



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



*maîtriser le risque
pour un développement durable*

BATTERIES LITHIUM RISQUES – MESURES DE SÉCURITÉ

Le Cèdre – 24 Novembre 2022

Thierry Delbaere



PEARL OF SCANDINAVIA
Fire - 17 November 2010



Ship Ytteroyningen
– 11 Octobre 2019



June 2020 car carrier
fire in Jacksonville,
Florida.

Accidentologie



Burned lithium batteries in fiberboard boxes after the August 19, 2021 fire. Photo courtesy U.S. Coast Guard

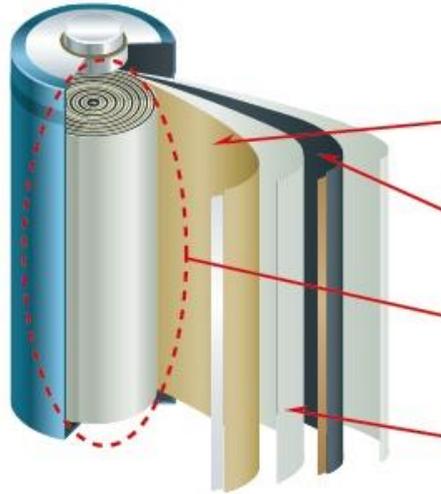


Naufrage du Felicity Ace - Le 1^{er} mars 202

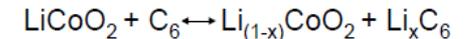
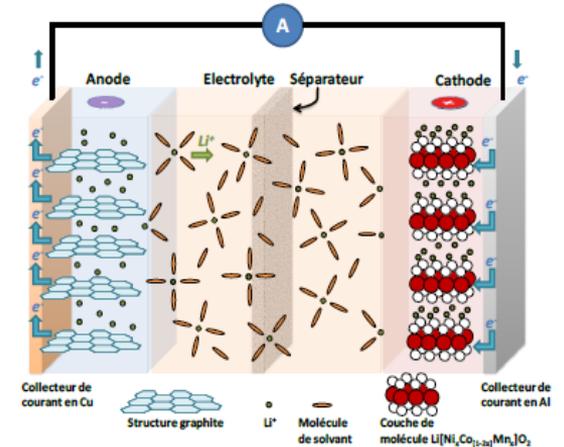
Les batteries Li-ion

Caractéristiques - Risques

La batteries Li-ion



Constituants	Matériaux
Cathode (+)	LiCoO ₂ , LiNi _{0,8} Co _{0,15} Al _{0,05} O ₂ , LiNi _{0,33} Mn _{0,33} Co _{0,33} O ₂ , LiMn ₂ O ₄ , LiFePO ₄
Anode (-)	carbone (graphite)
Electrolyte	sel de lithium (LiPF ₆) dissout dans solvants organiques liquides
Séparateur	polyéthylène/ polypropylène



La batteries Li-ion

Avantages	Inconvénients
Densité d'énergie élevée	Coût élevé
Résistance interne faible	Besoin d'un circuit de protection (BMS)
Efficacité Coulombique élevée (>99%)	Dégradation à haute température

Applications principales :

- ✓ traction automobile,
- ✓ équipement portable,
- ✓ stockage stationnaire,
- ✓ militaire...

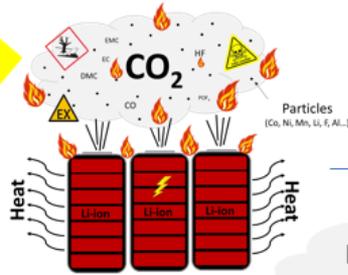
Risques lors de l'utilisation de batteries Li-ion

Fonctionnement
normal



Risques chimiques et toxicologiques a priori limités
Risque électrique, physique (manutention), ...

