



**Comité d'experts du transport des marchandises
dangereuses et du Système général harmonisé
de classification et d'étiquetage des produits chimiques****Sous-Comité d'experts du transport des marchandises dangereuses****Cinquantième session**

Genève, 28 novembre-6 décembre 2016

Point 2 d) de l'ordre du jour provisoire

**Recommandations du Sous-Comité formulées à ses quarante-septième,
quarante-huitième et quarante-neuvième sessions
et questions en suspens : Systèmes de stockage de l'électricité****Harmonisation des batteries rechargeables
au lithium métal polymère****Communication de l'European Association
for Advanced Rechargeable Batteries (RECHARGE)
et de la Rechargeable Battery Association (PRBA)¹****Introduction**

1. Dans le présent document sont proposées deux options visant à permettre une classification pertinente des piles et batteries rechargeables au lithium métal polymère (RLMP) dans le Règlement type. Pour donner suite aux débats tenus au cours des quarante-huitième et quarante-neuvième sessions, y sont également présentées de nouvelles informations visant à préciser l'objectif, la définition du produit et des informations de sécurité complémentaires.

2. Les documents ST/SG/AC.10/C.3/2016/33 et INF.10 (quarante-huitième session) concernant les énergies nominales des batteries rechargeables au lithium métal polymère (RLMP) et des batteries au lithium-ion ont été harmonisés : les batteries primaires au lithium étant transportées non déchargées lorsqu'elles sont neuves, il convient de les classer en se fondant sur la quantité de lithium métal qu'elles contiennent. Par exemple, selon la disposition spéciale 188, dans le cas du N° ONU 3090, les piles au lithium métal ou à

¹ Conformément au programme de travail du Sous-Comité pour la période 2015-2016 adopté par le Comité à sa septième session (voir ST/SG/AC.10/C.3/92, par. 95, et ST/SG/AC.10/42, par. 15).



alliage de lithium contenant moins de 1 g de lithium et les batteries contenant moins de 2 g de lithium ne sont pas soumises aux autres dispositions du Règlement type. En revanche, les batteries rechargeables au lithium-ion (N° ONU 3480) sont caractérisées par leur énergie nominale (en Wh) à l'état complètement chargé. Selon la disposition spéciale 188, les piles au lithium-ion dont l'énergie nominale ne dépasse pas 20 Wh et les batteries au lithium-ion dont l'énergie nominale ne dépasse pas 100 Wh ne sont pas soumises aux autres dispositions du Règlement type.

3. L'objectif de la proposition est de soumettre les batteries rechargeables au lithium métal polymère aux mêmes règles de transport et critères d'exemption que les batteries au lithium-ion. Il est important de permettre le développement de cette nouvelle technologie dans des conditions de concurrence équitables en ajustant les caractéristiques d'utilisation et de sécurité :

- À l'instar de la technologie des batteries au lithium-ion, la nouvelle technologie est utilisée pour les applications informatiques, où la taille du produit est mesurée en wattheures. Lui assigner un seuil d'exemption différent pour les petites piles et batteries conformément à la disposition spéciale 188 créerait un écart important entre ces petits produits en termes de conditions de transport lorsqu'ils utiliseraient la nouvelle technologie des batteries rechargeables au lithium métal polymère au lieu de la technologie des batteries au lithium-ion ;
- Cet écart ne serait pas justifié du point de vue de la sûreté, ainsi qu'en attestent les résultats des essais exposés dans les points suivants.

Une harmonisation du marquage en wattheures et du seuil d'exemption dans la disposition spéciale 188 comblerait cette lacune.

4. Les documents INF.13/Rev.1 (quarante-septième session) et ST/SG/AC.10/C.3/2016/33 contiennent une description de la technologie des batteries rechargeables au lithium métal polymère, qui sont des batteries au lithium rechargeables composées d'une anode en lithium métal associée à un polyélectrolyte. Dans l'annexe I sont présentés un croquis illustrant cette technologie ainsi que ses principales caractéristiques. En effet, cette technologie, quoique fondée sur l'utilisation de lithium, est clairement nouvelle en ceci qu'elle est caractérisée par deux éléments spécifiques dans la définition du produit :

- a) L'anode en lithium métal est traitée afin de permettre son utilisation dans des piles ou des batteries rechargeables (au moyen d'un revêtement de nanoparticules de carbone ou de polymère céramique) ;
- b) L'électrolyte est un électrolyte polymère solide, utilisé sans solvant inflammable.

Aucune de ces deux technologies n'était au point lorsque les premières technologies connues utilisant le lithium métal (N° ONU 3090) ou le lithium-ion (N° ONU 3480) ont été commercialisées. Même le lithium-ion polymère, mis sur le marché par la suite, contient un solvant liquide en plus du polymère, contrairement au lithium métal polymère. Il est proposé d'utiliser ces deux éléments spécifiques pour définir cette technologie, et la différencier des autres technologies utilisant le lithium.

