

Batteries au lithium : précautions et mesures de prévention

Yann Beaufils

Directeur adjoint

Inspecteur du travail

Un peu d'histoire

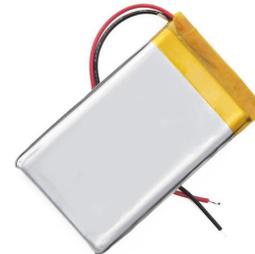
1973 : piles au lithium métal



1991 : accumulateurs au lithium

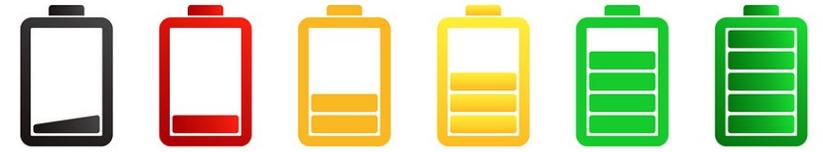


1999 : accumulateurs lithium polymère



2000 - ... : amélioration de la technologie (matériaux, design, ...)

Utilisations multiples



Les batteries lithium : Qu'est-ce que c'est ?



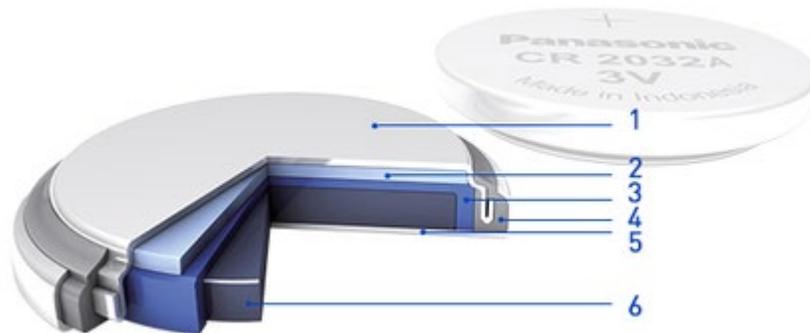
Les batteries lithium : Qu'est-ce que c'est ?

Les piles au lithium



Contiennent du lithium sous forme de métal

Ne sont pas rechargeables



Composant	Nr. CAS	Quantité (% poids)	Symboles de danger	Classification GHS
Lithium métallique	7439-93-2	1 – 3 %		H260, H314
Polymère	propriétaire	3 – 10 %		
Dioxyde de manganèse	1313-13-9	13 – 40 %		H302 H332
Carbonate de propylène	108-32-7	1 – 10 %		H319
1,2-Diméthoxyéthane	110-71-4	1 – 10 %		H225, H332, H360
Perchlorate de lithium	7791-03-9	1 – 5 %		H272, H315, H319, H335
Acier et Nickel (Ni)	propriétaire	33 - 74 %		

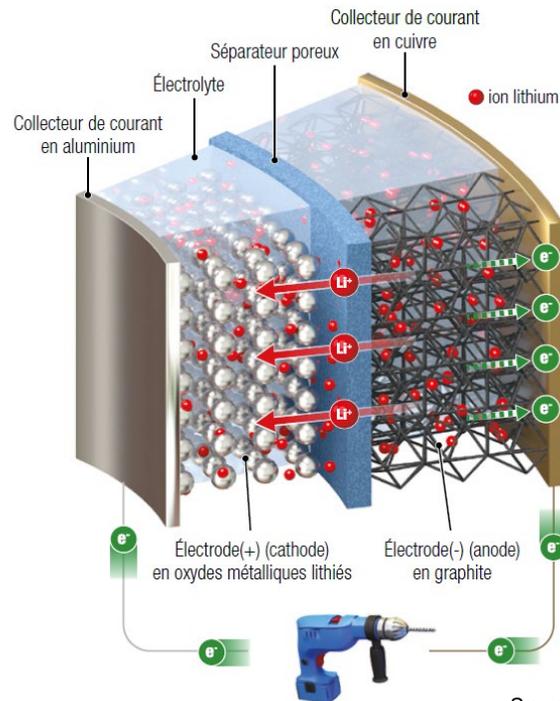
Les batteries lithium : Qu'est-ce que c'est ?



Les accumulateurs au lithium-ion

Ne contiennent pas de lithium sous forme de métal, mais sous forme ionique

Sont rechargeables

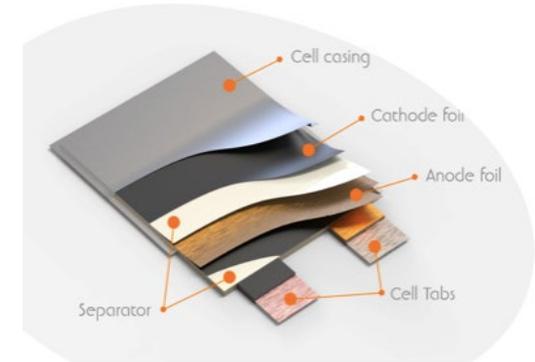


Source : INRS

Composant	Nr. CAS	Quantité (% poids)	Symboles de danger	Classification GHS
Graphite et carbone	7782-42-5 7440-44-0	10 - 15 %		
Oxyde d'aluminium (Al ₂ O ₃)	1344-28-1	5 - 10 %		
Oxyde de lithium, nickel, cobalt, manganèse (LiNiCoMnO ₂)	182442-95-1	20 - 30 %		H330 H314
Solvants organiques	propriétaire	10 - 20 % Carbonates organiques (EC/EMC)		H226 H302 H315 H319 H335 H373
Hexafluorophosphate de lithium (LiPF ₆)	21324-40-3	1 - 3 %		H302 H311 H314
Cuivre (Cu)	7440-50-8	12 - 20 %		
Aluminium (Al)	7429-50-5	25 - 30 %		
Lithium métallique		0% Pas de présence de lithium métallique		

