



Sécurité et fiabilité des batteries

Pascal Gouérec, Ph.D.
Energy Project Leader

Serma Technologies

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

T: +33 (0)4 79 60 15 30, M: +33 (0)6 46 60 45 18, e-mail: p.gouerec@serma.com

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

Déroulé de la présentation

- Les conséquences de l'instabilité des batteries

- Batteries Lithium
- Batteries Plomb VRLA



- Maîtriser 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

Cells on the left side



Substantial thermal damage

Cells on the right side



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

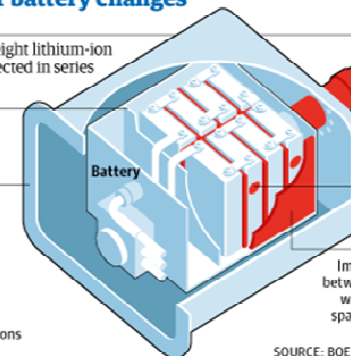
The battery consists of eight lithium-ion rechargeable cells connected in series

Cells
Wrapped with electrical isolation tape

Containment
Sealed steel box eliminates possibility of fire Added weight: 68kg



Battery locations in the plane



Vent line
Any vapour is vented overboard within 1.5 seconds

Pressure vent

Insulation
Improved separation between battery cells - with ceramic-plated spacers between cells

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.



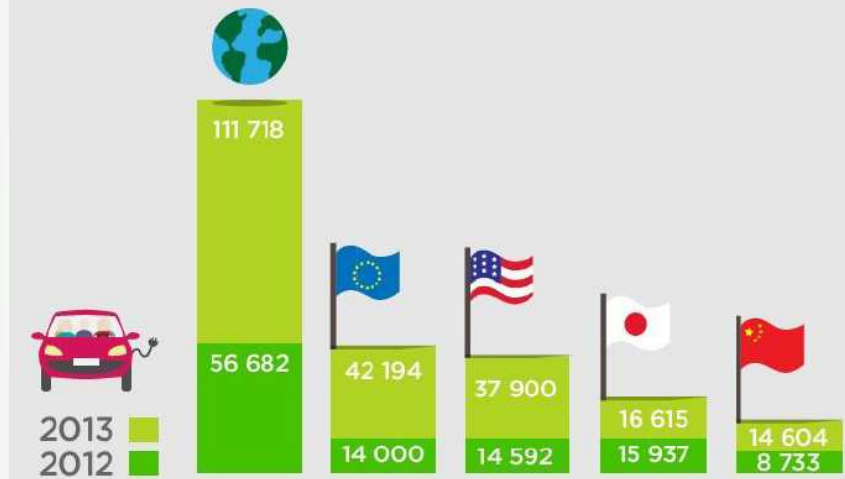
The two crew members killed!

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

Accroissement du marché auto EV: Gros besoin de fiabilisation

VENTES DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES DANS LE MONDE

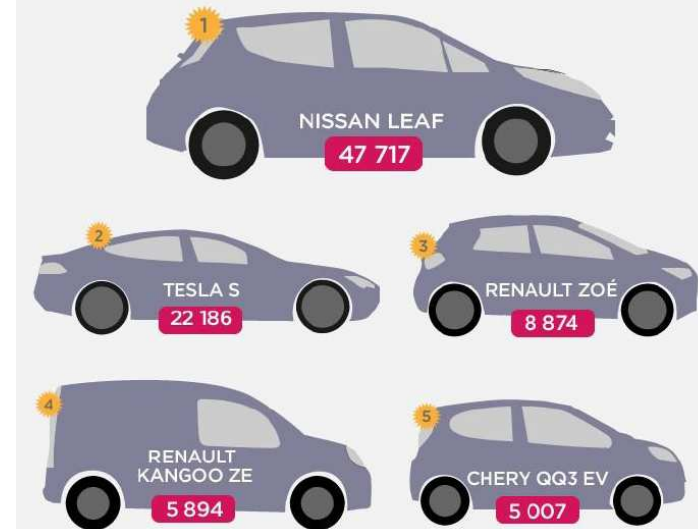
(pour les voitures 100 % électriques, particulières et utilitaires)



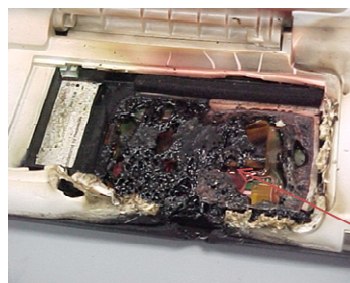
Tesla Model S: 5 stars au crash test mais pas infallible !



