

JOURNÉE
TECHNIQUE

**BATTERIES
LITHIUM**
TOUS UTILISATEURS
TOUS ACTEURS DE LA PRÉVENTION

Batteries au Lithium :

Risques électriques, d'incendies et d'explosion ?

Lonardoni Loïc, Ingénieur Chercheur
*Univ . Grenoble Alpes, CEA, Liten, Campus Ines,
73375 Le Bourget du Lac, France*

22 NOVEMBRE 2022
Maison de la RATP – Paris

Contenu de la présentation

• Introduction

- Présentation.
- Architecture électrique d'un pack batterie?

• Risques & réglementations liés aux batteries Li-ion ?

- Risques électriques par contacts directs.
- Risques électriques par contacts indirects.
- Risques induits par des problèmes électriques.

• Risque principal : l'emballement thermique

- Causes et conséquence de l'emballement thermique.
- Améliorer la sécurité (batteries et systèmes).
- Comment réagir face à un incident sur une batterie Li-Ion.



CEA-Liten, centre de Grenoble, site « INES » au Bourget du Lac (Savoie)

Laboratoire L2SA: Laboratoire Stockage Stationnaire pour Application ENR

Systèmes autonomes



Cellules

Gestion des réseaux électriques



Modules

Mobilité électrique



Packs

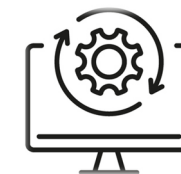


Le L2SA, c'est :



21 personnes:

Electrochimie, Modélisation, ingénierie électrique...



Plateforme d'essais:

350 voies de cyclage, un laboratoire de tests de sécurité.

↳ Sélection des systèmes de stockage les plus appropriés à l'application visée.

↳ Développement de stratégies de gestion des batteries optimisées.

JOURNÉE TECHNIQUE INRS

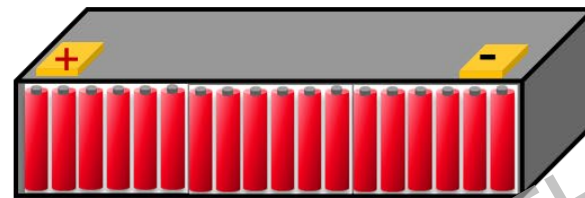
BATTERIES LITHIUM : TOUS UTILISATEURS – TOUS ACTEURS DE LA PRÉVENTION

Mais comment est constituée une batterie Li-ion ?

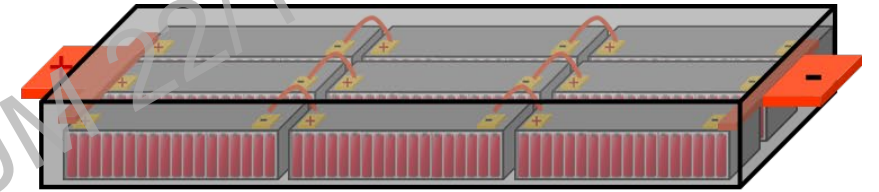
- Assemblage de cellules unitaires.



Cellule unitaire :
3,8 V – 3,15 Ah – 12 Wh – 45 g



Module de cellules: 6S14P (84 cellules)
22,8 V – 44 Ah – 1 kWh ~ 5 kg



Pack de modules : 3S3P (756 cellules)
68,4 V – 132 Ah – 9 kWh ~ 75 kg

- Les batteries dans les produits commerciaux.



Téléphone
3,8 V, 3.2A.h
13Wh, 54 g



Vélo électrique
36 V, 13,9 Ah,
500Wh, 2,7 kg



Renault Zoé
400 V, 41 kWh,
12 modules, 192 cellules,
290 kg



<http://kokam.com/container-2/>

Container de stockage
640 -1100 V,
5,47 MWh dans container 40''

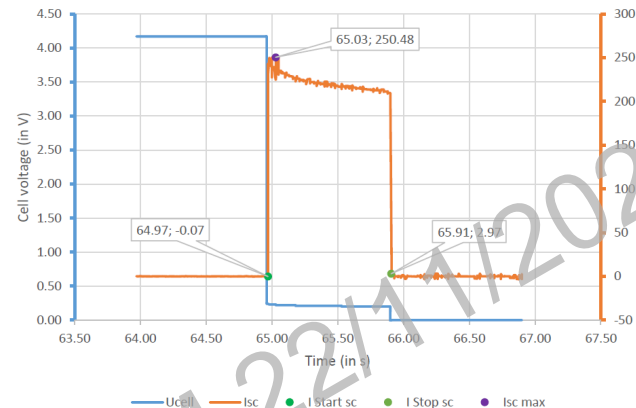
Risques électriques par contacts directs