Principales caractéristiques des accumulateurs Li-ion

	Tension nominale (V)	Capacité nominale (Ah)	Poids (kg)	Nombre de cellules
Cellule unitaire	3,2 – 3,7	2,2 – 3,9	0,02 – 0,05	–
Ordinateur portable	11 – 15	2,6 – 5,2	0,2 – 0,5	3 – 8
Outils électroportatif	12 – 48	2 – 12	0,2 – 1	10 – 40
Vélo électrique	24 – 48	10 – 20	3 – 8	10 – 50
Véhicule électrique	300 – 500	100 – 250	300 – 600	200 – plusieurs milliers
Container de stockage	600 – 800	1000 – 2000	14 000 – 19 000	Non limité <i>a priori</i>



Quelques accidents



GENÈVE

Vélo électrique en feu, ils évacuent par la fenêtre

Un incendie s'est produit dans la nuit de samedi à dimanche, au Grand-Saconnex. Treize personnes ont été évacuées. Aucune n'a été hospitalisée.



05.02.2023



Un incendie à l'usine de vélos de Machecoul ce dimanche

Un local de stockage de batteries de vélos électriques a pris feu dans la nuit de samedi à dimanche à Machecoul-Saint-Même.



Un incendie touche l'usine de vélo de Machecoul-Saint-Même ce dimanche (photo d'illustration) © Maxppp - Raphaël Pueyo

26.02.2023

Le Nouvelliste

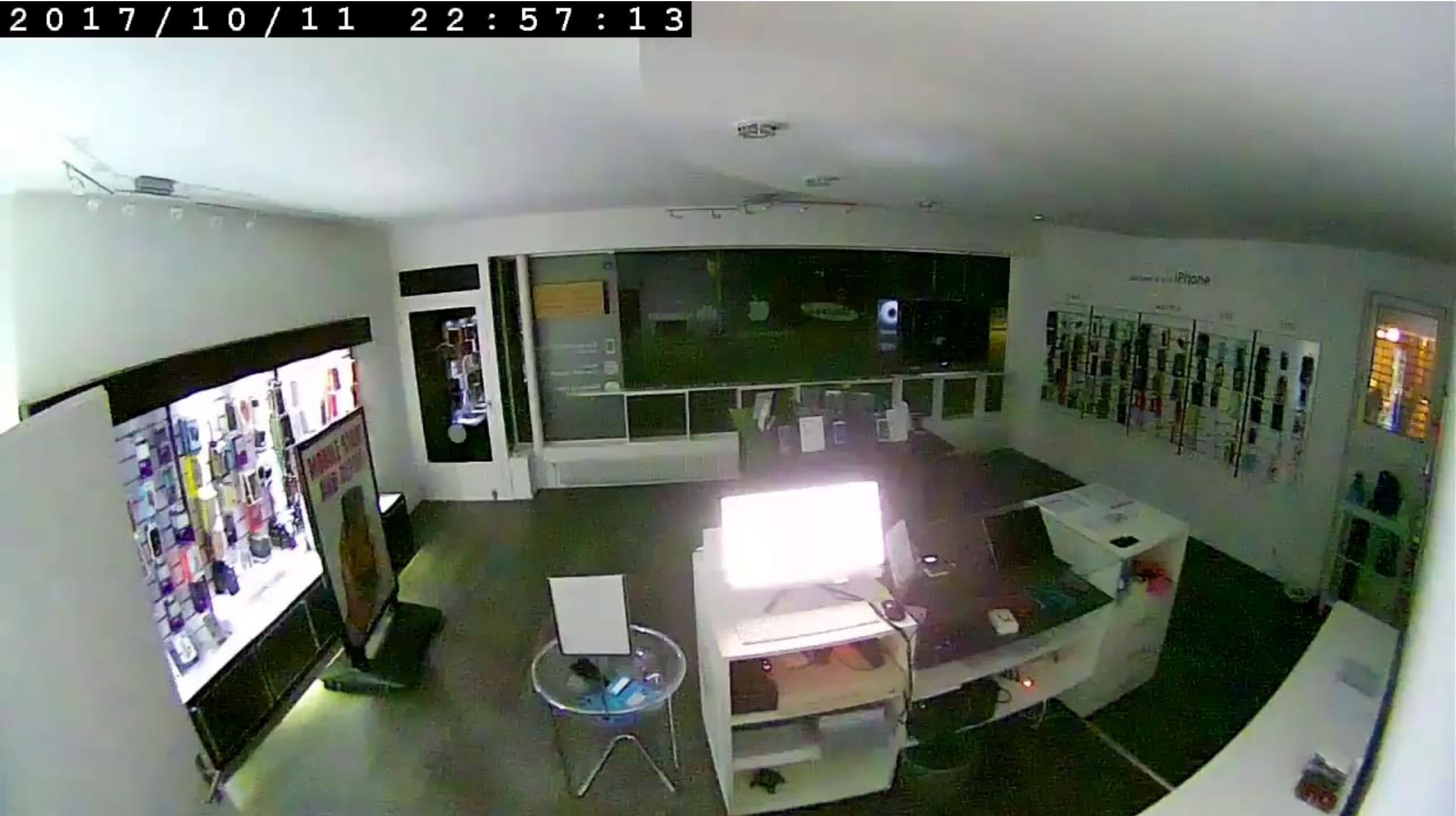
L'explosion d'une batterie lithium-ion filmée à Brigue-Glis

La scène a eu lieu le 11 octobre dernier, à Brigue-Glis. Il était près de 23 heures lorsque la batterie lithium-ion d'un scooter électrique a explosé. La scène a été immortalisée par les caméras de surveillance d'un magasin.



