



# ATELIER EN LIGNE

## Fin de vie des produits solaires en Afrique de l'Ouest

SESSION 3



## Session 3: Retours d'expériences sur le reconditionnement de batteries cylindriques



Angel KIRCHEV  
Expert Senior, CEA



Roc SOSSOUKPE  
Product Portfolio Manager Bénin, ENGIE ENERGY ACCESS



Arnaud CHABANNE  
Directeur, LAGAZEL



The CEA logo, consisting of the lowercase letters 'cea' in white on a red square background, with a thin green horizontal line below the letters.

cea



Diagnostic des accumulateurs Li-ion: de la science vers l'application  
A. Kirchev, M. Montaru, F. Ardiaca, C. Arnal, L. Serra, L. Lonardoni  
Université Grenoble Alpes, CEA-LITEN, DTS, INES, Grenoble, F-38000, France

**ATELIER EN LIGNE**

Fin de vie des produits solaires  
en Afrique de l'Ouest

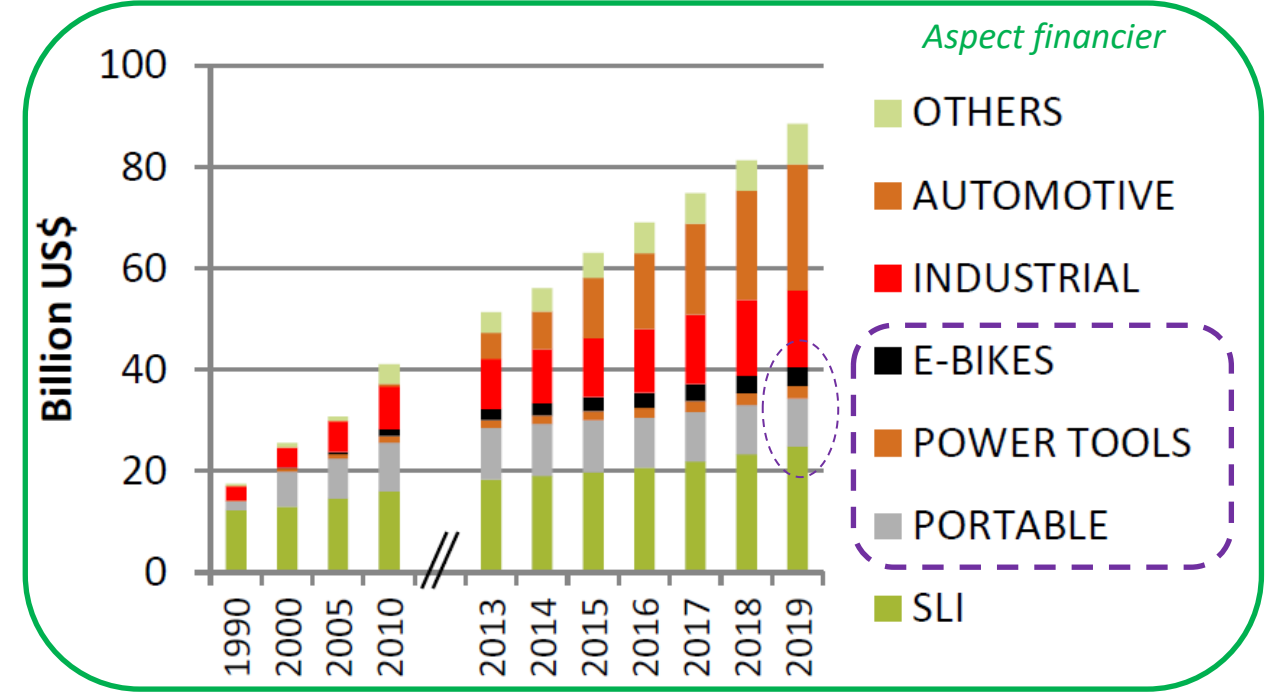
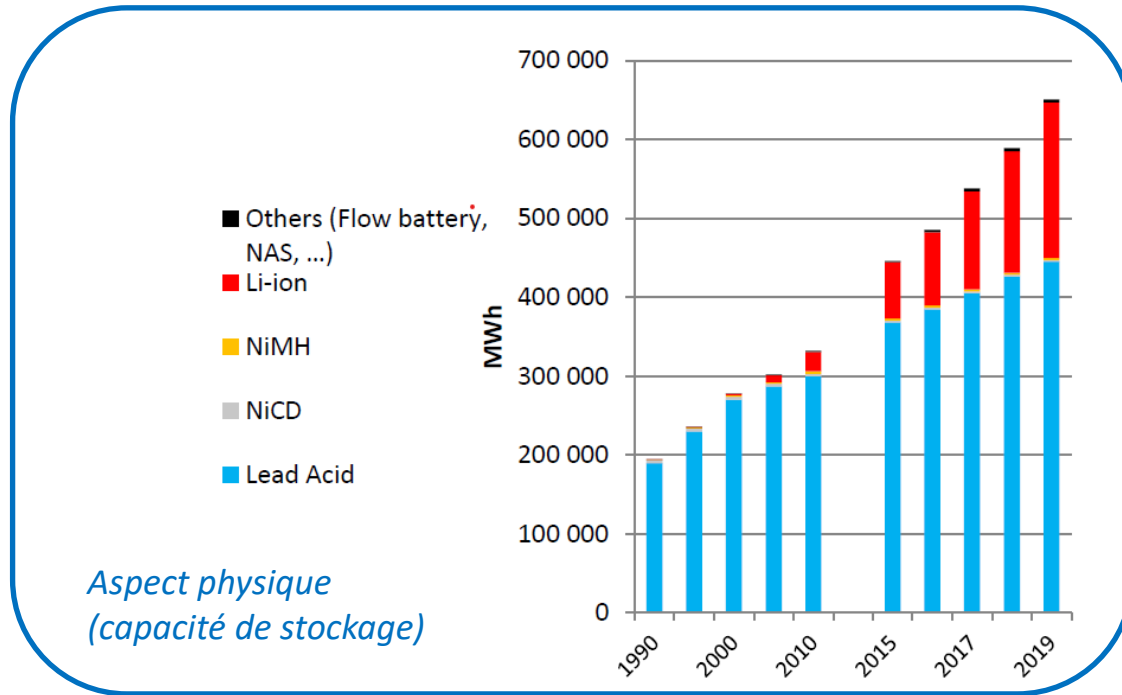
Jeudi 10 mars 2022



**ines**

INSTITUT NATIONAL  
DE L'ENERGIE SOLAIRE

# LE STOCKAGE D'ÉNERGIE : UNE MARCHÉ GLOBALE EN PLEIN CROISSANCE

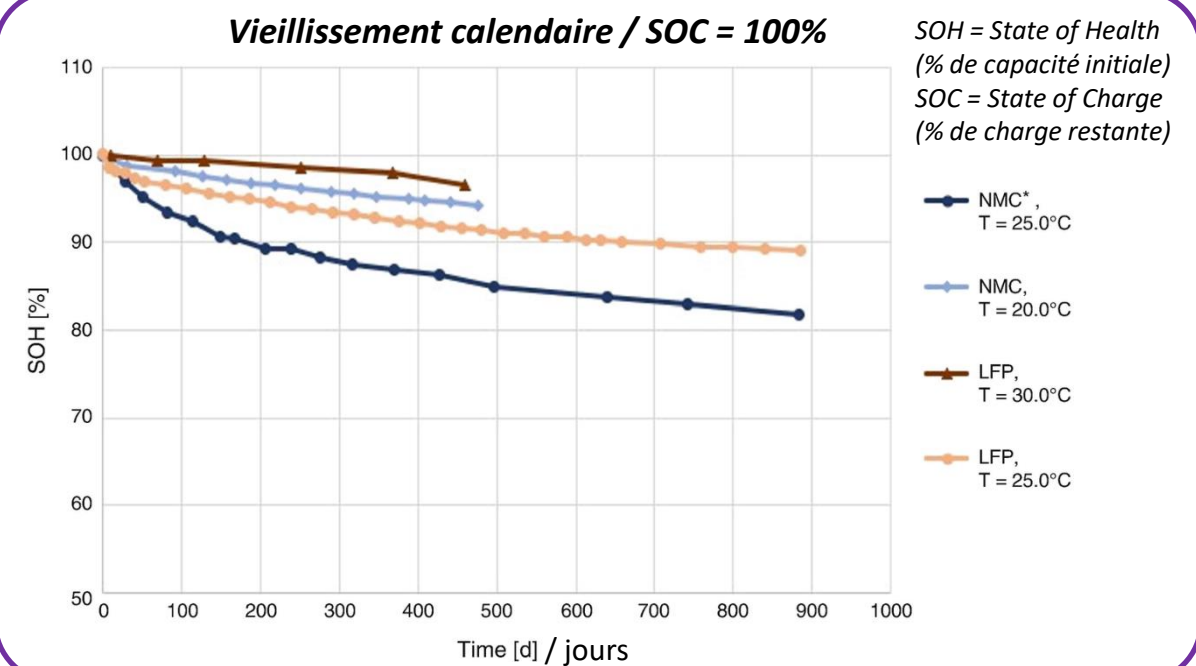
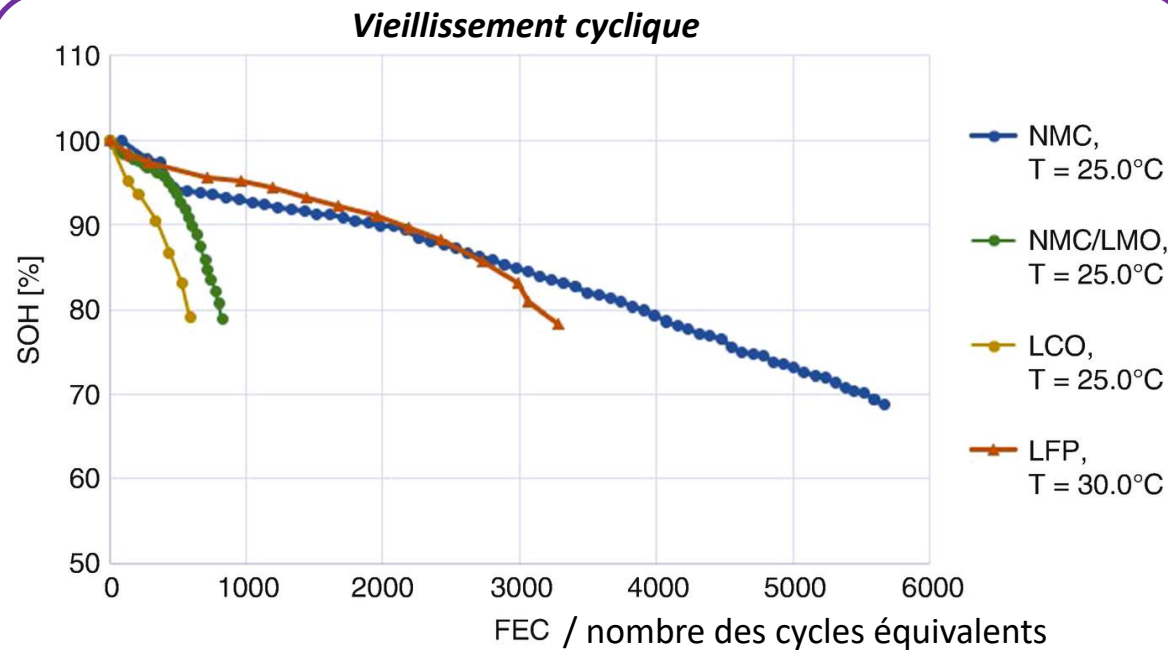


