

Sécurité et fiabilité des batteries

Mathieu Martinez, Dr
Expert Technique

Serma Technologies

Savoie Technolac, 50 Avenue Lac Léman, BP 332, F-73370 Le Bourget du Lac, France

T: +33 (0)4 79 79 29 83, e-mail: m.martinez@serma.com

<http://www.serma-technologies.com/>

- Les conséquences de l'instabilité des batteries

- Batteries Lithium
- Batteries Plomb VRLA



- Maitriser les risques associés à l'utilisation des batteries

- Electronique de Contrôle (PCB/PCM/ BMS – Battery Management System)
- 'Built-in safety devices'
- Sélection des chimies et fournisseurs
- Plan de Qualification – *Un exemple typique*
- Normes et certifications internationales



- Conclusions
- Questions

La batterie: Le maillon faible? Le cas Boeing 787 Dreamliner

Certification of the 787 Battery



Exemplar Battery

JAL Event Battery

NTSB

Inside the Battery



Substantial thermal damage

Moderate thermal damage

NTSB

Cost for Boeing: 600 M\$ estimated
Expected 'smoke event': 1 every 10 Millions flight hours
Cause: Internal Short Circuit in one cell

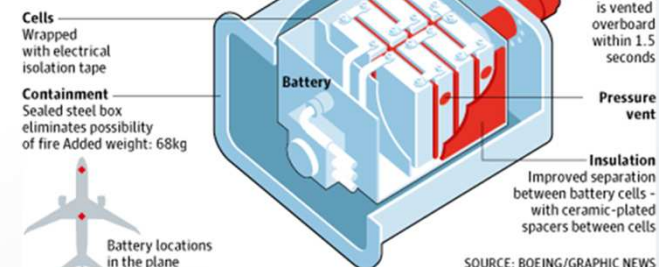
787 Batteries

The main battery and the auxiliary power unit battery are identical lithium-ion batteries. Each is made up of the eight cells that produce a total of 32-V DC. Multiple redundancies designed into the 787 battery system ensure that even in the presence of a fault, the airplane can continue safe flight. Lithium-ion batteries were selected after a careful review of available alternatives because they best met the performance and design objectives of the 787.

Advantages of Lithium-Ion Batteries	Chemistry Feature	787 Lithium-Ion (Lithium Cobalt Oxide)	777 Nickel Cadmium (Fibrous)
<ul style="list-style-type: none"> High-power capability Lower weight No memory degradation Improved power quality Improved charging characteristics 	Voltage (nominal) Maximum weight Current provided for airplane power-up	32 V (8 cells) 63 lb (28.6 kg) 150 A	24 V (20 cells) 107 lb (48.5 kg) 16 A

787 Dreamliner battery changes

The battery consists of eight lithium-ion rechargeable cells connected in series



SOURCE: BOEING/GRAPHIC NEWS

SOLUTION PROPOSÉE

La batterie: Le maillon faible? Le cas UPS Cargo Jet

Apr. 4, 2011 - 2:52 PM PDT Apr. 4, 2011 - 2:52 PM PDT

Summary: A new report on the crash of a UPS jet carrying rechargeable lithium batteries outlines the hazards of transporting these devices.

It's the latest fuel for concern about the safety of lithium ion batteries, which store energy not only for gadgets but also plug-in vehicles.



The two crew members killed!

<http://gigaom.com/2011/04/04/lithium-ion-batteries-faulted-for-jet-crash/>

Accroissement du marché auto EV: Gros besoin de fiabilisation

Chart 1 - U.S. Monthly PEV Sales



Source: hybridcars.com

Tesla Model S: 5 stars au crash test mais pas infaillible !





Batterie
Lithium Polymère

- Observations:
- Conséquences:

Gonflement et Emballage thermique de 2 tablettes
Destruction produit et sécurité de l'utilisateur



Figure 15 : Battery DEF 1



Figures 16 : DEF 1 – Negative pole



Figures 17 : DEF 1- Cell opening – positive pole

Le lithium instable ... les batteries Plomb Acide aussi



Etat de batteries Plomb Acide après emballage thermique

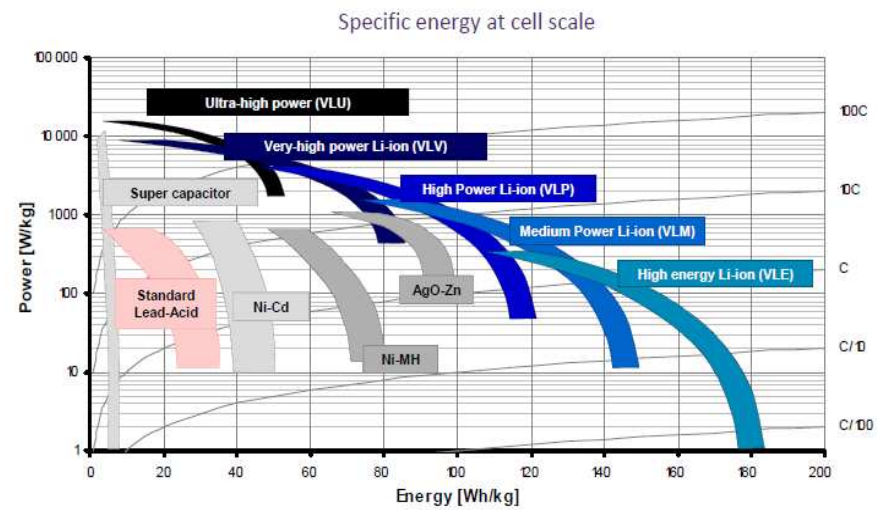


Observations:
Conséquences:

Gonflement d'éléments Plomb dans APU
Risques fonctionnels et sécuritaire,
Maintenance plus fréquente.

