

# SEMINAIRE

## *Etat de l'art des piles et batteries pour les applications énergétiquement autonomes*

*POLYTECH'Tours, le 10 Avril 2014*

# SOMMAIRE

- Présentation succincte de WILLIAMSON ELECTRONIQUE
- Généralités sur les systèmes électrochimiques
- Les principaux systèmes électrochimiques (primaires et secondaires)
- Comparatif technique des différents systèmes électrochimiques
- Le transport des éléments et batteries lithium
- Le stockage et la sécurité
- Formulaire type de collecte d'un cahier des charges

# WILLIAMSON ELECTRONIQUE

- GENERALITES

- PME basée à Sainte-Luce-Sur-Loire (44)
- Fondation en 1979

- CHIFFRES CLES

- Effectif : 30 personnes / CA : 6 M€

- VOCATION

Conception et fabrication de systèmes d'énergie autonomes sur cahier des charges :

- Assemblage de piles, accumulateurs et supercondensateurs
- Développements électroniques (hardware et software) en relation avec la gestion d'énergie : chargeurs, convertisseurs, circuits de protection, valises d'énergie, energy harvesting, IHM,...

# WILLIAMSON ELECTRONIQUE

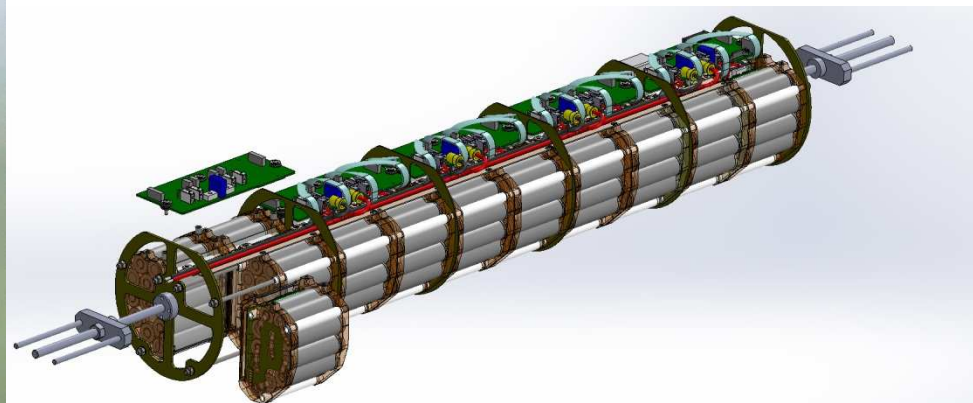
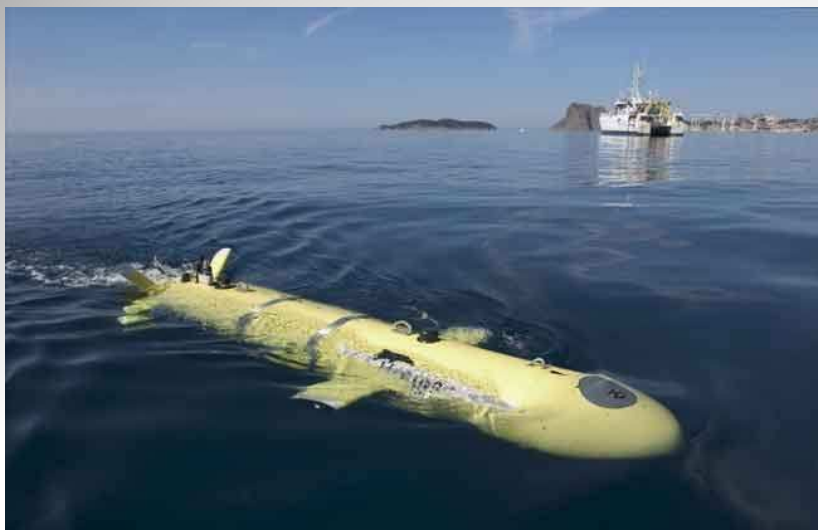
## Assemblages simples