TOP 5 DES MODÈLES VENDUS DANS LE MONDE EN 2013



Mais aussi pour Applications Consumer / médicale



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

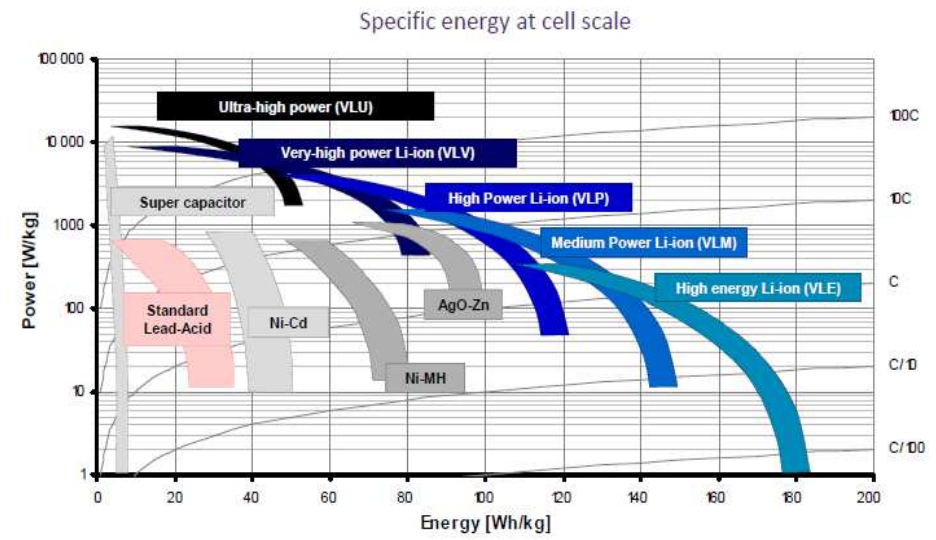


Observations:
Conséquences:

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

Pourquoi ces événements violents? Les spécificités des chimies Lithium

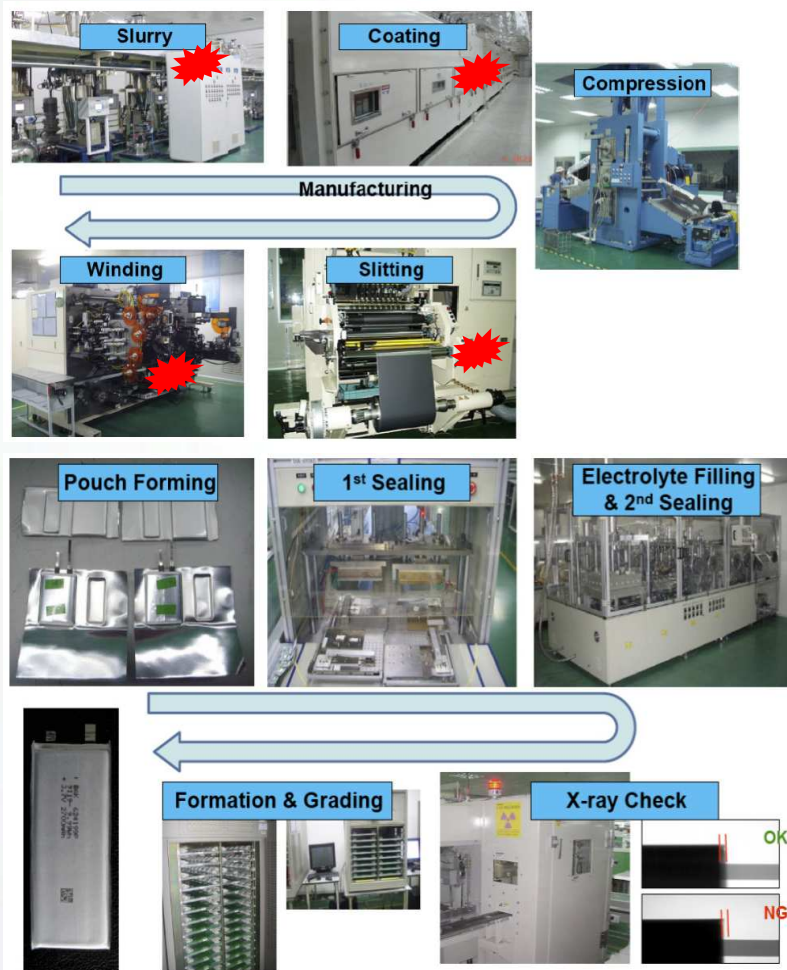
- Capacité de stockage par unité de volume importante
- Tensions aux bornes: 4,5V
- Potentiellement instable
- Utilisation de solvants organiques