Pourquoi ces évènements violents? Les spécificités des chimies Lithium

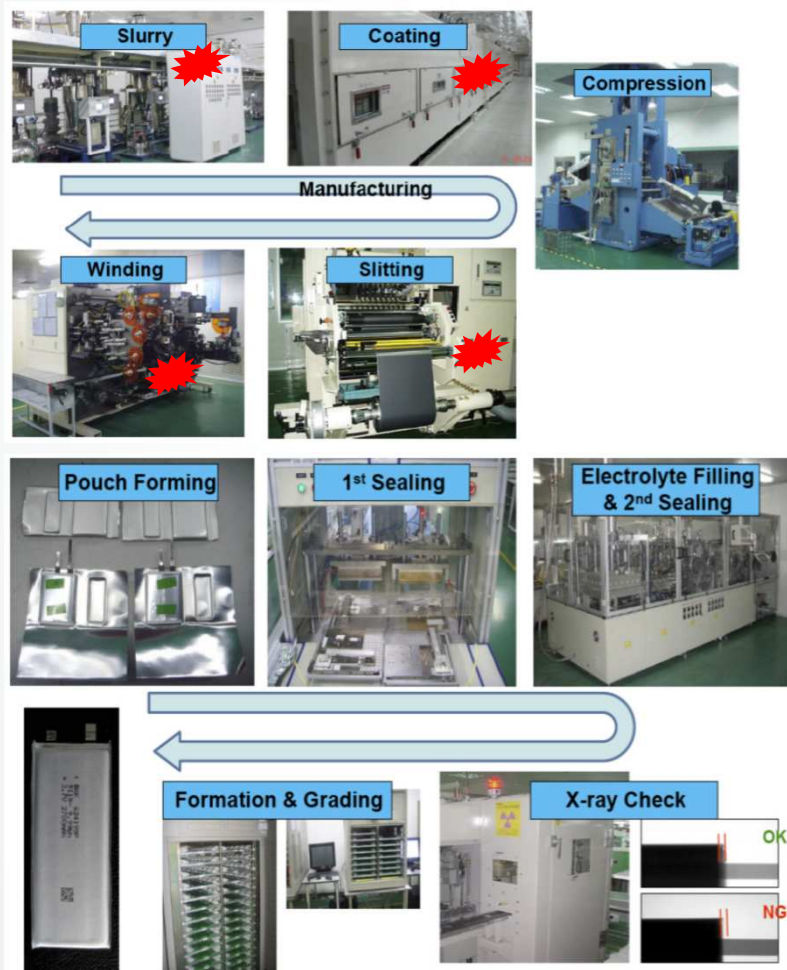
- Capacité de stockage par unité de volume importante
- Tensions aux bornes: 4,5V
- Potentiellement instable
- Utilisation de solvants organiques



- Forte réactivité du Lithium avec H₂O et humidité
 - ➔ Contraintes environnement et conception ('dry room')
- Design des cellules en couches minces
 - ➔ Nécessite une bonne maîtrise des procédés de fabrication

La qualité de la cellule: Cause principale des défaillances

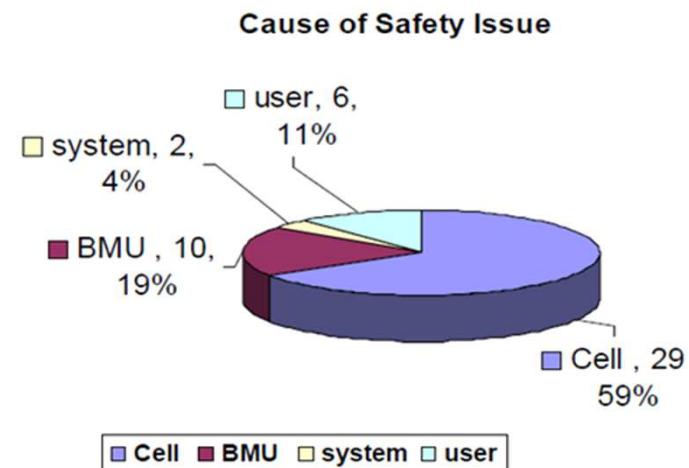
Lithium Polymer Manufacturing process (source: MicroPower)



Court-circuits internes souvent mentionnés comme origine de l'emballement thermique.