# WILLIAMSON ELECTRONIQUE

## Applications sous-marines et océanographiques



# WILLIAMSON ELECTRONIQUE

## Détresse, tracking,...





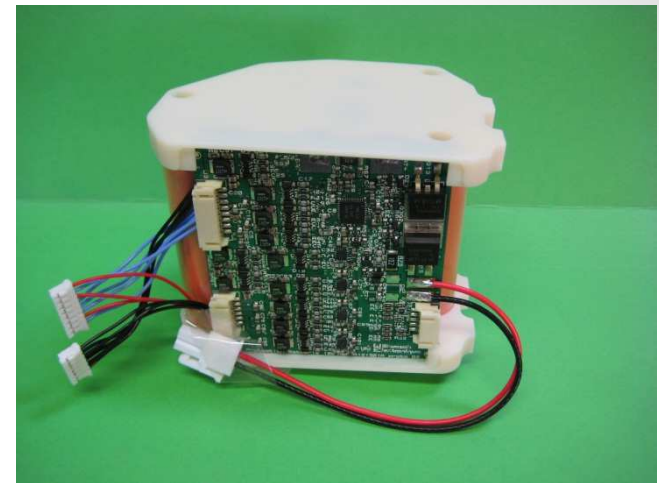
# WILLIAMSON ELECTRONIQUE

## Course au large



# WILLIAMSON ELECTRONIQUE

## Electronique

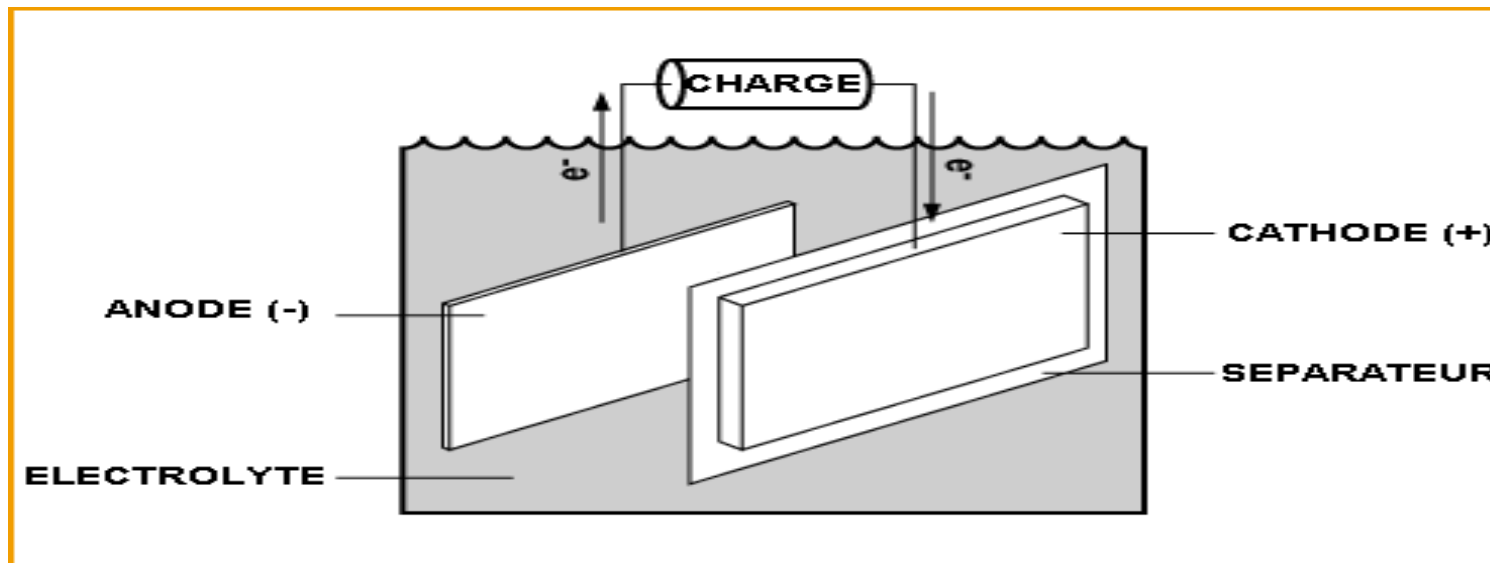




# Généralités sur les systèmes électrochimiques

- *PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT*

- Un générateur électrochimique transforme de l'énergie chimique en énergie électrique, à travers une ou plusieurs réactions d'oxydo-réduction
- Tous les générateurs électrochimiques sont constitués d'une anode, d'une cathode, d'un électrolyte et d'un séparateur



