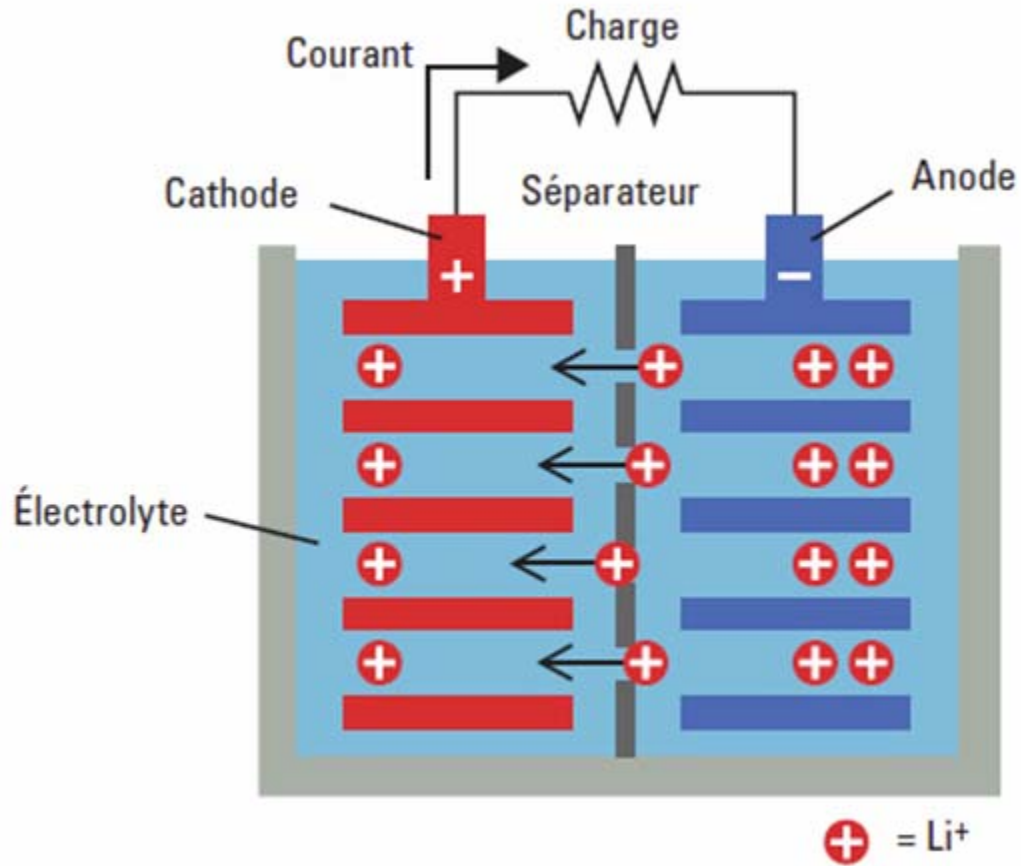


QUÉBEC EXPLORATION 2011

Session 5

Véhicules électriques: minéraux stratégiques pour batteries Lithium- ion

Schéma d'une cellule Li-ion



Différents Types de Véhicules électriques

- Petits VE: bicyclettes, scooters, voiturettes (Pb-Acide)
- Autos « Stop/Start » (Pb-Acide)
- Hybrides VEH « doux » : Prius (NiMH)
- Hybrides VEHB « branchés »: GM Volt, Toyota (Li-ion)
- VE tout électriques : Nissan Leaf, Mitsubishi MiEV (Li-ion)

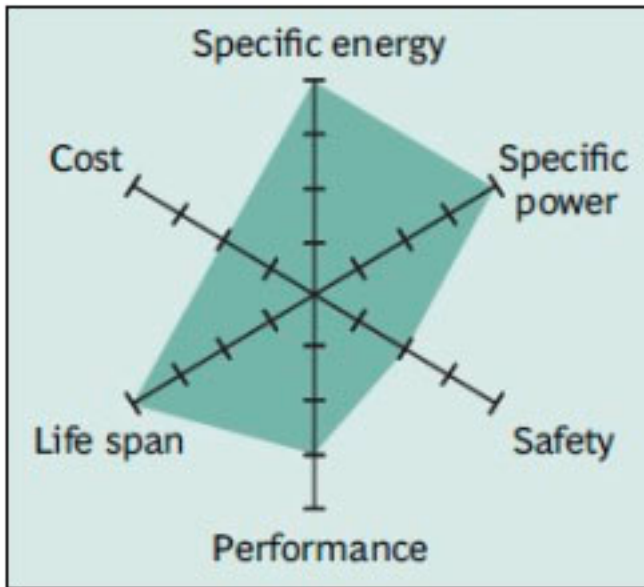
Pourquoi Li-ion ?