- **Deux types de technologies (électrochimies) servent 98% des besoins mondiaux: Plomb et Lithium-ion**
  - **La croissance est poussée par plusieurs facteurs (transport et industrie décarbonés, ENR, communication, loisirs etc...)**
  - **Une partie non-négligeable se trouve sous forme d'un très grand nombre d'unités diverses à petite capacité (1 – 200 Wh)**
  - **Une filière recyclage actuellement ouverte et limitée à la technologie Plomb – acide sulfurique**
- ⇒ **Besoin des solutions rapides et durables pour retraitement des cellules Li-ion sortants des applications de petite capacité de stockage**

Source: C. Pillot, "The rechargeable battery market and main trends 2019 – 2030", International conference "Batteries", 7 October 2020, Lyon, France



# DURÉE DE VIE DES ACCUMULATEURS LITHIUM-ION



- *Les procédés de vieillissement se manifestent comme une perte de capacité progressive*
- *Dans plusieurs cas la vie des accumulateurs Li-ion peut dépasser la vie de produit / système*
- *Fort potentiel pour réutilisation des cellules sachant la tendance d'amélioration continue de cette technologie*

⇒ *Baisser la pression sur la filière émergente de recyclage*



*La phase de diagnostique pendant le reconditionnement est d'importance critique*

Source: Spitthoff L., Lamb J.J., Pollet B.G., Burheim O.S. (2020) Lifetime Expectancy of Lithium-Ion Batteries. In: Lamb J., Pollet B. (eds) Micro-Optics and Energy. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-43676-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43676-6_11)

# DIAGNOSTIQUE RAPIDE DES ACCUMULATEURS

## Plomb – acide sulfurique



Densité d'électrolyte



Courant du court circuit



Tension à vide (OCV) et résistance interne (AC ou DC)

- **Variété des pratiques établies pour servir l'industrie auto**
- **Gamme électrique « typique »: 12V / 25 – 250Ah (0,3 – 3 kWh)**
- **Bonne compatibilité avec les produits pour stockage d'ENR**

## Lithium - ion



Cellules prismatiques: 0,5 – 100 Ah



Cylindrique: 0,5 – 10 Ah



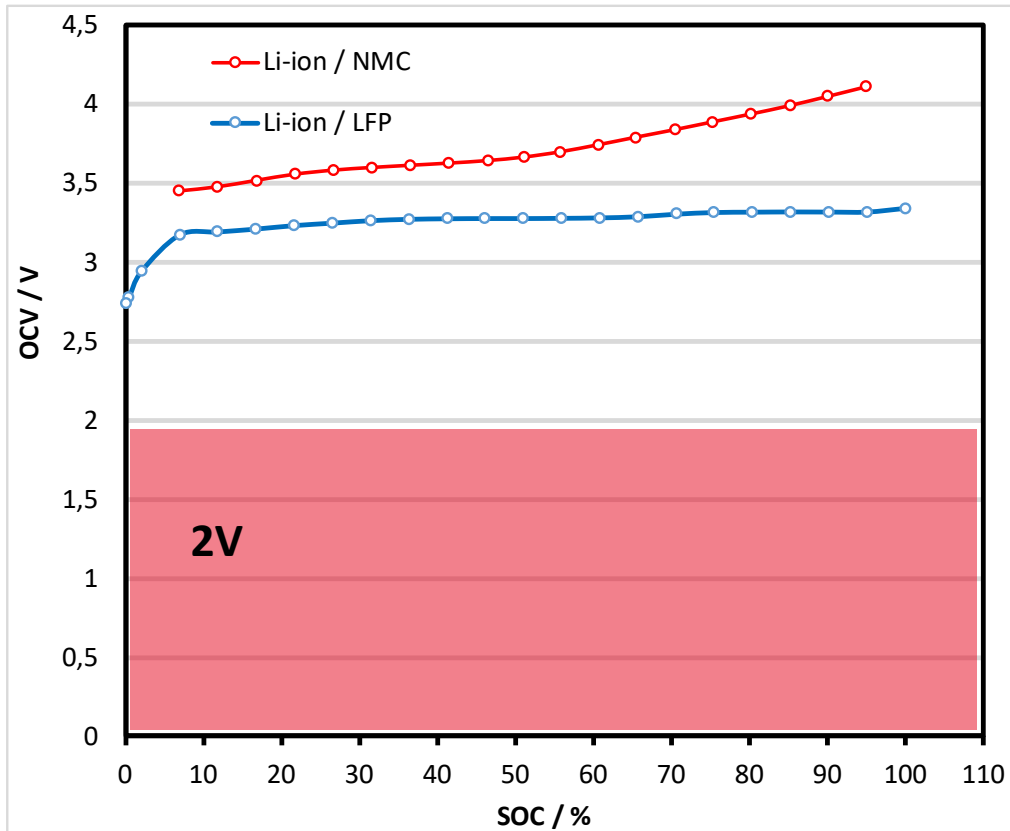
Packs  
20Wh – 200kWh



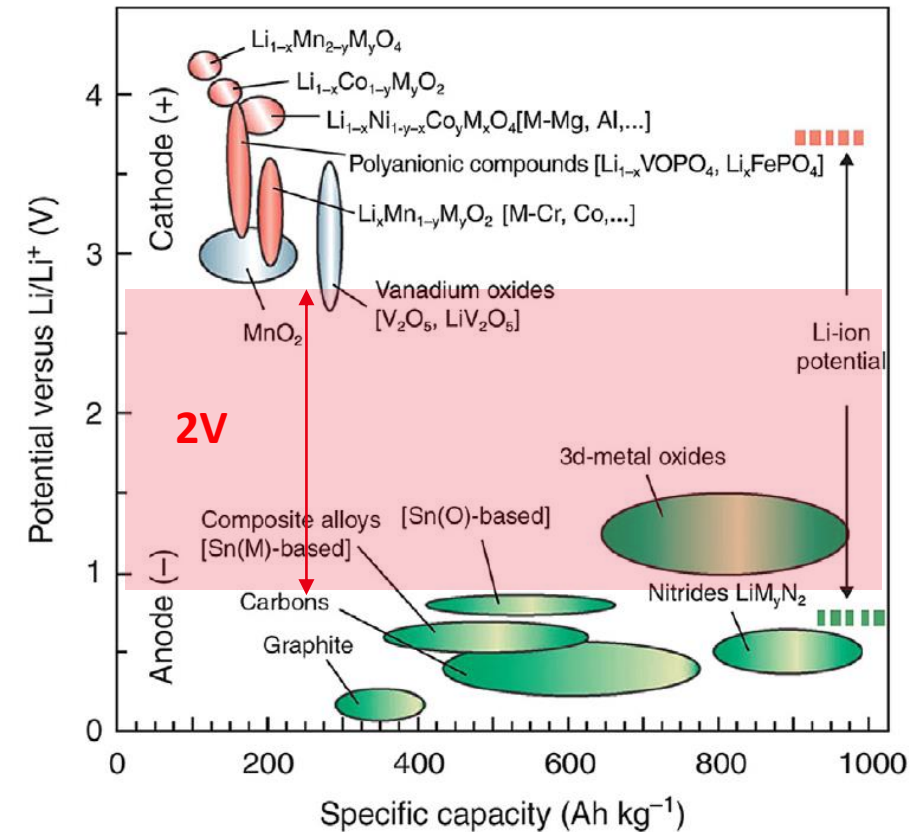
- **Manque des pratiques lié à la « jeunesse » de la techno**
- **Gamme très variable (capacité et construction)**
- **Présence des cartes électroniques dans les packs**

## MESURES DE LA TENSION À VIDE (OCV)

Tension à vide (open circuit voltage)