# Généralités sur les systèmes électrochimiques

- *LES COMPOSANTS D'UN GENERATEUR ELECTROCHIMIQUE*
  - Les électrodes (anode et cathode) ont un rôle de support de la réaction et un rôle de collecteur de courant
  - L'électrolyte joue le rôle de transporteur d'ions
  - Le séparateur joue le rôle d'isolant électrique et de conducteur ionique

# Généralités sur les systèmes électrochimiques

- LES GRANDEURS QUI REGISSENT LE COMPORTEMENT
  - *La FEM (Volts)*
    - Il s'agit de la différence de potentiel entre les deux électrodes
  - *La capacité (Ah)*
    - C'est la quantité d'énergie stockée dans les matières actives constituant les électrodes
  - La résistance interne (Ohms)
    - C'est la somme de la composante électronique (impédance) et de la composante électrochimique.
    - Elle varie particulièrement avec la température et le courant mis en jeu



# Généralités sur les systèmes électrochimiques

- LE RENDEMENT (%)
  - Un générateur électrochimique parfait devrait avoir un rendement de 100% et libérer la totalité de sa capacité théorique sous une tension égale à sa force électromotrice
  - La perte de rendement est essentiellement due à la résistance interne de la pile
- L'AUTODECHARGE (% / temps)
  - Un générateur parfait devrait pouvoir conserver sa capacité au stockage sans dégradation jusqu'à son utilisation
  - Ce phénomène étant lié à la cinétique chimique et à la diffusion, il sera d'autant plus marqué que la température sera élevée

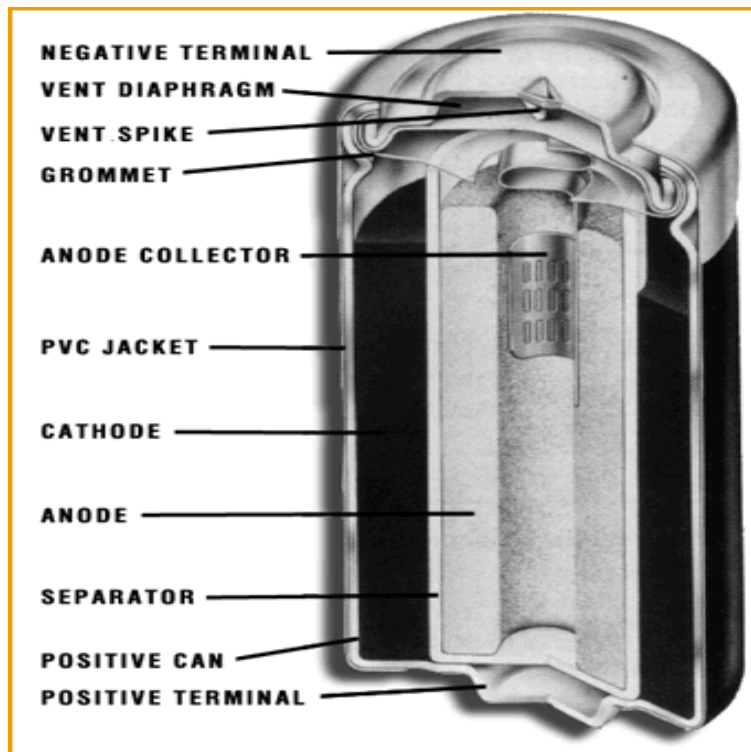
# Généralités sur les systèmes électrochimiques

- Les générateurs électrochimiques sont donc des dispositifs complexes qui sont un compromis permanent entre puissance, énergie et conservation de charge
- Les fabricants se trouvent donc confrontés à des choix difficiles et doivent souvent créer plusieurs lignes de produit afin de s'adapter au plus grand nombre d'applications

