



**IMT Nord Europe**  
École Mines-Télécom  
IMT-Université de Lille

# Conception d'un BMS

Mise a jour 30/04

## Sommaire

- Partie I : Construire un modèle précis de la dynamique d'un pack batterie basé sur le placement optimal d'un nombre limité de capteurs
- Partie II : Développer des algorithmes pour estimer l'évolution de l'état de chaque cellule du pack batterie - **estimer le ECM pour mettre dans le kalman filtre | create from scratch the kalman filter et deep learning**
- Partie III : Concevoir un algorithme de détection et de localisation de défauts dans les batteries
- Partie IV : Mettre en place un processus de fabrication des batteries avec la possibilité d'intégrations des **capteurs nécessaires à sa supervision.**



**IMT Nord Europe**  
École Mines-Télécom  
IMT-Université de Lille

# Partie I

Le model de la dynamique d'un  
pack batterie

- Partie 1.1 : Choix du type de modèle à utiliser -**TSPMeA**
- Partie 1.2 : Construction du modèle dans Simulink -  
**Diode**
- Partie 1.3 : Test du modèle dans Simulink - **CC CV, voir  
quelles sont des parameters plus inportant pour le  
velitesiement, temperature**
- Partie 1.4 : Intégration du modèle avec dSpace - **code  
generator + changer de modele pour controller le  
voltage**



**IMT Nord Europe**  
École Mines-Télécom  
IMT-Université de Lille

# Partie I.1 : Choix du type de modèle à utiliser

# Types des modèles

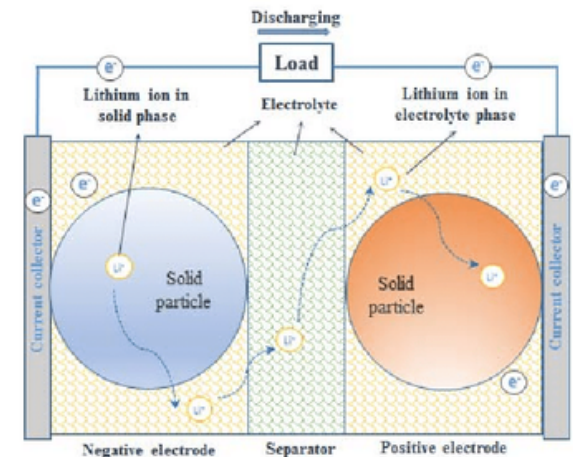
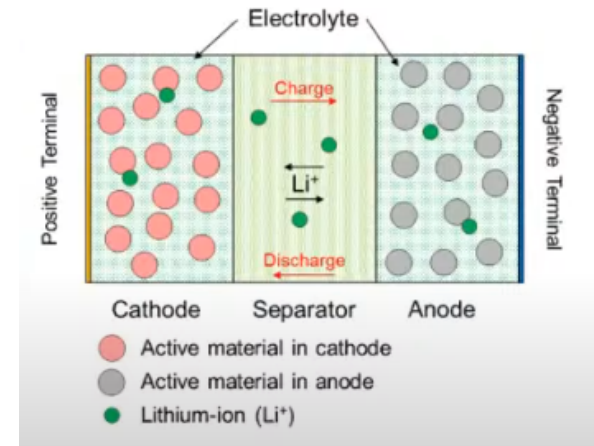
- Equivalent Circuit Model
  - Représentation unique d'une cellule comme un circuit électrique;
  - La complexité du modèle et le nombre de variables sont plus petits, donc le temps de simulation est réduit et l'acuratie est également;
  - Exemples : Rint Model, Thevenin 1/2 RC Model, PNGV Model...
- Électrochimique
  - Représentation de la batterie au niveau moléculaire au-delà de la modélisation des réaménagements chimiques
  - Exemples : P2D Model / Doyle-Fuller-Newman model (DFN), SP Model, PNGV Model...

# Types des modèles

- Equivalent Circuit Model
  - Représentation unique d'une cellule comme un circuit électrique;
  - La complexité du modèle et le nombre de variables sont plus petits, donc le temps de simulation est réduit et l'acuratie est également;
  - Exemples : Rint Model, Thevenin 1/2 RC Model, PNGV Model...
- Électrochimique
  - Représentation de la batterie au niveau moléculaire au-delà de la modélisation des réaménagements chimiques
  - Exemples : Pseudo 2 Dimentional Model (P2D) / Doyle-Fuller-Newman Model (DFN), Single Particle Model (SPM)...