- Densités d'énergie gravimétrique et volumétrique supérieures (doublement d'autonomie / NiMH)
- Densité de puissance supérieure (meilleures accélérations / NiMH)
- Espoir de cyclage: durée de vie > NiMH = 10 ans
- Espoir de tenue en T° (de -30°C à 60°C)
- Espoir de coût < 500 \$ / kWh
- À la recherche de la meilleure électrochimie
- Espoir de nouvelles anodes et cathodes

Différents types de Li-ion

- Petit Li-ion: Anode graphite + Électrolyte liquide ou gel polymère + cathode à base d'oxyde de cobalt. Très performant, mais le danger croît avec la taille. (“Tesla”). Début du titanate (Toshiba).
- Gros Li-ion: Anode graphite + électrolyte liquide ou gel polymère + cathodes NCA, NMC, MO, LFP
- Pas de cathode gagnante pour le moment: Nissan et LG Chem avec Mn, Saft avec NCA, Dow/Kokam et Johnson Controls avec NMC, BAK et A123 avec LFP.
- Des 7 usines US financées par DOE (2 milliards \$), 2 sont NMC, 2 sont MO, 2 LFP et 1 NCA

Batteries à cathode NCA

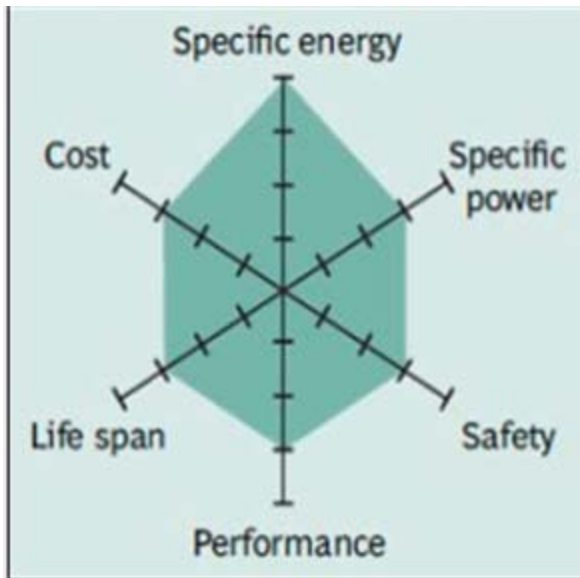


+ Haute énergie et puissance +
durée de vie – sécurité - coût

>90% LiNiO₂
>5kg Ni pour petit VHE
>50kg Ni pour VE

Source: Boston Consulting Group

Batteries à cathode NMC



+ Haute énergie – Sécurité – Durée de vie

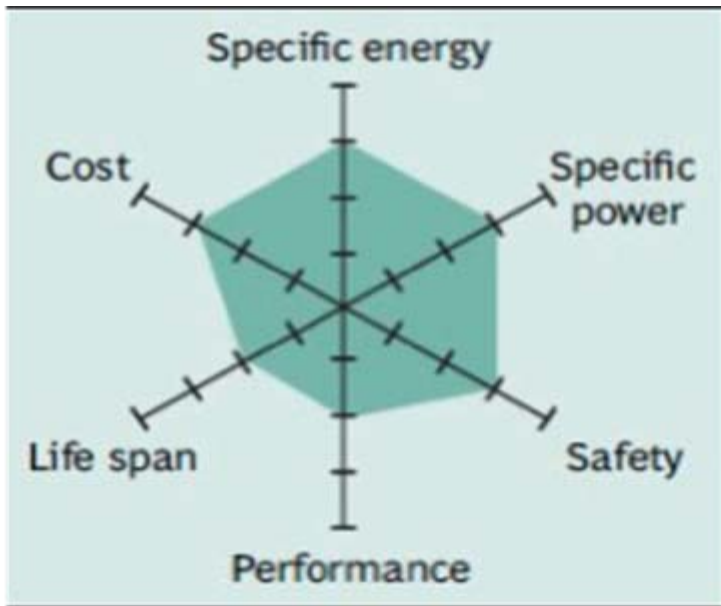
LiNiMnCoO2

Petit VE: 2kg Ni, 1Kg Mn, 1.5 kg Co

Gros VE: petit VE x 10

Source: Boston Consulting Group

Batteries à cathodes Mn

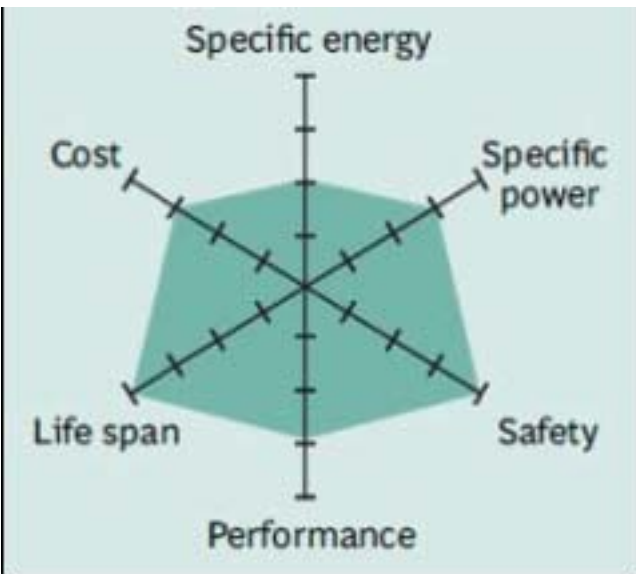


+ Voltage + Energie et puissance
-Durée de vie – Sécurité – T°

Petit VE: 7-8 Kg de LiMn_2O_4
Gros VE: 70-80 Kg

Source: Boston Consulting Group

Batteries à cathode LFP



+ Sécurité + Durée de vie
-Energie - Voltage

-Petit VE: 5-10 kg LiFePO_4
-Gros VE: 50-100 kg LiFePO_4

-Québec: Phostech Lithium produit du LFP
-Québec: Bathium fabrique une batterie
-Li/Polymère sec/LFP pour Bolloré (France)

