



Systèmes batteries embarqués

**Etat de l'art, conditions de mise en œuvre
et perspectives de marché**

Electronic Days, Orly, 23 mai 2012

François Barsacq & Dominique Martin
francois.barsacq@easylibatteries.com
02 46 65 01 11 / 06 31 80 02 02

1. Les technologies de batteries avancées

2. Gestion de la charge / décharge

3. Gestion de la sécurité

4. Recommandations de mise en œuvre

5. Perspectives de marché

6. Conclusions

- easyLi conçoit et fabrique en France des systèmes batteries Lithium-ion pour applications professionnelles
- Multi-technologies, multi-formats, multi-fabricants de cellules
- Entreprise innovante des pôles de compétitivité  et 
- Deux gammes de produits de 200 Wh à 20 kWh / 12 V à 48 V



1. Les technologies de batteries avancées

2. Gestion de la charge / décharge

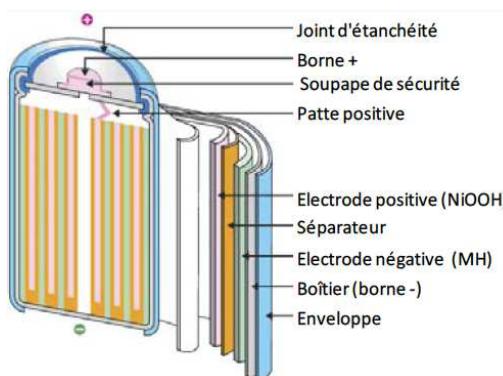
3. Gestion de la sécurité

4. Recommandations de mise en œuvre

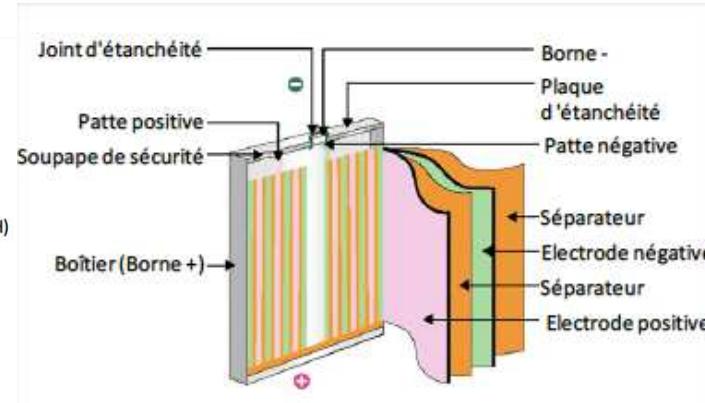
5. Perspectives de marché

6. Conclusions

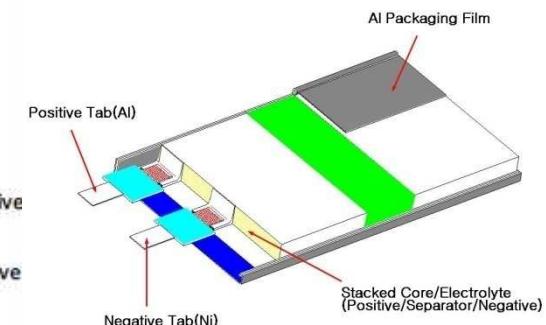
- **Deux électrodes** : positive / cathode, négative / anode
- Isolées électriquement par un **séparateur**
- Mais connectées par un **électrolyte** conducteur ionique
- Insérées dans une boîtier métallique ou plastique
- Capacités disponibles de quelques Wh à plusieurs centaines de Wh
- **Batterie** : Assemblage de cellules en série/parallèle donnant énergie et puissance du système de stockage complet



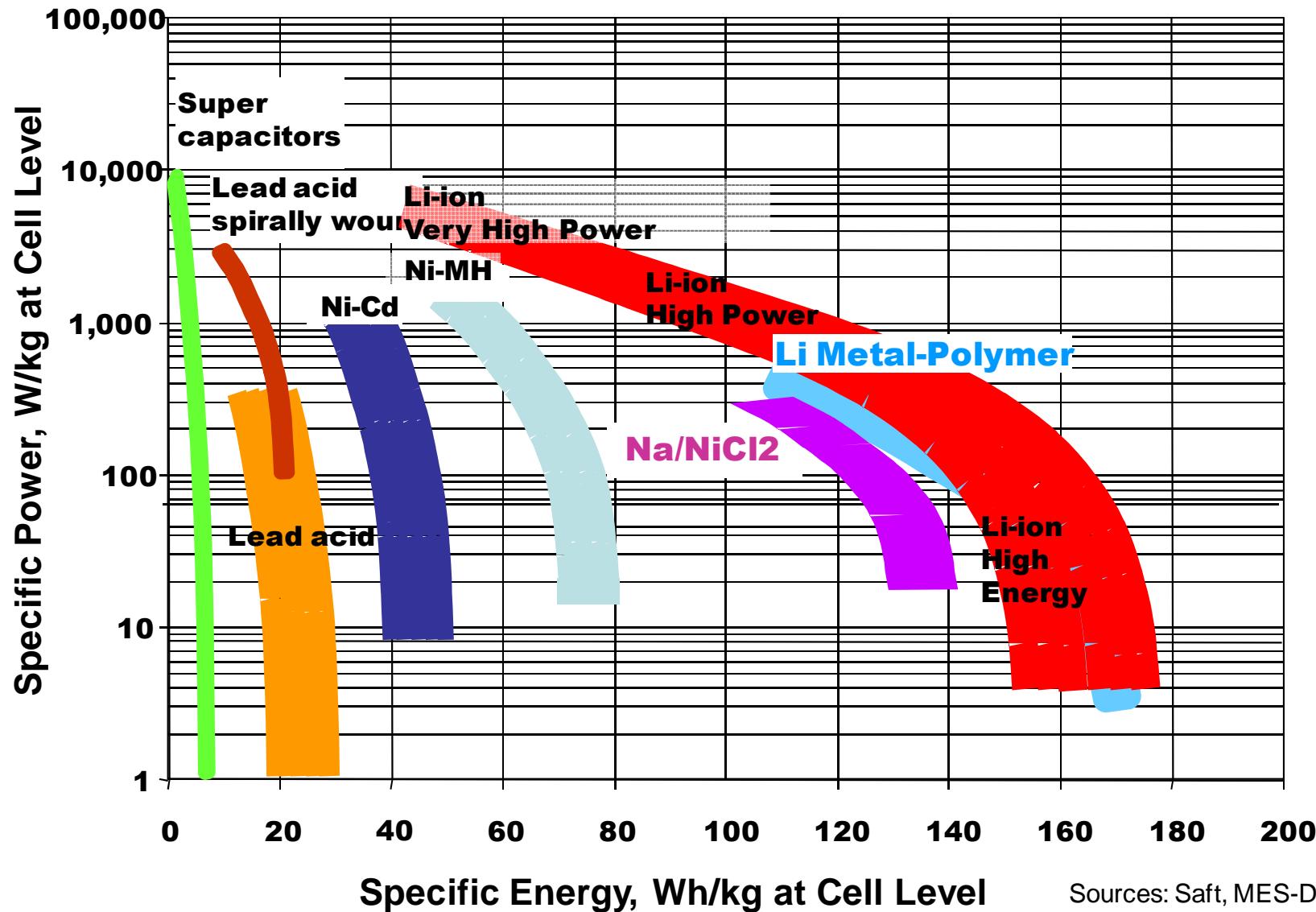
Cylindrique



Prismatique



Souple « LiPo »



Sources: Saft, MES-DEA

| | Plomb | Nickel-Cadmium | Nickel-Métal Hydrure | Lithium-ion |
|--------------------------|-------------|----------------|----------------------|----------------------------|
| Tension cellule | 2,0 V | 1,2 V | 1,2 V | 3,6 à 3,7 V 3,2 V (LFP) |
| Energie Spécifique | 25-50 Wh/kg | 30-60 Wh/kg | 50-90 Wh/kg | 100-230 Wh/kg |
| Cycles | 200-500 | 1000-1500 | 1000 | 500-2000 |
| Domaine de Température | 0°C à 50°C | -30°C à 50°C | -20°C à 50°C | -20°C à 50°C |
| Autodécharge | ~5% /mois | ~15% /mois | ~25% /mois | ~2% /mois |
| Durée de vie calendaire | 5 ans | 10 ans | 5-10 ans | 5-15 ans |
| Prix kWh (Pb base 100) | 100 | 300 | 350 | 300 à 500 |
| Temps de charge standard | 10 hrs | 5 hrs | 3-5 hrs | 3 hrs |