Court circuit:

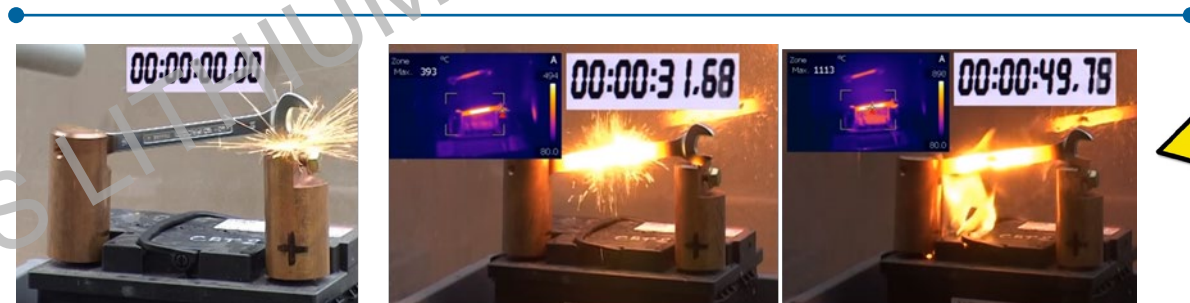
Courant de court-circuit $I_{cc} > 100 \text{ A}$ sur 1 seule cellule
(à multiplier par le nombre de branches en parallèle)

- Arc électrique
- Température élevée
- Projection de matière en fusion

➤ Brûlures, Incendie...



Ex: Court circuit $2\text{m}\Omega$
cellule Li-Ion 18650 / 3A.h.
 $I_{\text{max cc}} = 250\text{A}$
Durée CC av coupure = 3sec

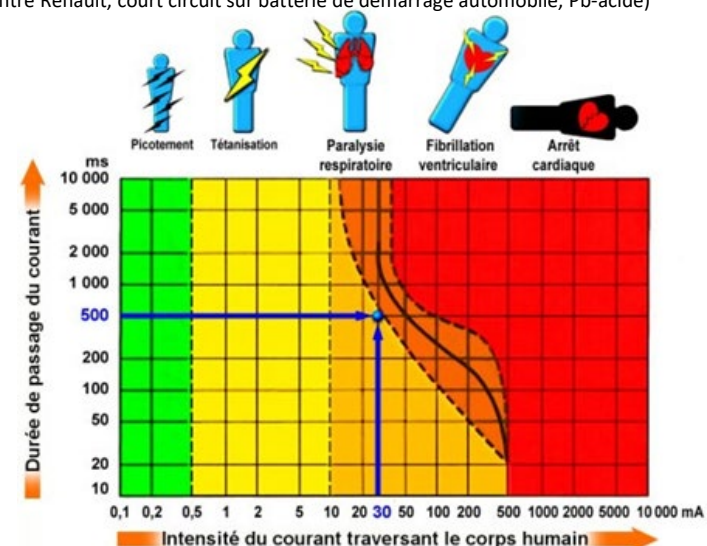


<https://www.youtube.com/watch?v=LwfPaUd274E> (Technocentre Renault, court circuit sur batterie de démarrage automobile, Pb-acide)

Electrisation / Electrocutation ($U > 60 \text{ V}_{\text{DC}}$):

Tension nominale entre 400 et 800 V_{DC} sur les batteries de véhicules,
Jusqu'à 1100 V_{DC} sur les systèmes de stockage stationnaire.

➤ Seuil d'électrisation possible dès la TBT (60 V, $I > 10 \text{ mA}$).