11.10.2017

2017/10/11 22:57:13





INCENDIE SECOURS GENEVE



Les risques liés aux batteries lithium-ion

Association d'un risque chimique avec un risque électrique



Risque chimique : Les substances présentes dans les accumulateurs peuvent potentiellement représenter un danger

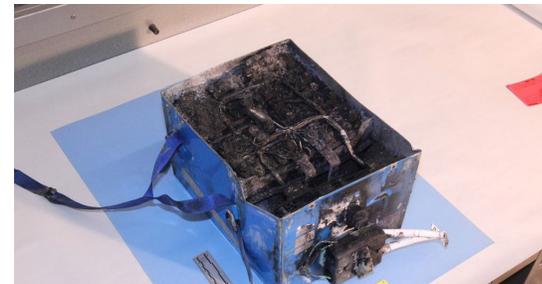
- Fuite : l'électrolyte est corrosif et inflammable
- Emission de gaz : danger lié aux propriétés inflammables des substances organiques volatiles

Risque électrique :

- Ce risque est lié à l'énergie contenu dans la batterie
- Etat de charge (SoC) doit être contrôlé (la surcharge ou la décharge profonde peuvent engendrer des réactions non désirées (exothermique))

Effet cumulatif (chimique et électrique) : peut conduire à un emballement thermique (Thermal run-away)

- Feu
- Emission de gaz toxiques ou nocifs
- Ejection de composants



Les risques liés aux batteries lithium-ion

Association d'un risque chimique avec un risque électrique



Emballement thermique

L'emballement thermique de la cellule peut être caractérisé en trois grandes étapes de température :

- Étape 1 : Température ambiante jusqu'à 125°C - Début d'emballement thermique
- Étape 2 : 125°C - 180°C – Libération de gaz, échauffement accéléré, et dégagement de fumée
- Étape 3 : 180°C et plus - Décomposition explosive (flamme)

Les risques liés aux batteries lithium-ion

Association d'un risque chimique avec un risque électrique



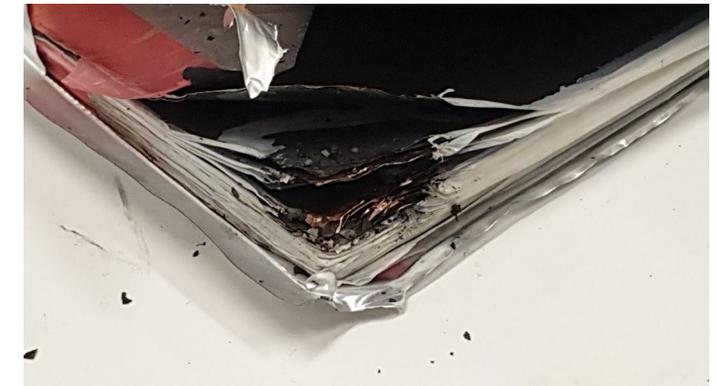
Emballement thermique

- Étape 3 : 180°C et plus - Décomposition explosive (flamme)



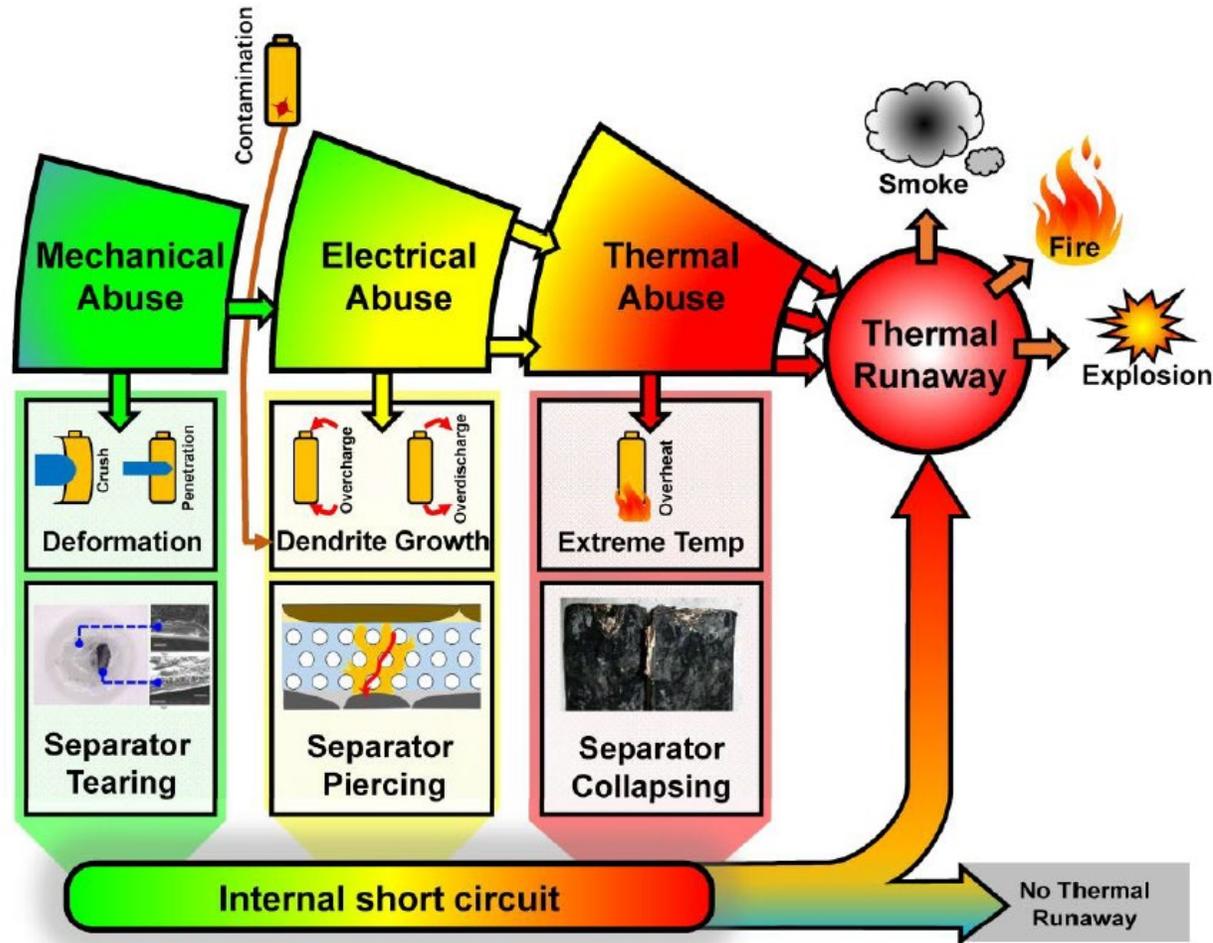
Molécule	Concentration (%)
CO	~40
H ₂	~30
CO ₂	~20
Méthane	7
Ethylène	3
Ethane	1
Propylène	1
HF	~0.3