- Forte réactivité du Lithium avec H_2O \rightarrow Contraintes environnement et conception ('dry room')
- Design des cellules en couches minces \rightarrow Nécessite une bonne maîtrise des procédés de fabrication

La qualité de la cellule: Cause principale des défaillances

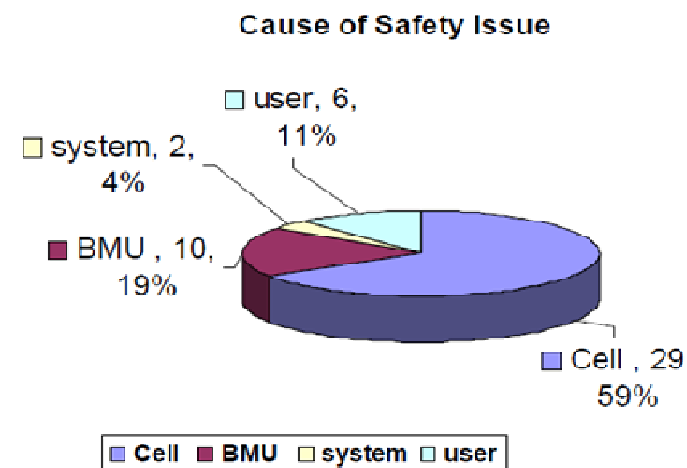
Lithium Polymer Manufacturing process (source: MicroPower)



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

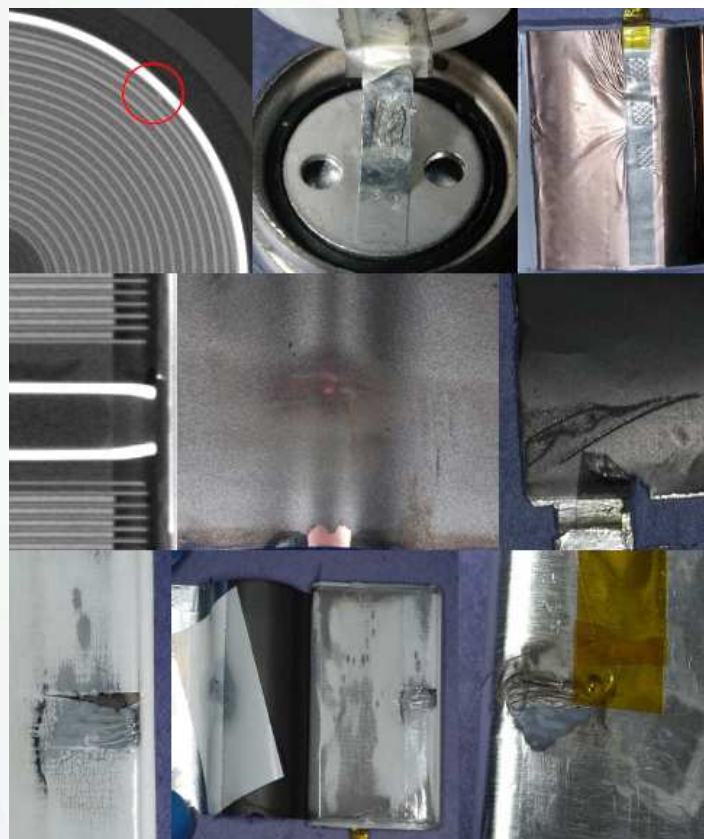
Toutes les étapes de la fabrication sont potentiellement à risque.