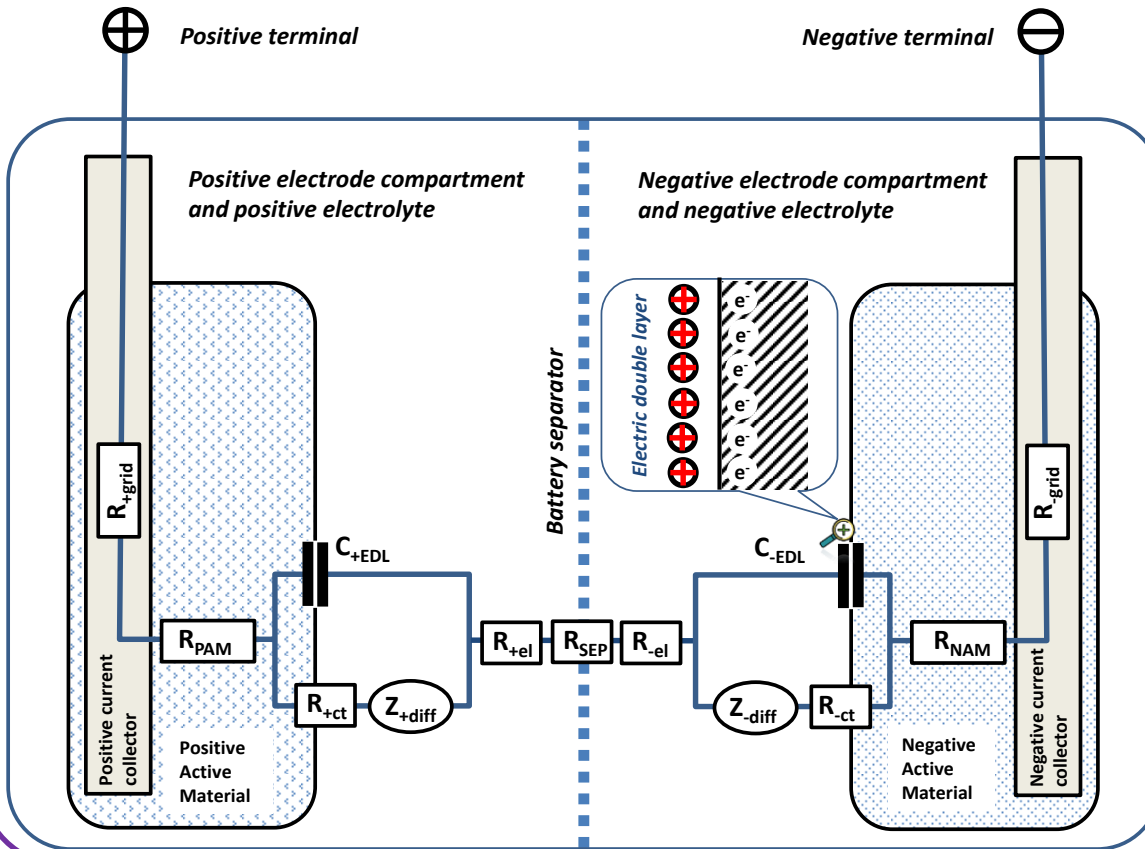
Potentiels des couples électrochimiques



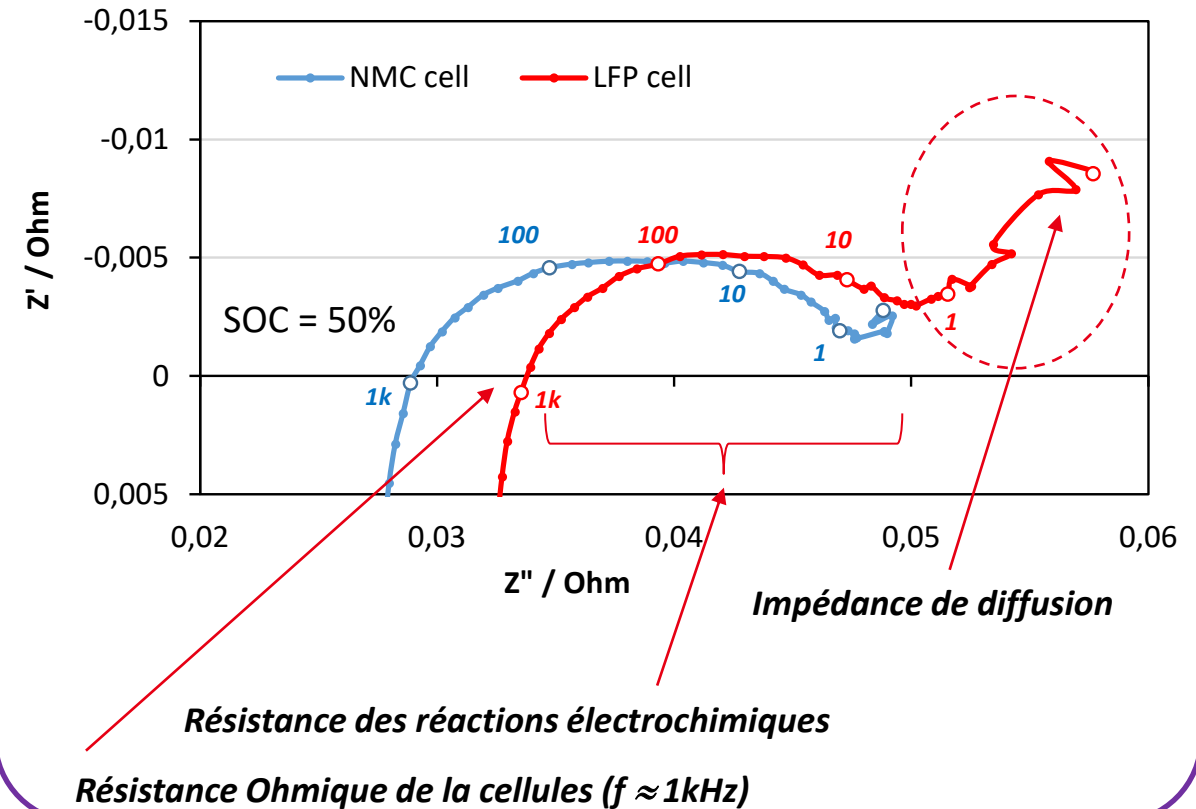
- Indicateur de l'Etat de Charge (SOC) assez fiable pour certain types des technologies Li-ion
- Indicateur de dégradation: **OCV > 2V ☺ Technologie Li-ion ➔ OCV > 3.4 V ☺☺ Technologie NMC/NCA/NMO/NCO**  
**OCV < 1.7V ☹ Cellules potentiellement dégradées ou autres que Li-ion (NiMH/NiZn/NiCd)**

# RÉSISTANCE ET IMPÉDANCE DES ACCUMULATEURS LITHIUM-ION

Modèle électrique généralisé d'un accumulateur



Spectre d'impédance des cellules 18650 (diagrammes de Nyquist)



- Les cellules rechargeables sont composées de plusieurs composants « électriques » et « électrochimiques »
- Les mesures et l'interprétation des résultats complets nécessitent des équipements et connaissances spécifiques
- La composante résistance / impédance utilisée en pratique est limitée aux domaines de fréquence proches à 1kHz (la partie ohmique)



# LA RÉSISTANCE OHMIQUE COMME INDICATEUR RAPIDE – RETOUR D'EXPÉRIENCE



Équipement électrochimique:

- ARBIN BATTERY TESTING SYSTEM
- Multi-voix de cyclage complexe
- $R_{Ohmique}$  par des pulse DC sur 1ms
- Prix > 20 000€



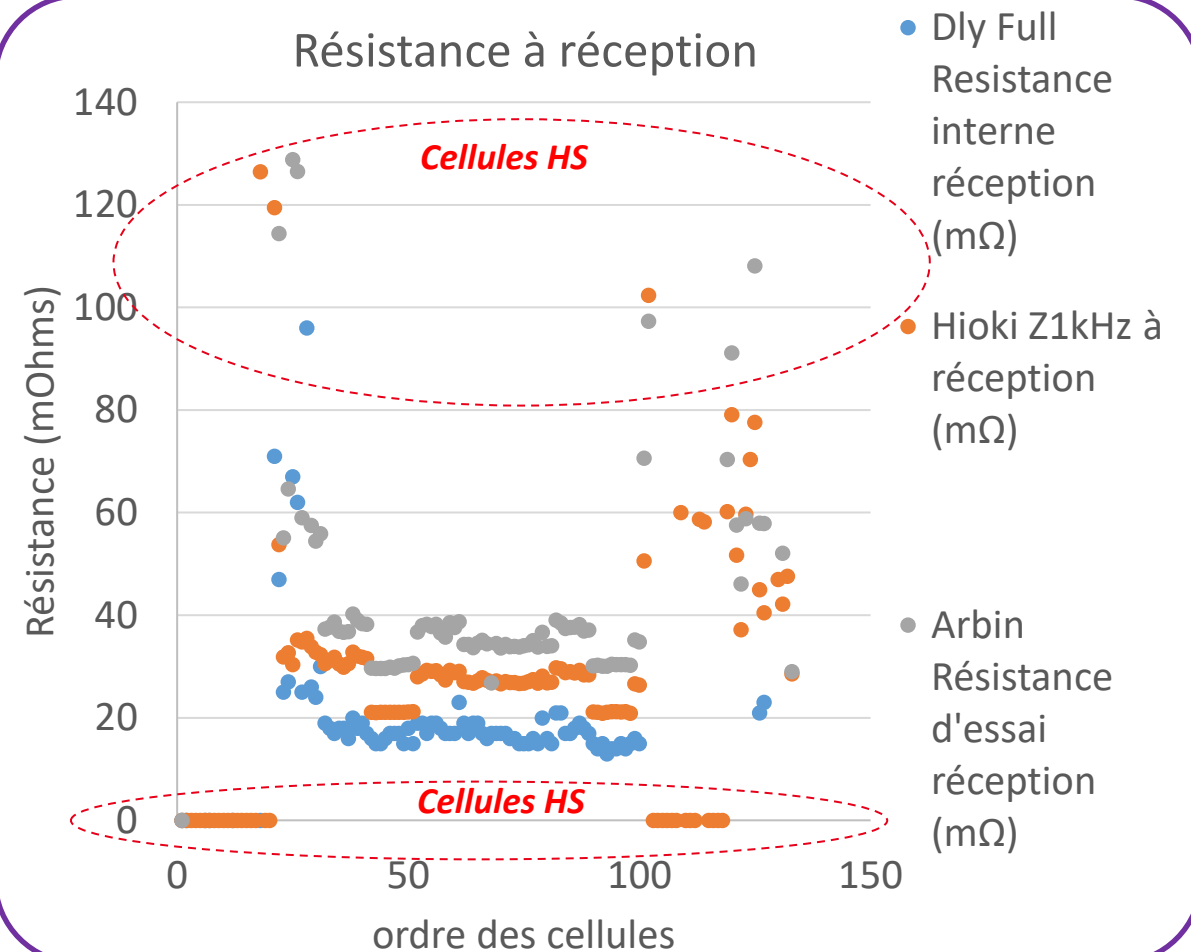
Équipement technique de précision :