Source : Saft



Les risques liés aux batteries lithium-ion

Association d'un risque chimique avec un risque électrique



Source : "Thermal Runaway Mechanism of Lithium Ion Battery for Electric Vehicles: A Review" X. Feng, et al Tsinghua University – Beijing

Risques lors de la manipulation



6.2 g
3V 500mAh



100 g
3.6V 11Ah 4g Li



2 kg
36V 9Ah 324Wh



45 kg
48V 75Ah 3.6kWh

Risques lors de la manipulation



Danger lié au port de charges lourdes et aux contraintes exercées sur l'appareil locomoteur (> 30 kg pour certains modèles)



Chute de batteries



Risque de coupures aux mains avec des pièces coupantes



Risque de court-circuit avec des pièces métalliques



Risque d'arc électrique lors de la connexion ou déconnexion de modules



Risque de surface chaude (>120°C) lors d'un court-circuit d'une batterie



Risque d'incendie en cas de surchauffe d'un module



Mesures de prévention lors de la manipulation

Art 6 LTr

Obligations des employeurs et des travailleurs

¹ Pour protéger la santé des travailleurs, l'employeur est tenu de prendre toutes les mesures dont l'expérience a démontré la nécessité, que l'état de la technique permet d'appliquer et qui sont adaptées aux conditions d'exploitation de l'entreprise. Il doit en outre prendre toutes les mesures nécessaires pour protéger l'intégrité personnelle des travailleurs.

Art 82 LAA

Section 2 Obligations des employeurs et des travailleurs

¹ L'employeur est tenu de prendre, pour prévenir les accidents et maladies professionnels, toutes les mesures dont l'expérience a démontré la nécessité, que l'état de la technique permet d'appliquer et qui sont adaptées aux conditions données.

² L'employeur doit faire collaborer les travailleurs aux mesures de prévention des accidents et maladies professionnels.

³ Les travailleurs sont tenus de seconder l'employeur dans l'application des prescriptions sur la prévention des accidents et maladies professionnels. Ils doivent en particulier utiliser les équipements individuels de protection et employer correctement les dispositifs de sécurité et s'abstenir de les enlever ou de les modifier sans autorisation de l'employeur.

Mesures de prévention lors de la manipulation



Port des chaussures de sécurité (minimum type S1)