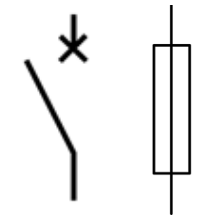
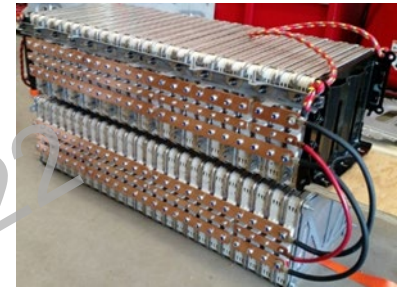
Eléments de protection

Protection contre les surintensités et l'incendie:

- Disjoncteur / fusible (HPC ?) sur le circuit électrique
- Section appropriée des conducteurs (barre omnibus, câblage)
- Prévoir d'éventuels effort électrodynamiques sur les conducteurs
 - Fixation des conducteurs (vibration, effort électrodynamique)
 - Isolement électrique + protection mécanique



- Le dimensionnement des dispositifs de protection doit être fait en courant continu
- Fusibles et disjoncteurs protègent le câblage... Ils **ne protègent pas** l'humain !!



Disjoncteurs et fusibles à placer judicieusement.



Protection mécanique (vibrations coupure...).



Chaînes porte-câbles.

Risques électriques par contacts indirects : éléments de protection

- Schéma de liaison à la terre (SLT) pour éviter les contacts indirects

- "Neutre" raccordé (TN) : ex batterie 12 V des voitures

↳ Premier défaut d'isolement = court-circuit

- "Neutre" isolé (IT) : contrôleur permanent d'isolement (CPI)

↳ Premier défaut d'isolement = faible courant de fuite, remontée d'information CPI

↳ second défaut d'isolement = court-circuit + ouverture du circuit par le CPI

↳ Mise à la terre obligatoire pour les batteries $U_{\text{nominal}} > 120 \text{ V}_{\text{DC}}$

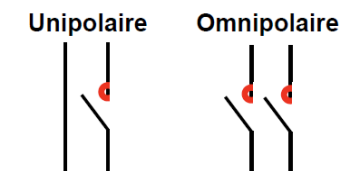
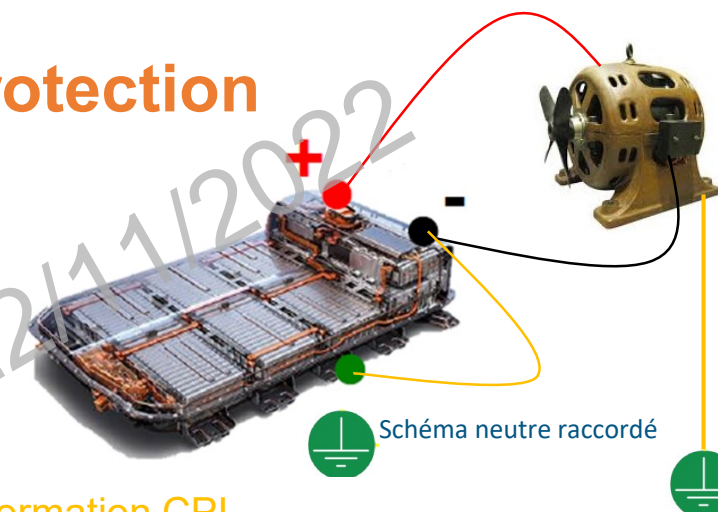
- Contacteurs unipolaires / omnipolaires ?

- Protection du pôle + seulement ou des deux pôles ?

- Comment bien gérer la mise à la terre ?

- Pour $U < 60 \text{ V}_{\text{DC}}$: **TBTS**_{écurité} (aucune polarité reliée à la masse) ou **TBTP**_{protection} (une polarité reliée à la masse) ?

↳ Architecture électrique complexe qui nécessite de vraies compétences !



Réglementation

Une batterie n'est pas déconnectable électriquement (pas de consignation possible). Les opérations de connexion / déconnexion sont donc forcément réalisées sur des pièces nues sous tensions (PNST)

Arrêté du 7 avril 2021 et note informative **NF C18-505-X F1** fixant les modalités de réalisation des travaux sous tension sur les installations électriques dans le domaine de la BT et les références des normes applicables