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

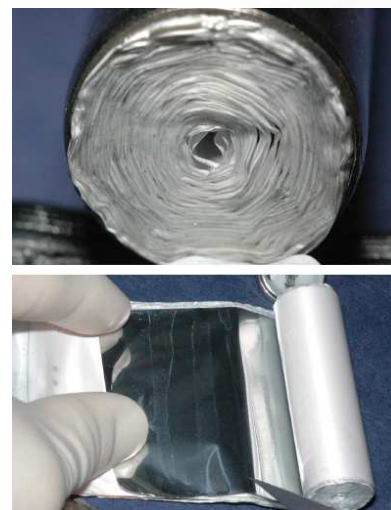


Source, SMP, IBS 2008

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



- Maîtriser 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

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

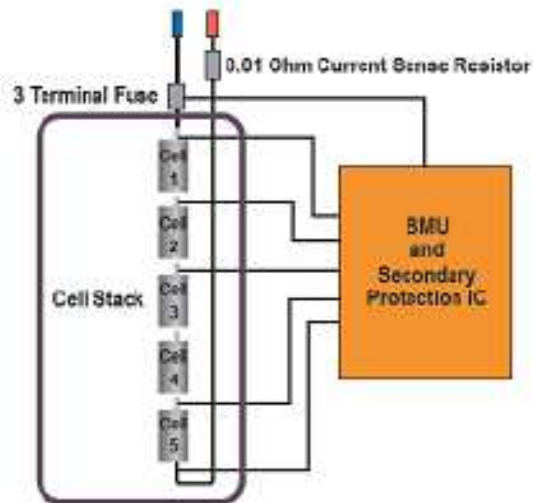


Fig. 3: Typical protection provided by a multi-cell battery pack

Functions of the Battery Management Unit:

Primary Control Circuit:

1. Voltage Charging Control
2. Voltage Discharging Control
3. Current Charging Control
4. Temperature Charging Control
5. Monitor Secondary Protection Error Signals
6. Stack Charge Current Imbalance
7. Cell Voltage Imbalance
8. Charge Control Failure
9. Discharge Control Failure
10. Control to Permanently Disable the Battery Pack

Secondary Protection:

1. Safety devices integrated into the cells
2. Cell Over Voltage monitoring IC
3. Over-current monitoring

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.

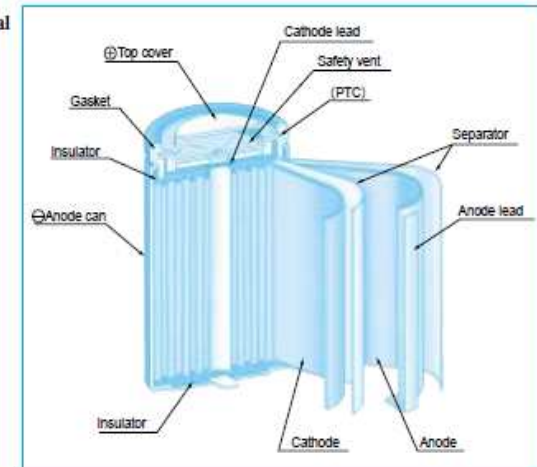
Events de sécurité - *Irreversible / mécanique*

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

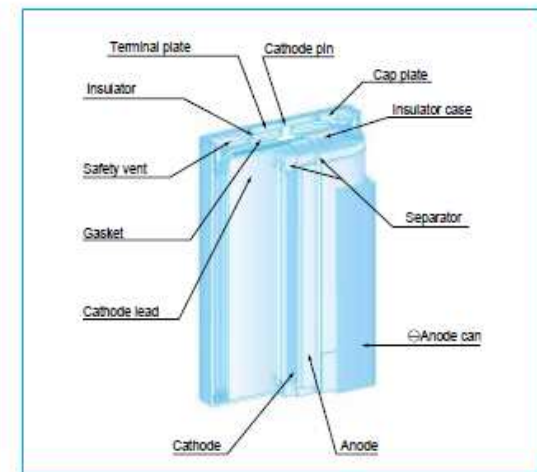
Shutdown Separator - *Irreversible / physique*

Isolation des électrodes lors de montée en température

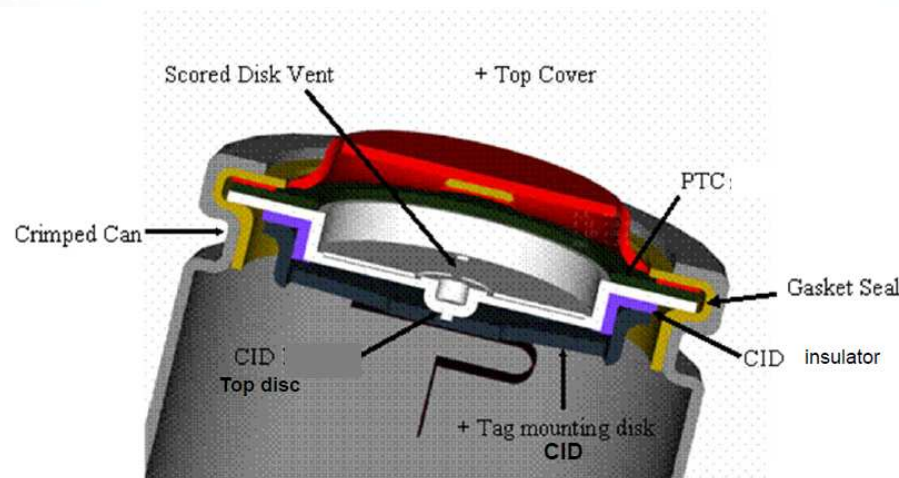
Cylindrical



Prismatic



Source: Sony



Comment minimiser les risques? Selection de la batterie

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

Quel est mon Cahier des Charges?