- HIOKI milli-Ohm metre
- Impedance @ 1kHz
- Mesure d'OCV
- Appareil portable
- Prix > 2 000€



Équipement « bas cout » :

- Dly Full B3
- $R_{int}$  pare une technique inconnue
- Mesure d'OCV
- Appareil portable
- Prix < 50€



• *Trois types d'appareils très différents*

• *Résultats d'analyse sur 150 cellules testées et reconditionnées dans le cadre de la collaboration avec Lagazel*

⇒ *L'appareil « bas coût » permet d'appliquer une première étape de diagnostique après un tri sur la base d'une inspection visuelle*

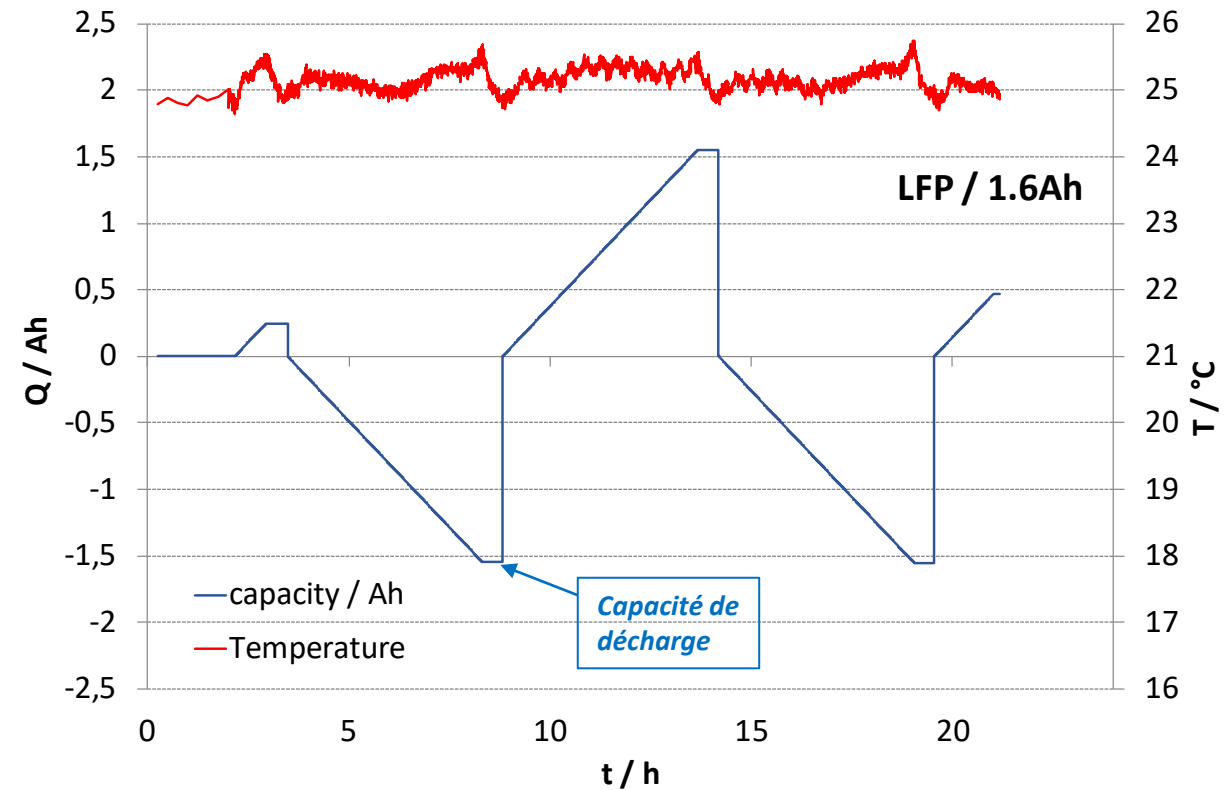
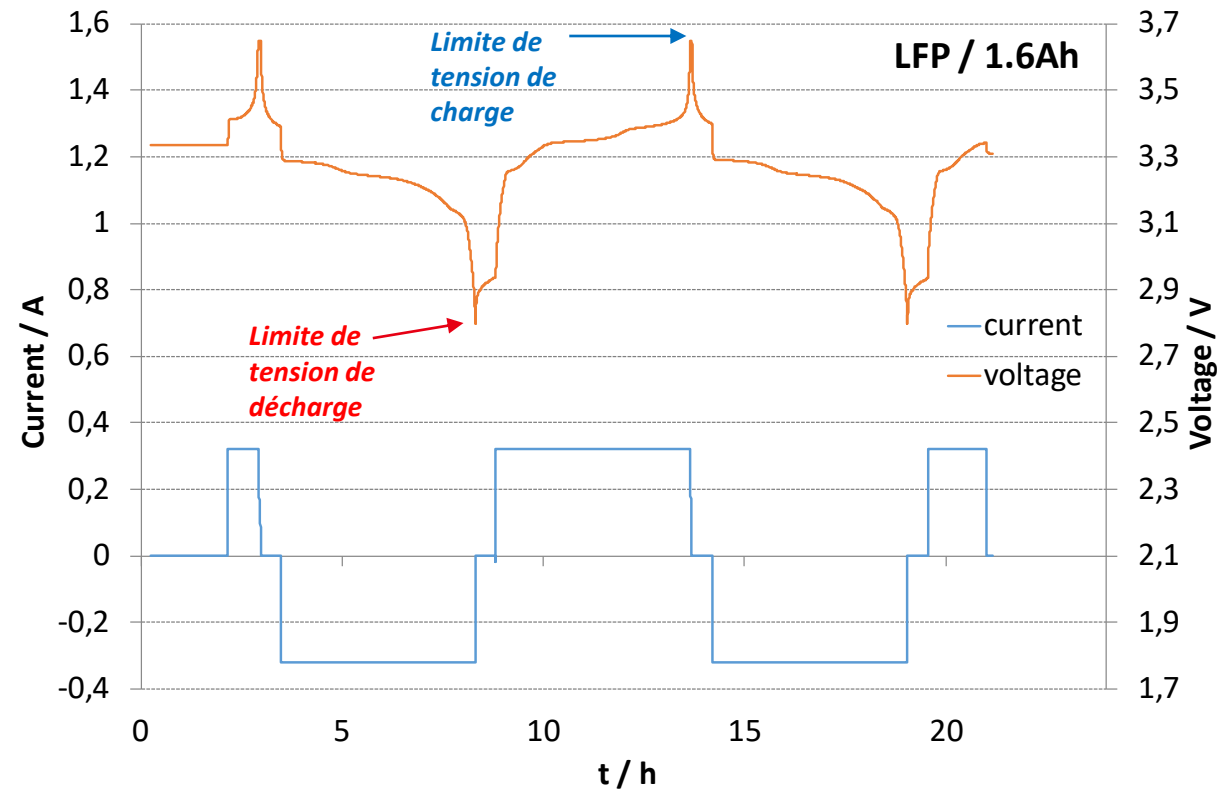
# MESURE DE CAPACITÉ DES CELLULES LITHIUM ION DANS LABORATOIRE



Equipement électrochimique pour essais en laboratoire :