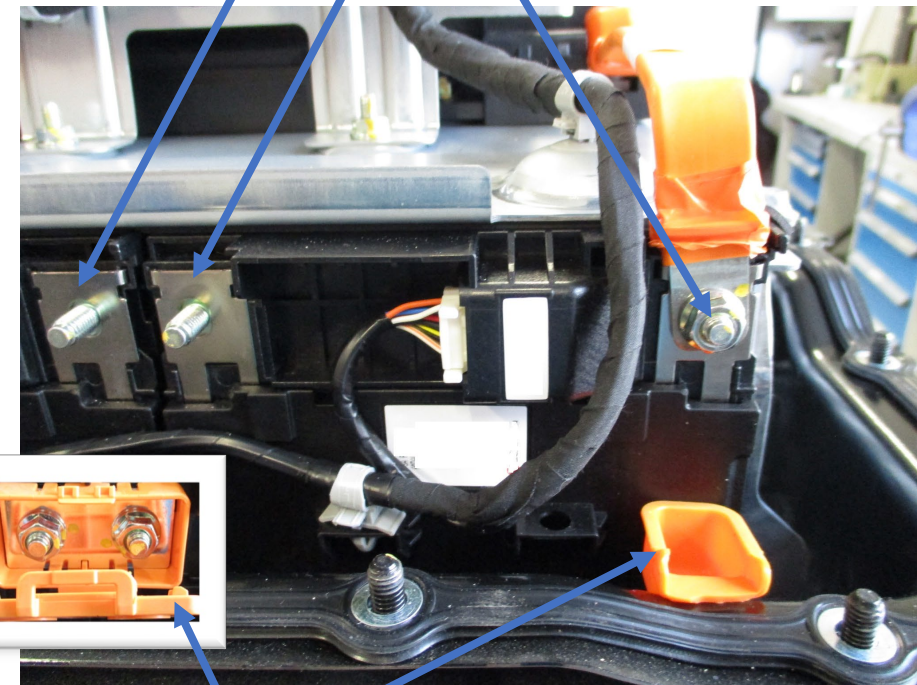
➤ Habilitation TST OBLIGATOIRE dans les cas suivants:

- Tension nominale > **60V**
- Capacité totale > **275Ah**
- Section des câbles > **10mm²Cu** ou **16mm²Al**

Port des EPI:



Pièces nues sous tension



Caches de protection

Risques induits par des problèmes électriques

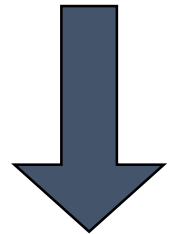
• Court circuit

- **Risque d'échauffement** des cellules de batteries
 - Direct par effet Joule par passage du courant à travers les cellules (RI^2)
 - Indirect par transmission de chaleur (conduction, convection, rayonnement)
- **Risque de déformation/choc mécanique**
 - Forces électrodynamiques (câblage, barres omnibus etc...)

• Autres conséquences possible de problèmes électriques

- **Surcharge / surdécharge** accidentelle au sein du/des modules
- **Court-circuit interne dans les cellules** (arc électrique ou déformation)
- ...

➤ **Déstabilisation des matériaux constituant la batterie, pouvant conduire à un emballement thermique !**



Causes amenant à un emballement thermique.