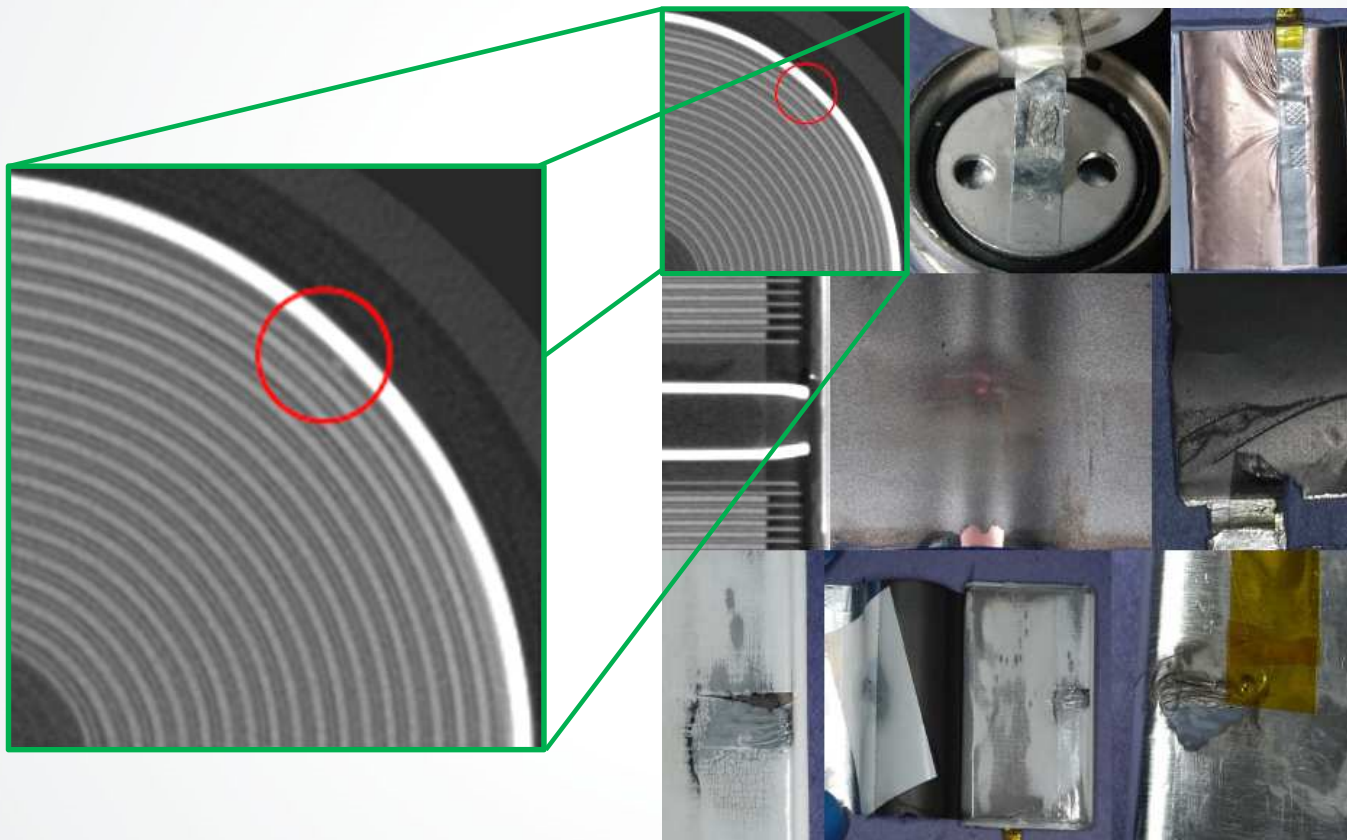
Toutes les étapes de la fabrication sont potentiellement à risque.

Toutefois, ne pas oublier: ***L'utilisateur, Le système, L'électronique de contrôle***

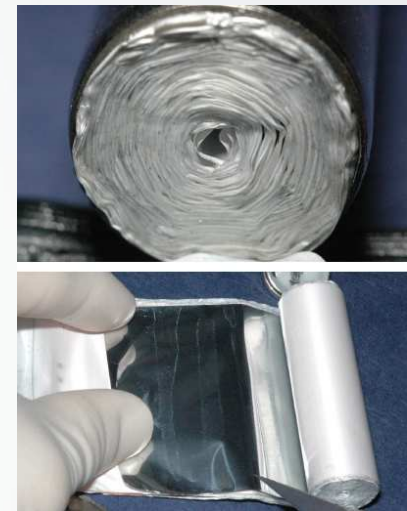


Source, SMP, IBS 2008

La maîtrise du procédé de fabrication est critique



Défauts pouvant mener à des court-circuits
internes
(source: Fire Research Fondation)



Composants internes
– cellule 18650

- Les conséquences de l'instabilité des batteries

- Batteries Lithium
- Batteries Plomb VRLA



- Maitriser les risques associés à l'utilisation des batteries

- Electronique de Contrôle (PCB/PCM/ BMS – Battery Management System)
- Sélection des chimies et fournisseurs
- Plan de Qualification – *Un exemple typique*
- Normes et certifications internationales



- Conclusions

- Questions

Comment minimiser les risques? Selection de la batterie

Une batterie (ou une pile), Pour quelle application?

Quel est mon Cahier des Charges?