▪ Cobalt

- pour mémoire, pas utilisé dans les applications industrielles)

▪ Nickel (« NCA » Nickel Cobalt Aluminium)

- + : excellente densité d'énergie, longue durée de vie, fort retour d'expérience
- - : coût relativement élevé, tolérance aux situations abusives

▪ Manganèse spinelle, éventuellement dopé Nickel

- + : coût plus faible, bonne tolérance aux situations abusives
- - : Densité d'énergie plus faible, durée de vie plus courte

▪ NMC (mélange Nickel Manganèse Cobalt)

- Technologie de compromis

▪ Phosphate de fer (LFP, LiFePO4, batterie au fer)

- La plus récente technologie au stade industriel
- + : excellente tolérance aux abus, excellente cyclabilité
- - : Faible densité d'énergie, durée de vie en cours de confirmation

Principaux fournisseurs

Saft

Japonais
coréens
chinois

A123, Valence
BYD et autres
chinois

- **Graphite**
 - La technologie traditionnelle
 - Quelquefois remplacée par du carbone
- **Titanate de Lithium**
 - + : excellente performance en puissance, en cyclage, en tenue en température (autoclavable)
 - - : tension basse (2.3 V) et faible densité d'énergie
- **Silicium**
 - Stade pilote
 - + : Densité d'énergie > 250 Wh/kg
 - - : Durée de vie en cyclage



Principaux fournisseurs

Toshiba
Enerdel
Altairnano

Axion
Amprius

Sodium-Chlorure de nickel (ZF Sonic Zebra, GE Durathon)

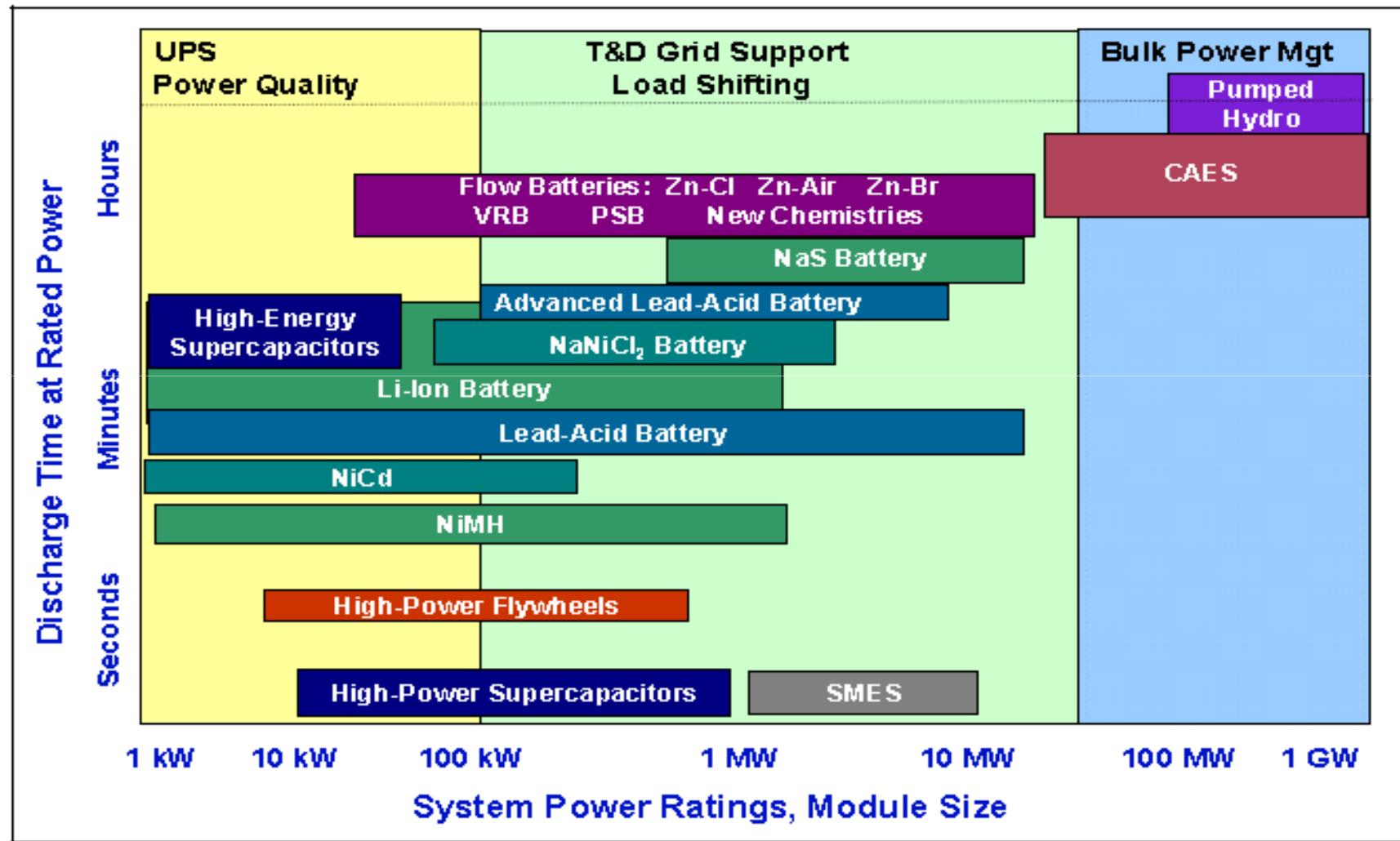
- Energie spécifique (120 Wh/Kg) et durée de vie élevées
- Température de fonctionnement : 270-350°C
- Uniquement disponible en « gros » modules batterie (> 20 kWh)
- En série sur Ctroën Berlingo Venturi



Lithium Métal Polymère (LMP) Batscap - Bolloré

- Technologie réservée aux véhicules du groupe Bolloré et de ses partenaires (Gruau)
- Fonctionne en température (80°C)
- Sels de Lithium dissous dans un polymère (oxyde de polyéthylène)
- En série sur Blue Car