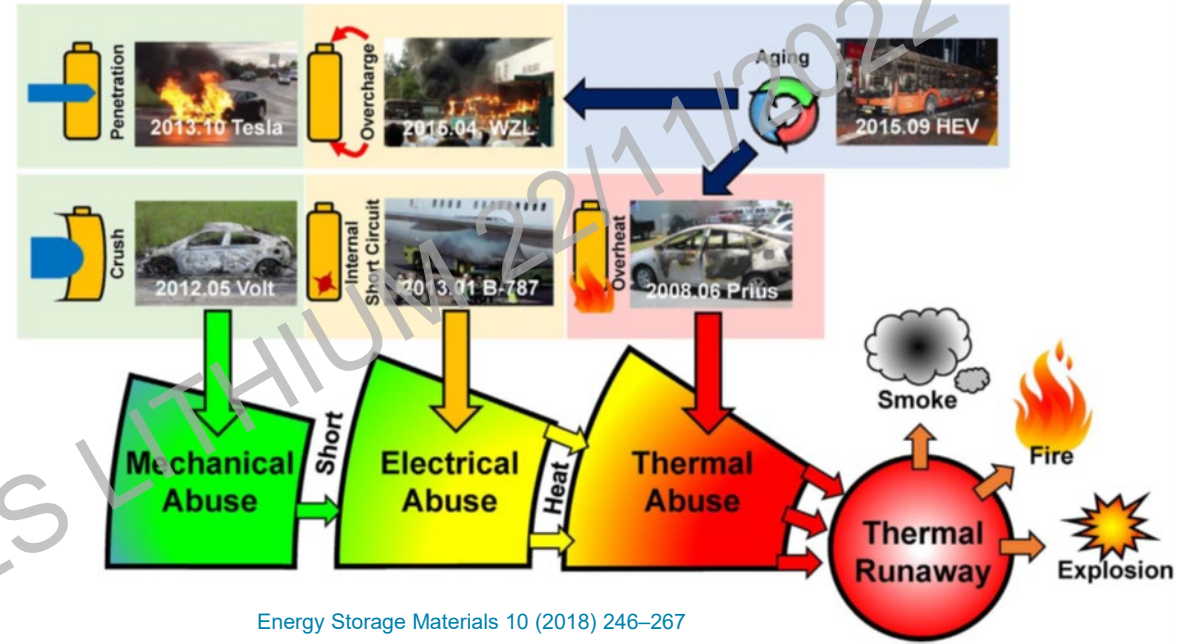
Essais ARC CEA / INES



RAPPORT STOCKAGE STATIONNAIRE DE L'ÉNERGIE : RISQUES ET SOLUTIONS ENVISAGEABLES

Téléchargeable gratuitement:

<https://www.ines-solaire.org/news/risques-incendie-des-applications-de-stockage-batteries-dans-le-batiment/>



Essais de propagation d'un défaut.