Autonomie

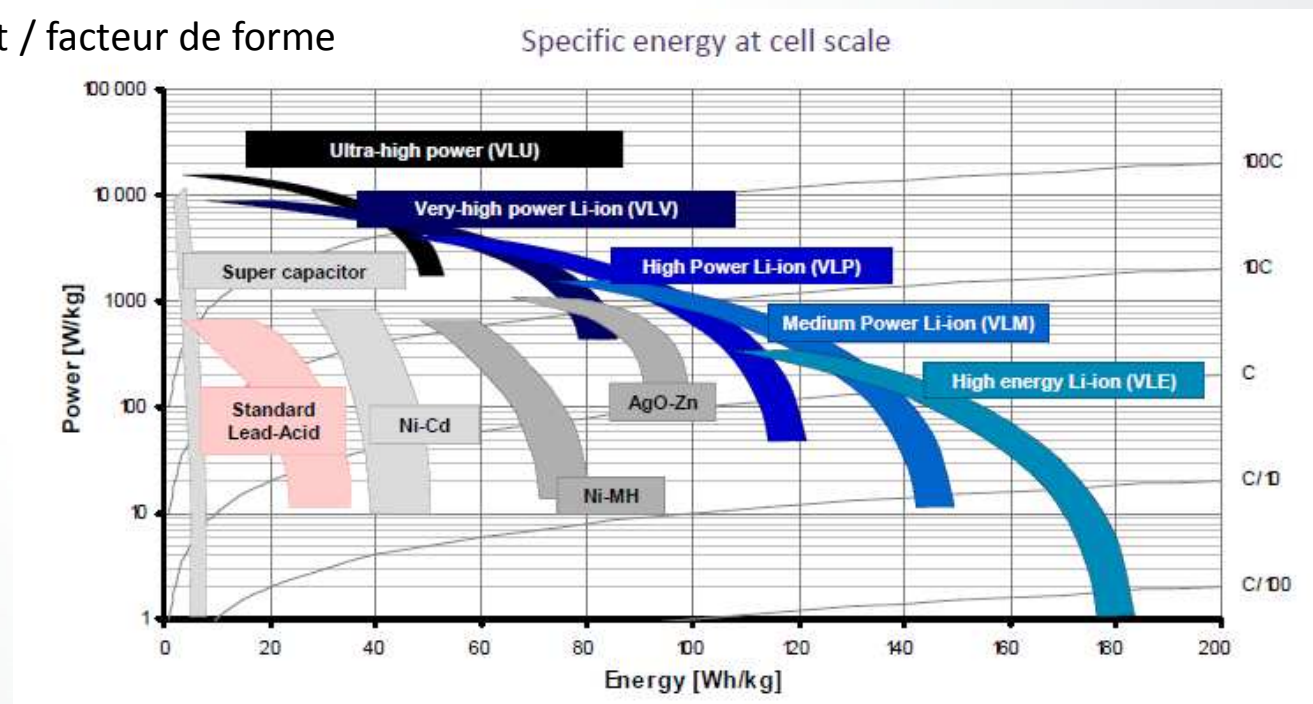
Température de fonctionnement

Durée de vie

Encombrement / facteur de forme

Coût

...



Les différents niveaux de protection: Electronique de contrôle et Design cellules/packs