# Types des modèles électrochimiques

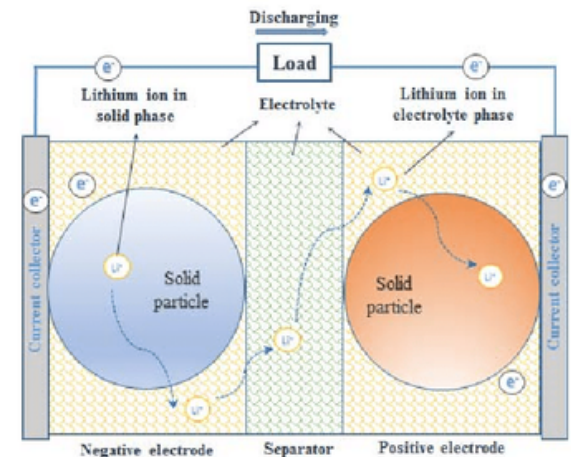
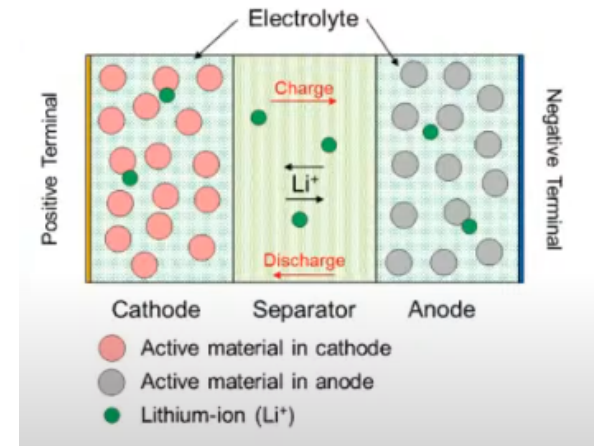
- P2D / DFN Model
  - Les équations aux dérivées partielles complexes sont utilisées pour la modélisation
  - La précision du modèle est très élevée mais aussi sa complexité et, par conséquent, le coût et le temps de simulation
  
- SPM
  - Version simplifiée du modèle DFN -> équations du modèle réduites à deux
  - Une acuratie plus faible mais une complexité et un temps de simulation considérablement réduits. Il existe des ajouts au modèle pour augmenter son acuratie





# Types des modèles électrochimiques

- P2D / DFN Model
  - Les équations aux dérivées partielles complexes sont utilisées pour la modélisation
  - La précision du modèle est très élevée mais aussi sa complexité et, par conséquent, le coût et le temps de simulation
  
- SPM
  - Version simplifiée du modèle DFN -> équations du modèle réduites à deux
  - Une acuratie plus faible mais une complexité et un temps de simulation considérablement réduits. Il existe des ajouts au modèle pour augmenter son acuratie



# Types des modèles électrochimiques

- Remarque: DFN vs SPM

## PERFORMANCE COMPARISON OF ALL MODELS

Model/metrics	Voltage RMSE (mV)	Temp. RMSE ( $^{\circ}C$ )	Voltage $R^2$	Temp. $R^2$	Time (sec)
SPM	91.69	13.37	0.5604	-0.4471	3.24
SPM with thermal	103.69	5.75	0.4379	0.7324	2.29
SPMe	85.57	13.38	0.6175	-0.4471	5.46
SPMe with thermal	<b>70.56</b>	1.15	<b>0.7397</b>	0.9894	4.99
DFN	99.15	13.38	0.4868	-0.4471	5.12
DFN with thermal	77.86	<b>1.03</b>	0.6831	<b>0.9914</b>	23

Source: Model Comparison and Selection for Battery Digital Twin Development using PyBaMM

# Types des modèles électrochimiques

- Remarque: DFN vs SPM

**Table 2**

Error between TSPMe and DFN models for different temperatures and C-rates. The first values are the root-mean-squared-error (RMSE) and the second values (in brackets) are the peak error.

	0.5C	1C	2C		0.5C	1C	2C
25 °C	2.10 (5.87)	5.59 (16.35)	23.95 (63.61)	25 °C	0.03 (0.05)	0.15 (0.29)	1.14 (1.92)
10 °C	1.72 (5.10)	4.97 (14.62)	22.58 (60.71)	10 °C	0.02 (0.04)	0.13 (0.24)	1.07 (1.75)
0 °C	1.64 (4.98)	4.82 (14.05)	22.10 (59.15)	0 °C	0.02 (0.03)	0.13 (0.23)	1.04 (1.70)
(a) Voltage (mV)				(b) Temperature (°C)			

**Table 3**

Computational time (in seconds) for the TSPMe and the TDFN model. The times shown here are the solving times only (they do not include the system assembly time). To obtain reliable measurements each simulation has been run 20 times and the values shown here are the mean and standard deviation of the samples.