Autonomie

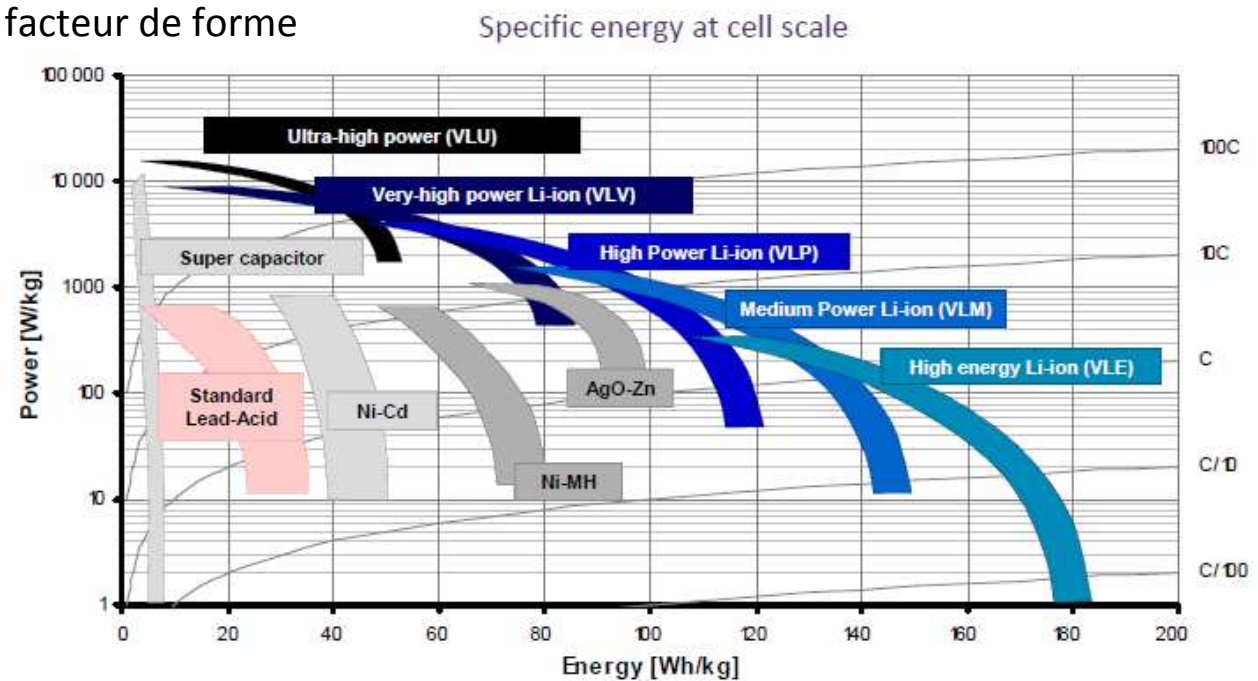
Température de fonctionnement

Durée de vie

Encombrement / facteur de forme

Coût

...



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

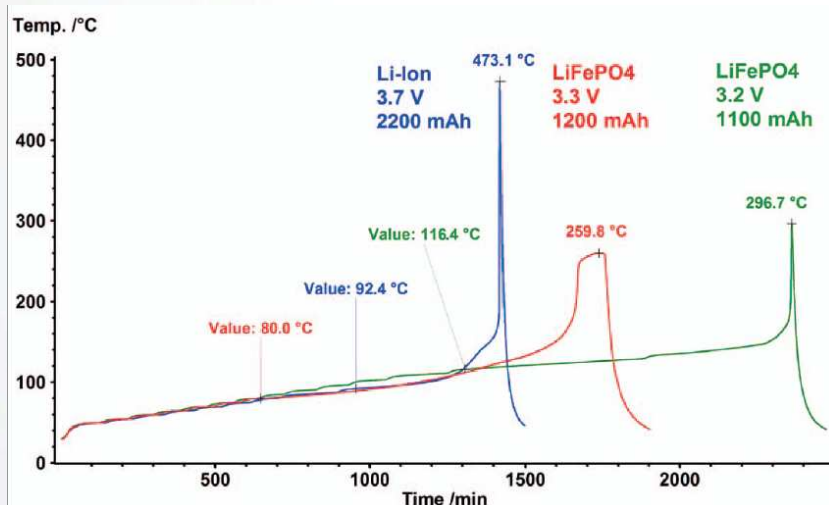
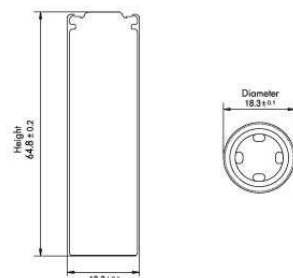
Performances