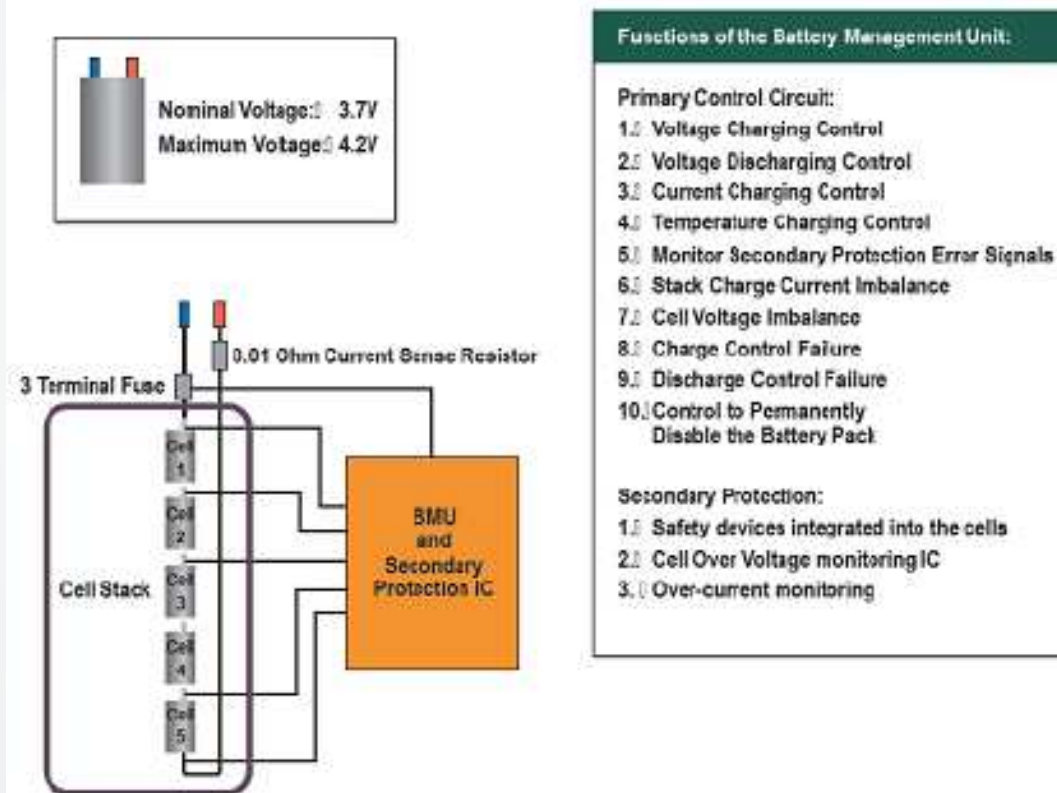


Fig. 3: Typical protection provided by a multi-cell battery pack

3 niveaux de protection

- Cellules (isolation, soupapes ...)

Prévention surcharge

Réaction vs. temp. et pression

- PCM / PCB

Prévention surcharge/sous-dech

Prévention forts courants

Prévention temp. hautes (PTC)

- BMS (Battery Management System)

Intelligence de la batterie (SOH, SOC)

Contrôle tension / courant / temp.

Equilibrage cellules

Profils charge / décharge

Les solutions design au niveau cellule

PTC – Positive Temp. Coeff. \equiv Thermistor \equiv polyswitch

– *Réarmable/réversible / physique*

Isole la batterie en cas d'augmentation modérée de température.

Aussi présent sur PCM

CID – Charge Interrupt Device - - *Irreversible / mécanique*

Isole la batterie en cas d'augmentation importante de la pression interne.

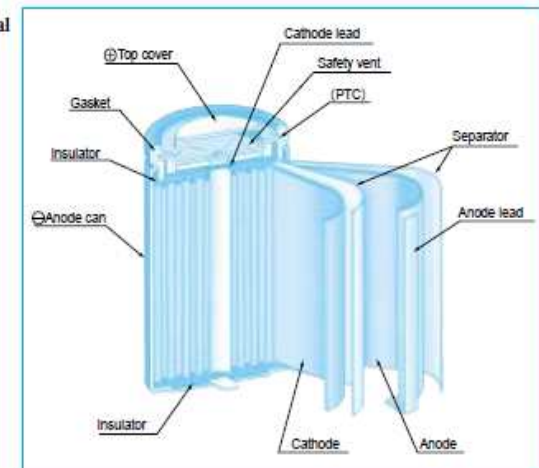
Events de sécurité - Irreversible / mécanique

Stade ultime lors d'un emballement thermique avec comme conséquence l'expulsion des gaz et des liquides

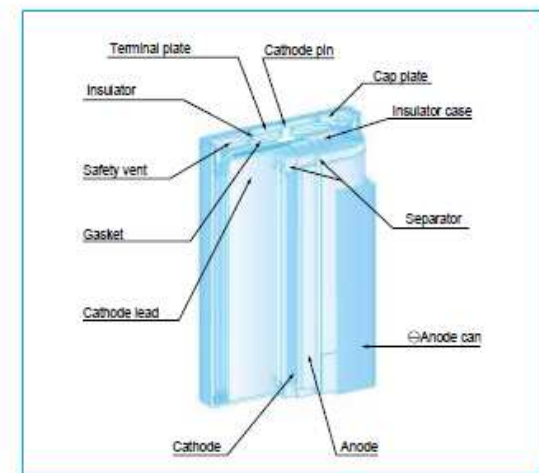
Shutdown Separator - Irreversible / physique

Isolation des électrodes lors de montée en température

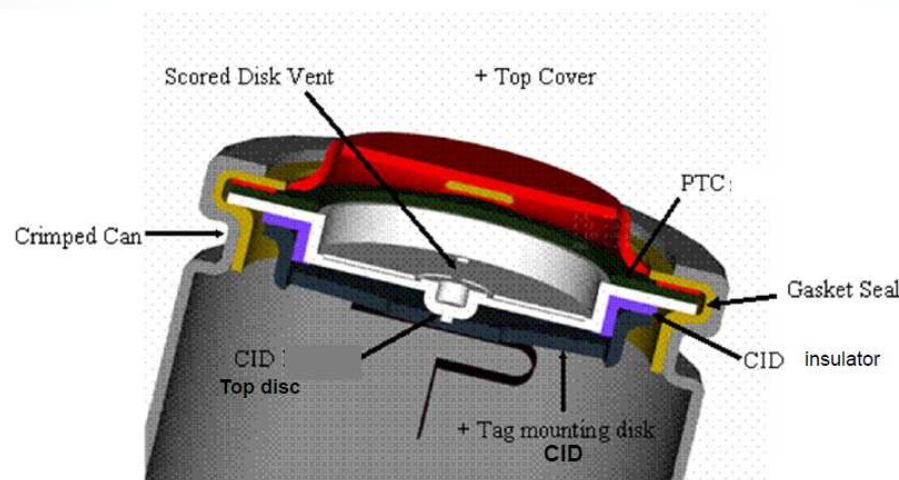
Cylindrical



Prismatic



Source: Sony



Cellules Li-Ion de même format – Mais des comportements différents!