	0.5C	1C	2C		0.5C	1C	2C
25 °C	0.44 ± 0.02	0.43 ± 0.03	0.47 ± 0.03	25 °C	19.03 ± 0.19	9.25 ± 0.23	9.02 ± 0.14
10 °C	0.44 ± 0.02	0.44 ± 0.04	0.47 ± 0.03	10 °C	18.81 ± 0.06	9.01 ± 0.04	8.44 ± 0.04
0 °C	0.44 ± 0.02	0.43 ± 0.03	0.47 ± 0.05	0 °C	18.64 ± 0.13	9.09 ± 0.09	8.39 ± 0.06
(a) TSPMe				(b) TDFN			

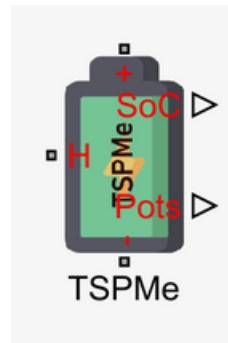
Source: Systematic derivation and validation of a reduced thermal-electrochemical model for lithium-ion batteries using asymptotic methods

# Single Particle Models

- Extensions
  - Single particle model with thermal (TSPM)
  - Single particle model with electrolyte (SPMe)
    - Ce modèle comprend aussi un électrolyte. Ce modèle d'électrolyte considère la diffusion des ions entre électrodes et électrolytes, ainsi que son effet sur ce processus.
  - Single Particle Model with electrolyte and Side Reactions (SPMe+SR) / and Aging (SPMeA)
    - Les mécanismes de dégradation utilisés sont la croissance et le dépôt de lithium (dans l'électrode négative), le changement structurel et la décomposition (dans l'électrode positive) et la fracture des particules (dans les deux électrodes).

# Single Particle Models

- Modélisations déjà faites pour Matlab :
  - Single particle model with electrolyte and thermal (TSPMe)



- Single Particle Model with electrolyte, thermal and Aging (TSPMeA)