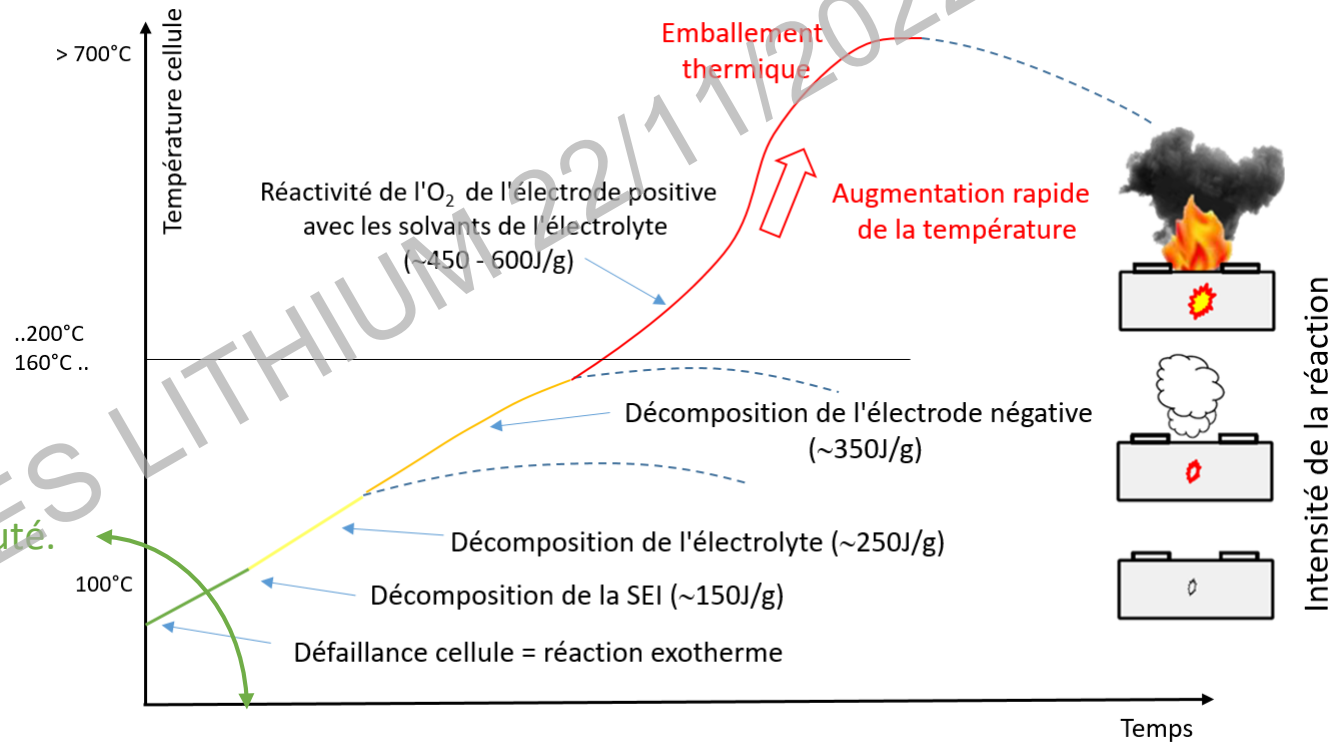


SDIS73 ©

Cinétique d'une réaction d'emballement thermique.

La pente initiale de la réaction dépend:

- Du type d'agression.
- De l'état de la batterie avant l'événement redouté. (SOC, SOH
- De l'intensité de la défaillance



=> Successions de décompositions plus ou moins énergétiques des différents éléments de la batterie :

- 1 – SEI
- 2 – électrolyte
- 3 – électrode négative
- 4 – électrode positive (dégagement O_2)

⇒ La réaction peut devenir incontrôlable (pas toujours)

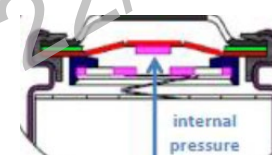
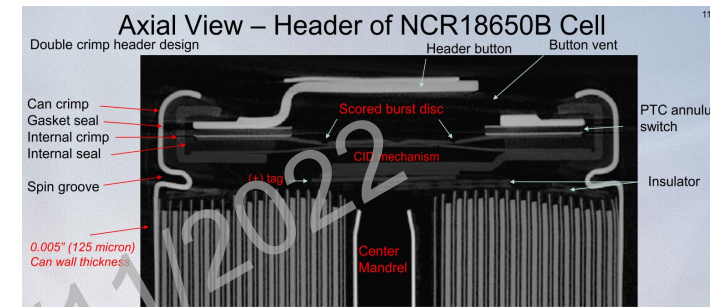
Protection des biens et des personnes

Eléments de sécurité intrinsèques aux éléments de batteries ?

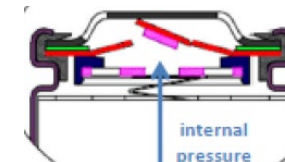
- Surpression:
 - **CID** (*current Interrupt Device*) – ouverture à 7 bars
 - **Event de sécurité** - ouverture à 20 bars
- Température élevée
 - **PTC** (*Positive Temperature Coefficient*) fusible réarmable

Eléments de sécurité liés à la conception des assemblages ?

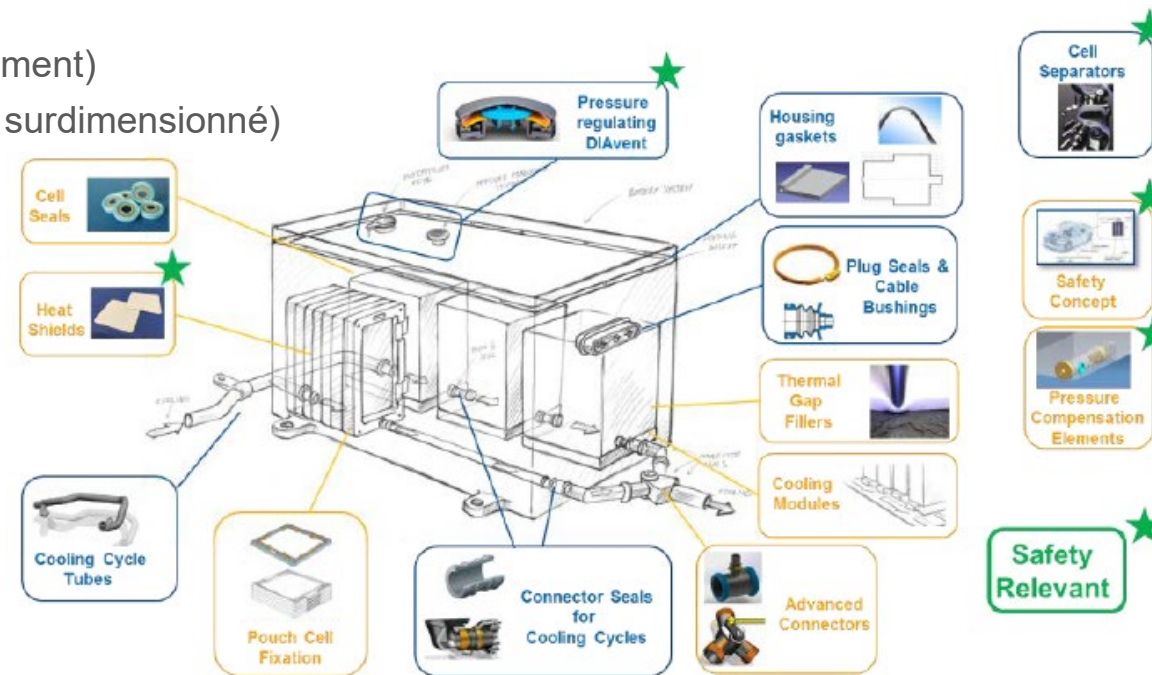
- **Conception** optimisée (éviter la propagation de l'emballement)
- **Gestion de la température** (système de refroidissement surdimensionné)
- **BMS** (Battery Management System)