Source: EPRI, 2009

1. Les technologies de batteries avancées

2. Gestion de la charge / décharge

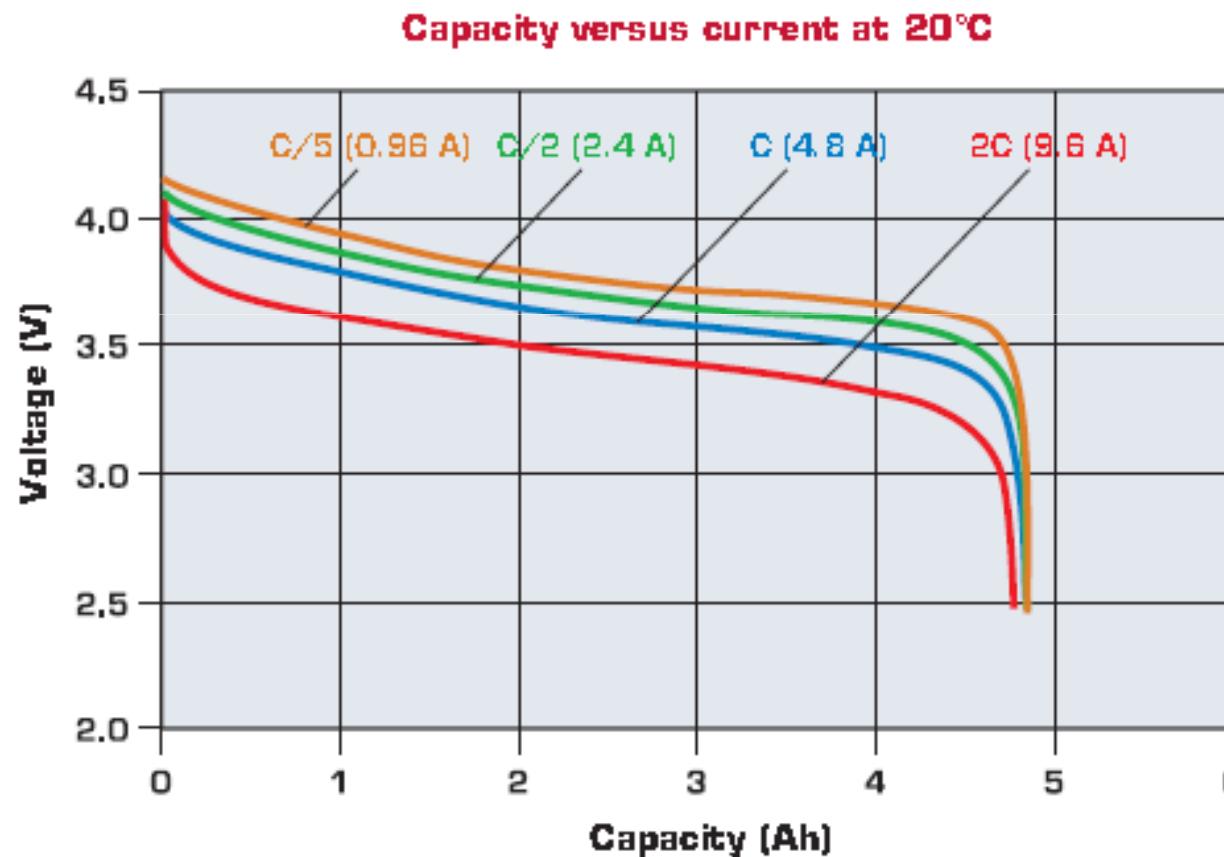
3. Gestion de la sécurité

4. Recommandations de mise en œuvre

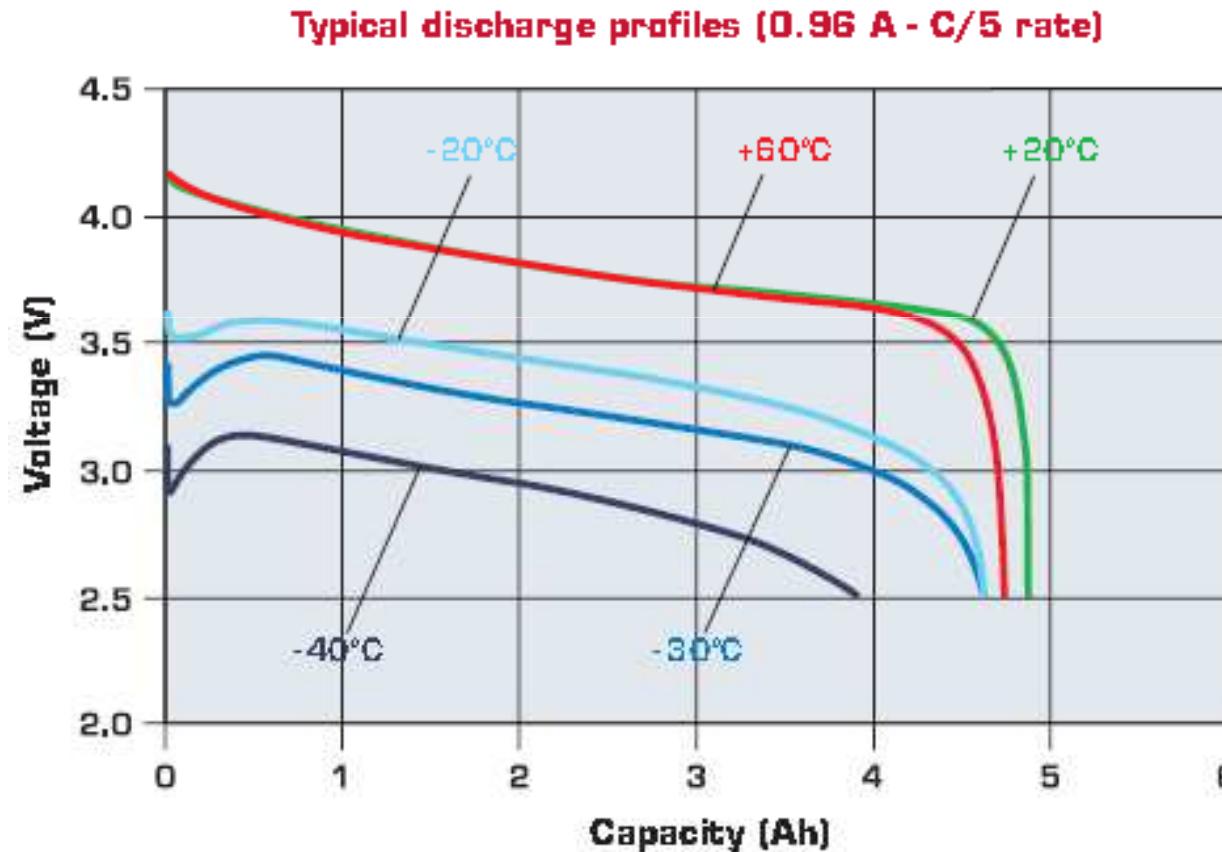
5. Perspectives de marché

6. Conclusions

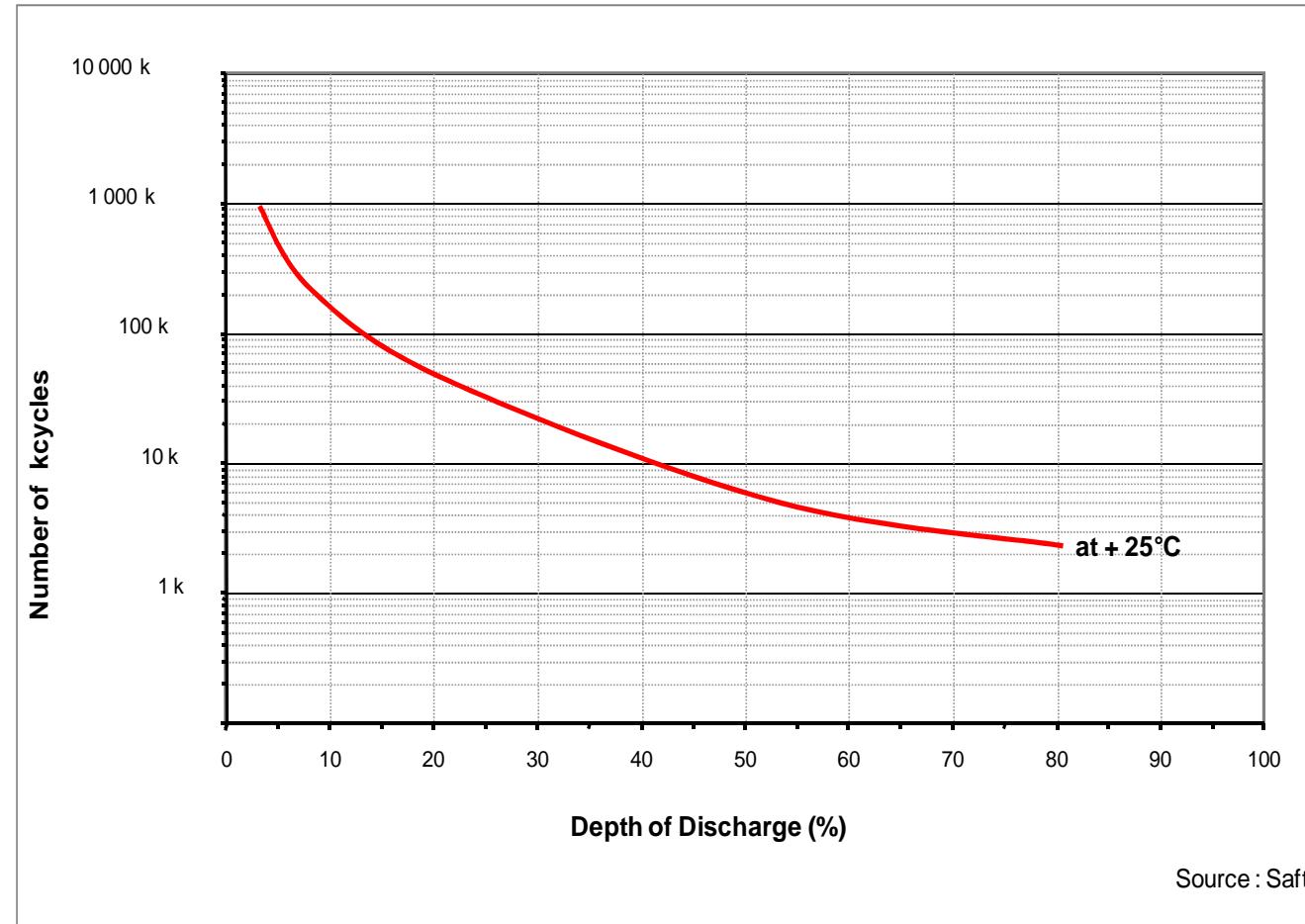
L'autonomie décroît avec le courant de décharge exprimé en multiples ou sous-multiples de la capacité nominale « C »



- L'autonomie et la puissance décroissent avec la température.
- L'impact devient sensible pour les températures négatives.