Dysfonctionnement

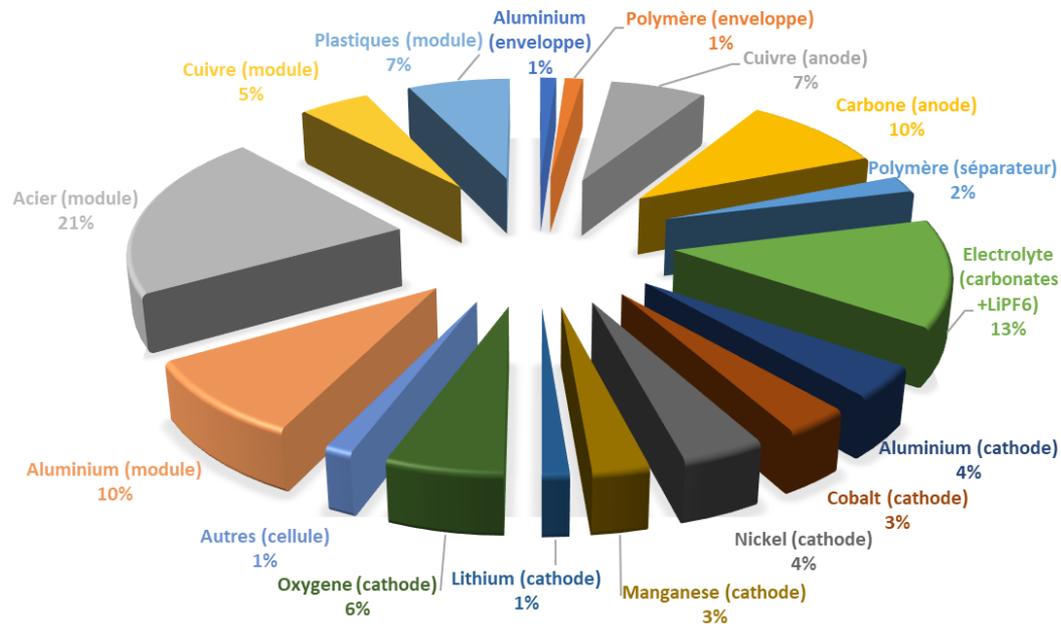


HF, carbonates,
sels de lithium,...

Risques chimiques et toxicologiques
(inhalation de gaz et particules,
contact cutané avec fuite liquide)
Risque explosion, incendie, ...

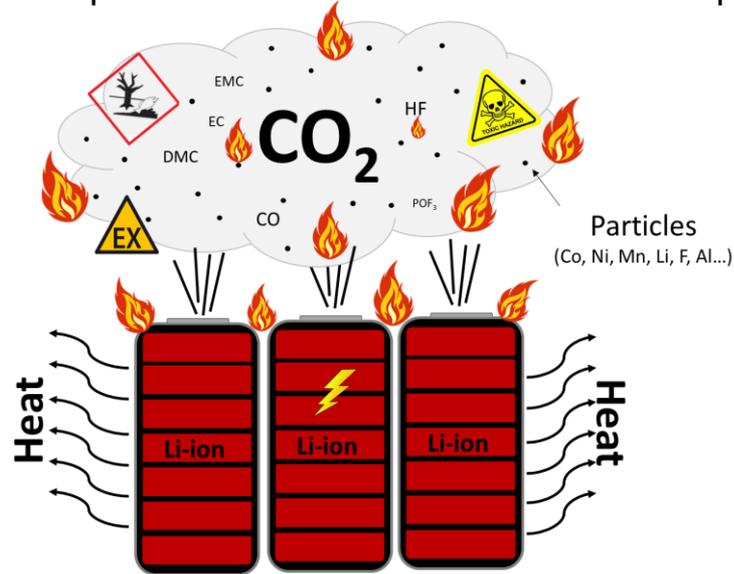
Risques lors de l'utilisation de batteries Li-ion