Différents matériaux d'électrode positive

	LiCoO ₂	NCA	NMC	LiMn ₂ O ₄	LiFePO ₄
Tension nominale:	3,6 V	3,7 V	3,7 V	3,8 V	3,2 V
Energy	Good	Good	Good	Poor	Average
Power	Good	Good	Average/Good	Good	Good
Low T discharge	Good	Good	Good	Good	Average
Calendar life	Average	Very Good	Good	Poor	Poor above 40°C
Cycle life	Average	Good	Good	Average	Good
Safety	To ensure at battery level	To ensure at battery level	To ensure at battery level	Average	Good
Cost	High	High	High	Average	Average
Maturity	High	High	Medium	High	Average

Performances

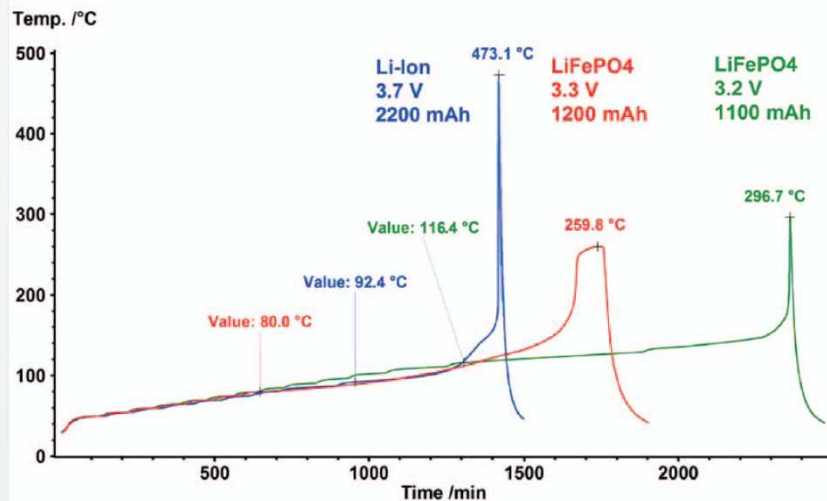
Durée de vie

Source: SAFT

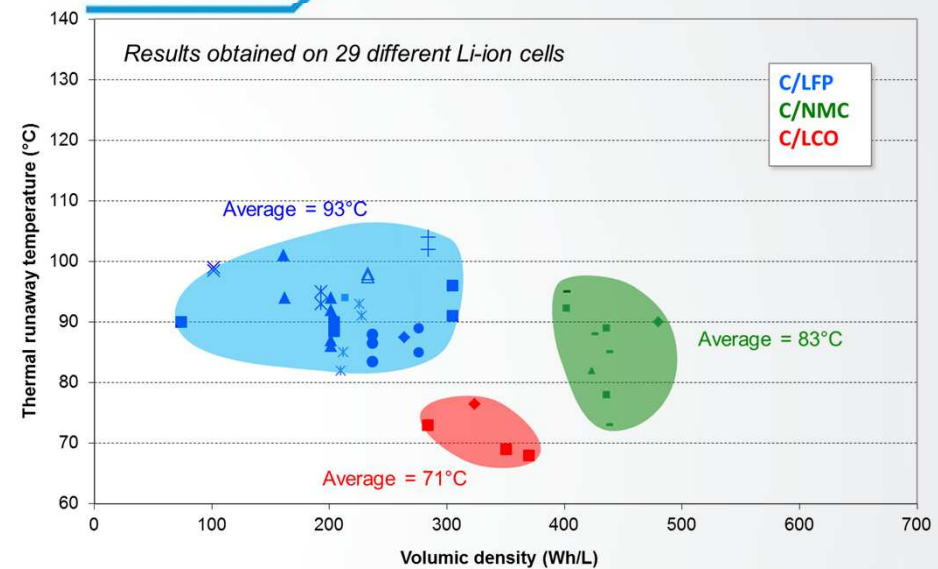


Source: SAFT

Cellules de même format – Mais des comportements différents!



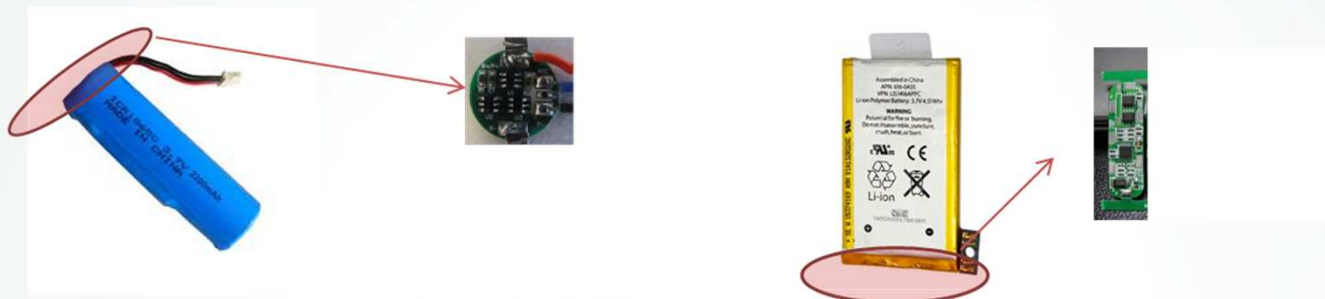
Thermal Signature of a Thermal Runaway Test in ARC with three 18650 cells (source: Netzch)



