

SELENSOL

Technologie Lithium-ion pour le Stockage Electrochimique de l'Energie
d'Origine Solaire : Matériaux d'Electrodes, Mécanismes
Electrochimiques, Dispositifs Photovoltaïques avec Stockage Intégré

Partenaires :

- Institut Charles Gerhardt - AIME, UMR 5253, Université Montpellier 2
(Responsable scientifique : Lorenzo STIEVANO)
- Institut Electronique du Sud - GEM, UMR 5214, Université Montpellier 2
(Responsable scientifique : Christian GLAIZE)

(projet cofinancé par le Programme Pluridisciplinaire Energie de l'UM2)

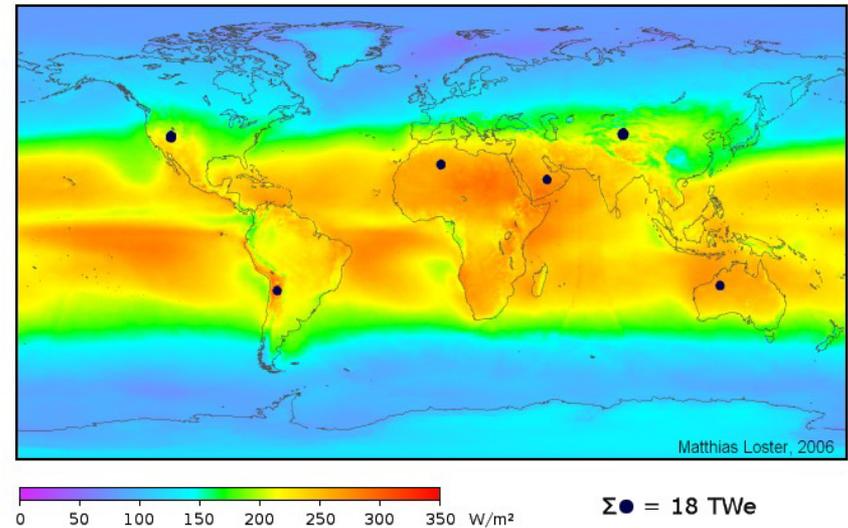
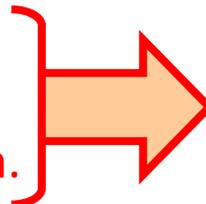
Energie d'origine solaire / photovoltaïque

• Avantages :

- Ressource abondante
- Distribution équitable sur le territoire.
- Durée de vie du matériel.
- Faible temps de retour sur investissement énergétique.
- Idéal pour les sites isolés.
- Energie propre et renouvelable.

• Inconvénients :

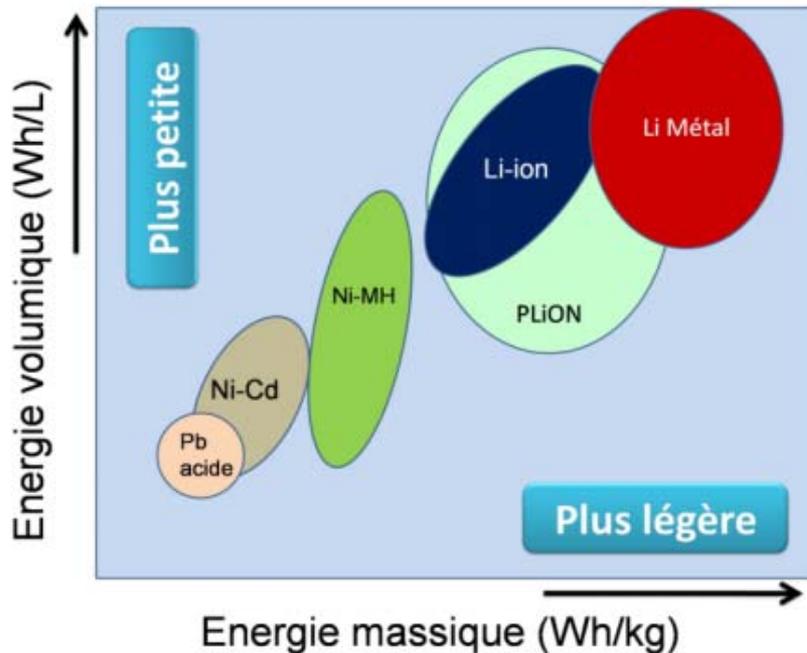
- Investissement de départ important.
- Production intermittente.
- Décalage entre périodes de production et de consommation.