CID Ouvert



Event Ouvert



Bonnes pratiques de manipulation des batteries en laboratoire d'essais



Attention au casing métallique et son raccordement à une polarité (borne) de la cellule.

Prévoir un bac de vermiculite en cas de départ de feu.



Le port de **GANTS ISOLANTS** est obligatoire pour la manipulation des **CONNECTIQUES NON-IP2X** des bancs de cyclage car :

- l'arrêt (logiciel ou face avant) de la voie n'offre pas le même niveau de sécurité qu'une consignation électrique ;
- la voie n'est généralement pas une très basse tension de sécurité.

Privilégier les (dé)connexions de cellules ou modules dans un faible état de charge



Comment réagir en cas de problèmes

Ne pas intervenir sur une batterie en feu.

- **Dans la mesure du possible sans se mettre en danger**, déplacer la batterie dans une zone sécurisée (local/enceinte coupe-feu prévu à cet effet ou en extérieur à plus de 8 m de toute infrastructure)
- déclencher **l'évacuation des locaux**
- **contacter les secours**

Même après l'extinction, l'emballement thermique peut reprendre quelques minutes ou quelques heures plus tard (intégrité de l'architecture électrique perdue !).

- **Seule la neutralisation effectuée sous contrôle permet de supprimer le risque.**

Les agents extincteurs utilisés par les pompiers permettent de **gagner du temps** et de limiter les dégâts mais **ne permettent pas de supprimer les risques** (électriques en particulier).

- **Une batterie qui présente (ou qui a présenté) un emballement thermique doit être évacuée et placée dans un périmètre de sécurité sous surveillance constante.**

Conclusion

- L'aspect **sécurité** est le fil conducteur de l'assemblage de modules et packs :
 - **Risque électrique** est un risque **invisible** et souvent **mortel** (électrocution).
 - **Risque chimique** (projections d'électrolyte) lors de l'ouverture des événements.
 - **Risque gazeux** grande quantité de gaz émise lors de l'emballage thermique.
 - Le risque de **court-circuit** est également présent tout au long du processus **avec un risque de destruction de l'outil de travail (incendie)**.
- Les moyens de se protéger contre ces risques sont :
 - La **prévention**, par une aide soutenue aux opérateurs.
 - Le port des **EPIs**, à limiter dans le temps car contraignante.
 - La notion **d'IP2x** est fondamentale en conception et en assemblage

**Merci
pour votre
attention.**



Loïc Lonardoni
LITEN/DTS/SIRE/L2SA
Département des Technologies Solaires
Service Stockage et Systèmes Electriques
Laboratoire du Stockage ElectroChimique
Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
50 avenue du Lac Léman | F-73375 Le Bourget-du-Lac
T. +33 (0)4 79 79 27 06 | F. +33 (0)4 79 68 80 49
Loic.lonardoni@cea.fr

JOURNÉE TECHNIQUE INRS

BATTERIES LITHIUM : TOUS UTILISATEURS – TOUS ACTEURS DE LA PRÉVENTION