERGY TECHNOLOGY CO.
www.hecobattery.com

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



4. Cycle life Characteristics for LiFePO4 battery



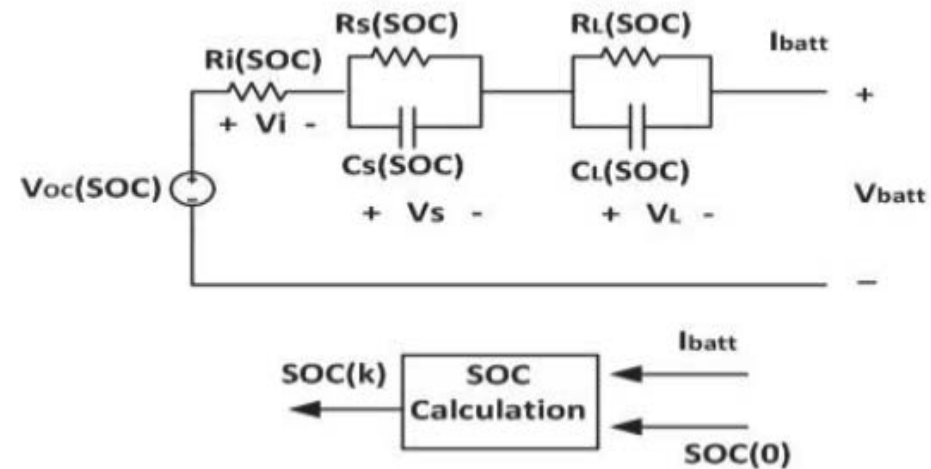
Batterie LiFePO4

- ✂ 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



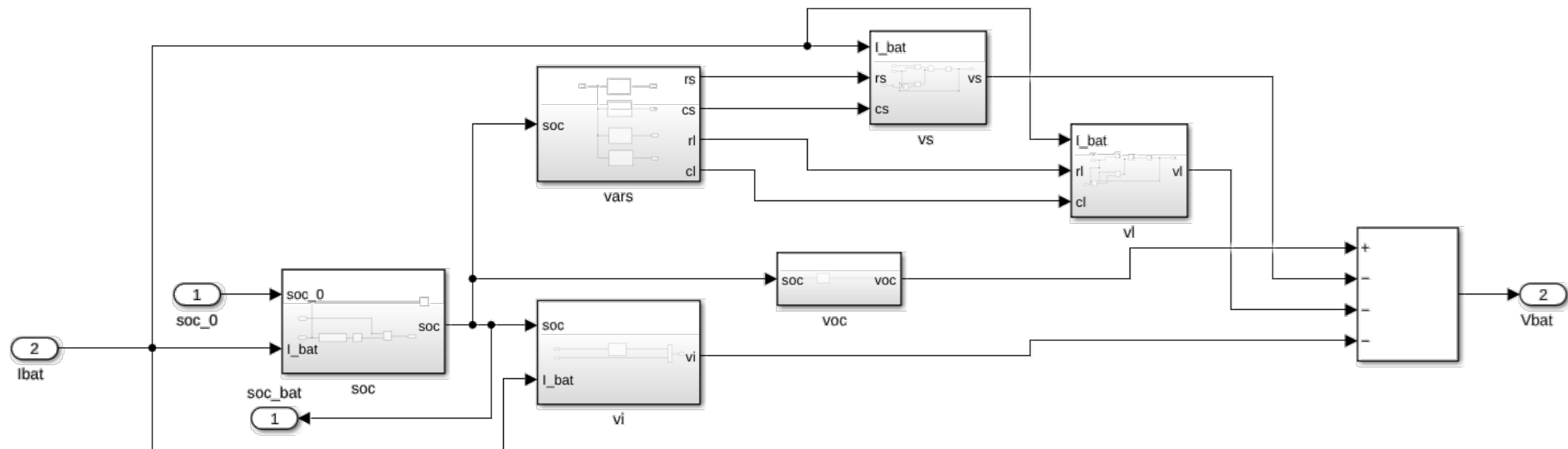
Batterie LiFePO4

- ✂ 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

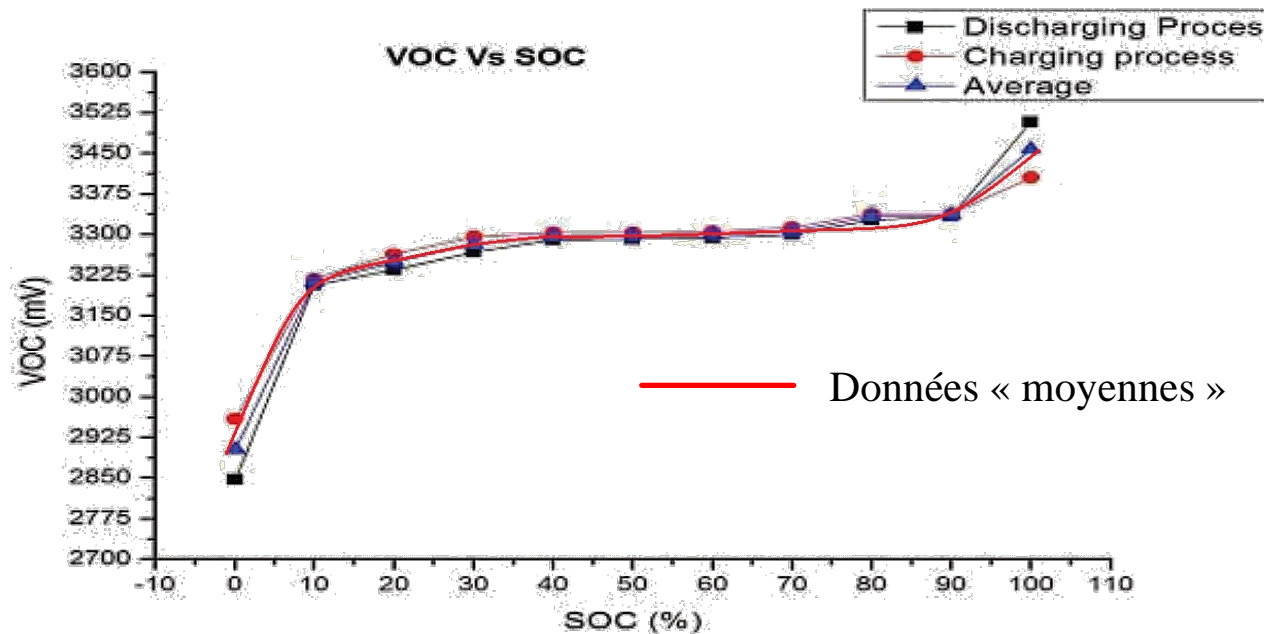
« **Development of Single Cell Lithium Ion Battery Model Using Scilab/Xcos** »

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})