Average solar irradiance (in W/m², 1991 to 1993)

Nécessité de
stockage

Systèmes de stockage d'énergie photovoltaïque



Exemples d'accumulateurs commercialisés

Type	Tension (V)	Energie Massique (Wh/kg)	Energie volumique (Wh/L)
PbO ₂ /Pb	2	20-50	75-110
NiCd	1.2	20-60	90-150
NiMH	1.2	50-100	150-210
NaS	2.1	90-120	140
LiCoO ₂ /LiC ₆	3.6	90-140	250-350
Li-métal	3.9	170	300-400

Avantages de la technologie Li-ion

- Densité d'énergie (théorique et pratique).
- Rendement énergétique.
- Durée de vie.
- Peu d'entretien.
- Technologie chère, mais coût en baisse.
- Acceptation de charges incomplètes
- Faible autodécharge
- Absence d'éléments de haute toxicité

Le projet SELENSOL

ICGM - AIME

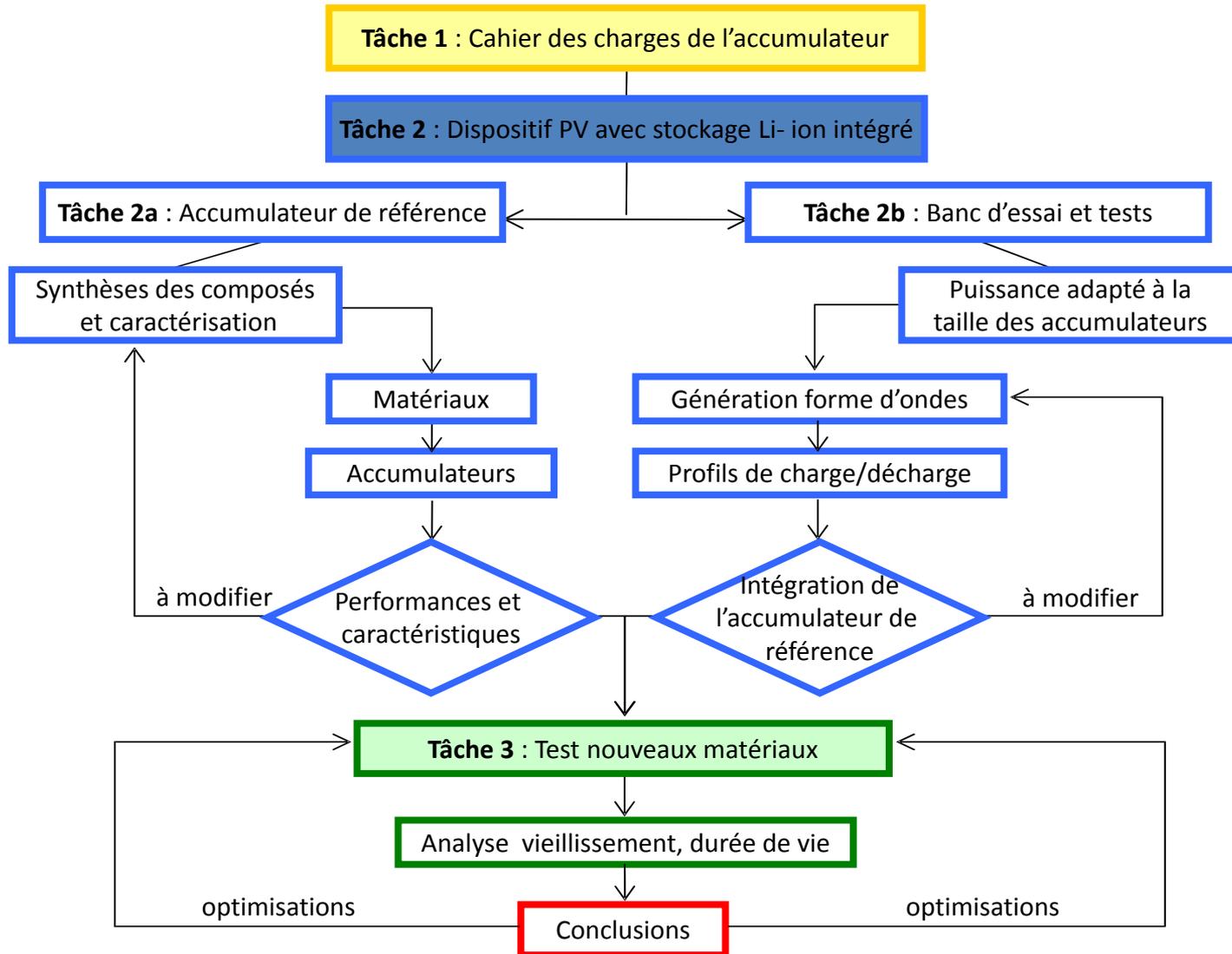
- Développement de matériaux d'électrodes pour batteries Li-ion
- Structuration des matériaux (textures, porosités, interfaces)
- Compréhension des mécanismes réactionnels
- Modélisation