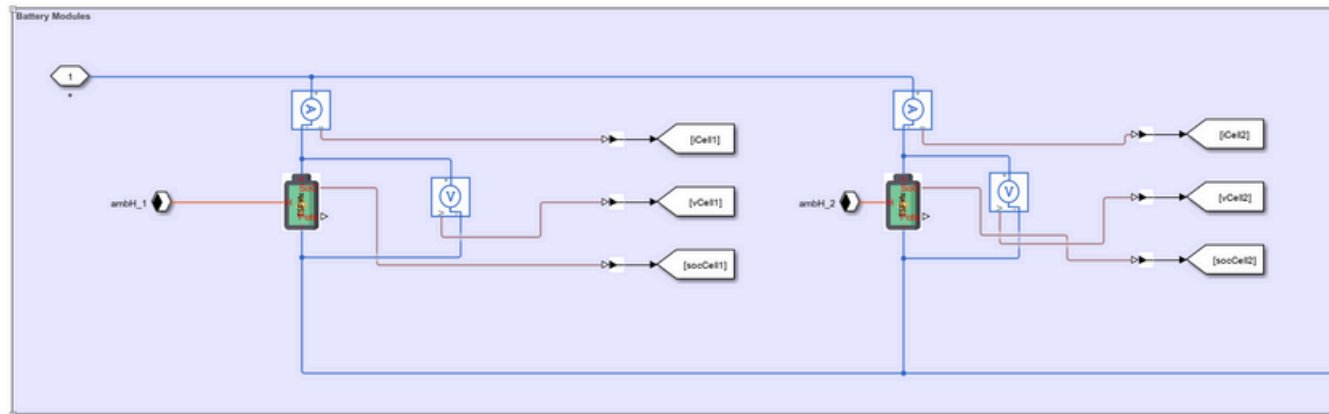


**IMT Nord Europe**  
École Mines-Télécom  
IMT-Université de Lille

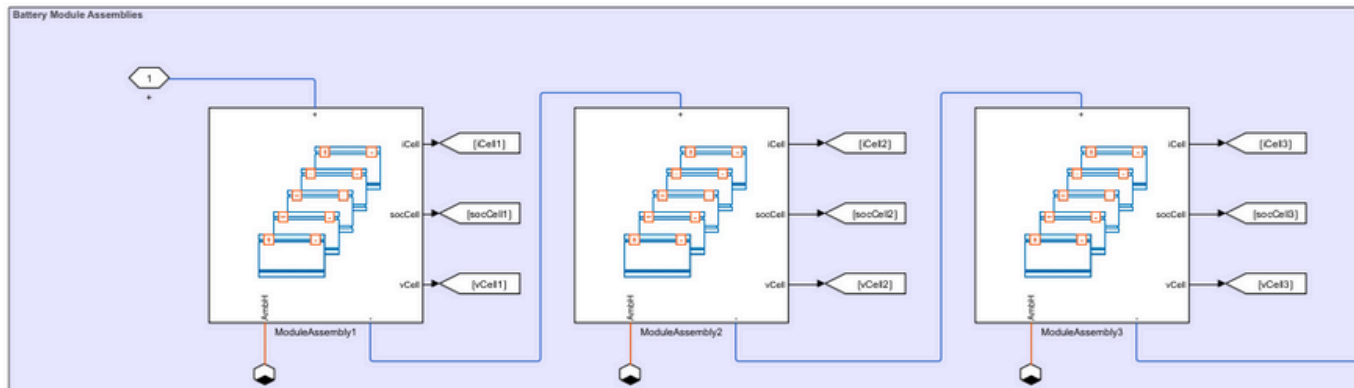
# Partie I.2 : Construction du modèle dans Simulink

# Configuration de la batterie

- Model 2P3S
  - Assemble des cellules (en parallèle) :

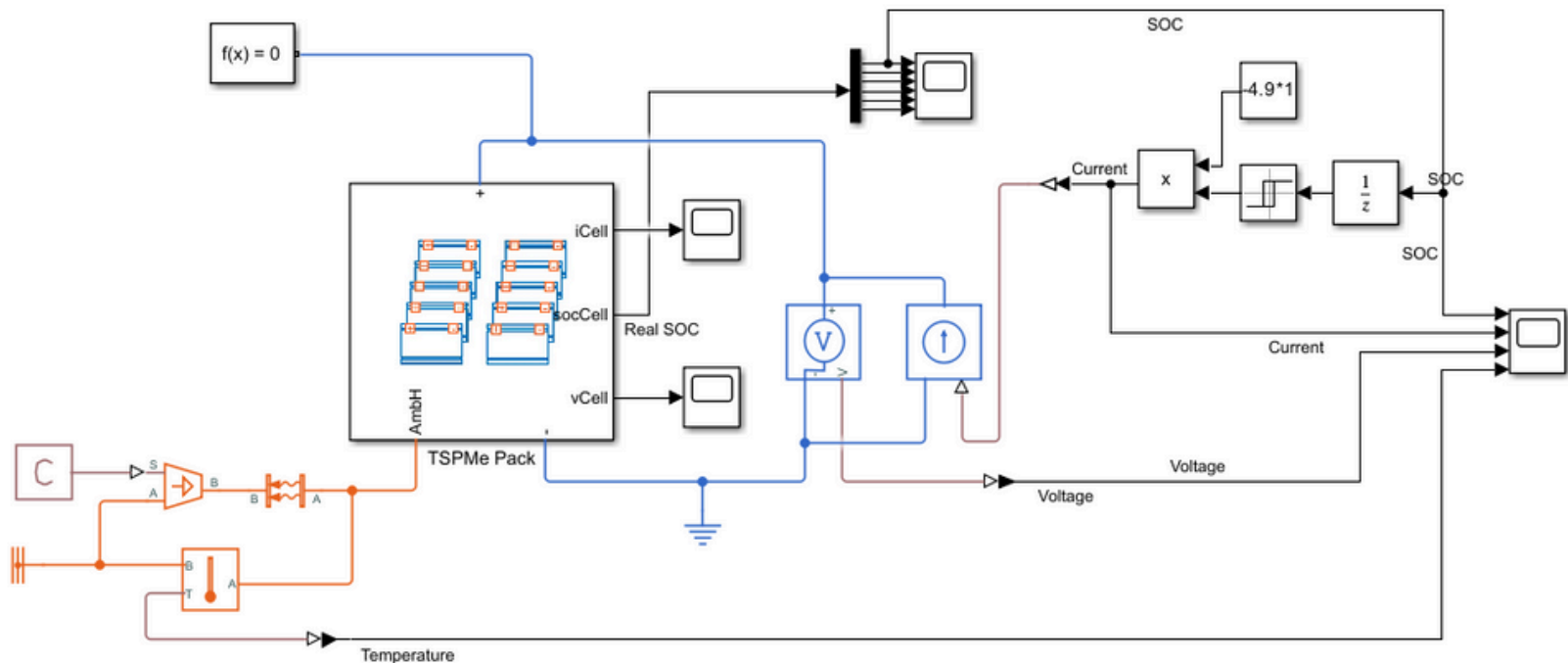


- Assemble des modules (en série) :