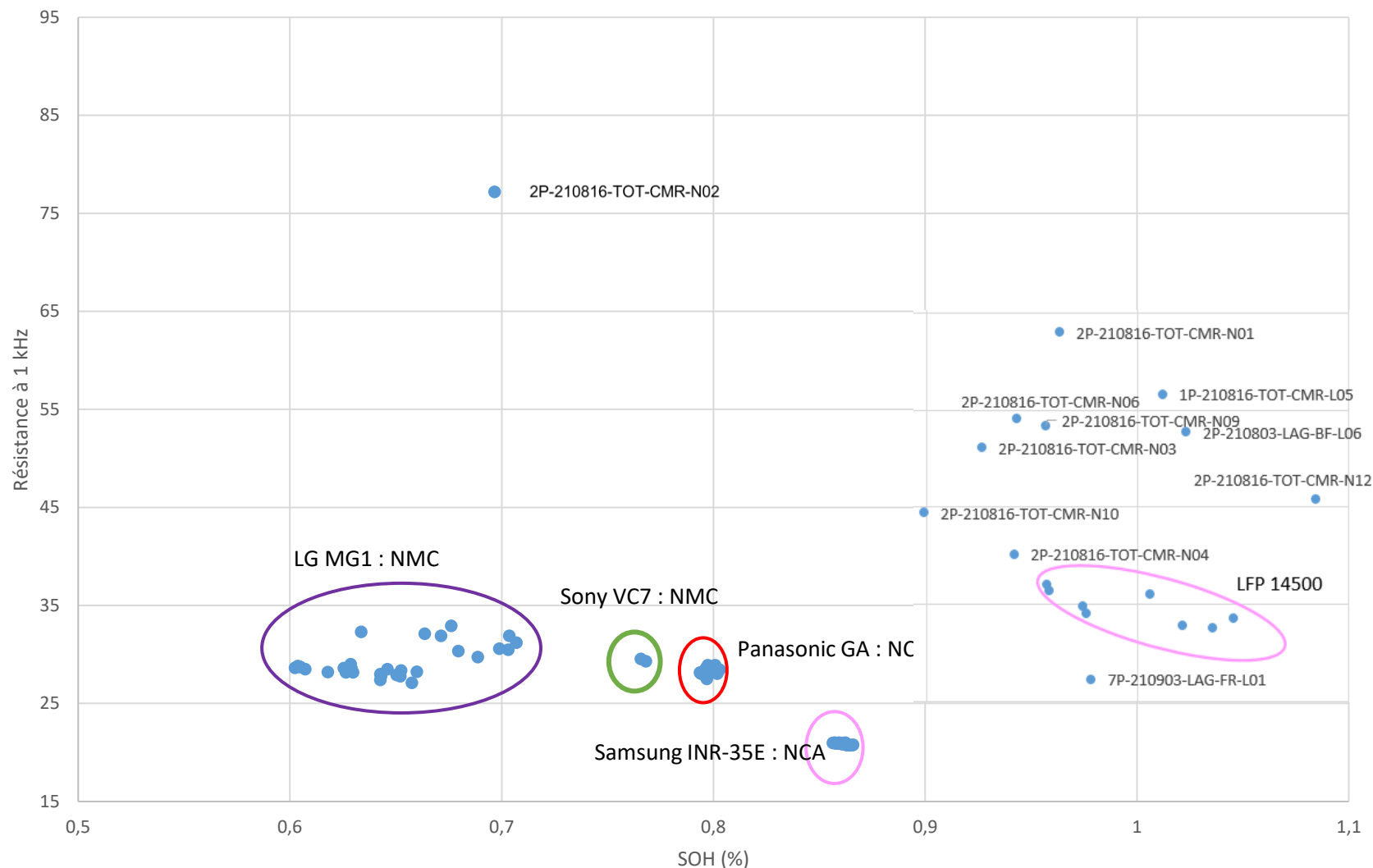
- ARBIN BATTERY TESTING SYSTEM
- Multi-voix de cyclage complexe
- Calibration et certification annuelle

- *Suivi continu du courant, de la tension et de la température*
- *Calcul continu de la charge/énergie stockée ou délivrée*
- *Estimation précise de capacité*



# BILAN DES MESURES DE LABORATOIRE

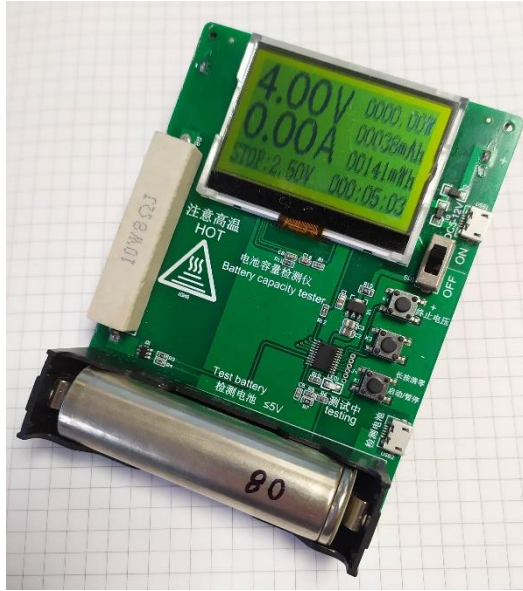
Résistance 1kHz ( $m\Omega$ ) en fonction du SOH (%)



- *Les cellules provenant des différents sources formes des « nuages » de points [SOH,  $R_i$ ]*
- *Les deux paramètres utilisées comme indicateurs permettent d'identifier facilement les cellules avec de performances suffisantes pour fabriquer des produits reconditionnés*

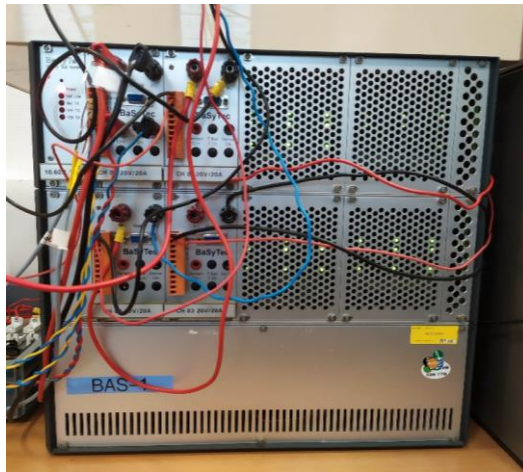


# MESURE DE CAPACITÉ AVEC DES OUTILS « BAS COÛT »



Equipement « Discharge module » identifié et fourni par Lagazel

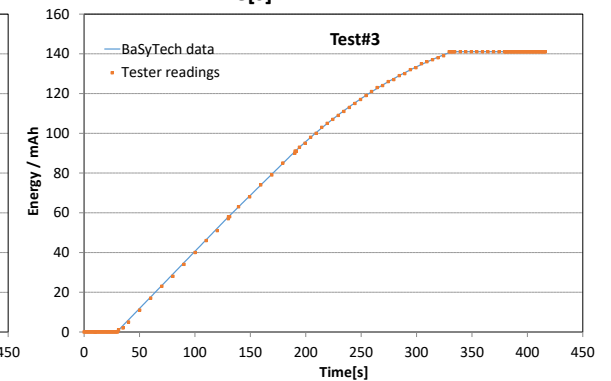
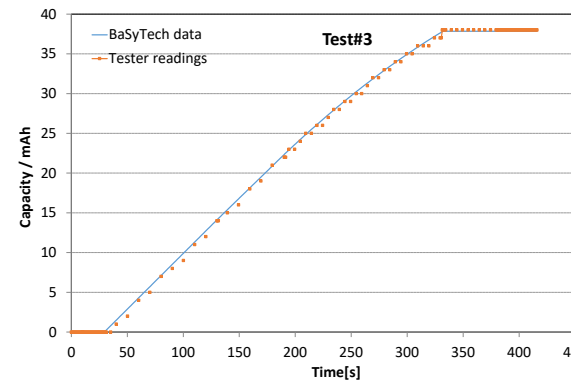
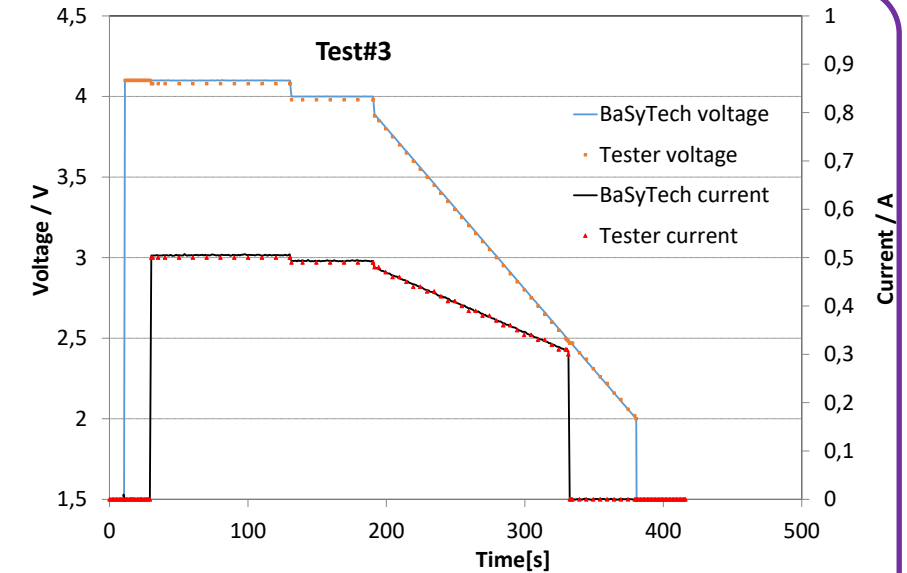
- Décharge en régime « résistance constant » ( $I_U = \text{const}$ )
- Affichage de courant, tension, capacité (mAh), énergie (mWh) et temps
- Opération simple et « user-friendly »
- Prix < 20€



Equipement électrochimique pour essais en laboratoire :

- BaSyTech BATTERY TESTING SYSTEM
- Prix > 20 000 €
- L'appareil est connecté aux bornes du « Discharge module » au lieu de la cellule 18650
- Le comportement de l'accumulateur est émulé par l'équipement

## Caractérisations électriques avec équipement de laboratoire



- Précision de mesure de courant et tension acceptable
- Fin de la décharge respectée avec une écart de 0,02V
- Précision remarquable au niveau de mesures de capacité et énergie (prêt de 1mAh et 1mWh)

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- *Le diagnostic électrochimique et électrique est indispensable pour la fabrication des systèmes de stockage à la base des cellules Li-ion reconditionnées (2eme vie)*
- *Les déroulement du diagnostique peut se poursuivre en deux étapes*
- *Une premier étape « rapide » comprise par l'inspection visuelle, mesures de la tension à vide et la résistance interne permettra d'écarter la fraction des cellules pour recyclage direct*
- *Une deuxième étape « lente » comprise par une charge complète suivi par une décharge de diagnostique permettra la mesure de capacité des cellules et leurs distribution en catégories de « matière première pour fabrication des modules »*
- *L'identification et la validation des alternatives des méthodes de diagnostique avec très bon rapport prix/performance permettra une mise-en-place rapide et bon marché des chaines de fabrication de modules Li-ion reconditionnés*





## Session 3: Retours d'expériences sur le reconditionnement de batteries cylindriques



Angel KIRCHEV  
Expert Senior, CEA



Roc SOSSOUKPE  
Product Portfolio Manager Bénin, ENGIE ENERGY ACCESS



Arnaud CHABANNE  
Directeur, LAGAZEL



# DECHETS D'EQUIPEMENTS ELECTRIQUES ET ELECTRONIQUES A EEA - BENIN

**Mars 2022**

INTERNAL

RESTRICTED

SECRET

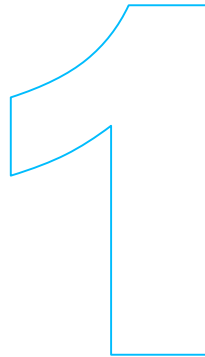
Roc SOSSOUKPE



# PLAN

- 1. Nos Produits**
- 2. Nos regles de sécurité**
- 3. La Gestion des DEEE**





# Nos Produits

Nous commercialisons depuis 2018 au Bénin, une gamme variée de produits allant de l'éclairage au divertissement en passant par des produits générateurs de revenu.