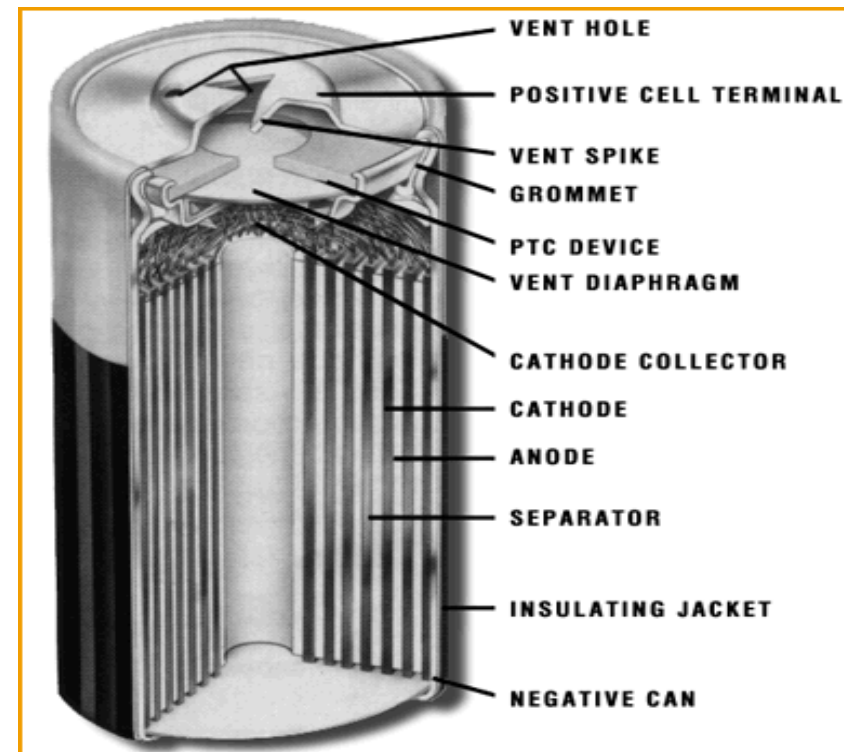
# Généralités sur les systèmes électrochimiques

Afin de diminuer la résistance interne, la technologie d'électrodes spiralées est utilisée pour augmenter leur surface et diminuer leur épaisseur, mais cela nécessite plus de séparateurs donc permet de mettre moins de matières actives (= moins de capacité)

## Construction bobinée



## Construction spiralée





# Les principaux systèmes électrochimiques (primaires)

	Alcaline	Li-MnO <sub>2</sub> Bouton	Li-MnO <sub>2</sub> Cylindrique	Li-SOCl <sub>2</sub>	Li-SO <sub>2</sub>
FEM	1,6V	3,3V	3,3V	3,68V	3V
U nominale	1,2 à 1,5V	3V	3V	3,6V	2,9V
U arrêt	0,8V	2V	2V	2,5V	2V
Gamme de capacités	1Ah à 15Ah	10mAh à 1Ah	150mAh à 10Ah	1Ah à 35Ah	1Ah à 35Ah
Gamme de T° (°C)	-20°C à +50°C	-20°C à +60°C	-40°C à +60°C	-55°C à +85°C	-60°C à +70°C
Densités d'énergie					
Wh/Kg	100	250	400	500	250
Wh/l	300	500	700	950	450
Autodécharge à 20°C (%/an)	5	1,5	1,5	1,5 (bobiné) 2 (spiralé)	3

# Les principaux systèmes électrochimiques (primaires)

	Domaines typiques d'utilisation
Alcaline	Utilisations généralement courtes (2 ans maxi) : Jouets, éclairage, alarmes, océanographie,...
Li-MnO <sub>2</sub> Bouton	Sauvegarde mémoire, calculatrices, télécommandes,...
Li-MnO <sub>2</sub> Cylindrique	Sauvegarde mémoire (bobiné), alarmes, balise, tracking, militaire,...
Li-SOCl <sub>2</sub>	Télépéage, balises, tracking, océanographie, spatial, alarmes, compteurs eau et gaz, sauvegarde mémoire, militaire,...
Li-SO <sub>2</sub>	Militaire, défibrillateurs, spatial,...