# Configuration du circuit pour le test

- CC charge et discharge |  $i = \pm 4.9 \text{ A (1C)}$  |  $T = 298 \text{ K (25}^\circ\text{C)}$  |  $\text{SOC}(0) = 0.5$  |  
RunTime = 10h





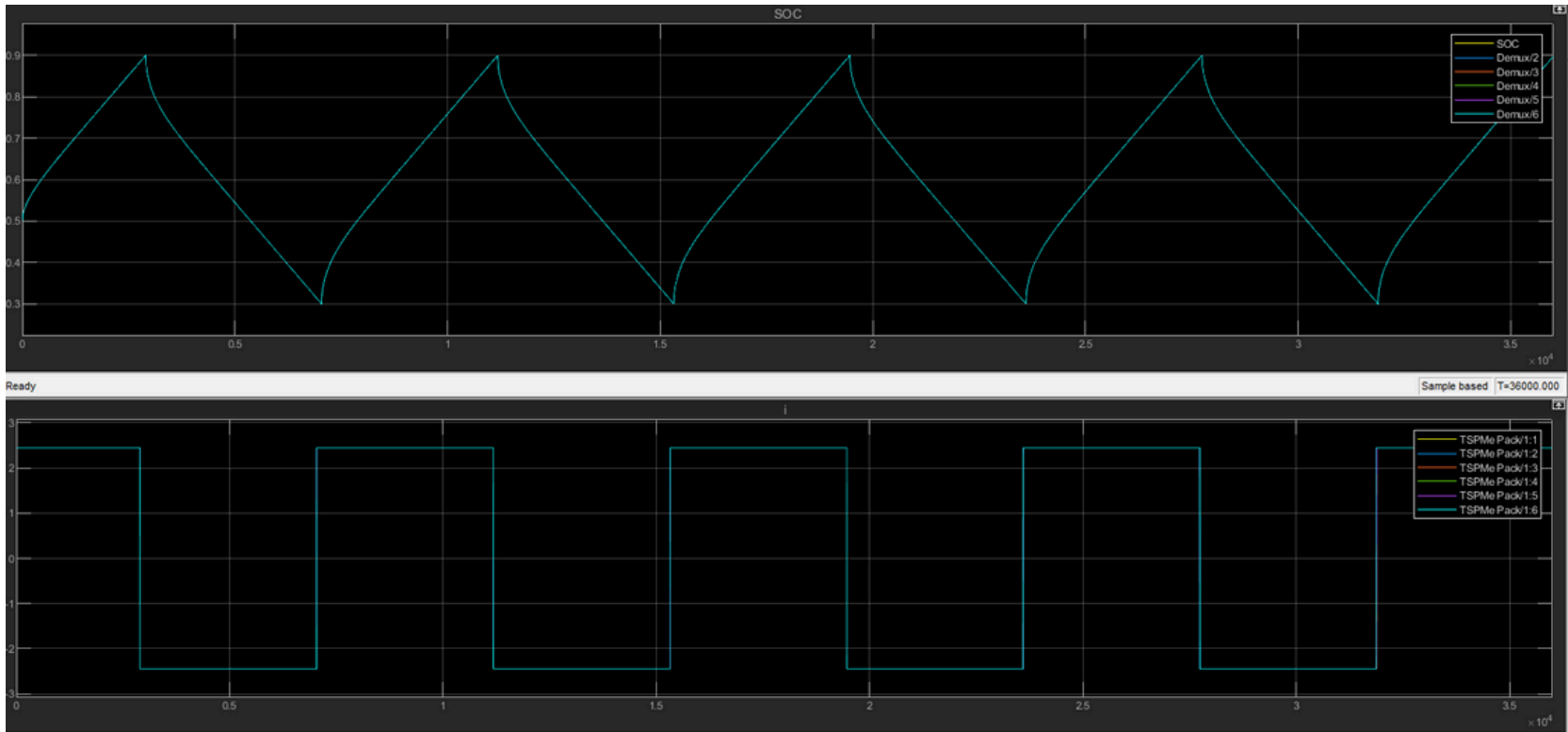


**IMT Nord Europe**  
École Mines-Télécom  