La durée de vie en cycle décroît avec la profondeur de décharge.



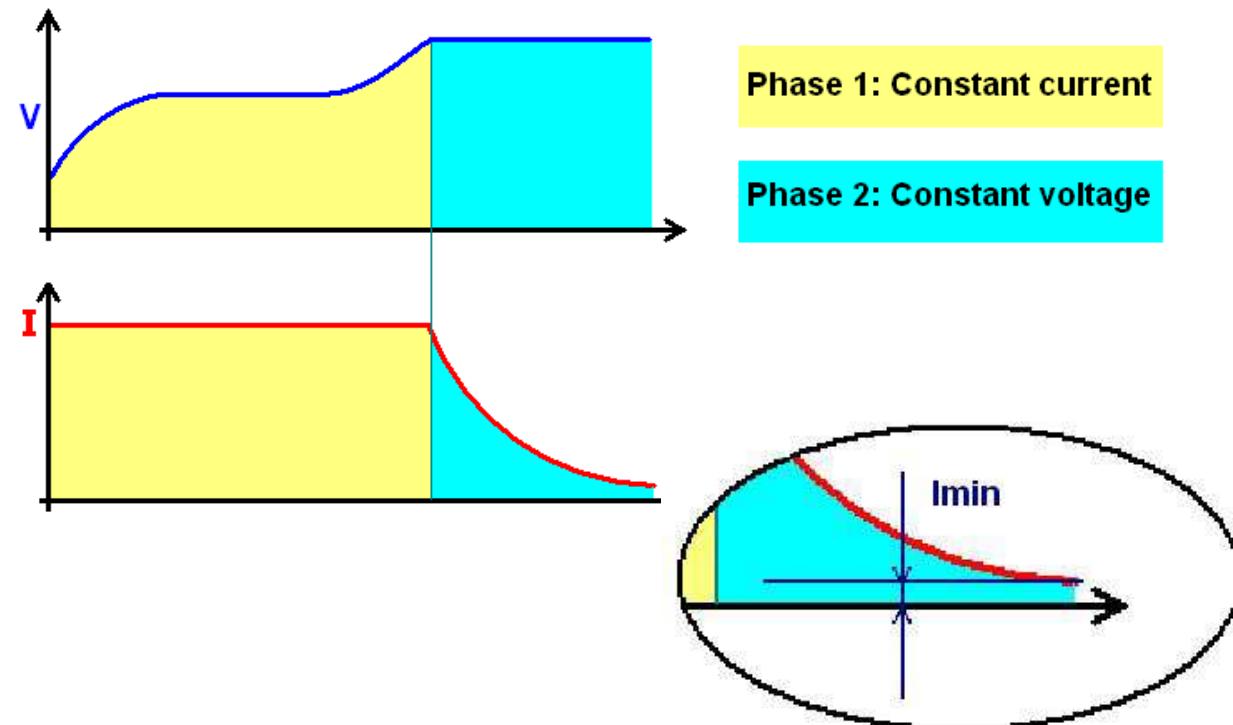
Profil de charge Lithium-ion

La charge s'effectue en 2 phases :

- Phase 1 : Courant constant
- Phase 2 : Tension constante

La fin de charge s'effectue selon :

- Courant minimum (I_{min})
- Timer



Augmentation de la pression :

- Diminution des performances
- Augmentation des risques de court circuit interne
- Risque de déclenchement irréversible des dispositifs de sécurité

Augmentation de la température de la cellule :