Port des lunettes de sécurité



Port des gants anti-chaleur si évacuation d'un module en surchauffe



Respecter les limites de poids lors des ports de charges



Port des bijoux interdit



Outil non isolé interdit

Mesures de prévention lors de la manipulation

Une pile, une batterie, un accumulateur qui a subi un choc, ou qui est tombé

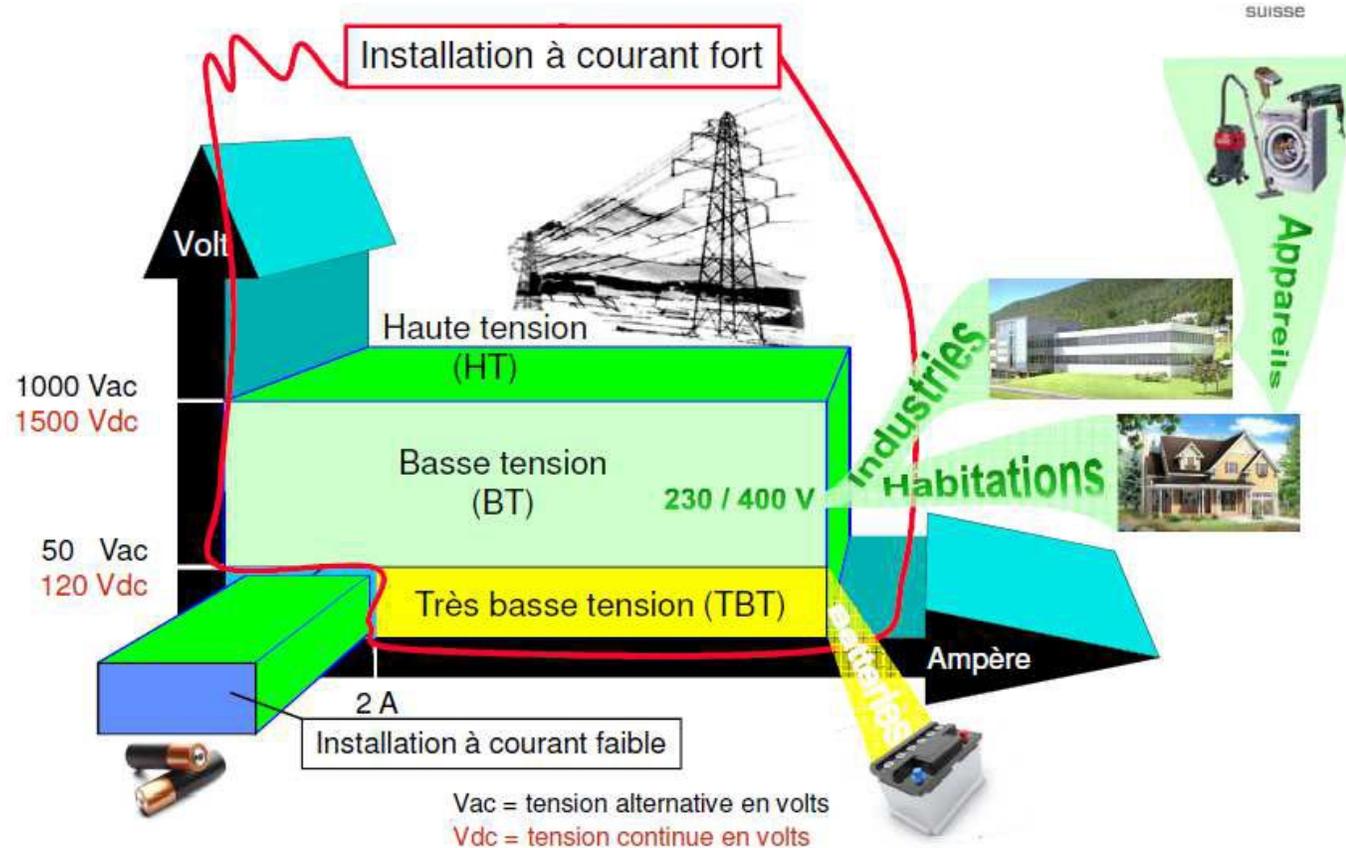
doit être mis de côté et éliminé

Mesures de prévention lors de la manipulation

Equipement recommandé en atelier



Mesures lors du montage des gros accumulateurs



Source : électrosuisse



Ordonnance sur le courant fort
OIBT



Règles propres pour les pays

Mesures lors du montage des gros accumulateurs



Personnel formé

Personnel habilité

Equipement de protection adapté au risque électrique

Protection des bornes de chaque module inséré

Contrôle de l'isolation avant la connexion des modules

Moyens de manutention adaptés

Charge des accumulateurs

> Feuerwehr - Brände wegen Akkus von E-Bikes und Elektro-Scootern: Falsch

FEUERWEHR

Brände wegen Akkus von E-Bikes und Elektro-Scootern: Falsches Laden kann massive Schäden verursachen

Seit Anfang Jahr ist es im Aargau zu mehreren Bränden durch Akkuladegeräte für E-Scooter und E-Bikes gekommen. Bei einem Feuer in Oberentfelden führte ein falscher Akku zu einer Anzeige bei der Staatsanwaltschaft.

Zara Zatti

21.04.2021, 05.00 Uhr



Charge des accumulateurs



Couple acquitté suite au sinistre de la vieille ville de Steckborn

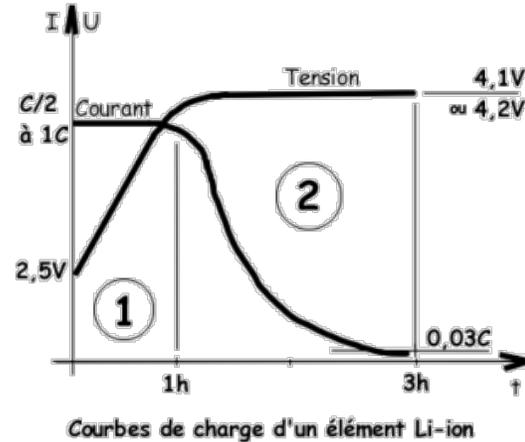


La justice thurgovienne a acquitté mardi le couple qui a provoqué par inadvertance l'incendie du vieux bourg de Steckborn, en décembre 2015. Une batterie de jouet en surcharge avait bouté le feu. Six maisons avaient été ravagées pour 12 millions de francs de dégâts.

Les avocats de la défense ont plaidé l'acquittement avec succès. Ils ont souligné que l'encyclopédie en ligne Wikipedia n'a mentionné le risque de ces batteries rechargeables qu'après l'incendie de Steckborn (TG), en y faisant référence. Auparavant, l'évocation de ce danger n'y figurait pas.

Mesures lors de la charge

La charge se fait en mode CC-CV



Utiliser uniquement le chargeur prévu par le fabricant

Respecter la plage de températures de charge préconisée par le fabricant

Surveiller la charge

Ne pas déconnecter le circuit de protection (BMS / PCB)

Conserver les batteries à 50 % d'état de charge

Ne pas charger des piles

Transports des piles et accumulateurs

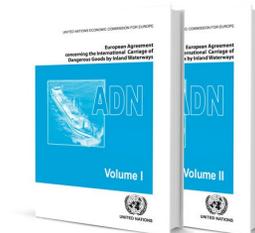
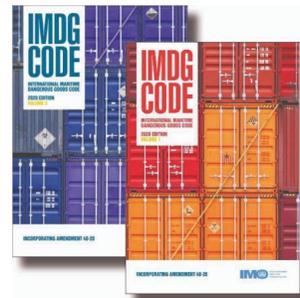


Vol UPS sur Birmingham
2 morts



Vol UPS sur Philadelphie

Transports des piles et accumulateurs



Office suisse de la navigation maritime OSNM



Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral des transports OFT

Transports des piles et accumulateurs

741.621



Ordonnance relative au transport des marchandises dangereuses par route (RS 741.621)

Ordonnance relative au transport des marchandises dangereuses par route (SDR)

du 29 novembre 2002 (Etat le 1^{er} janvier 2021)



Le Conseil fédéral suisse,

vu les art. 30, al. 5¹, 103 et 106, de la loi fédérale du 19 décembre 1958 sur la circulation routière²,
vu l'art. 48a, al. 1, de la loi du 21 mars 1997 sur l'organisation du gouvernement et de l'administration^{3,4}

arrête:

Section 1 Dispositions générales

Art. 1 Objet et champ d'application

¹ La présente ordonnance règle les transports de matières et d'objets dangereux (marchandises dangereuses) effectués par des véhicules automobiles et leurs remorques ou par d'autres moyens de transport sur les routes ouvertes à ces mêmes véhicules automobiles.