Avenir du V100%E

- Problèmes d'autonomie et coût batterie (800-1000\$/kWh): le Li-ion est-il suffisant?
- Déplacement ou baisse de la pollution?
- Coût et dépendance du pétrole
- Aides et réglementations gouvernementales

Avenir du VEH

- Quel type ?
 - coût vs complexité ?
 - mode de charge ?
 - économies de carburant?
 - aides et réglementations gouvernementales?
- Les études récentes indiquent un avantage pour les petits VEH non branchés dans les pays à électricité fossile.
- Début d'une vague technologique? (moteurs/générateurs)
- Marchés nombreux: Camions et bus urbains, engins industriels (grues, locomotives légères, aéronautique, marine...)

Consensus et désaccords

- Consensus
 - En 2011, le marché est estimé à 2 milliards \$ batteries pour le transport électrique routier pour 2.5 millions kWh (500,000 véhicules à 800\$/kwh pour une batterie de 5 kWh/véhicule)
 - Les taux de croissance minima 2011-2020 au-dessus de 5%/an
 - Surtout dans les hybrides et pour le Li-ion
- Désaccords
 - avenir incertain pour les EV avec le Li-ion actuel
 - les petits hybrides seraient plus avantageux que les gros (pays à énergie électrique fossile)
 - meilleure cathode pour Li-ion ?

Principaux matériaux impliqués

- Graphite (anode); possibles : silicium, étain, carbones « exotiques »
- Lithium (carbonate) : source chimique de base pour Li
- Nickel (oxyde lithié)
- Cobalt(oxyde lithié)
- Mn (oxydes lithiés)
- PO4 (Fer, autres métaux) lithiés
- Possibles : titanates (anode – $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) et soufre (cathode), Li métal (anode)
- Cu et Al (pour les collecteurs et conducteurs)
- Matériaux pour composantes électroniques (BMS)
- Caractéristiques communes : très hautes puretés et consistance pour production de masse de cellules

Graphite

- Paillettes de graphite purifié (procédé IREQ)
- préférence pour une granulométrie sphéroïdale
- Prix de l'ordre de 30\$/kg: à la baisse
- 10 à 15 fois plus de graphite que de Li dans une batterie : pour une batterie de 250 kg (petit VE), au moins 30 kg de graphite
- principal producteur : Chine. Problème de sécurité d'approvisionnement?
- concurrent : graphite synthétique, autres anodes

Lithium

- sous forme de carbonate de lithium comme intrant pour la fabrication de matériaux actifs de cathode lithiée
- de l'ordre de 5\$/kg, plus pour la haute pureté
- environ 2.5 à 3 kg de Li pour une batterie de 250 kg (petit VE)
- réserves mondiales estimées à au moins 14 million Tonnes = 6 milliards de VE
- production actuelle de l'ordre de 150,000 tonnes/an (25,000 tonnes de Li équivalent)
- principaux producteurs au Chili, Chine, Australie, projets aux USA et Canada

Manganèse (électrolytique)

- sous forme d'oxyde simple lithié ou spinel lithié dans les cathodes de LG Chem pour la Volt de GM ou de NEC pour la Leaf de Nissan
- Exemple : LiMn_2O_4 contient 4% Li, 61% Mn et 35% O (en poids atomique)
- en 2009, environ 1.2 millions tonnes de Mn électrolytique produit
- De l'ordre de 7.5 Kg de LiMn_2O_4 pour un petit VEH et 75 kg pour un VE
- Principal producteur : la Chine; problème de sécurité d'approvisionnement?
- prix actuel pour EMM : \$ 4/kg FOB Côte Est US.
- prix actuel LiMn_2O_4 , cathode grade : de l'ordre de \$45/kg

LiFePO₄ (LFP)

- cathodes des batteries Li-ion chinoises pour bicyclettes et scooters électriques et HEV et VE (BAK, A123, Valence, K2 Energy...)
- demande 2010 de l'ordre de 3,000 Tonnes
- En construction : usine de 2.400 tpa à Candiac (Phostech/Süd-Chemie), usine de 1,000 tpa (Aleees à Taiwan), 2 usines de 1,000 tpa au Japon (Sumitomo Cement et Mitsubishi Eng. & Ship.), multiples usines en Chine.
- matériau de cathode développé au Québec (Hydro-Québec + UDM)
- Prix 20-30 \$/kg
- Chimie à partir du carbonate de Li et d'un phosphate ferrique (par exemple)
- Entre 10 et 100 kg par VEH et VE