- Risque d'emballement thermique
- Diminution de la durée de vie

Implications
d'une
surcharge



1. Les technologies de batteries avancées

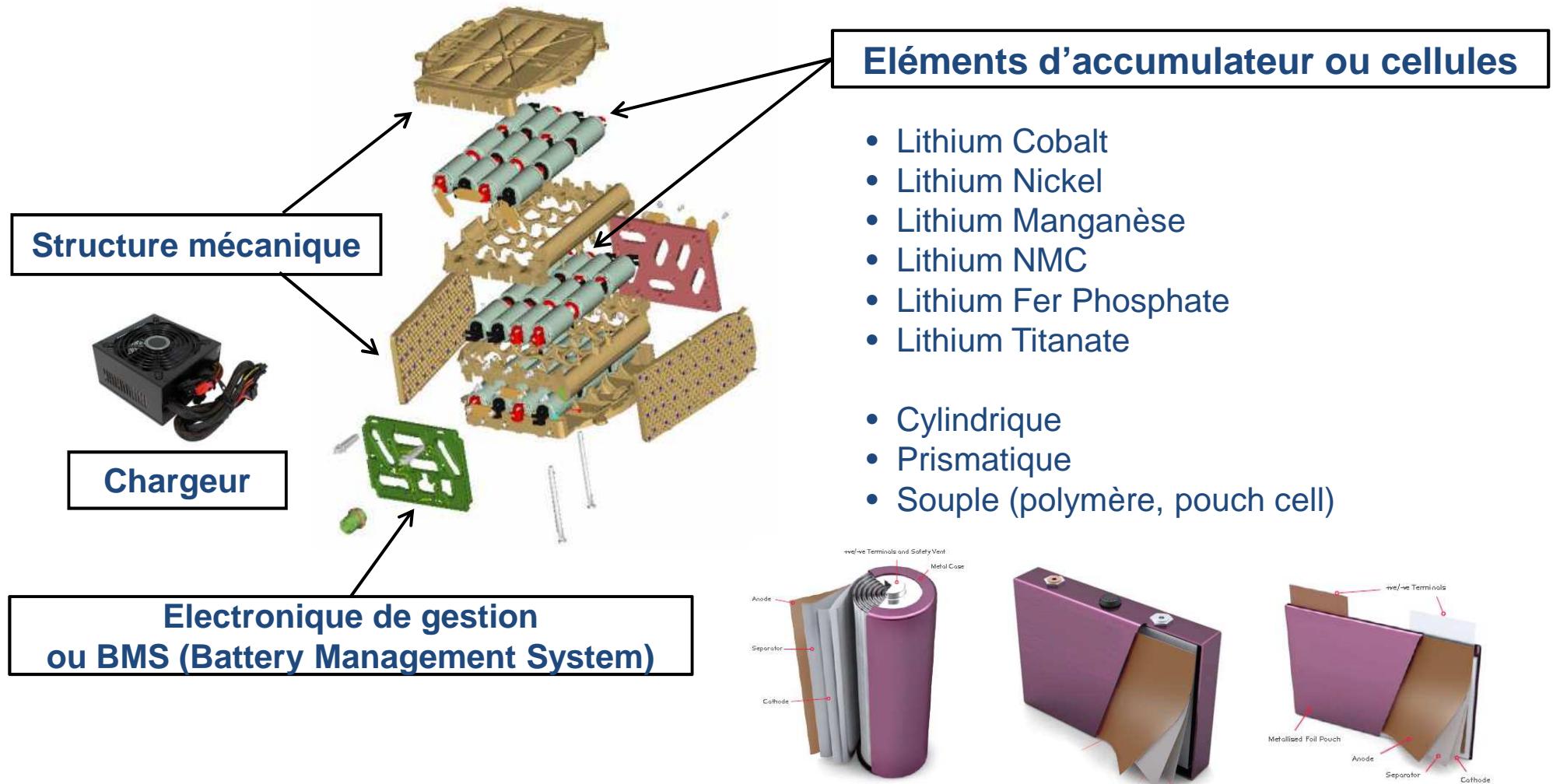
2. Gestion de la charge / décharge

3. Gestion de la sécurité

4. Recommandations de mise en œuvre

5. Perspectives de marché

6. Conclusions



| Elément | Electronique | Mécanique |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Matières actives stables • Séparateur multi-couche “melt down / shut down” • Soupape de sécurité (ouverture mécanique si surpression) • Coupe-circuit “CID” (ouverture électrique si <u>surpression</u>) • Capabilité des process de fabrication, automatisation | <ul style="list-style-type: none"> • Capteurs de température multiples et redondants • Thermofusibles multiples • Détection multi-seuils surcharge / surdécharge / court-circuit / températures haute et basse • Equilibrage unitaire de chaque élément • Fonctions de diagnostic et d'historisation • Robustesse conception électronique | <ul style="list-style-type: none"> • Structure de maintien des éléments • Ecartement éléments (barrière thermique) • Certification sécurité Transport par laboratoire indépendant |

- **CID Current Interrupt Device**

(Ouverture du circuit électrique en cas de surpression)

- **Souape de sécurité**

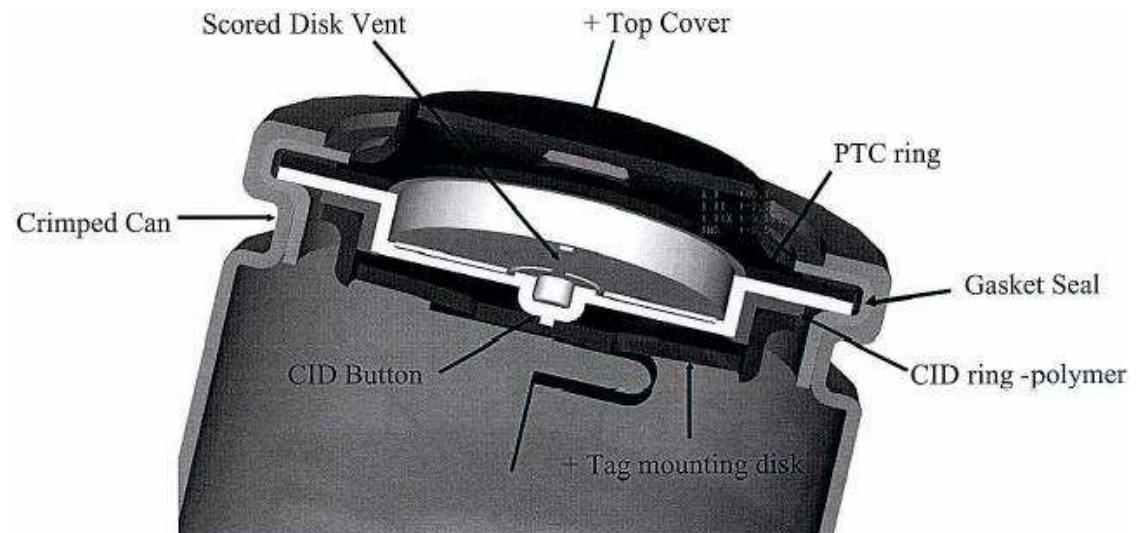
(Ouverture ultime de l'élément en cas de forte surpression)

- **PTC**

(Ouvre le circuit électrique en cas de courant et/ou de température élevés)

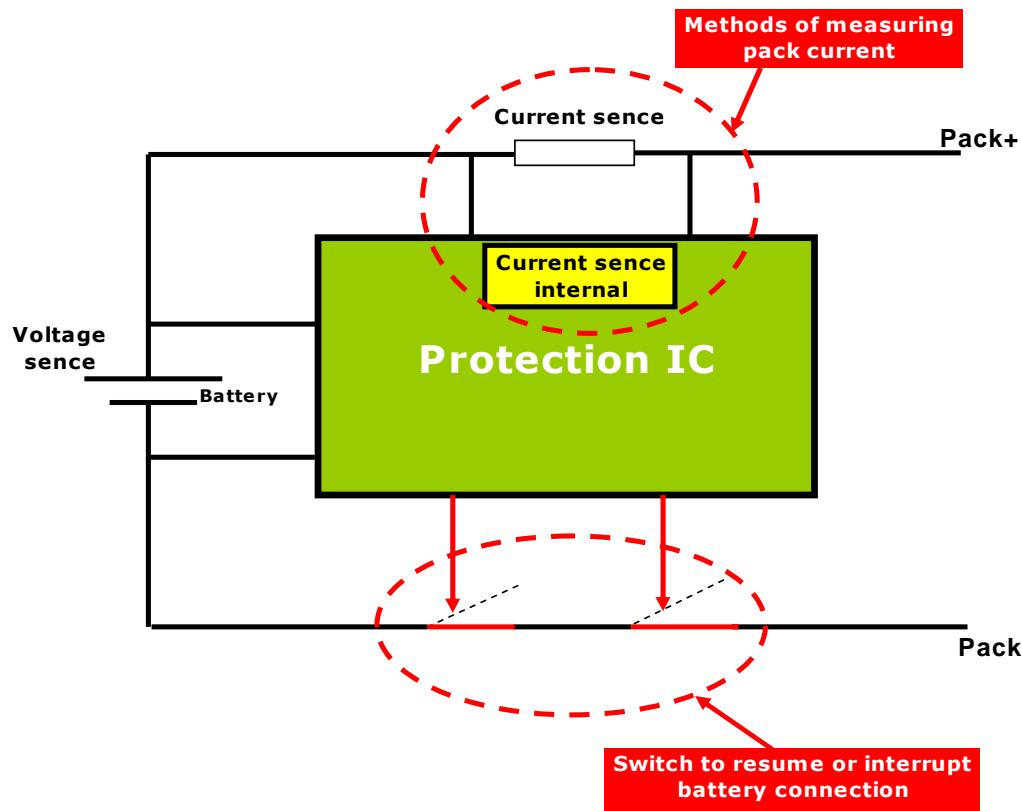
- **Séparateur Shut-down (Triple couche – PP-PE-PP)**

(Crée une isolation ionique entre les électrodes)



Les batteries Lithium-ion sont toujours équipées d'un circuit électronique de protection.

Ce circuit surveille les tensions des éléments, les courants de charge/décharge et les températures. Il commande l'ouverture du circuit de charge ou de décharge en cas de valeur hors gabarit.



Ces circuits sont souvent associés à une **électronique de gestion de la batterie (BMS – Battery Management System)** qui peut intégrer d'autres fonctions comme:

- Suivi de l'état de charge (SOC)
- Suivi de l'état de santé (SOH)
- Equilibrage des cellules
- Chargeur
- Enregistrement des utilisations pouvant endommager la batterie (durée d'inutilisation, température, courant, etc.)
- Communication avec l'application/le chargeur