IES - GEM

- Optimisation du couplage de systèmes de production et de stockage de l'énergie issue de sources renouvelables (photovoltaïque, éolien, éclairage à haut rendement)
- Compréhension des effets d'une production intermittente sur la vie des accumulateurs.

Technologie Lithium-ion pour le Stockage Electrochimique de l'Energie d'Origine Solaire :
Matériaux d'Electrode,
Mécanismes Electrochimiques,
Dispositif Photovoltaïque avec Stockage Intégré

Etapes principales du projet



Tâche 1 : Cahier des charges de l'accumulateur

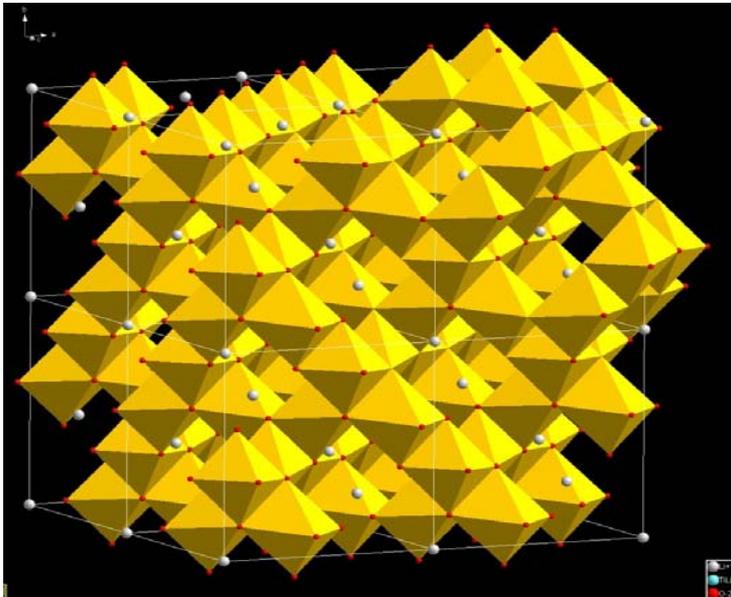
- Définition des différentes conditions d'utilisation du stockage :
 - **Système indépendant** : la production d'énergie doit satisfaire la totalité des besoins de l'utilisateur.
 - **Système de compensation du réseau principal** : le stockage ne fournit que les pointes de puissance afin que la production conventionnelle soit plus constante.
 - **Système de support au réseau principal** : le distributeur d'énergie électrique appelle de l'énergie pour l'aider à fournir la consommation de pointe sur le réseau.
- Définition de profils d'irradiation et consommation réels :
 - Profils de 24 h avec production/stockage PV « Plein soleil » ou « Nuageux » dans la journée et consommation/injection sur réseau aux heures critiques.
- Compatibilité des accumulateurs avec le système de production :
 - Utilisation de batteries à l'échelle du labo (coin cells).