IMT-Université de Lille

# Partie I.3 : Test du modèle dans Simulink

# Même conditions initiales des cellules

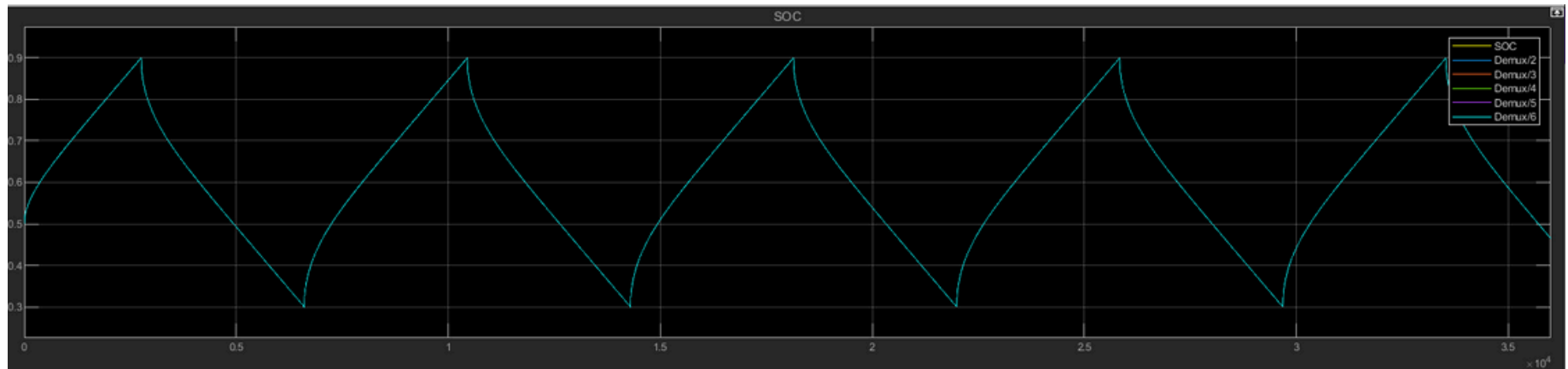
## •Cells SOC



## •Cells current

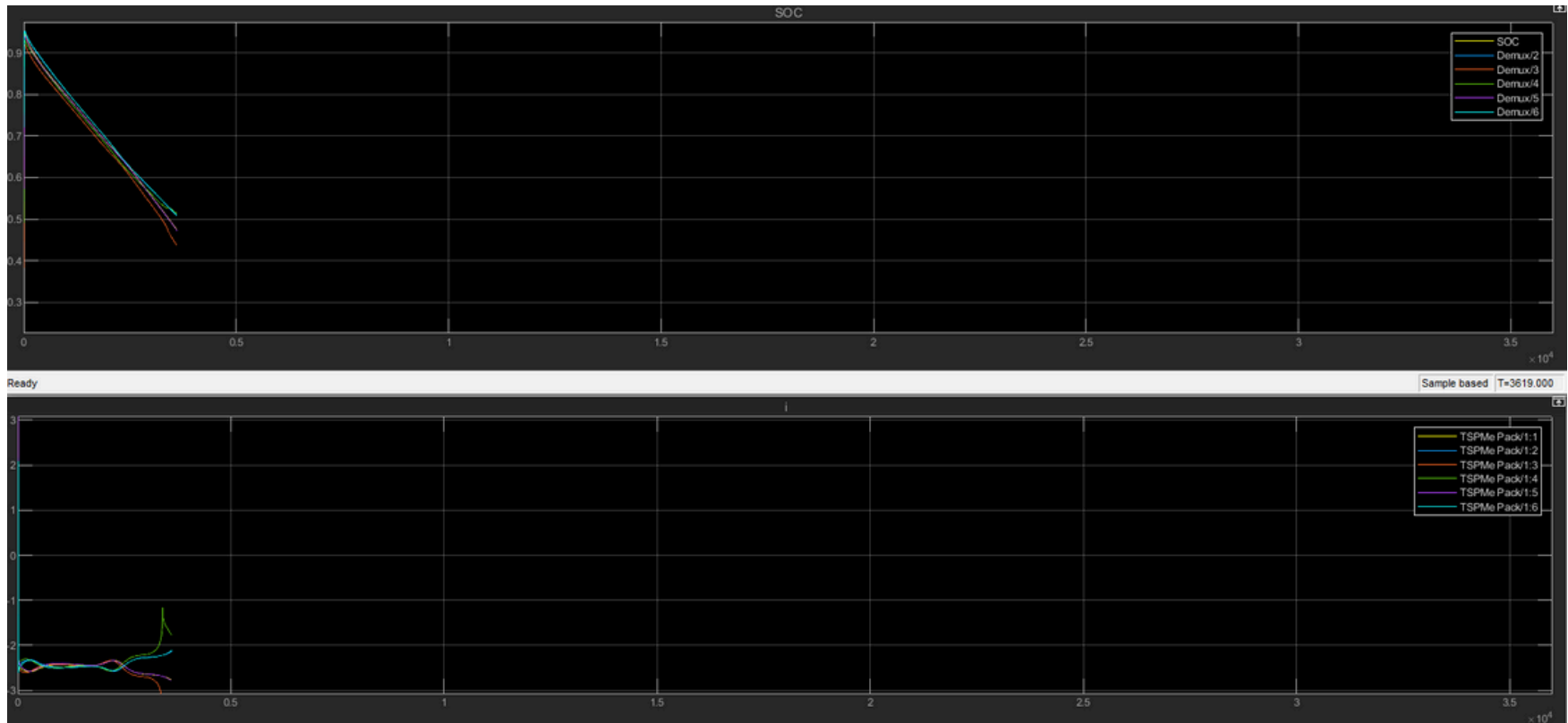
# Même conditions initiales des cellules