1. Les technologies de batteries avancées

2. Gestion de la charge / décharge

3. Gestion de la sécurité

4. Recommandations de mise en œuvre

5. Perspectives de marché

6. Conclusions

Une batterie « standard » est rarement adaptée à l'application

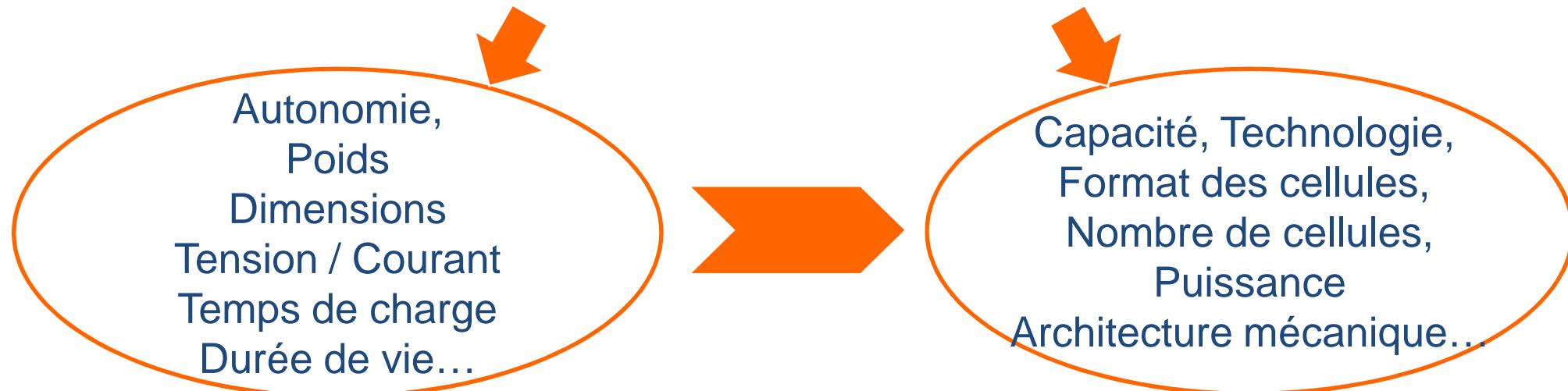
- Forme, encombrement
- Autonomie, puissance
- Durée de vie

Nécessité d'optimisation voire de développement sur-mesure

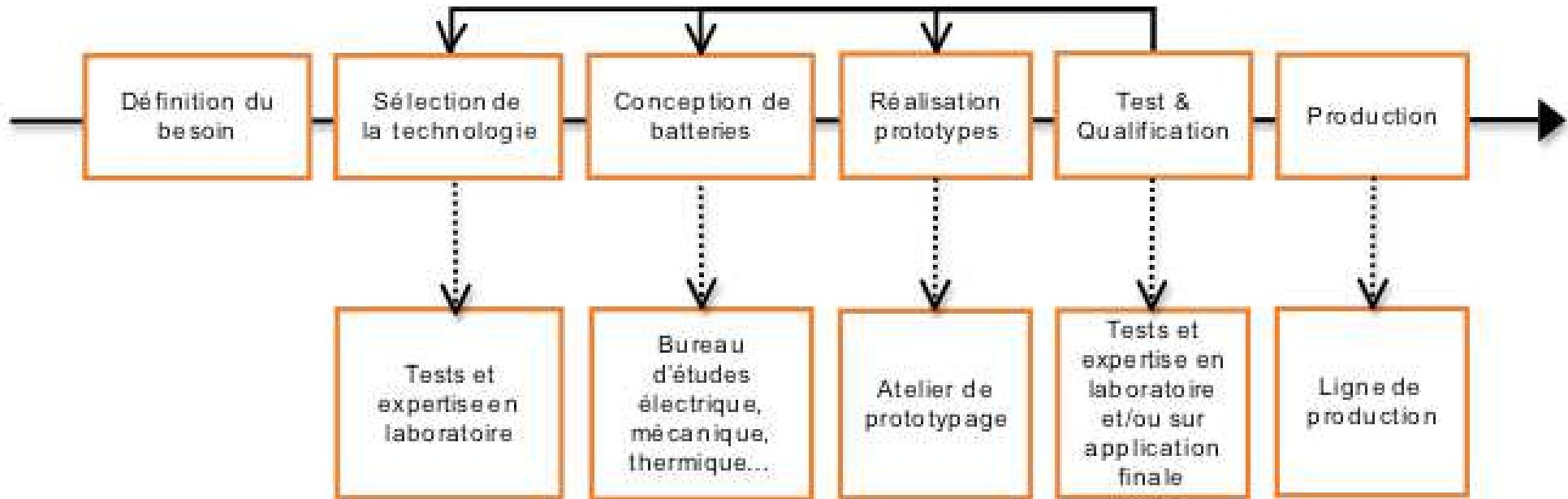
Approche pluridisciplinaire : électrochimie, électronique, mécanique, thermique

Etape préalable et structurante :

Traduire le besoin de l'application en données techniques.



Cycle de conception de l'ordre de six mois, fonction de la complexité du système batterie