Tâche 2 : Dispositif PV avec stockage Li-ion intégré

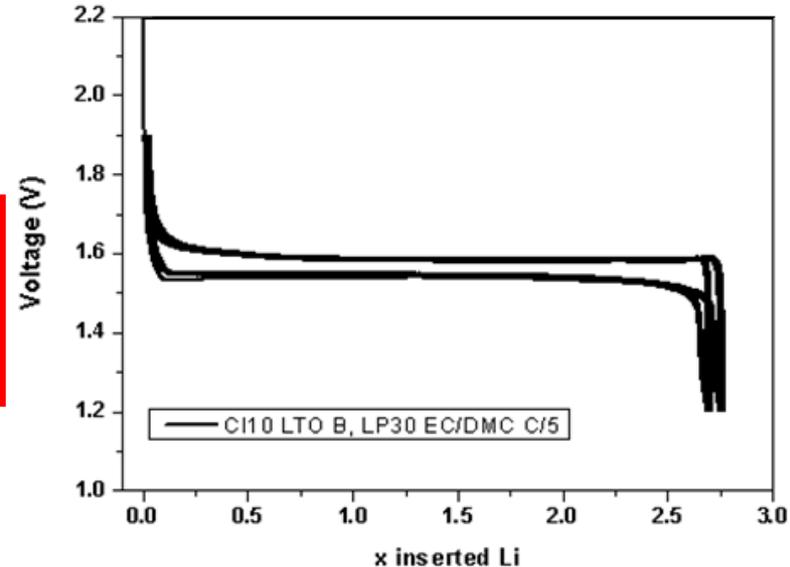
2a) Accumulateur de référence

Dans un premier temps, tests réalisés sur des matériaux connus, présentant une bonne stabilité et une longue durée de vie.

$\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$
Mécanisme dit d'insertion (de type biphasé)



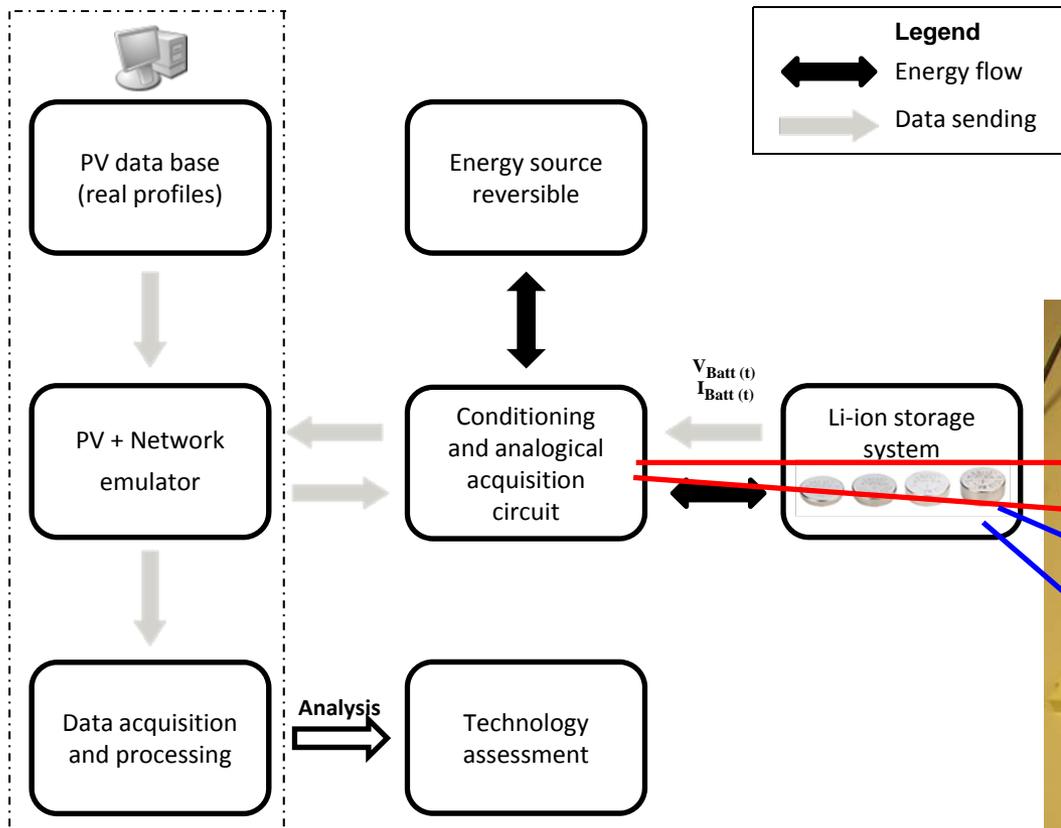
C_5
1,2 – 1,9 V
 $\text{C} = 170 \text{ Ah.kg}^{-1}$
 $\text{C} = 255 \text{ Wh.kg}^{-1}$