Transports des piles et accumulateurs



Les batteries au lithium :
marchandises dangereuses au sens de l'ADR / IMDG / IATA – Classe 9



UN 3090 – Pile au lithium métal

UN 3091 – Pile au lithium métal contenue dans un appareil



UN 3480 – Piles au lithium ionique

UN 3481 – Piles au lithium ionique contenue dans un appareil



Transports des piles et accumulateurs

Les piles, accumulateurs, batteries doivent être certifiés UN 38.3



UN 38.3 : ensemble de test de sécurité :
décharge forcée, vibration, chocs, chute, surcharge, test thermique ...

Un certificat doit être donné à tous les utilisateurs depuis le 1/1/2020 (ADR 2.2.9.1.7)

Transports des piles et accumulateurs



Résumé du procès-verbal d'épreuve concernant les piles et batteries au lithium conformément à la sous-section 38.3 du Manuel d'épreuves et de critères

Les informations suivantes doivent être communiquées dans ce procès-verbal :

- a) Nom du fabricant des piles, batteries ou produits, selon qu'il convient ;
- b) Coordonnées du fabricant des piles, batteries ou produits, comprenant son adresse, son numéro de téléphone, son adresse électronique et son site Internet pour plus d'information ;
- c) Coordonnées du laboratoire d'épreuve, comprenant son adresse, son numéro de téléphone, son adresse électronique et son site Internet pour plus d'information ;
- d) Numéro d'identification unique du rapport d'épreuve ;
- e) Date du rapport d'épreuve ;
- f) Description de la pile ou de la batterie comprenant au minimum :
 - i) L'indication qu'il s'agit d'une pile ou batterie au lithium ionique ou au lithium métal ;
 - ii) La masse de la pile ou de la batterie ;
 - iii) L'énergie nominale en wattheures ou la quantité totale de lithium ;
 - iv) La description physique de la pile ou de la batterie ; et
 - v) Le numéro de série de la pile ou de la batterie ou, alternativement, si le résumé du procès-verbal d'épreuve est établi pour un produit contenant une pile ou une batterie, le numéro de série du produit.
- (g) Liste des épreuves effectuées et résultats (négatif/positif) ;
- (h) Renvoi aux éventuelles prescriptions d'épreuves applicables aux batteries assemblées (38.3.3 f) et 38.3.3 g)) ;
- (i) Indication de l'édition révisée du Manuel d'épreuves et de critères utilisée ainsi qu'aux éventuels amendements s'y rapportant ; et
- (j) Comme indication de la validité des informations fournies : la signature avec indication du nom et de la qualité du signataire.

Transports des piles au lithium métal

Les cellules contiennent moins de 1 g Li
 Les batteries contiennent moins de 2 g Li



<p>Poids brut < 30 kg*</p>		<p>Déclaration du fabricant Tests UN38.3</p>		<p>DS 188 2.2.9.1.7</p>	<p>+ emballage individuel</p>
<p>Poids brut > 30 kg</p>		<p>Déclaration du fabricant Tests UN38.3</p>		<p>P 903</p>	

* : et règles particulières si envoi par poste

Transports des piles au lithium métal

Les cellules contiennent plus de 1 g Li
Les batteries contiennent plus de 2 g Li

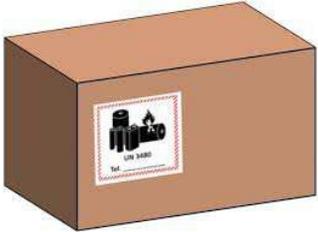


	<p>Déclaration du fabricant Tests UN38.3</p>			<p>P 903</p>	
--	--	--	--	--------------	--

Transports des batteries lithium-ion

Les cellules ont une énergie < 20 Wh
 Les batteries ont une énergie < 100 Wh

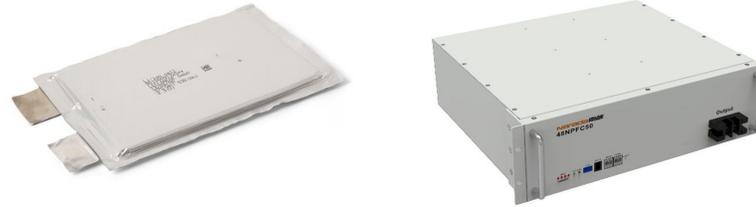


<p>Poids brut < 30 kg*</p>		 Déclaration du fabricant Tests UN38.3	 	<p>DS 188 2.2.9.1.7</p>	 + emballage individuel
<p>Poids brut > 30 kg</p>		 Déclaration du fabricant Tests UN38.3	 	<p>P 903</p>	