1. Les technologies de batteries avancées

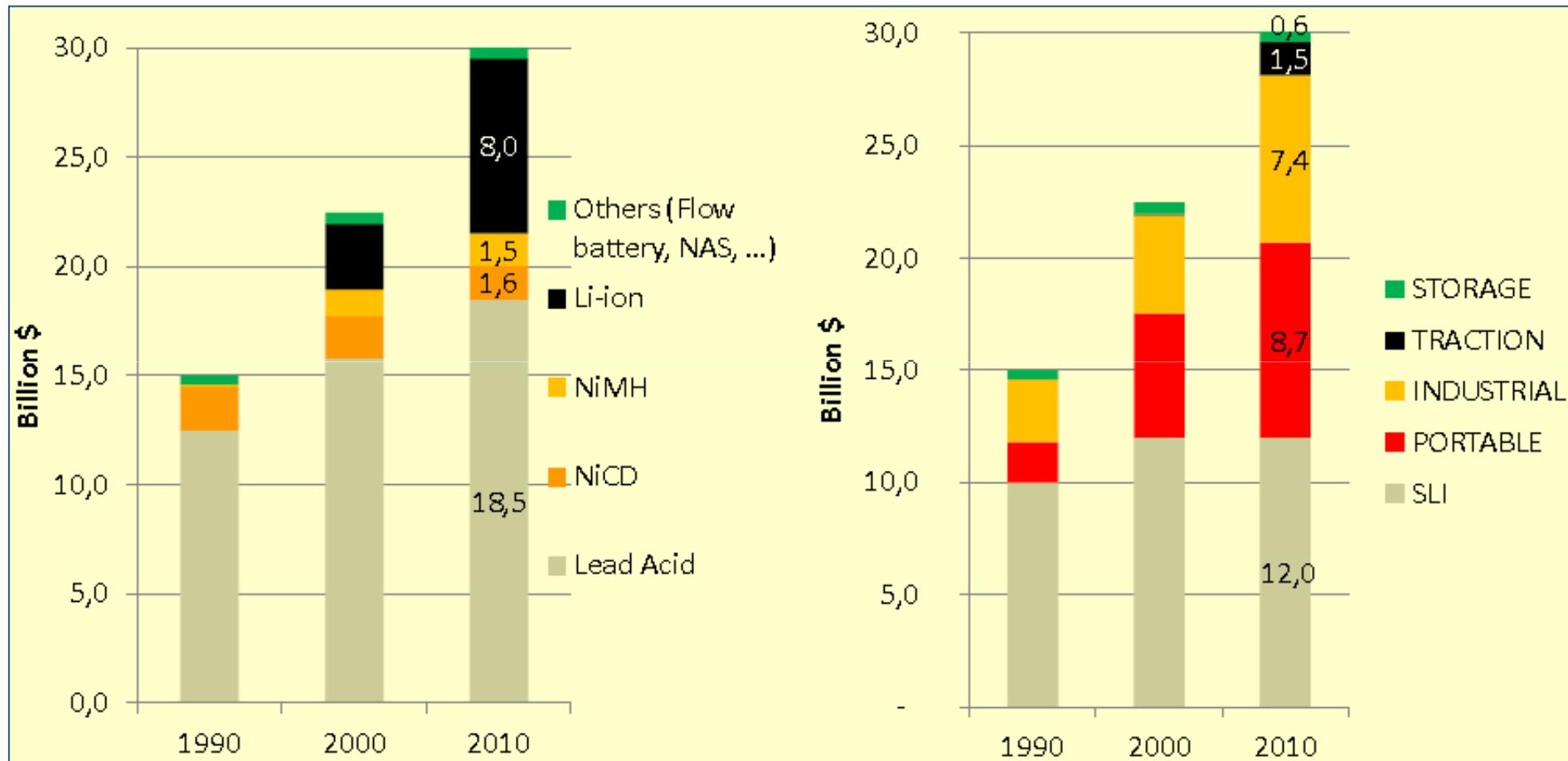
2. Gestion de la charge / décharge

3. Gestion de la sécurité

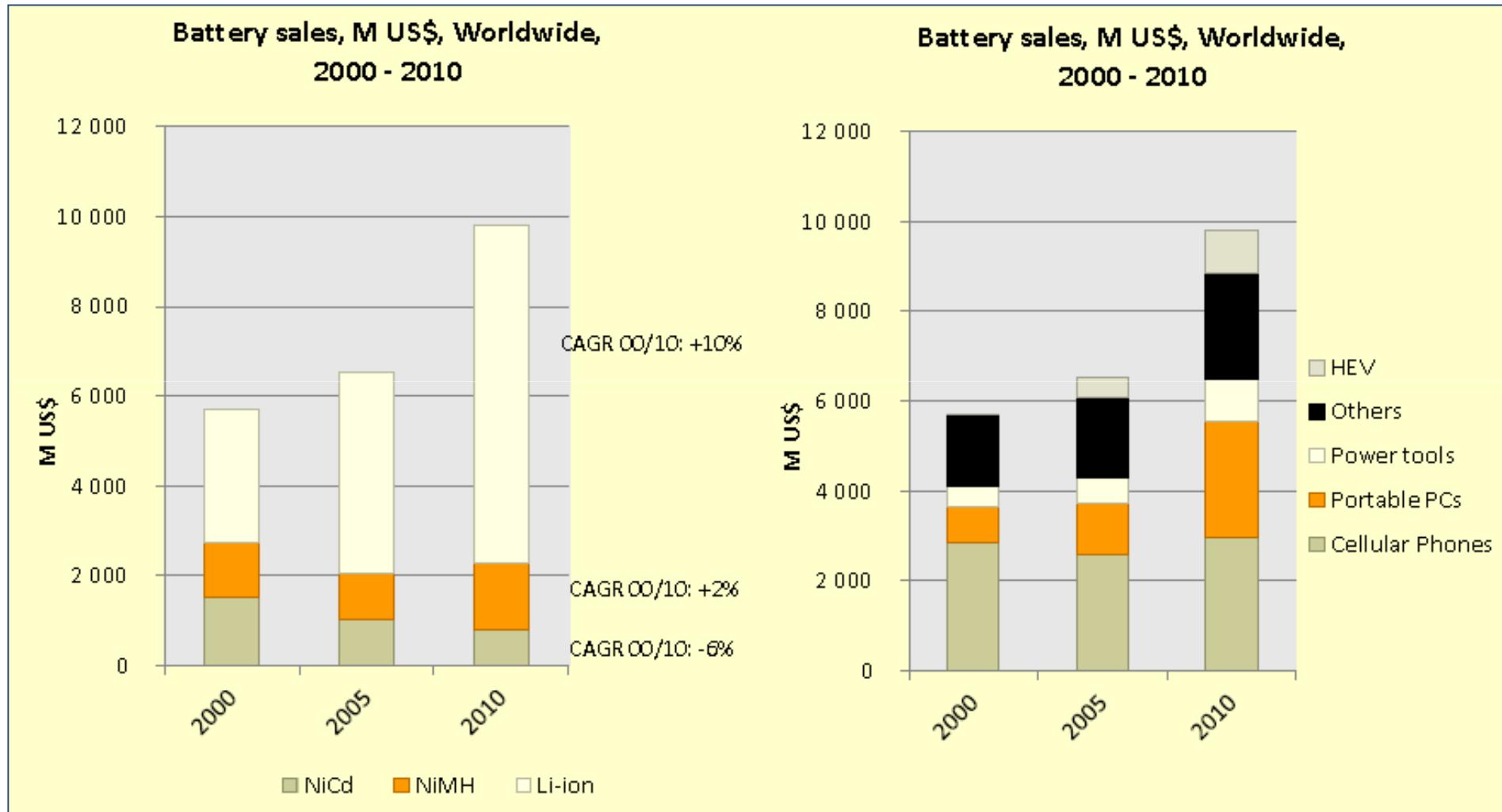
4. Recommandations de mise en œuvre

5. Perspectives de marché

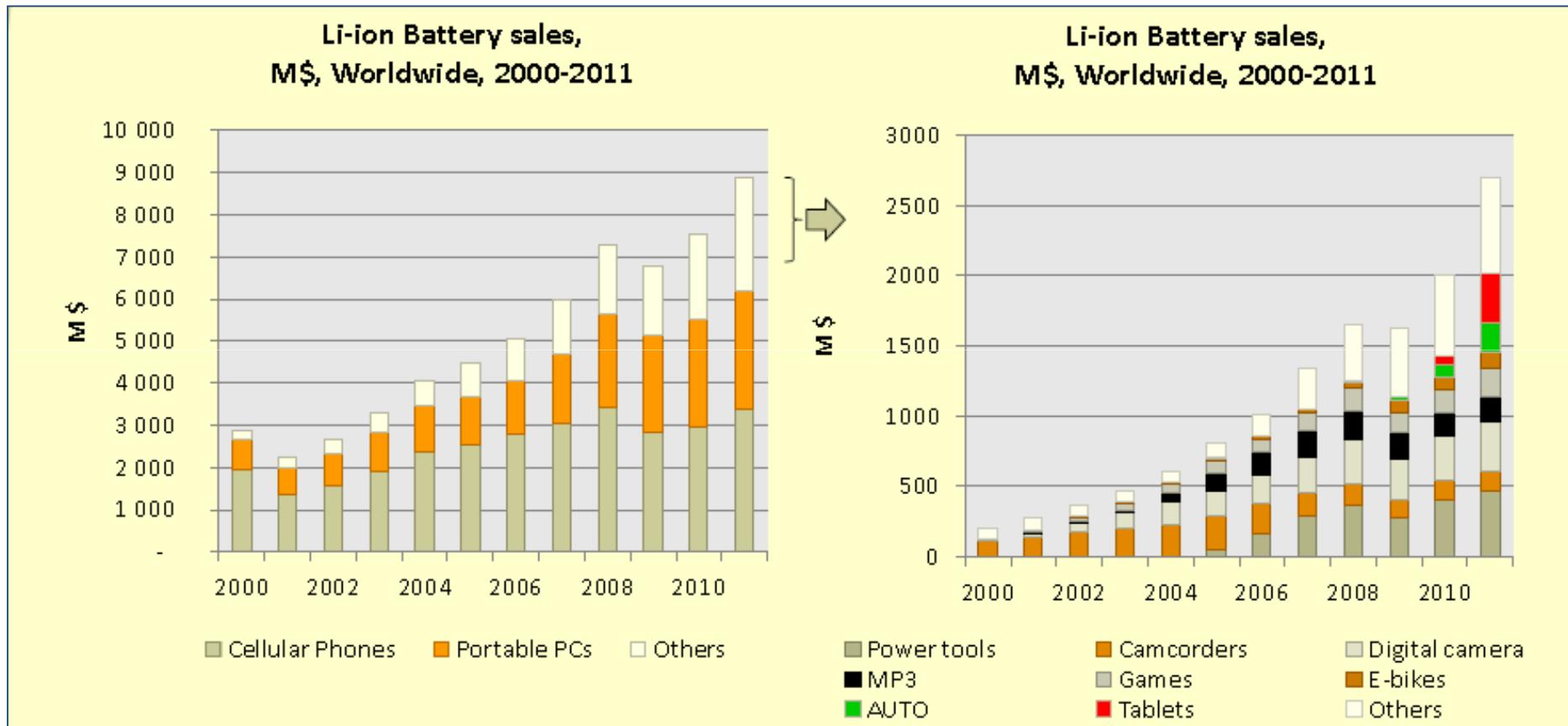
6. Conclusions



www.avicenne.com

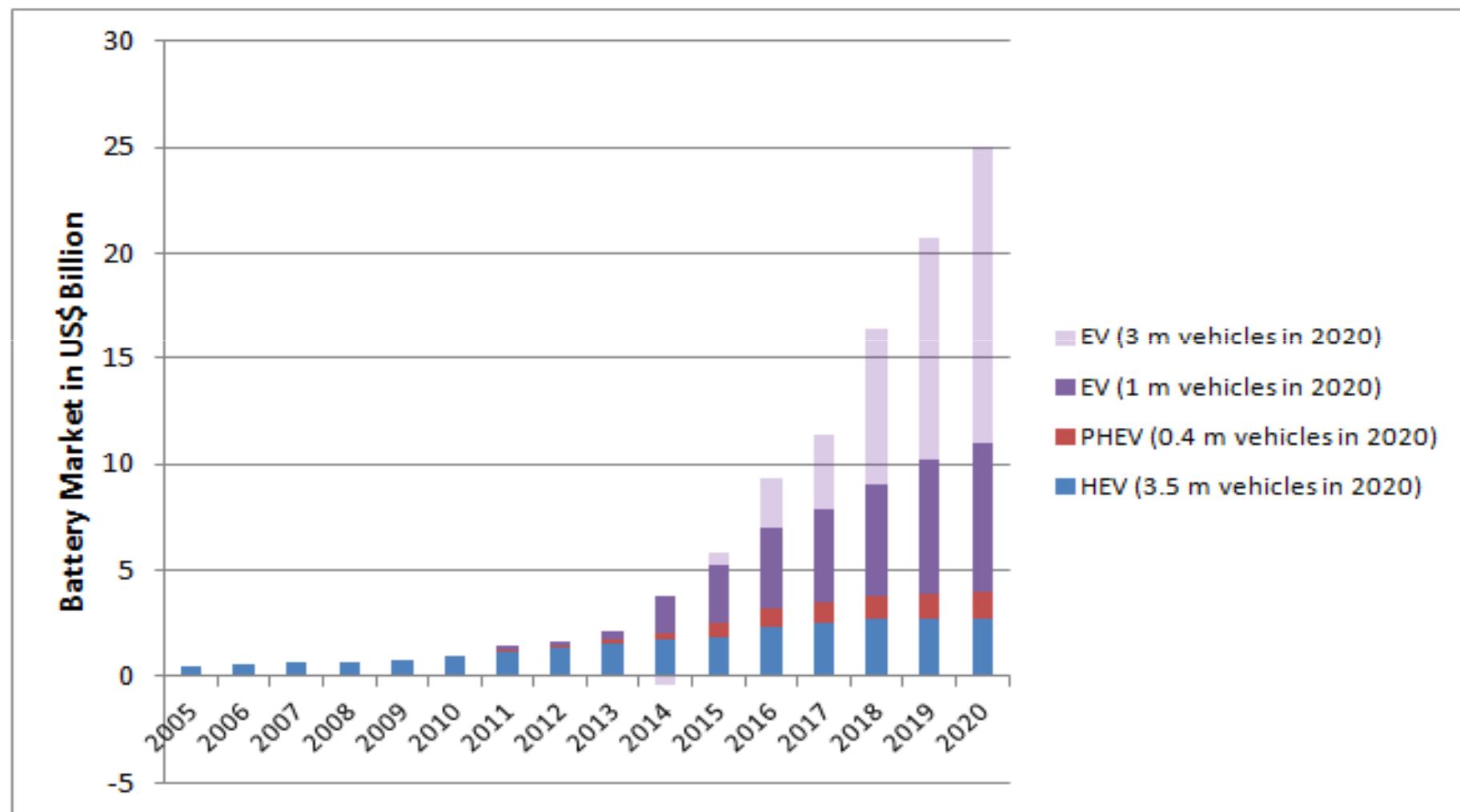


www.avicenne.com



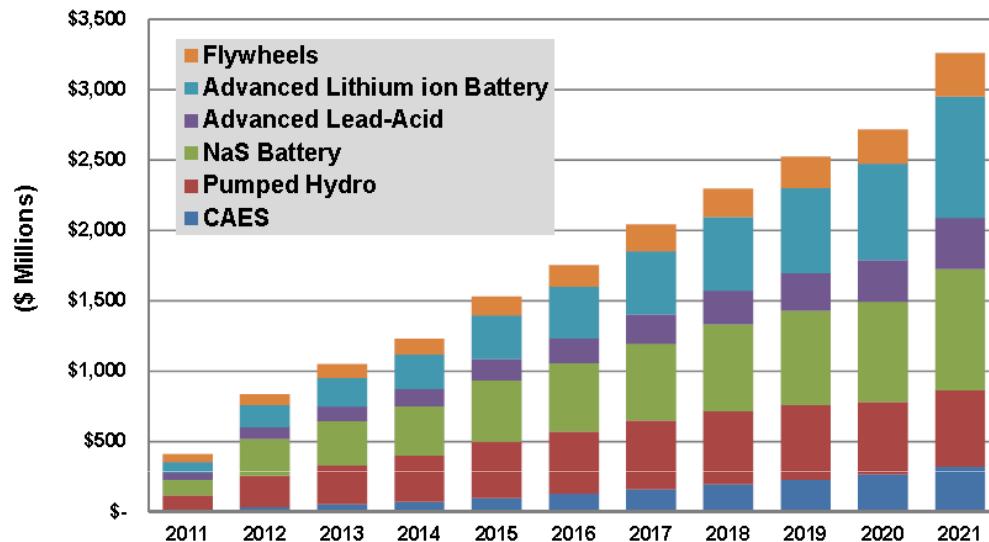
www.avicenne.com

10 MM \$ < Marché 2020 des batteries pour véhicules électrifiés < 50 MM\$



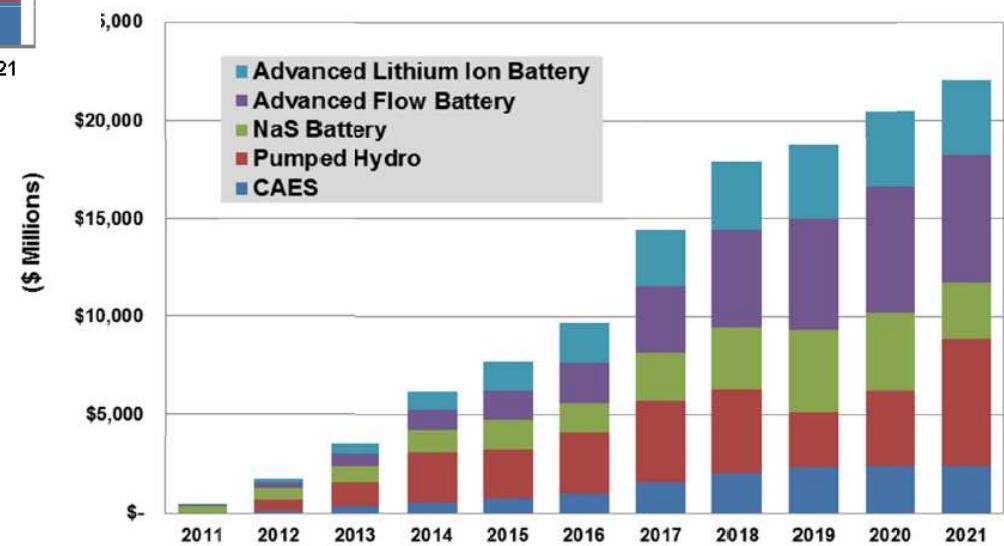
Source : estimations easyLi

Installed Revenue by ESS for Ancillary Services by Technology, World Markets: 2011-2021



Marché 2020 des batteries Li-ion pour applications smart grids : 5 à 10 milliards \$

Installed Revenue by ESG Technology, World Markets: 2011-2021



Source : Pike Research, 2011

- **De nombreuses technologies Lithium-ion** sont désormais disponibles pour les applications industrielles.
- **Pertinence des formulations électrochimiques et contrôle des procédés de fabrication des cellules** sont déterminants pour atteindre les niveaux de qualité et de sécurité attendus.
- **Une électronique de gestion (BMS) complète et fiable** est indispensable, quelle que soit l'électrochimie utilisée.
- **L'automobile bouleverse l'industrie des batteries avancées :**
 - Amélioration des performances et de la robustesse des technologies
 - Baisse des coûts (effets d'échelle)

→ **Nombreuses opportunités d'innovation dans tous les secteurs industriels, notamment de l'électromobilité et des équipements utilisant les énergies renouvelables**



easyLi
advanced battery systems 