Durée de vie

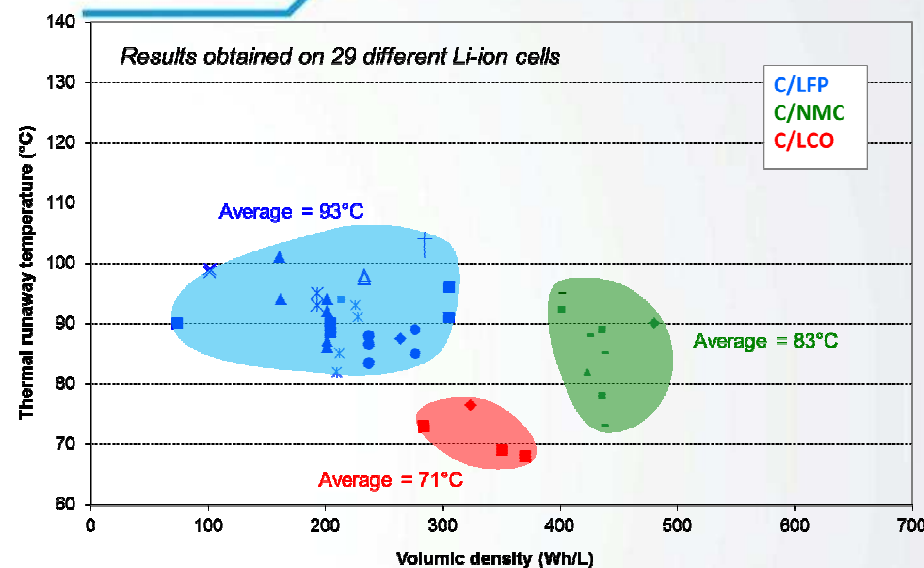


Source: SAFT

Cellules de même format – Mais des comportements différents!



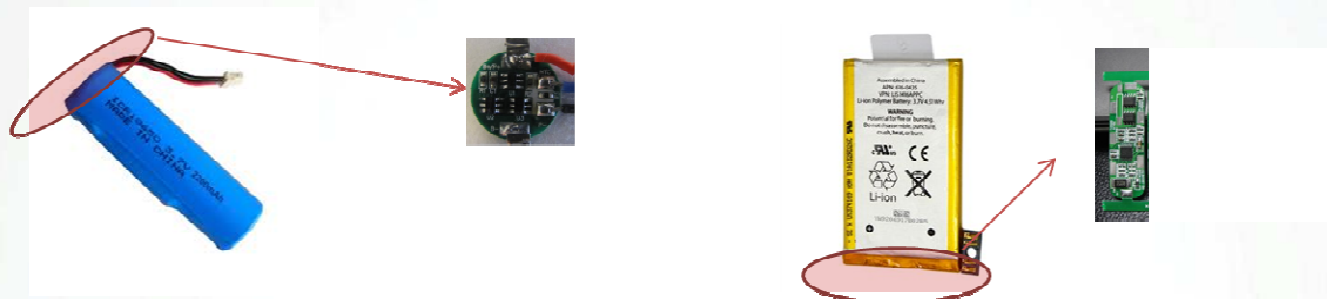
Thermal Signature of a Thermal Runaway Test in ARC with three 18650 cells (source: Netzch)