Bilan des matières utilisées dans un module Li-ion automobile



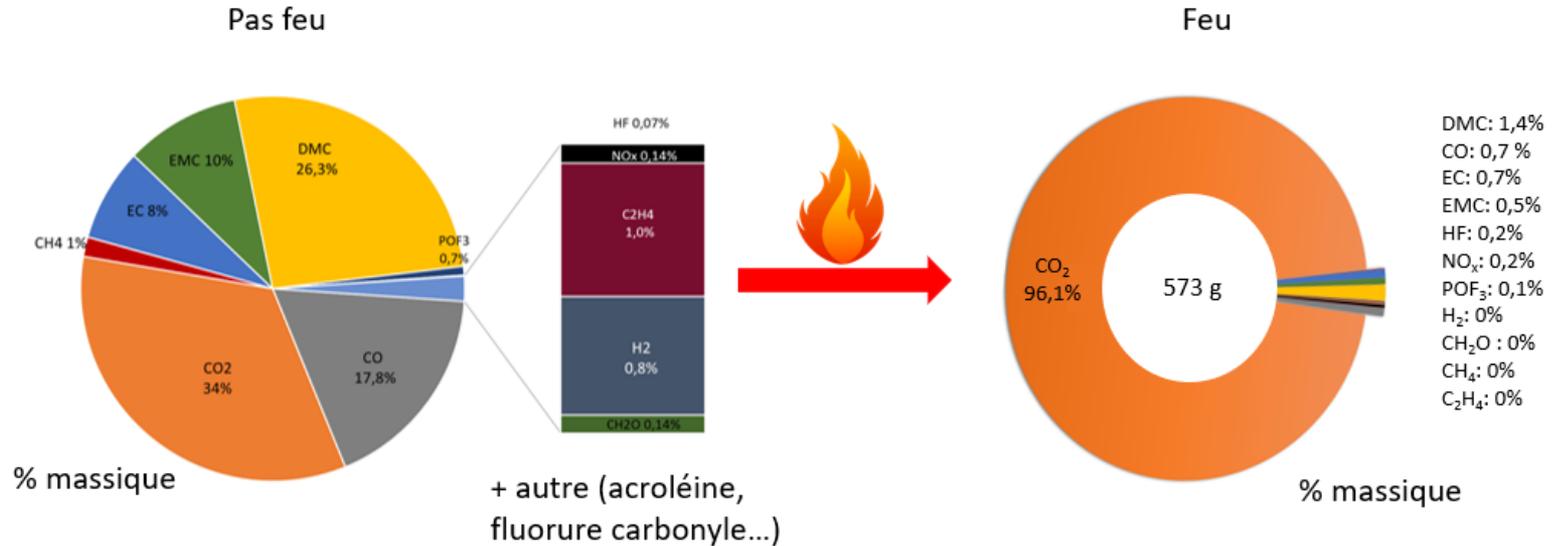
Risques lors de l'utilisation de batteries Li-ion

- Plusieurs sources de risques chimiques et toxicologique pour l'homme et l'environnement
 - Emissions de gaz
 - Emissions de particules
 - Drainage des contaminants par les eaux d'extinctions ou eaux de pluie



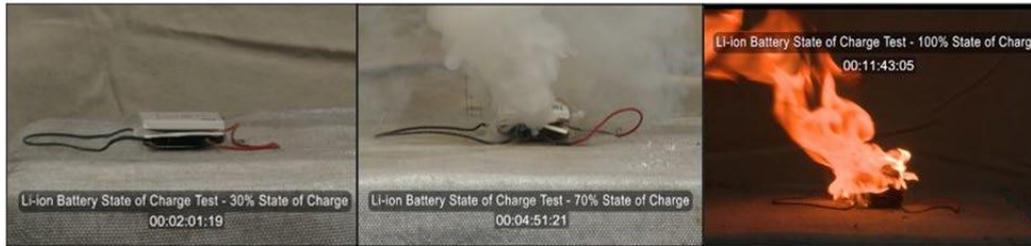
Risques lors de l'utilisation de batteries Li-ion