Nos produits sont essentiellement constitués de :

- Panneau solaire photovoltaïque
- De lampes LED
- De Batterie en lithium
- D'écran Téléviseur LED
- De ventilateur
- De tondeuse
- De Woofer
- Et de Radio

Plus récemment

- Batteries en lead Carbon
- Ampoule à mercure





# **Nos règles de sécurité dans la manipulation des batteries**



# Équipement de protection individuelle - EPI dans l'entrepôt

Un EPI est un équipement fourni à un employé pour être porté lors de l'exécution d'une tâche dangereuse.

- **Protection de la tête** : les casques de sécurité protègent contre les chutes d'objets et les blessures éventuelles à la tête. Une protection de la tête doit être portée lorsque le personnel est impliqué dans des opérations de levage, de déplacement d'équipement avec un chariot élévateur et lorsqu'une blessure à la tête est possible.
- **Protection auditive** : Cache-oreilles et bouchons d'oreilles, protection contre les niveaux sonores élevés. Doit être porté lorsqu'il y a des niveaux de bruit élevés dans la zone de travail.
- **Protection des yeux** : Lunettes de sécurité, protège contre les projectiles. Des lunettes de sécurité doivent toujours être portées lorsqu'il y a un risque de blessure aux yeux.
- **Vêtements haute visibilité** : les gilets haute visibilité rendent le porteur plus visible pour la circulation ou les équipements en mouvement tels que les chariots élévateurs.
- **Protection des mains/gants** : Protection contre les risques mécaniques, thermiques et chimiques. Des gants doivent être portés lorsque le risque de blessure à la main a été identifié et lors de la manipulation manuelle de l'équipement
- **Protection des pieds/Chaussures de sécurité** : Protection contre les chutes d'objets, les risques thermiques et les risques de glissade. Protection contre la pénétration. Tout le personnel doit au minimum porter des chaussures fermées dans l'entrepôt e sur les lieux. Les sandales et tongs sont interdites.



# Manipulation et stockage en toute sécurité des batteries cassées

Lorsque la capacité de la batterie descend en dessous de 80%, elle est considérée comme à changer (usée). Généralement, la régénération/récupération des batteries au plomb peut être effectuée avant de les considérer comme usées.

## Equipement de Protection individuel:

- Bottes de sécurité (pour la manipulation des batteries au plomb)
- Lunettes de protection
- Masque N99 (uniquement pour les batteries au plomb)
- Gants conformes à la norme EN ISO 37401:2016

## Stockage sécurisé de la batterie :

- Identifier le type de batterie/chimie
  - Noms des batteries au lithium : Li, Li-ion, LFP, LiFePO4, NMC
  - Noms des batteries plomb-acide : Pb, Plomb carbone, GEL, DCS,
- Décharge à un état de charge sûr
  - Pour les batteries au lithium, il est recommandé de décharger complètement la batterie.
  - Une décharge sûre peut être effectuée rapidement via la connexion d'ampoules halogènes, d'une résistance de puissance à haute puissance ou d'un appareil EEE.
- Nettoyage
  - Assurez-vous que la batterie est propre, qu'il n'y a aucun signe de fuite ou de poussière.
  - Si des signes de fuite sont visibles, veuillez porter immédiatement des gants conformes à la norme EN ISO 37401 : 2016, des lunettes de protection et mettre la batterie dans un sac en plastique avant de continuer.



# Manipulation et stockage en toute sécurité des batteries cassées

## •Isolement

Scotchez les pôles avec du matériel non électroconducteur (adhésif, carton..) tout autour et recouvrez toute la partie conductrice des pôles.

Lead-acid



Lithium

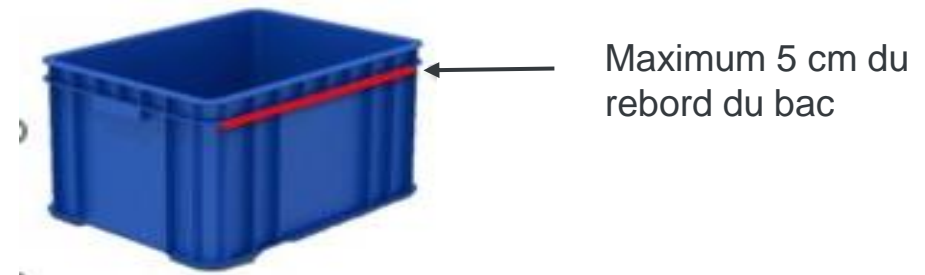


# Manipulation et stockage en toute sécurité des batteries cassées

## Etiquetage et stockage

### Lithium

- Placez la batterie isolée dans un bac en plastique avec une étiquette claire en français et dans la langue locale :  
DANGEREUX – BATTERIES AU LITIUM CASSÉES
- L'empilement de piles ne doit pas dépasser le haut du bac



### Assurez-vous que le bac est :

- Dans un espace séparé et clairement délimité :
  1. A l'extérieur de l'entrepôt dans une zone sécurisée, ombragée et idéalement fermant à clé ;
  2. Dans un entrepôt, idéalement à proximité d'une porte de sortie pour faire circuler l'air ;
  3. Emplacement supplémentaire loué à proximité de l'entrepôt dédié aux e-déchets ;
- Loin des matériaux inflammables, des générateurs et des systèmes de secours
- À l'abri de la lumière directe du soleil, de la pluie ou des zones à risque d'inondation
- Avec des températures inférieures à 40 degrés Celsius
- Avec un extincteur entretenu à proximité (extincteur à poudre sèche)



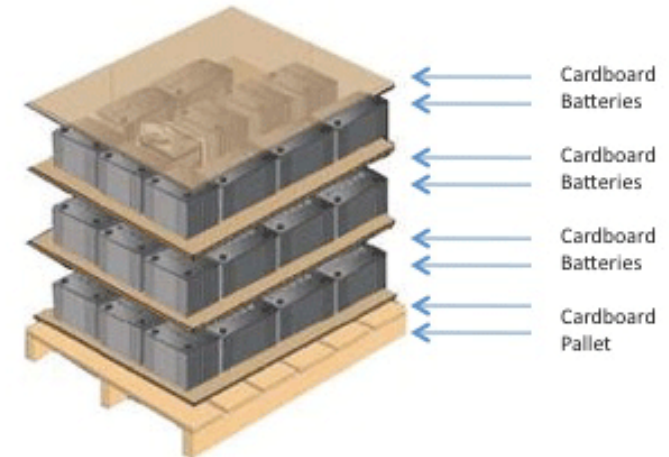
# Manipulation et stockage en toute sécurité des batteries cassées

## Etiquetage et stockage Lead-Acid

- Empilez la batterie isolée sur une palette avec une étiquette claire en Français et dans la langue locale :
- DANGEREUX – BATTERIES AU PLOMB CASSÉES + coller sous l'étiquette UN2794 (corrosifs de classe 8) sur la palette finale.



- Les batteries doivent être jalonnées de poteaux vers le haut et ne pas dépasser le bord de la palette.
- Chaque couche séparée par du carton épais.
- La pile de batteries ne doit pas dépasser 3 couches.
- Une fois pleine, la palette doit être enveloppée d'un film plastique.
- Assurez-vous que la palette est dans une zone séparée et clairement délimitée :
  1. à l'extérieur de l'entrepôt, dans une zone sécurisée, ombragée et idéalement fermé à clé,
  2. dans l'entrepôt, idéalement à proximité d'une porte de sortie pour faire circuler l'air,
  3. emplacement supplémentaire loué à proximité de l'entrepôt dédié aux e-déchets,
  4. dans un conteneur d'expédition à l'extérieur de l'entrepôt





# Sécurité de la batterie

## Sécurité et gestion

Au moins 2 chefs d'équipe et/ou agents doivent être formés à la gestion des incendies et à la gestion des déchets dangereux.

Lorsque la zone de déchets électroniques est verrouillée, les clés doivent être attribuées à une personne formée.

En cas d'absence, la clé est remise à une autre personne formée lorsque cela est possible.

L'accès aux zones de stockage doit être limité au seul personnel formé ou désigné.

Assurez-vous que les extincteurs sont fréquemment vérifiés et maintenus dans de bonnes conditions de travail



# Sécurité électrique

Les risques électriques et les interventions ne sont pas toujours pris très au sérieux, car le danger n'est pas toujours évident, par ex. il n'est pas visible et ne fait pas toujours de bruit.

Prévenir les risques **électriques**. **Inspectez** les rallonges et les outils avant utilisation. Inspectez les coupures, l'abrasion ou les dommages. Retirez les outils et les rallonges endommagés de l'utilisation. Signalez immédiatement tout outil, cordon électrique ou prise **endommagée** **Les** outils à main électriques qui sont vieux, endommagés ou mal utilisés peuvent avoir une isolation endommagée à l'intérieur. Suivez les conseils de sécurité des outils pour éviter une mauvaise utilisation de **l'équipement** **Suivez** les instructions du **fabricant** **Évitez** les démarrages accidentels. Ne maintenez pas les doigts sur le bouton de l'interrupteur lorsque vous transportez un outil branché. Utilisez des gants et des chaussures appropriées. Conserver dans un endroit sec lorsqu'il n'est pas utilisé. Ne pas utiliser dans des environnements mouillés/humides. Utilisez des outils à double isolation.