Tâche 2 : Dispositif PV avec stockage Li-ion intégré

2b) Banc d'essais et test

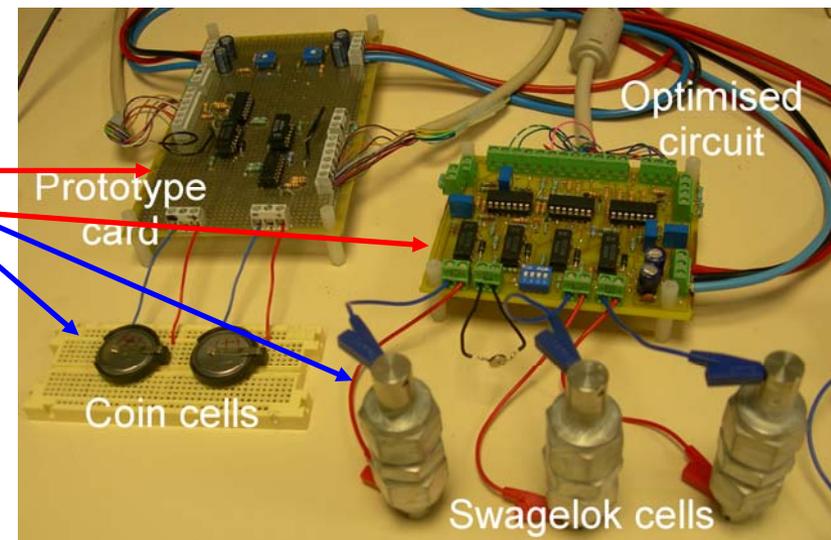
Mise au point d'un banc d'essai adapté pour intégrer les accumulateurs de référence, capable de générer des ondes de courants photovoltaïques adaptées à l'échelle des cellules de test considérées