# Les principaux systèmes électrochimiques (rechargeables)

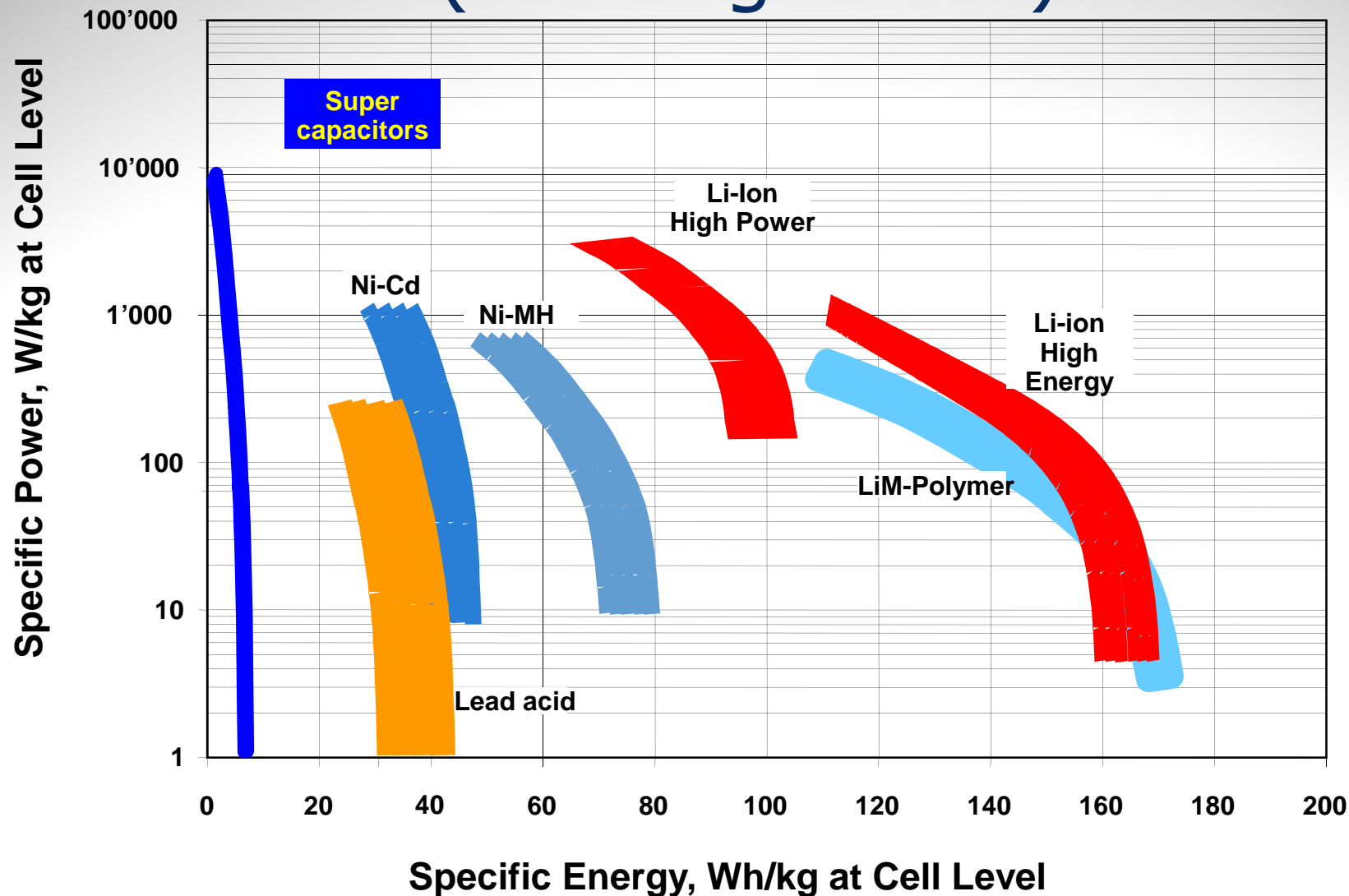
	Pb étanche (Plomb)	Ni-Cd étanche (Nickel-Cadmium)	Ni-Mh étanche (Nickel-Métal Hydrure)	Li-Ion (Lithium-Ion)
U nominale U arrêt	2V 1,6V	1,2V 1V	1,2V 1V	3,75V 2,7V
Gamme de capacités	<1Ah à >100Ah	100mAh à 10Ah	100mAh à 15Ah	100mAh à 50Ah
Gamme de T° (°C)	-20°C à +50°C	-30°C à +70°C	-10°C à +50°C	-50°C à +60°C
Densités d'énergie Wh/Kg Wh/l	30 70	40 100	60 220	165 375
Autodécharge à 20°C (%/mois)	5	20	30	5