- Temperature = 0°C



# Cellulaires avec différents paramètres

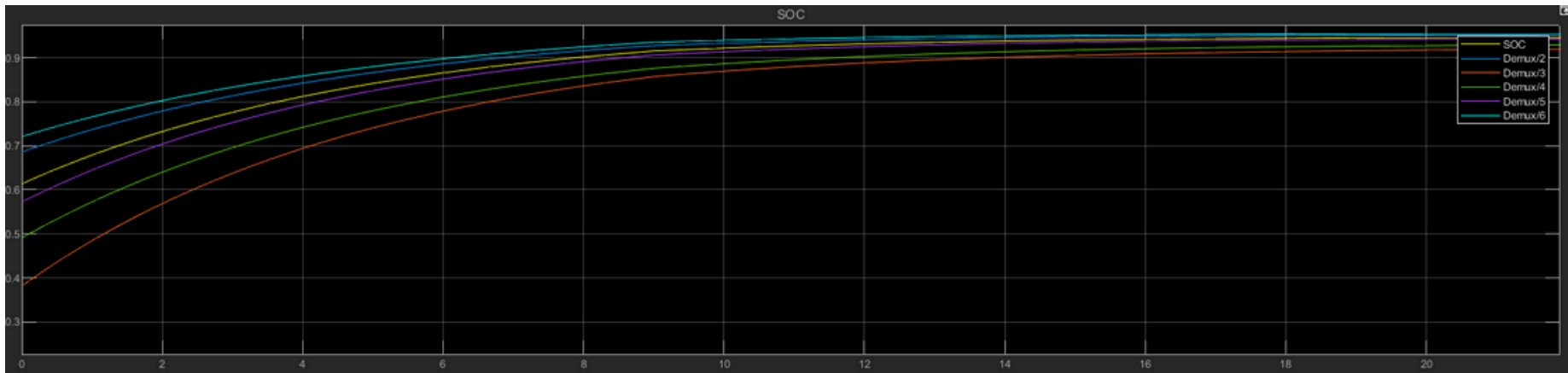
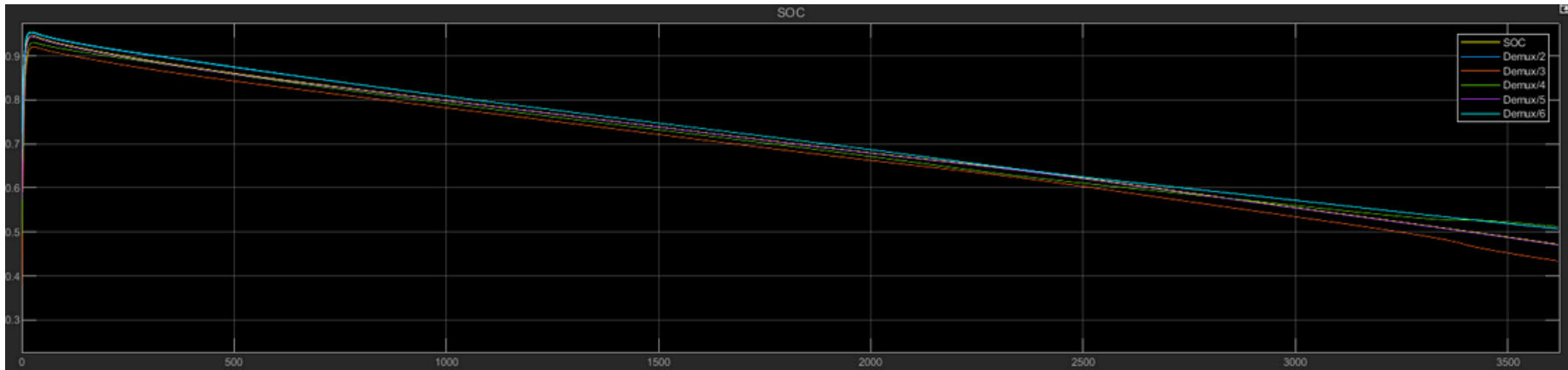
- Différents températures initiales : C11 et C12 = 0°C | Les autres = 25°C