* : et règles particulières si envoi par poste

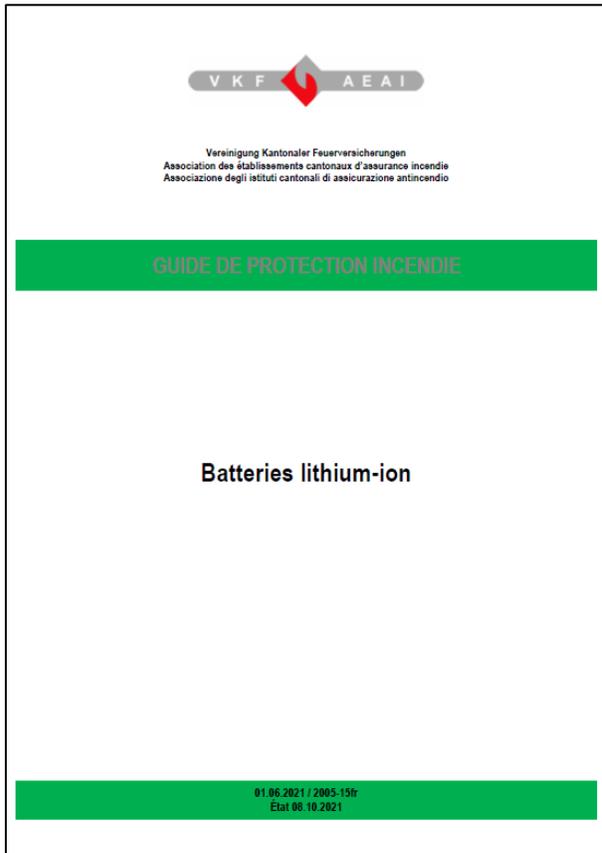
Transports des batteries lithium-ion

Les cellules ont une énergie > 20 Wh
 Les batteries ont une énergie > 100 Wh



	<p>Déclaration du fabricant Tests UN38.3</p>	<p>UN 3480</p> <p>UN 3481</p>	<p>P 903</p>	<p>4D/XS6/S/17 B/NNB-140110</p> <p>UN 3480</p> <p>4D/XS6/S/17 B/NNB-140110 XS6-Y116-Z161</p>
--	--	-------------------------------	--------------	--

Stockage des batteries lithium-ion



Risque	Entrepôts (chap. 4.1)	Systèmes de stockage (chap. 4.4-4.6)	Véhicules (chap. 4.8- 4.12)	Hazard Level (HL)
Faible	< 1 kWh par m ³ d'unité de stockage	< 15 kWh par compartiment coupe-feu	< 1 kWh par véhicule	I
Moyen	1 – 50 kWh par m ³ d'unité de stockage	15 – 100 kWh par compartiment coupe-feu	1 – 50 kWh par véhicule	II
Élevé	> 50 kWh par m ³ d'unité de stockage	> 100 kWh par compartiment coupe-feu	> 50 kWh par véhicule	III



Stockage des batteries lithium-ion

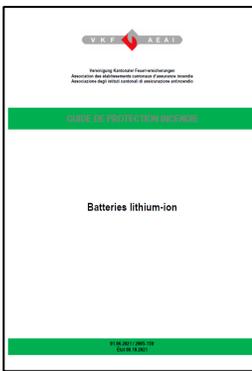
Entrepôts commerciaux et exploitations logistiques (HL II, HL III)

Dangers :

- inertie d'activation des têtes sprinklers
- faible résistance au feu des étagères
- reprise spontanée du feu sur une batterie éteinte
- quasi impossibilité pour les pompiers de pénétrer dans un local avec un feu de batteries

Pistes pour réduire le risque :

- compartimentage coupe-feu EI 60
- conservation des batteries dans leur emballage d'origine
- stockage sur des palettes à moins de 2 mètres du sol
- concept pour les batteries endommagées



Stockage des batteries lithium-ion

Petits systèmes de stockage stationnaires (HL I)

Maximum 15 kWh/compartiment coupe-feu

Dangers :

- utilisation de batteries de seconde vie avec risque d'incendie

Pistes pour réduire le risque :

- local avec résistance au feu d'au moins EI 30
- pas de systèmes de stockage d'énergie dans les voies d'évacuation, dans les centrales de ventilation ou dans des locaux présentant des risques d'incendie et d'explosion
- distance suffisante d'au moins 2,5 mètres par rapport aux matériaux combustibles



Stockage des batteries lithium-ion

Systemes de stockage stationnaires moyens (HL II)

Maximum 100 kWh/compartiment coupe-feu

Dangers :

- densité énergétique élevée donc en cas d'incendie températures beaucoup plus hautes que dans le cas d'incendies classiques
- rallumage spontanée des batteries après un incendie

Pistes pour réduire le risque :

- compartiment coupe-feu séparé avec résistance au feu d'au moins EI 60
- bâtiment d'un seul niveau en matériaux de construction RF1



Stockage des batteries lithium-ion

Systemes de stockage stationnaires moyens (HL II)

partir de 100 kWh/compartiment coupe-feu

Dangers :

- densité énergétique élevée donc en cas d'incendie températures beaucoup plus hautes que dans le cas d'incendies classiques
- libération rapide et puissante d'énergie dans le local d'incendie pouvant entraîner une surpression
- rallumage spontané des batteries après un incendie
- impossibilité pour les pompiers d'entrer dans le local (températures très élevées)

Pistes pour réduire le risque :

- système de stockage d'énergie à l'air libre ou dans un bâtiment d'un seul niveau en matériaux de construction RF1
- ouvertures de décompression