# Les principaux systèmes électrochimiques (rechargeables)

Couples électrochimiques	Principe de charge	Cyclabilité (DOD = 100%)	Principaux avantages	Principaux inconvénients
Pb étanche (alliage de calcium)	Tension constante, éventuellement compensée en T°, avec limitation de courant	< 200	Coût	Densités et durée de vie très médiocres, contient des métaux lourds (Pb)
Ni-Cd étanche	Courant constant avec système de détection de fin de charge si charge rapide	500 à > 1000	Faible résistance interne, bonne cyclabilité et robustesse à la surcharge	Densités moyennes, effet mémoire, contient des métaux lourds (Cd)
Ni-Mh étanche	Courant constant avec système de détection de fin de charge si charge rapide	300 à 500	Bonnes densités	Comportement médiocre à basse T°, charge assez fine (peu résistant à la surcharge) et durée de vie à haute T°
Lithium-ion	Tension constante (3.6V à 4,2V) avec limitation de courant	500 à >1000	Densités exceptionnelles, comportement à haute et basse T°, excellente Cyclabilité, pas de dégazage	Coût, contraintes potentielles de transport

# Les principaux systèmes électrochimiques (rechargeables)



# Les principaux systèmes électrochimiques (rechargeables)

Plomb étanche	Applications stationnaires, Onduleurs
Ni-Cd étanche	Eclairage autonome de sécurité, Backup dans l'aéronautique ou le ferroviaire, militaire,...
Ni-Mh	Téléphonie sans fil (DECT), Mobilité (vélo électrique),...
Li-Ion / Li-Po	Eléments « grand public » : Notebook, MP3, Photo,... Eléments « professionnels » : applications à fortes contraintes de portabilité, de fiabilité et de T°, militaire, satellite, recharge solaire,...



# Les principaux systèmes électrochimiques (rechargeables)

## Principales variantes - Matériaux de cathode (+)

- LCO (Lithium Cobalt Oxyde /  $\text{LiCoO}_2$ )
  - + : Très haute densité d'énergie et maturité (fiabilité et sécurité prouvées)
  - + : Grande diffusion dans de multiples formats (Type 18650 par exemple : Notebooks)
  - - : Aptitude modérée à la charge permanente, coûts relativement élevés (cobalt)
- NCA (Lithium Nickel Cobalt Aluminium /  $\text{LiCoNiAlO}_2$ )
  - + : Haute densité d'énergie et cyclabilité élevée
  - + : Durée de vie calendaire
  - - : Performances à haute  $T^\circ$
- LFP (Lithium Fer Phosphate /  $\text{LiFePO}_4$ )
  - + : Cyclabilité très élevée et sécurité (stabilité des matériaux de cathode)
  - + : Puissance relativement élevée et coûts
  - - : Densité d'énergie médiocre, tension faible (3.3V) et performances à basses  $T^\circ$
- NMC (Lithium-Nickel Manganèse Cobalt /  $\text{LiNMnCoO}_2$ )
  - + : Large plage d'utilisation en  $T^\circ$
  - + : Aptitude à la charge permanente, durée de vie calendaire
  - - : Densité d'énergie moyenne

# Les principaux systèmes électrochimiques (rechargeables)

- Principaux paramètres impactant la durée de vie des accumulateurs :
  - Température de fonctionnement (charge et décharge)
  - Profondeur de décharge
  - Respect de la tension d'arrêt
  - Qualité de la recharge
  - Qualité du stockage