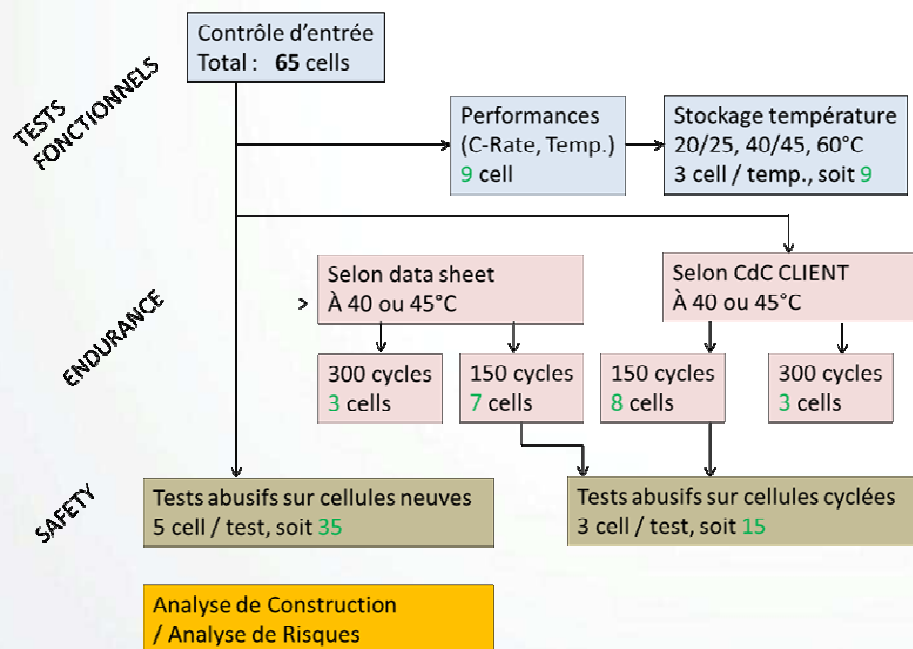
Results Obtained from 3 Li-ion Chemistries
(source: CEA-INES)

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 International

Issue 83

Spring 2012



**Perilous
passage:**

How to transport
batteries safely, the
dangers, the rules

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

Tests Abusifs en support aux normes

Table 3. UN transportation tests

UN 38.3.4.1	Test T.1 – Altitude Simulation	Cells and batteries stored at a pressure of 11.6 kPa or less for at least six hours at ambient temperature
UN 38.3.4.2	Test T.2 – Thermal Cycling	Rapid thermal cycling between high- (75°C / 167°F) and low- (-40°C / -40°F) storage temperatures
UN 38.3.4.3	Test T.3 – Vibration	Vibration exposure: sinusoidal waveform with a logarithmic sweep from 7 Hz (1 g peak acceleration) to 200 Hz (8 g peak acceleration) and back to 7 Hz; 12 cycles, 3 perpendicular mounting positions
UN 38.3.4.4	Test T.4 – Shock	Shock exposure: half-sine shock, 150 g peak acceleration, 6 msec pulse duration, three shocks in positive and negative directions for each of three perpendicular mounting positions (total of 18 shocks)
UN 38.3.4.5	Test T.5 – External Short Circuit	Short circuit of less than 0.1 ohm at 55°C (131°F), 1 hour duration
UN 38.3.4.6	Test T.6 – Impact	15.8 mm diameter, 9.1 kg mass is dropped from 1 m height
UN 38.3.4.7	Test T.7 – Overcharge	Over current (20% maximum) and overcharge to the recommended charge voltage. recommended overcharge voltage for battery packs or cells
UN 38.3.4.8	Test T.8 – Forced Discharge	Over-discharge

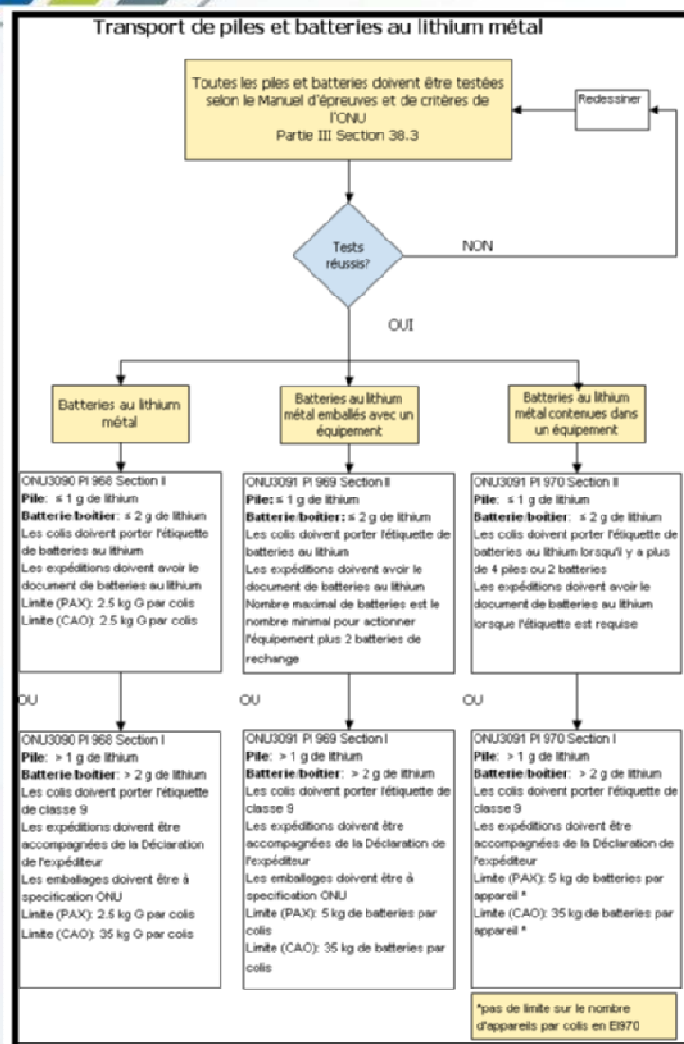
Les tests sont de nature:

- Electriques
- Mécaniques
- Environnementaux



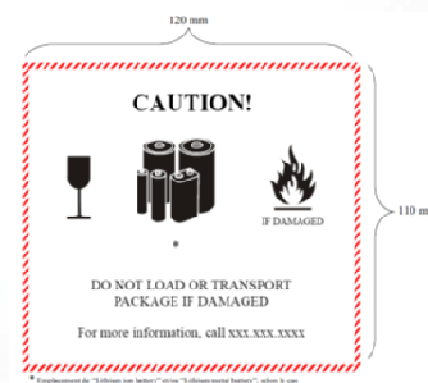
Degassing and Fire with 18650 Cells after Abuse Tests
(source: es116_cunningham_2012)

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

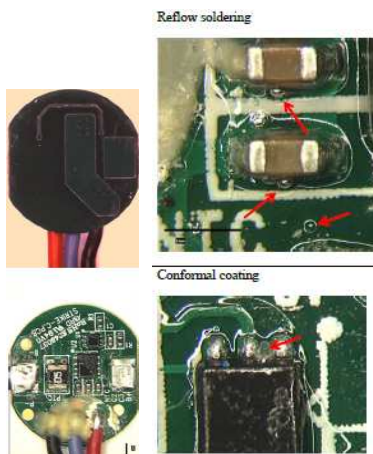
Safety first! – On y travaille...





La 'boite à Outils' – Vision globale Serma Tech Et 'One Stop Shop' Energie

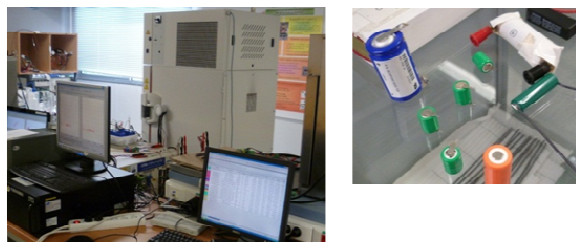
Risk Analysis (support: BU Conseil)



Elect. PCM (support: Pôle Elect. M2NE)

current supply (μ A)	Overcharge detection (4.25V- 4.55V) (V)	Over det Thr char
4.6	4.48	-
4.32	4.5	-
5.35	4.52	-
4.41	4.71	-
3.78	4.49	-

Electrochemical Labs



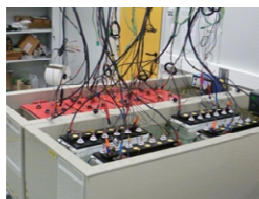
Physical Characterization Labs



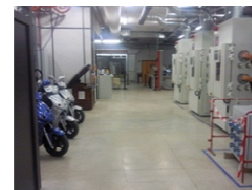
Abuse Tests



Lead Acid Evaluation Lab



Testing Equipment for Lithium Technologies



Chemical Labs



Audits / Formation (support: BU Conseil)



Nos clients 'Energies' – Multi-sectoriel



PEUGEOT

DELPHI
Automotive Systems



Valeo

YIGITAKÜ

inci AKÜ
Lifelong Energy

DOW KOKAM

VARTA
THE BATTERY EXPERTS

ACCUWATT



AREVA ALSTOM

SIEMENS
Schlumberger



CARMAT

ingenico

XIRING®

TRIXELL

Winning technology

RESMED

AUDITION SANTÉ

LABORATOIRE DE CORRECTION AUDITIVE

ALBIOMA

somfy®

PROFALUX
volets roulants



Bouygues
Telecom



PETZL®

PRICER

A ce jour, 40+ clients

Tous secteurs représentés ... mais loin d'être exploités dans leur intégralité

TEAM

- RPC: P. GOUEREC
- Ingé. Expert: M. MARTINEZ
- Tech: F. ROSALIA,
N.OBERSON,

+1

TOPICS

Battery expertise and characterization :

- Performance and endurance tests
- Construction and Failure analysis
- Consulting / Audits
- Abuse testing
- Problem solving