Stockage des batteries lithium-ion

Batteries non endommagées et considérées comme de la matière dangereuse

Mesures de sécurité particulières s'appliquant à la CE 11/13

Quantités par compartiment coupe-feu	jusqu'à env. 100 kg	env. 100 à env. 1000 kg	> env. 1000 kg
Entreposage en commun	Pas de restrictions particulières, mais prendre en considération les règles s'appliquant à l'entreposage en commun	Les CE 3, 4.2, 4.3 et 5 doivent être entreposées séparément de la CE 11/13. Entreposage en commun possible avec les CE 2, 4.1, 6, 8, 10/12 et avec les substances sans danger en respectant des exigences particulières (entreposage séparé)	Entreposage à part (compartiment coupe-feu séparé)
Protection incendie en général	Enlever régulièrement les dépôts de poussières		
Protection des eaux Rétention des eaux d'extinction En cas de mélange possible des matières avec de l'eau (sprinkler, eaux d'extinction)	Rétention des eaux d'extinction, cf. tableau p. 22		
Protection incendie en général	Limitation des quantités entreposées conformément à la directive de protection incendie «Matières dangereuses» de l'AEAI		Limitation des quantités entreposées et restrictions s'appliquant aux compartiments coupe-feu ; installations techniques de protection incendie conformes à la directive de protection incendie «Matières dangereuses» de l'AEAI
Protection incendie dans le bâtiment	Armoire incombustible ou difficilement combustible	Local au moins EI 30 ou armoire EI 30	Local au moins EI 60
Protection des eaux	<ul style="list-style-type: none"> Lors de l'entreposage de matières dangereuses (solides ou liquides) ainsi que de substances pouvant produire des réactions chimiques dangereuses avec de l'eau, des mesures appropriées doivent être prises (p. ex. des bacs de rétention), afin qu'en cas d'accident, les fuites éventuelles puissent être contenues. Une pollution des eaux (eaux souterraines et superficielles), des canalisations publiques, du sol ou du sous-sol doit, d'une manière générale, être évitée. L'entreposage de liquides de nature à polluer les eaux est interdit dans les zones S1 et S2 de protection des eaux souterraines. 		
Rétention des eaux d'extinction	Rétention des eaux d'extinction selon le guide pratique «Rétention des eaux d'extinction»		
	En présence de substances très toxiques	En présence de substances pouvant polluer fortement les eaux (classe A)	Également en présence de grandes quantités d'autres substances pouvant polluer les eaux

Source : Guide pratique entreposage des matières dangereuses



Mesures supplémentaires

- à l'abri des rayons du soleil
- à des températures ambiantes (voir les plages de températures du fabricant)
- local aéré
- empêcher le contact entre batteries

Mesures supplémentaires à étudier

- détection thermique
- système d'extinction
- local de stockage accessible facilement par les pompiers

Stockage des batteries lithium-ion

Batteries endommagées

- protéger les bornes
- conserver à l'écart des autres batteries et de toute source de chaleur
- les stocker dans un compartiment incombustibles et hermétiques, et muni d'une soupape de protection
- mettre entre chaque couche de batteries de la vermiculite ou du sable
- mettre le récipient dans une armoire EI 60, ou à l'extérieur à plus de 1 mètre de la façade



Elimination des piles et des accumulateurs



www.inobat.ch

Loi fédérale sur la protection de l'environnement (RS 814.01)

Ordonnance sur la réduction des risques liés à l'utilisation de substances, de préparations et d'objets particulièrement dangereux (ORRChim RS 814.81, annexe 2.15 piles)

Ordonnance sur le mouvement des déchets (OMoD RS 814.610.1)

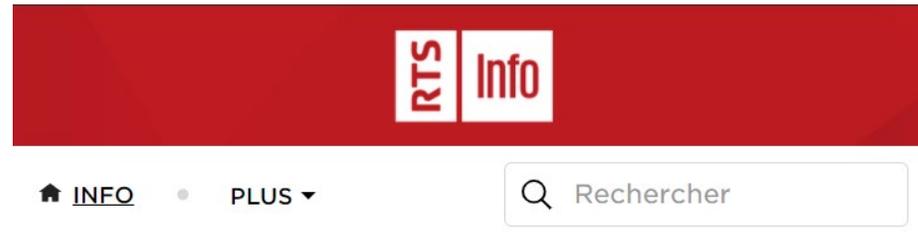
Ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA RS 814.620)

Directive batterie 2006/66/CE

Obligation de rapporter les piles et accumulateurs usagés chez un distributeur, centre de collecte, ...

Obligation de reprise gratuite des piles et accumulateurs usagés

Elimination des piles et des accumulateurs

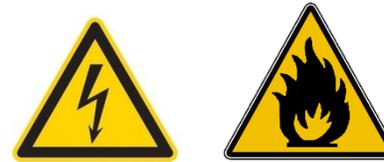
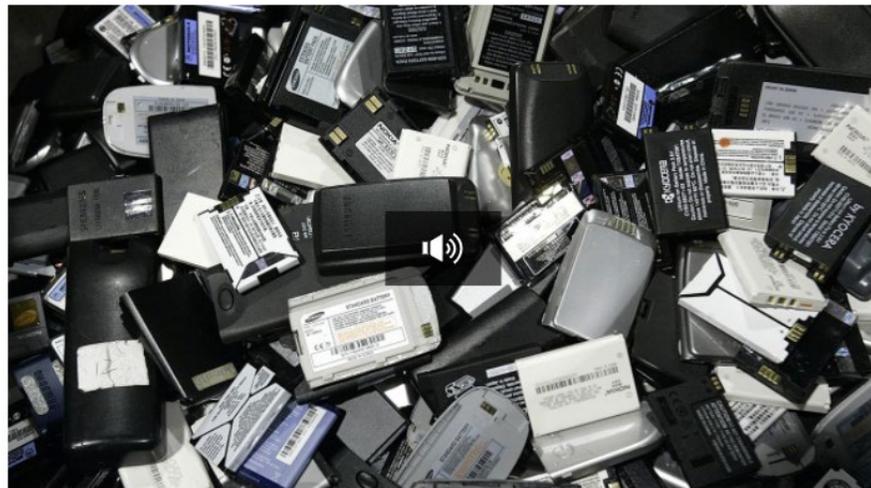


Technologies

Modifié le 16 octobre 2021 à 12:30



Sources d'incendies dans les centres de tri, les batteries au lithium inquiètent



Risque de court-circuit, de dégagement gazeux et de feu



Elimination des piles et des accumulateurs



Utilisation de bacs spéciaux pour les piles ou les accumulateurs



Le transport des piles et accumulateurs usagés est soumis aux règles du transport des marchandises dangereuses et de l'OMoD

Liens et documents utiles



CFST 6281.f



Directive ESTI 407



SUVA 44087.f



www.inobat.ch

Des questions ?



yann.beaufils@etat.ge.ch

Merci de votre attention