A ce moment, 20 bancs optimisés sont en fonction

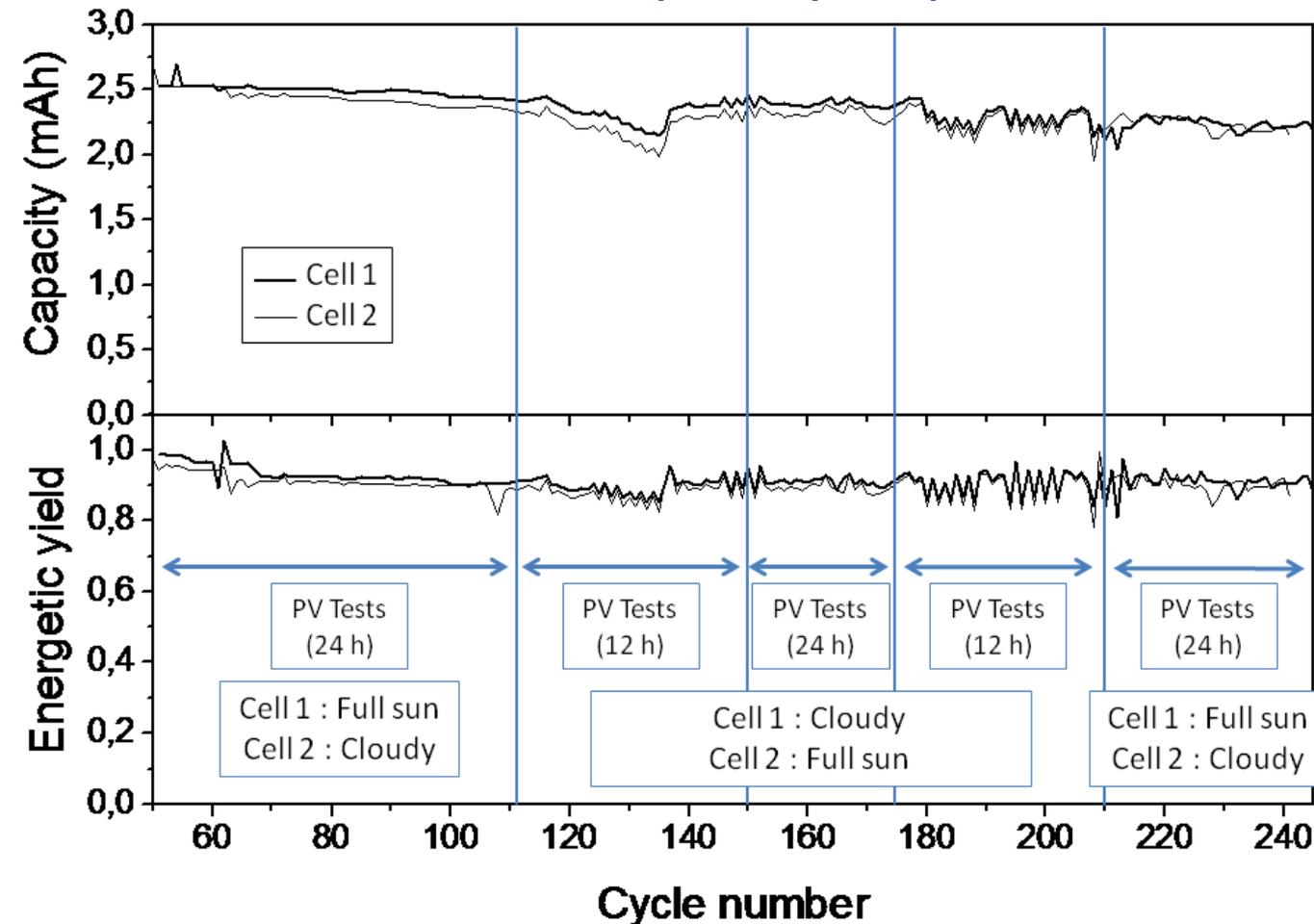


Test sur 80 batteries en parallèle



Tâche 2 : Dispositif PV avec stockage Li-ion intégré

Premiers résultats (250 cycles) sur des batteries $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}/\text{Li}$



- Maintien de la capacité, et de 90% de l'efficacité.
- Impact des variations de température.
- Impact de la durée totale de chaque cycle.
- L'alternance de profils nuageux et ensoleillés influence peu les performances globales des batteries.
- L'utilisation de profils de 12h à la place de 24h influence sensiblement le vieillissement

[soumis à J. Power Sources (2011)]

Conclusion à ce jour

- Développement d'un banc d'essais permettant l'injection de profils d'irradiation solaires réels dans des batteries de tailles différentes, de l'échelle du labo à l'échelle réelle.
- Etude de séries de batteries $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}/\text{Li}$:
 - Excellente résistance à ces conditions drastiques
 - 315 cycles au 24/03/2011
 - Influence de la température et de la durée du cycle sur la capacité.
 - Faut il repenser les normes de test Européennes pour l'application photovoltaïque dans le cas des systèmes Li-ion ?
 - Peu d'influence du type de profil sur la capacité globale si les profils sont alternés.

Perspectives ?

Tâche 3 : Test nouveaux matériaux

- En développement :
 - Test de matériaux d'électrode négative présentant des mécanismes différentes de stockage du Li :
 - $\text{Li}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$ (mécanisme d'insertion monophasé)
 - NiP_2 (Mécanisme de conversion)
 - Tests de matériaux d'électrode positive (LiFePO_4).
 - Tests en batterie complète:
 - $\text{LiFePO}_4/\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$
 - Etudes de mécanismes de vieillissement (analyses *in situ* au cours du cyclage sous les contrainte de production d'énergie photovoltaïque).
 - Ouverture de l'étude aux différentes stratégies d'intégration des systèmes de stockage (systèmes intégrés au réseaux de distribution)
 - Effet des contraintes de production photovoltaïque sur des combinaisons d'accumulateurs connectés en série ou en parallèle.

Personnes impliqués dans le projet

- **ICGM – AIME**

- Adrien SOARES, Doctorant (UM2-PIE)
- Costana M. IONICA-BOUSQUET, Post-doc
- Laure MONCONDUIT, CR1 CNRS
- Lorenzo STIEVANO, PR UM2

- **IES – GEM**

- Loïc GOEMAERE, Doctorant
- Yaël THIAUX, Post-doc
- Christian GLAIZE, PR UM2