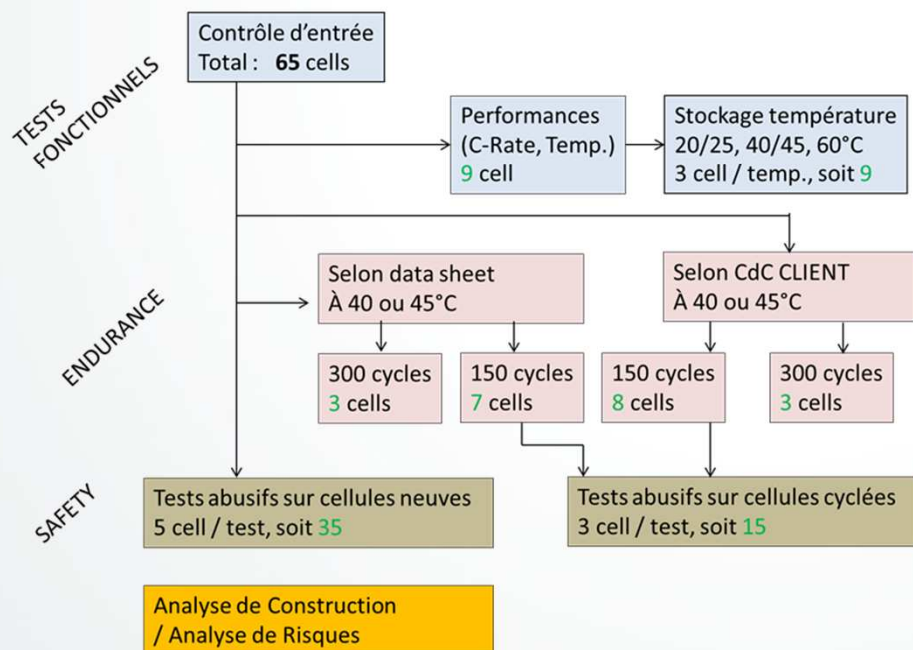
Results Obtained from 3 Li-ion Chemistries
(source: CEA-INES)

Gamme de température de fonctionnement
= f (chimie utilisée)

Comment minimiser les risques? Plan de Qualification



Batterie wo. Control Electronics (PCM)



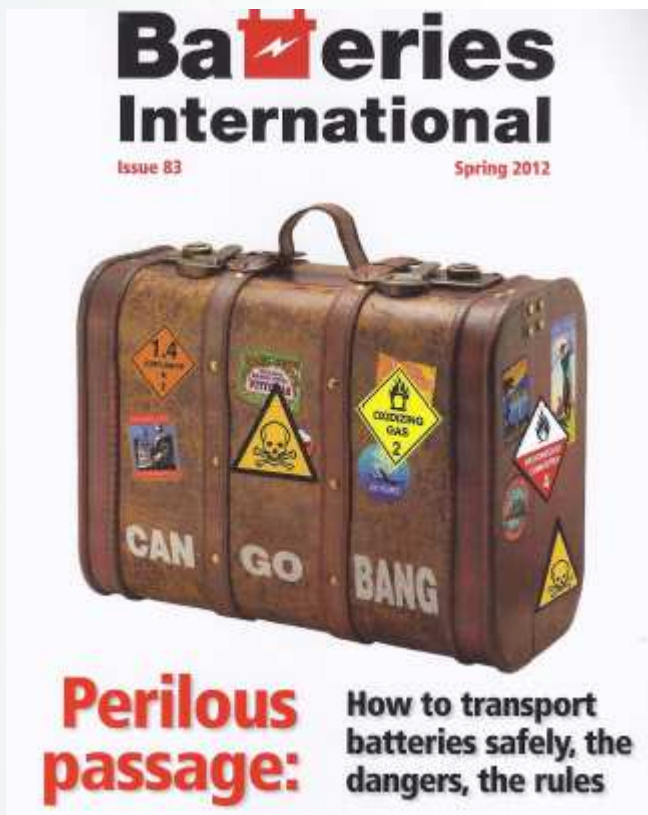
Control Electronics (PCM)

Tests fonctionnels électriques

- Overdischarge V_{min} ,
- Overcharge V_{max} ,
- Over current I_{max}
- Response time / delays
- Temperature cut-off
- ...

Analyse de Construction
/ Analyse de Risques

Comment minimiser les risques? Adoption des normes et certifications



Batteries Alcalines (p.ex. NiMH, NiCd)
IEC 61960

- Essais électriques

Batteries Plomb

EN 50342+A1 (anc. IEC 60095-1)

- Essais électriques
- Essais mécaniques (vibration, étanchéité)

Batteries Lithium

Classe 9 – Marchandises dangereuses

(UL 1642, UL 2054, UN 38.3, IEC 62133, IEC 62281, IEEE 1725, ...)