# Le transport des éléments et batteries lithium

- Le transport des piles, accumulateurs ainsi que des batteries de piles ou d'accumulateurs contenant du lithium est réglementé
- Pour pouvoir être transportés (air, mer, route) tous les éléments/batteries doivent subir avec succès les essais décrits dans le manuel d'épreuves et critères des Nations Unies (des possibilités de dérogation existent)
- En fonction de la quantité de Lithium métallique (éléments/batteries primaires) ou de la quantité d'énergie nominale stockée (éléments/batteries rechargeables) ils seront ou non soumis à restrictions
- Ces restrictions (classe 9) se matérialisent notamment par des contraintes déclaratives et d'emballage

# Le stockage et la sécurité

## Le stockage :

- Pour tous les systèmes électrochimiques, un stockage à T° modérée est toujours préférable (30°C maxi) = autodécharge plus faible et dégradation plus lente
- Pour les systèmes primaire à cathode liquide (Li-SOCl<sub>2</sub> et Li-SO<sub>2</sub>), la T° élevée jouera, de plus, un rôle très important dans la formation de la passivation

## La sécurité (quelques évidences...):

- Ne jamais recharger une pile
- Ne jamais court-circuiter une pile ou un accumulateur
- Ne jamais utiliser une batterie Li-Ion ou Li-Po non munie d'un circuit de protection
- Cas particulier de l'utilisation d'un système rechargeable dans une enceinte hermétique

# Formulaire type de collecte d'un cahier des charges

Williamson Electronique		CAHIER DES CHARGES POUR DIMENSIONNEMENT D'UNE BATTERIE			
Si vous avez reçu ce formulaire par courriel : vous pouvez le compléter sous Word ou à la main.					
Nom			Date		
Société					
Adresse					
Code postal		Ville			
Téléphone		Fax		Courriel	
<b>1 APPLICATION</b>					
Description					
Nouvelle application ?	Oui (X)		Non (X)		
Technologie	Primaire (X)		Rechargeable (X)		
Type, si connu					
Remplacement d'un pack existant ?	Oui (X)		Non (X)	Si oui : joindre si possible plan, photo ou fiche technique	
<b>2 DONNEES ELECTRIQUES</b>					
Tension d'utilisation (Volts)	Nominale		Minimum		Maximum
Autonomie souhaitée		heures			
Profil de la décharge	<b>1) Constante</b>	Courant constant (A)		ou Résistance constante ( $\Omega$ )	ou Puissance constante (W)
	<b>2) Aléatoire</b>	Courant maxi (A)		Durée maxi à I maxi (s)	Courant moyen (A)
	<b>3) Fréquentielle</b>	Merci de dessiner votre chronogramme			
Recharge	Permanente (X)		ou Cyclage (X)		
	Temps de charge disponible				

Williamson Electronique		CAHIER DES CHARGES POUR DIMENSIONNEMENT D'UNE BATTERIE			
<b>3 ENVIRONNEMENT</b>					
Gamme de température ( $^{\circ}\text{C}$ )	Charge		$^{\circ}\text{C}$ à		$^{\circ}\text{C}$
	Décharge		$^{\circ}\text{C}$ à		$^{\circ}\text{C}$
	Stockage		$^{\circ}\text{C}$ à		$^{\circ}\text{C}$
				Durée de stockage	
<b>4 DONNEES PHYSIQUES</b>					
Encombrement maximal	Hauteur (mm)		Largeur (mm)		Diamètre (mm)
Masse maximale (g)					Longueur (mm)
Configuration	Bâton		Cote cote		Cylindre
					Parallélépipède
					Autre
					Merci de joindre un plan
Cocher la configuration choisie (X)					
Sortie	Langue à souder (X)				
	Cordon (X)		Longueur (mm)		Section des conducteurs (mm <sup>2</sup> )
	Connecteur (X)				
	Si coché :	Fabricant connecteur			
		Référence boîtier			
		Référence contacts			
	Autre : préciser				
Conditionnement	Gaine thermo-rétractable (X)		Flasques en plastique (X)		
	Autre : préciser				
<b>5 INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES</b>					
Volume annuel attendu			Date de livraison souhaitée		
Autres					



# Questions/Réponses