- Mélange gazeux variable selon beaucoup de paramètres et difficilement généralisable



Risques lors de l'utilisation de batteries Li-ion

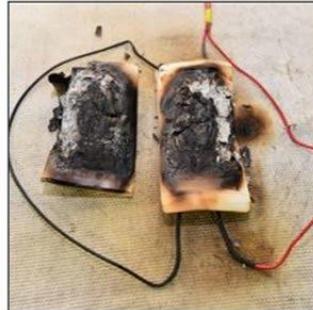
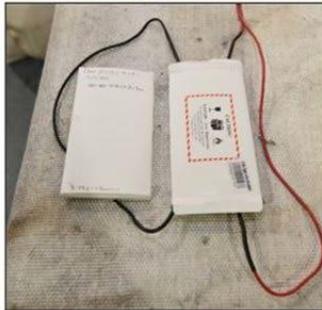
- Mélange gazeux variable selon l'état de charge de la batterie



30% SOC

70% SOC

100% SOC



Risques lors de l'utilisation de batteries Li-ion

- Mélange gazeux variable selon l'étendue de l'incendie (batterie seule ou système complet)



+ plastiques, composants électroniques ...

Risques lors de l'utilisation de batteries Li-ion

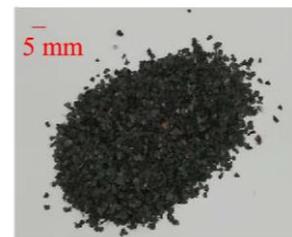
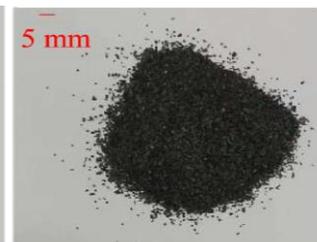
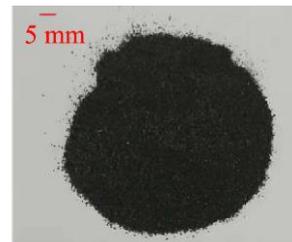
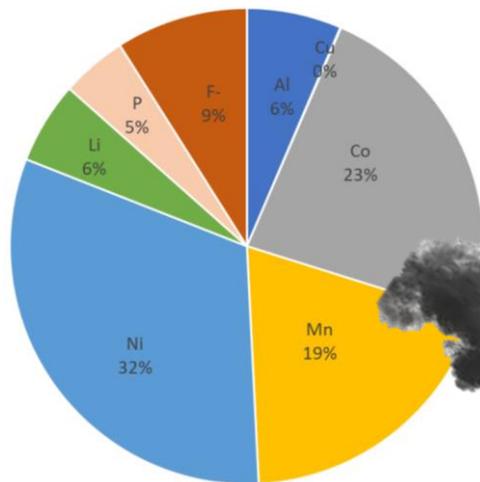
- Mélange gazeux variable selon le type de batterie (Li-ion, Li-métal, Na-ion, ...) et la chimie (LFP, NMC, NCA,...)

species	molar %		
	Na-ion (NVPF)	Li-ion (LFP)	Li-ion (NMC)
organic carbonates	70	59	20
H ₂	10	9	17
CO ₂	8	18	30
CO	1	2	25
CH ₂	1	1	4
C ₂ H ₄	6	4	1
fluorinated species	4	4	0.4
miscellaneous	0	3	3