- Erreurs dans la simulation avec différents températures initiales

# Cellulaires avec différents paramètres

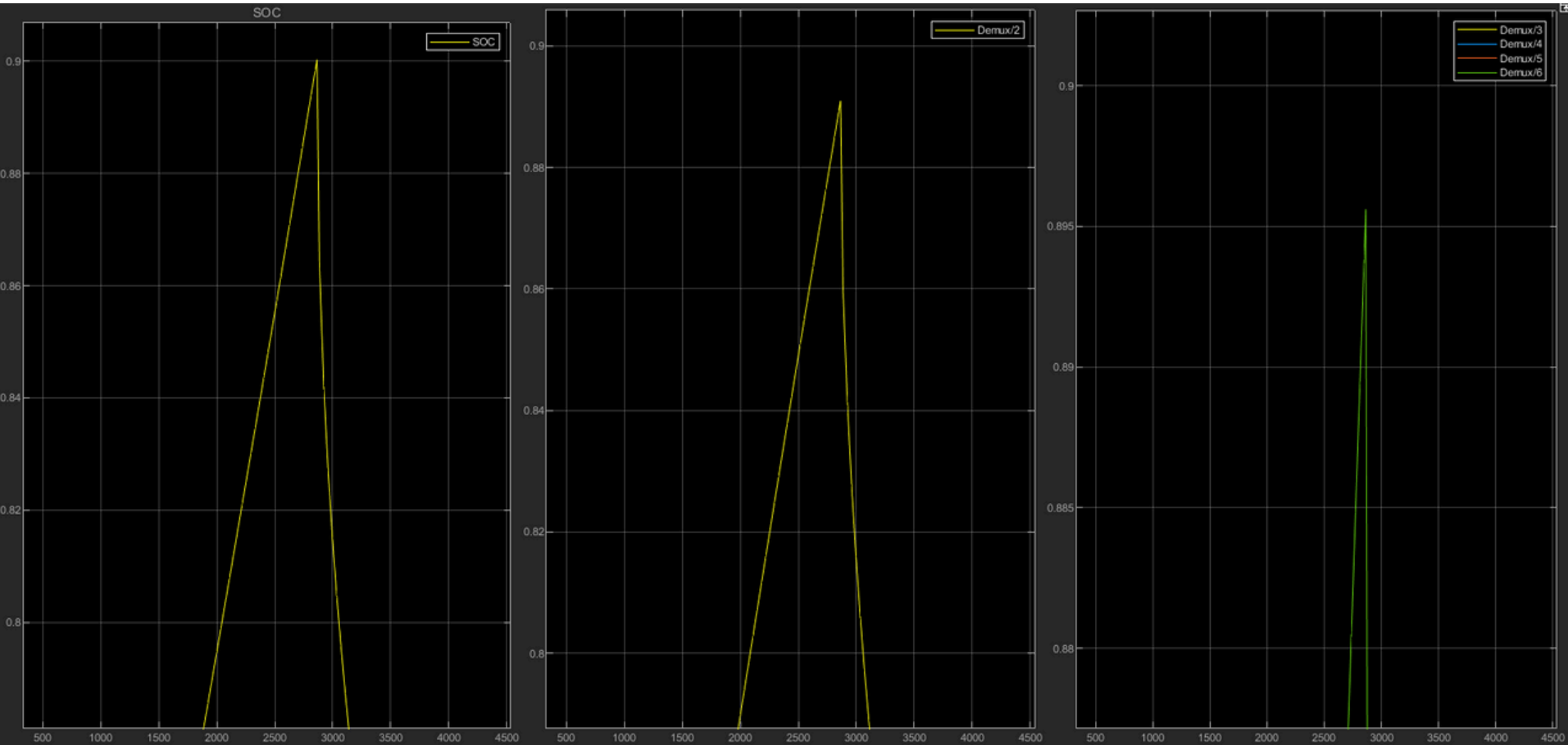
- Erreurs dans le SOC



- Changement de les SOC's initiales de chacun

# Cellulaires avec différents paramètres

- Différents conc des électrolyte initiales :  $C11 = 1.5 \times$  Les autres



# Cellulaires avec différents paramètres

- Différents conc des électrolyte initiales :  $C11 = 1.5 \times$  Les autres