(Normes IATA, DOT, ICAO, IMDG pour le transport)

- Essais électriques
- Essais mécaniques et thermiques
- Règles de conditionnement



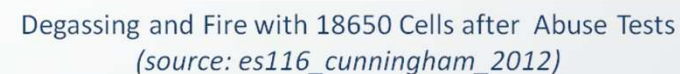
Piles Lithium

IEC 60086-4, IEC 62281

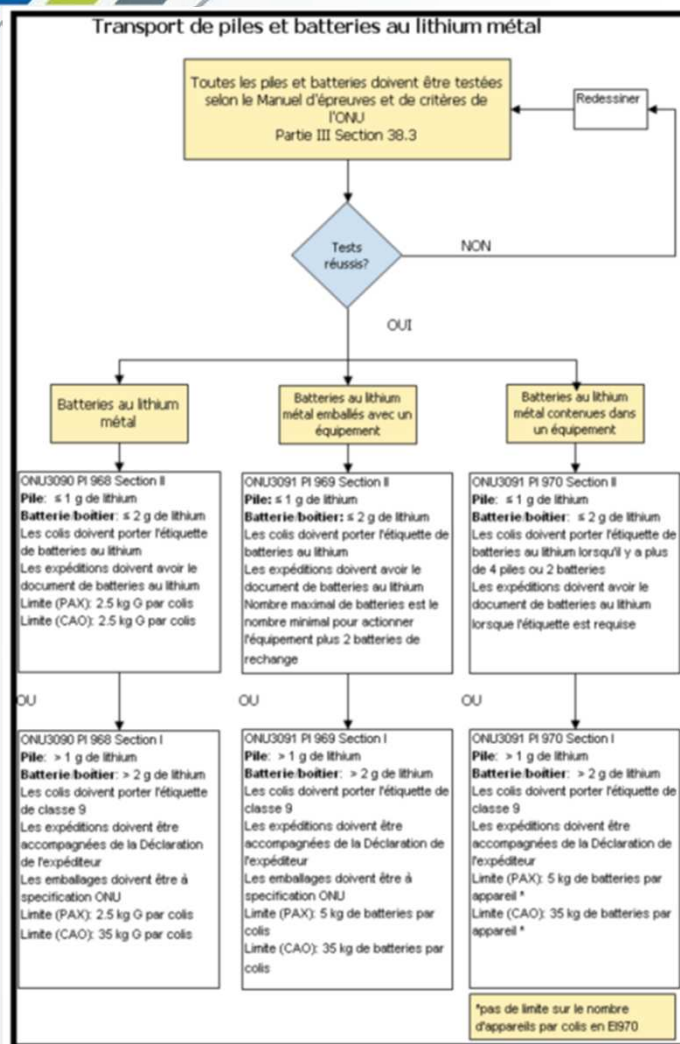
- Essais électriques
- Essais mécaniques et thermiques

Les tests sont de nature:

- Electriques
- Mécaniques
- Environnementaux

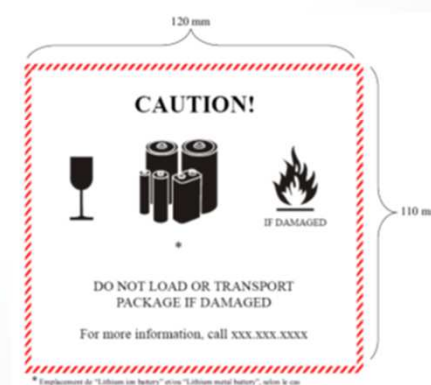


Minimiser les risques: Respect des normes de transport aérien des batteries / piles Lithium



Exemple d'un emballage:
Batteries au lithium

Blister
Rembourrage
Séparateur



Comment minimiser les risques ? Respect des conditions de stockage

Conséquences du stockage à hautes températures et haut SOC

Temperature	40% charge	100% charge
0°C	98%	94%
25°C	96%	80%
40°C	85%	65%
60°C	75%	60%
		(after 3 months)

Capacité disponible après 1 an de stockage à différentes températures

Ce comportement est très
dépendant des techno. Lithium et
fabricants.

Conditions optimales de stockage:

- Températures < 20°C
- État de charge intermédiaire (càd 40-70% SOC)

Suivi des stocks:

- Suivi régulier des tensions et résistances internes
- Recharge si nécessaire
- Adoption procédure FIFO

- Sécurité des produits alimentés par batteries à considérer, lorsque:
 - En opération
 - En stockage
 - Durant le transport
- Sécurité des batteries (notamment lithium) assurée à différents niveaux:
 - Design / intrinsèque à la cellule
 - Electronique de contrôle (PCM/PCB) et gestion (BMS)
 - Certifications
- Innovation constante (*nouvelles chimies, Cell. 5.0 V*) car besoins en croissance
 - Harmonisation de la réglementation (utilisation, transport ...)
 - Nouveaux challenges/contraintes – Procédés de fabrication cellules et électronique

Safety first! – On y travaille...