Risques lors de l'utilisation de batteries Li-ion

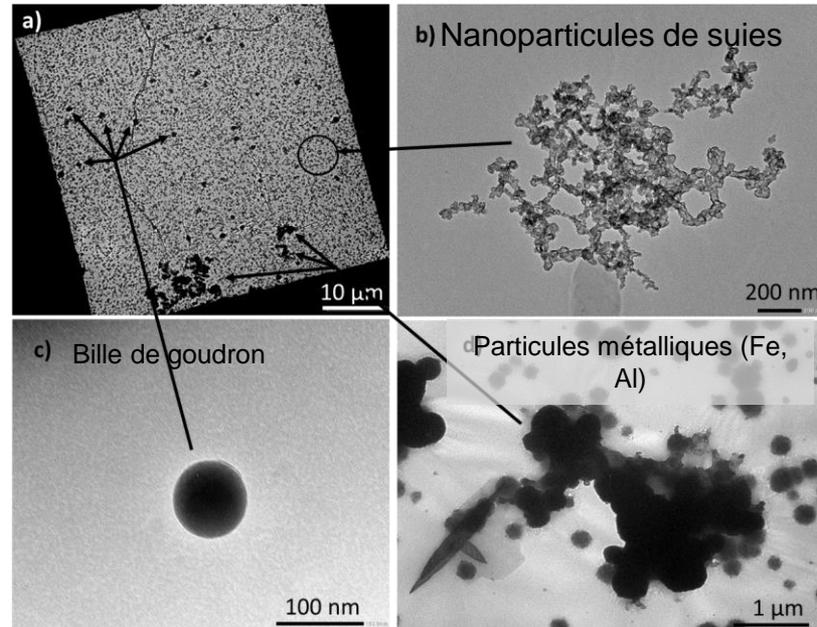
Emissions particulaires :

- Tailles variables et nature variable selon les chimies de batteries
- Présentes dans les fumées et éparpillées à proximité des lieux de l'incident



Risques lors de l'utilisation de batteries Li-ion

Exemple de particules retrouvées dans les eaux d'extinction



+ carbonates liquides

Les situations à risques dans le transport et le stockage des batteries Li-ion

Phase de transport de batteries usagées

Causes d'emballage thermique/fuite

- Vibration, chocs, court-circuit externe
- Profil de risques des cellules vieilles potentiellement différents

Exemples de mesures de maîtrise des risques

- Transport conforme aux exigences de la **réglementation transport de matières dangereuses (TMD)** pour les batteries usagées et **respect des prescriptions d'emballage**



Feu d'un poids lourds transportant des batteries usagées, Sagy (France), 2015



Phase de stockage des batteries usagées

Causes d'emballage thermique/fuite

- Conditions de stockage: températures de stockage
- Manipulation/ Impact mécanique / Chute / Rupture / Casse /Vibration
- Court-circuit (interne ou externe)
- Surcharge
- Surdécharge / tension excessivement basse
- Arc électrique/ défaut d'isolement
- Profil de risques des cellules vieilles potentiellement différents

Exemples de mesures de maîtrise des risques

- Eviter les chocs, la condensation, contact avec de l'eau...
- Faire des stockages séparés (séparation physique, technologiques,...), définir une quantité maximale de stockage, définir des distances d'éloignement
- Définir des durées de stockage
- Ventilation, contrôle de la température de stockage
- Définir un état de charge optimal pour le stockage selon l'usage futur et pour réduire les risques
- Moyens de détection et d'extinction
- Stockage des batteries dans les emballages de transport en cas de risques spécifiques (ex. batteries endommagées)



En résumé :

- Les batteries Lithium sont sûres dans leurs plage de fonctionnement normal
- Le Battery Management System est un organe clé de la sécurité de la batterie
- Le lithium sous forme métallique est hydro réactif (batteries LMP)

- Une fois la batterie en emballement thermique => réaction incontrôlable car libération d'O₂, de matières inflammables et de chaleur (triangle du feu)
- L'état de charge d'une batterie modifie fortement les effets en cas d'incendie
- l'utilisation d'eau est recommandée pour refroidir la batterie (sauf lithium métal) et limiter la propagation de l'incendie
- Immerger ou arroser une batterie Li-ion d'eau salée augmente le risque de court-circuit externe
- L'emballement thermique produit des gaz toxiques et des suies que l'on retrouve dans les eaux d'extinction



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Institut national de l'environnement industriel
et des risques

INERIS

*maîtriser le risque
pour un développement durable*

Merci de votre attention