# Sécurité électrique

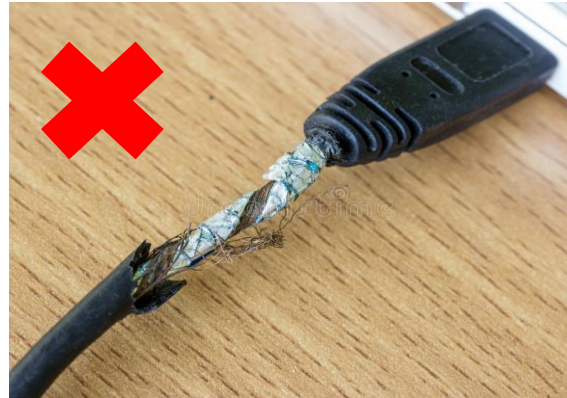
Si des outils ou équipements électriques endommagés ou défectueux sont identifiés, signalez-le immédiatement et assurez-vous que les réparations nécessaires sont effectuées. Ne jamais utiliser d'outils ou d'équipements électriques endommagés ou défectueux

## Risques électriques :

**Cords et fils électriques endommagés**



**Outils défectueux ou endommagés**



**Prises électriques endommagées et surchargées**





# **La gestion des DEEE à EEA-BENIN**



La problématique de la gestion des DEEE est un enjeu majeur de protection environnementale et professionnelle.

Le volume des DEEE est de plus en plus croissant dans tous les secteurs d'activités et particulièrement dans le domaine du solaire photovoltaïque; leur traitement au Bénin est encore à l'étape embryonnaire.

A ENGIE Energy Access Bénin, la problématique du traitement des DEEE est au cœur de nos préoccupations c'est pourquoi très tôt moins d'un an après le lancement de nos activités, nous avons mis en place un centre technique en interne pour le reconditionnement de nos produits; ensuite nous avons mise en place une entité QHSE au sein de l'entreprise qui veille la sécurité du personnel (port des EPIs) dans le traitement des DEEE mais aussi et surtout, de rechercher des ONGs et autres organismes spécialisés dans le traitement de ces déchets.

Nos DEEE proviennent essentiellement du reconditionnement de nos produits à travers le remplacement des pièces défectueuses. Il s'agit pour l'essentiel de : Carte mère, de pile de batterie, d'écran TV, et autres pièces de rechange.





À la date d'aujourd'hui,  
nous n'avons malheureusement pas identifié  
localement un organisme agréé de traitement  
des DEEE.  
Nous avons retenu de les entreposer dans un  
conteneur acheté pour la circonstance et  
les négociations sont en cours avec  
des organismes de traitement au Nigéria pour  
leur expédition vers cette destination.





[engie.com](http://engie.com)

## Session 3: Retours d'expériences sur le reconditionnement de batteries cylindriques



Angel KIRCHEV  
Expert Senior, CEA



Roc SOSSOUKPE  
Product Portfolio Manager Bénin, ENGIE ENERGY ACCESS



Arnaud CHABANNE  
Directeur, LAGAZEL



**Réduction des déchets par la mise en place de solutions de diagnostic, de tri, et de reconditionnement des produits solaires**







## Présentation de LAGAZEL

# Lagazel : industrialisation de la fabrication d'équipements solaires en Afrique

Créée en 2015, LAGAZEL est la première entreprise qui fabrique des équipements solaires hors-reseau en Afrique afin d'apporter une solution de qualité et de proximité aux 650 millions de personnes qui n'ont pas accès au réseau électrique

- 15 ans d'expérience en Afrique de l'ouest
- 2 sites de production au Burkina Faso et au Bénin
- Plus de 80,000 lampes et SHS fabriqués depuis 2016
- Une gamme variée d'équipements solaire de qualité
- SAV et réparabilité comme parties intégrantes du business model
- Offre de sous-traitance industrielle en Afrique

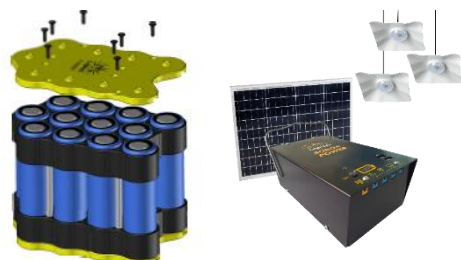




## Projet pilote E-WASTE

# Réduire le volume de déchets par la mise en place d'un démonstrateur industriel de tri, test et reconditionnement de produits et composants issus de l'industrie solaire

1 - Réduire le volume de déchets par la réutilisation de composants issus de l'industrie solaire hors-réseau: panneau solaire, batterie



2 – Améliorer l'offre de valeur des entreprises du off-grid par leur intégration dans une chaîne formelle et vertueuse de fin de vie de leurs produits



Partenaires de collecte

3 - Répliquer le démonstrateur du Burkina Faso dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest (Bénin, Sénégal, Mali, Togo...)



Partenaire  
technique



Partenaires  
financiers



2020-2022



2021-2023

Réduction des dépenses énergétiques



Dév. Industriel et création d'emplois



Réduction de la production de déchets





- Mise en place de partenariats de collecte au Burkina Faso, Togo, Mali

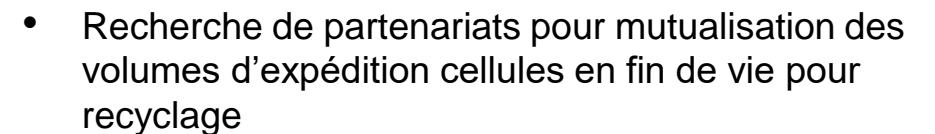


- Construction d'un bâtiment dédié pour le stockage et le reconditionnement de batteries



- | Pense-papiers |                        | Pence                  | Alignement              | Nombre                  | conditions de bases     |                        | cellules |                        |
|---------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------|------------------------|
| EB            |                        |                        |                         |                         |                         |                        |          |                        |
| 1             |                        |                        |                         |                         |                         |                        |          |                        |
| 2             | Type                   | B                      | C                       | LFP                     | D                       | E                      | F        | Type                   |
| 3             | Référence              | 30                     | 20                      | 10                      | 30                      | 20                     | 10       | Référence              |
| 4             | Dérogation             | 1 cellule en parallèle | 2 cellules en parallèle | 3 cellules en parallèle | 2 cellules en parallèle | 1 cellule en parallèle |          | Dérogation             |
| 5             | Fonction maximale (A)  | 3,2                    | 2,2                     | 2,2                     | 3,2                     | 2,2                    | 2,2      | Fonction maximale (A)  |
| 6             | Fonction maximale (B)  | 2,2                    | 2                       | 2                       | 2,2                     | 2                      | 2,2      | Fonction maximale (B)  |
| 7             | Fonction maximale (C)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (C)  |
| 8             | Fonction maximale (D)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (D)  |
| 9             | Fonction maximale (E)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (E)  |
| 10            | Fonction maximale (F)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (F)  |
| 11            | Fonction maximale (G)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (G)  |
| 12            | Fonction maximale (H)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (H)  |
| 13            | Fonction maximale (I)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (I)  |
| 14            | Fonction maximale (J)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (J)  |
| 15            | Fonction maximale (K)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (K)  |
| 16            | Fonction maximale (L)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (L)  |
| 17            | Fonction maximale (M)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (M)  |
| 18            | Fonction maximale (N)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (N)  |
| 19            | Fonction maximale (O)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (O)  |
| 20            | Fonction maximale (P)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (P)  |
| 21            | Fonction maximale (Q)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (Q)  |
| 22            | Fonction maximale (R)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (R)  |
| 23            | Fonction maximale (S)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (S)  |
| 24            | Fonction maximale (T)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (T)  |
| 25            | Fonction maximale (U)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (U)  |
| 26            | Fonction maximale (V)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (V)  |
| 27            | Fonction maximale (W)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (W)  |
| 28            | Fonction maximale (X)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (X)  |
| 29            | Fonction maximale (Y)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (Y)  |
| 30            | Fonction maximale (Z)  | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (Z)  |
| 31            | Fonction maximale (AA) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AA) |
| 32            | Fonction maximale (AB) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AB) |
| 33            | Fonction maximale (AC) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AC) |
| 34            | Fonction maximale (AD) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AD) |
| 35            | Fonction maximale (AE) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AE) |
| 36            | Fonction maximale (AF) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AF) |
| 37            | Fonction maximale (AG) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AG) |
| 38            | Fonction maximale (AH) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AH) |
| 39            | Fonction maximale (AI) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AI) |
| 40            | Fonction maximale (AJ) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AJ) |
| 41            | Fonction maximale (AK) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AK) |
| 42            | Fonction maximale (AL) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AL) |
| 43            | Fonction maximale (AM) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AM) |
| 44            | Fonction maximale (AN) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                     | 1,5                    | 1,5      | Fonction maximale (AN) |
| 45            | Fonction maximale (AO) | 1,5                    | 1,5                     | 1,5                     |                         |                        |          |                        |

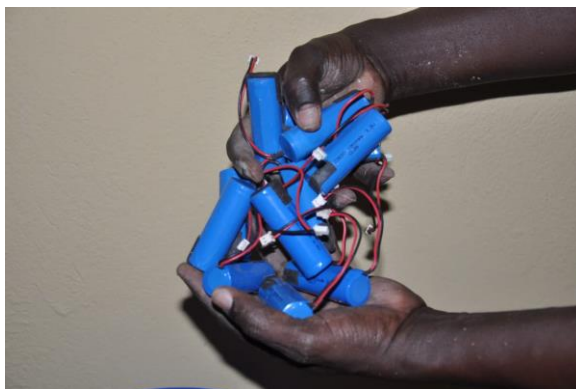
- Etude d'impact environnemental et aménagement conformément aux recommandations de sécurité



# La stratégie de tri: du démontage à la classification

La stratégie de tri mise en place en accord avec l'étude réalisée en amont par le CEA comporte 04 principales phases :

- **Tension OCV**
- **Résistance interne**
- **Capacité, SOH**



Le tri visuel

Les tests à la  
reception

Les tests de cyclage  
(charge/décharge)

Le grading

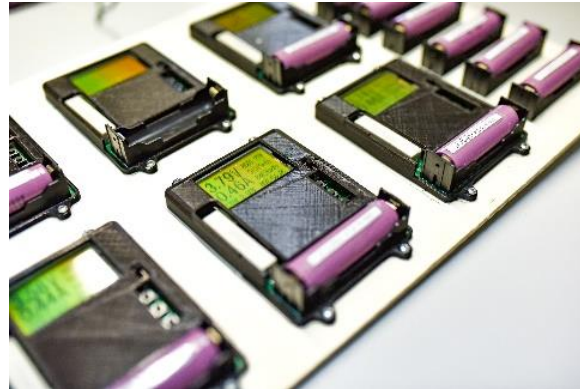




# Les outils de tests: développer des outils de tests adaptés au contexte africain

Pour réaliser les différents tests nécessaires au tri des batteries, nous avons validé divers équipements avec le concours des laboratoires du CEA/INES

## Pour la capacité



- Moyen d'essai simple
- Peu coûteux
- Alimentation électrique limitée
- Environnement thermique non maîtrisé

## Pour la résistance interne





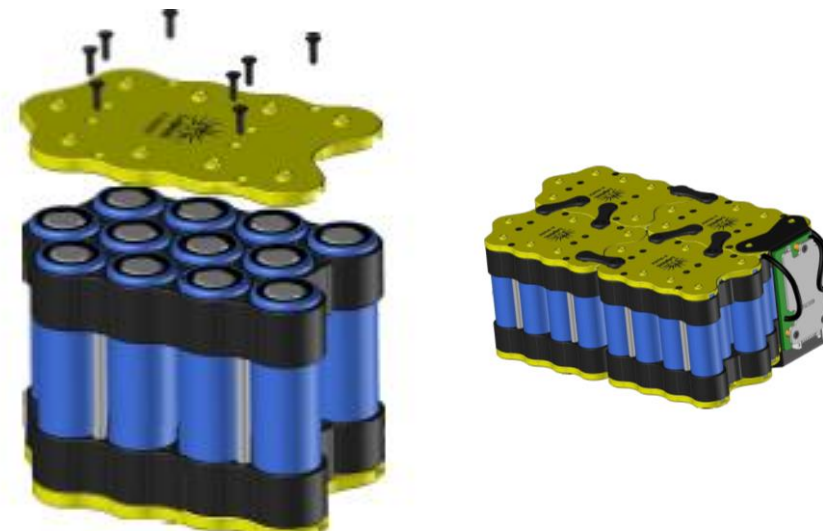
## Les packs de batteries reconditionnés: développement d'une technique de réassemblage sans soudure

Une fois l'étape du tri terminée, nous sommes en mesure de réaliser des packs batteries de différentes tensions et différentes capacités en fonction des montages et du grading des cellules choisies



### Une technologie innovante d'interconnexion et d'assemblage

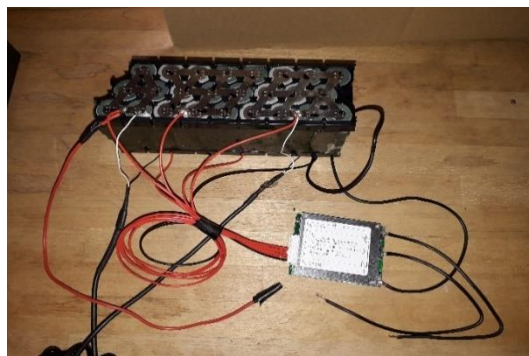
- Facilite le remplacement d'une cellule défectueuse sans endommager le système
- Réparation facile et rapide
- Solution modulable pour diverses capacités
- Prochaine étape: industrialization du prototype



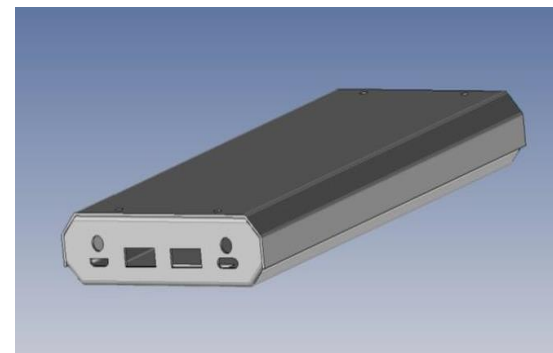
## Les produits reconditionnés : réutiliser des batteries pour des usages stationnaires pendant leurs seconde vie

Exemples d'applications pour les batteries reconditionnées: pour l'instant nous sommes toujours dans les phases d'études et de prototypage.

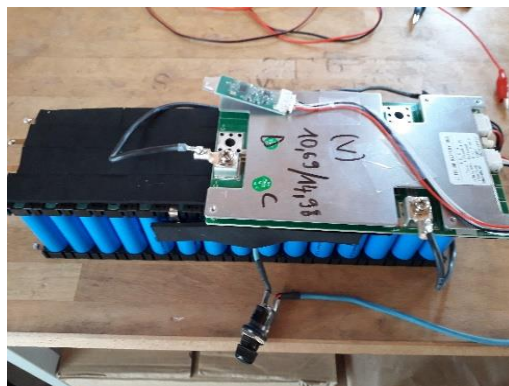
### 1. Chargeur d'ordinateur 18V



### 2. Power bank 5V



### 3. Pack Smart-batterie 12V



Pour la suite, nous allons devoir éprouver:

- Les **performances** et la **durée de vie** de ces prototypes.
- La **sécurité** qu'ils offrent.
- Leur **pertinence** par rapport au marché (attentes des clients, coût produit reconditionné vs neuf...).

## Un guide open source pour faciliter la réplcation des processus

Pour assurer la vulgarisation de notre procédé, nous avons rédigé un guide open source qui sera mis à disposition dans le cadre du projet Global Leap Solar E-waste. Il contiendra entre autre des conseils et des informations sur:

- **L'environnement et le cadre législatif du domaine**
- **Les aspects de sécurité**
- **Le processus de collecte et de transport**
- **La stratégie de tri**
- **Le reconditionnement en seconde vie**
- **La gestion ultimes des déchets**



### COMMENT REMPLIR CORRECTEMENT LES FÛTS DE COLLECTE ?

Les batteries ayant été utilisées une première fois dans un équipement solaire domestique ou de mobilité sont considérées comme des « déchets dangereux ». Ainsi, il est primordial de respecter des conditions strictes pour la collecte de ces batteries.

**Equipements nécessaires pour la collecte**




- Le fût en polyéthylène permet de collecter les batter
- Le sachet plastique permet de séparer les batteries u
- La vermiculite permet d'éviter que les étages de bat de la chaleur en cas d'échauffement. Utiliser du sah
- Le scotch permet d'isoler les pôles de la batterie.

**Types de batteries acceptées**

Les batteries acceptées par Lagazel sont du type cyl Nickel (Nimh).



Batteries issues des équipements solaires domestiques.



### PROCEDURE POUR FAIRE UN PACK BATTERIE DE 1S7P

Pour faire un pack batterie de 1S7P, veuillez suivre les étapes ci-dessous :

➡ **Etape 1**

**Allumer et régler le poste à souder**

- Fixer les deux électrodes.
- Brancher la commande à pédale.
- Régler l'impulsion de la soudure à 2P à l'aide des boutons indiquant les flèches et l'étoile.
- Régler le pourcentage du courant à 60 à l'aide des boutons indiquant les flèches et l'étoile.
- Le bouton situé au-dessus du poste à souder permet d'ajuster la pression de soudure de la pédale (pour diminuer la pression, il faut tourner le bouton vers la gauche. Pour augmenter la pression, il faut tourner le bouton vers la droite.




➡ **Etape 2**

**Assemblage des cellules**

- Assembler les 7 cellules à l'aide d'un support.
- Vérifier bien que les bornes sont identiques de part et d'autre.
- Vérifier que les cellules ne bougent pas.



➡ **Etape 3**

**Faire des points de soudure**

- Mettre l'ensemble (cellules et tile nickel) au niveau des 2 électrodes du poste à souder.
- Appuyer sur la commande à pédale.
- Faire 4 points de soudure sur chacune des bornes des cellules.
- Assembler les 7 cellules en faisant des points de soudure. (Faire cette opération sur les bornes positives et négatives des cellules).





## Obstacles rencontrés et pistes de solutions

### Certains obstacles freinent le développement du projet et nécessitent des appuis institutionnels

- **Accès à la ressource**

Volume batteries Li encore limités en Afrique



**>Partenariats pour la collecte**

En amont du recyclage

- **Cadre législatif contraignant**

Transport batteries et déchets réglementé voire interdit



**>Lobbying**

Considérer les batteries ayant un potentiel de réutilisation comme une ressource

- **Modèle économique**

Batterie Lithium : baisse de coût de 89% en 10 ans



**>Incitation économique**

En faveur de la réparation et du reconditionnement



**FRANCE**  
441 Route de Rivas- BP16  
42330 SAINT-GALMIER  
+33 (0)4 27 64 30 51

**BURKINA FASO**  
Route de Bobo-Dioulasso  
BP111 DÉDOUGOU  
+226 73 65 00 00

**BENIN**  
Todowa, 5<sup>e</sup> arrondissement  
PORTO NOVO  
+229 99 99 61 61

[contact@lagazel.com](mailto:contact@lagazel.com)

[lagazel.com](http://lagazel.com)





## Session 3: Retours d'expériences sur le reconditionnement de batteries cylindriques



Angel KIRCHEV  
Expert Senior, CEA



Roc SOSSOUKPE  
Product Portfolio Manager Bénin, ENGIE ENERGY ACCESS



Arnaud CHABANNE  
Directeur, LAGAZEL