5. Après la publication du document ST/SG/AC.10/C.3/2016/33, de nouvelles données ayant trait à la sécurité ont été obtenues, afin de répondre aux préoccupations exprimées au sujet du comportement des batteries en cas d'incendie, en particulier pour le transport aérien. Les épreuves comparatives dont les résultats ont été présentés précédemment ont décrit le comportement des batteries rechargeables au lithium métal polymère soumises aux épreuves destructives T.6 (Impact/Écrasement) et à l'épreuve T.8 (Décharge forcée) de la sous-section 38.3 du Manuel d'épreuves et de critères. Ont en outre été réalisés de nouvelles épreuves, comme celles mises au point pour les emballages transportés par voie aérienne, et dont les

résultats, qui ont été présentés à la quarante-neuvième session dans le document INF.32, ont permis de montrer la sûreté de ces batteries en cas d'emballage thermique grâce à la stabilité de leur électrolyte. On attend la publication prochaine de nouveaux résultats évaluant le comportement des piles rechargeables au lithium métal polymère tel que mesuré dans un calorimètre adiabatique lorsqu'elles sont soumises à une augmentation illimitée de température jusqu'à combustion et mesurant l'énergie et les gaz émis.

6. On trouvera ci-après un tableau résumant les principaux résultats d'épreuves comparant les piles rechargeables au lithium métal polymère aux autres technologies. On trouvera à l'annexe II la description des piles soumises aux épreuves et du processus d'essai.

Type d'épreuve	Description de l'épreuve	Résultats observés		
		Piles au lithium métal	Piles au lithium-ion	Piles rechargeables au lithium métal polymère
			Pile en sachet au lithium-ion 6,5 Wh	Pile en sachet rechargeable au lithium métal polymère 6,5 Wh
Destructive	Épreuve T.6 (impact/écrasement) <i>Manuel d'épr. et de crit.</i> , sous-sect. 38.3	-	Succès (25 °C)	Succès (25 °C)
Destructive	Épreuve T.8 (décharge forcée) <i>Manuel d'épr. et de crit.</i> , sous-sect. 38.3	-	Succès (51 °C)	Succès (42 °C)
		Bobine primaire de pile au lithium-chlorure de thionyle (Li-SOCl ₂) (7,5Wh)	Pile en sachet au lithium-ion (7 Wh)	Pile en sachet rechargeable au lithium métal polymère (9 Wh)
Destructive	Pénétration par une aiguille	Succès : absence de flamme, absence de température de pointe	Succès : absence de flamme, température de pointe 70°C	Succès : absence de flamme, absence de température de pointe
Stabilité des composants	Stabilité thermique de l'électrolyte	Perte de masse à 200 °C : 44 %	Perte de masse à 200 °C : 64 %	Perte de masse à 200 °C : 11 %
		Pile en sachet	Pile en sachet	Pile en sachet
Usage impropre	Épreuve en étuve à 200 °C	Pointe d'emballage thermique à 700 °C	Pointe d'emballage thermique à 600 °C	Pas d'emballage thermique, stable à 200 °C
Usage impropre	Calorimétrie adiabatique		À paraître dans un document informel	À paraître dans un document informel

Les résultats obtenus montrent que les piles rechargeables au lithium métal polymère sont équivalentes aux piles au lithium-ion, voire plus robustes. Dans tous les cas, la chaleur totale produite est du même ordre de grandeur. Étant donné que les risques d'incendie sont similaires, les enceintes de confinement recommandées sont similaires. Les moyens d'extinction pour les pompiers sont les mêmes dans tous les cas et une grande quantité d'eau est recommandée.

7. En conclusion, les piles rechargeables au lithium métal polymère sont aussi sûres voire plus sûres que les batteries au lithium-ion, grâce en particulier à l'utilisation d'un polyélectrolyte dépourvu de solvant inflammable.

8. Des observations formulées à la quarante-neuvième session avaient laissé entendre que la présentation de la nouvelle entrée telle qu'elle figurait dans le document ST/SG/AC.10/C.3/2016/33 ne convenait pas. D'autres observations suggéraient qu'une modification de la disposition spéciale 188 serait suffisante. Les deux options sont proposées dans le présent document pour que le Sous-Comité puisse choisir. En outre, une définition de la nouvelle entrée a été ajoutée afin d'en déterminer clairement la portée.

9. Les deux solutions permettent de classer les piles rechargeables au lithium métal polymère de manière appropriée, jusqu'à ce qu'une révision plus large de la classification des batteries au lithium et de la gestion de la sécurité lors de leur transport soit effectuée au cours du prochain exercice biennal.

Proposition

Option 1 : modification de la disposition spéciale 188

10. Modifier le texte des alinéas a) et b) de la disposition spéciale 188 comme indiqué ci-après, et ajouter un nouveau nota après l'alinéa b) :

a) *Pour une pile au lithium métal ou à alliage de lithium, la quantité de lithium n'est pas supérieure à 1 g, et pour une pile au lithium-ion ou une pile rechargeable au lithium métal polymère, l'énergie nominale en wattheures ne doit pas dépasser 20 Wh ;*

b) *Pour une batterie au lithium métal ou à alliage de lithium, la quantité totale de lithium n'est pas supérieure à 2 g, et pour une batterie au lithium-ion ou une batterie rechargeable au lithium métal polymère, l'énergie nominale en wattheures ne doit pas dépasser 100 Wh. Dans le cas des batteries au lithium-ion et des batteries rechargeables au lithium métal polymère remplissant cette disposition, l'énergie nominale en wattheures doit être inscrite sur l'enveloppe extérieure, sauf pour celles fabriquées avant le 1^{er} janvier 2009 ;*

NOTA : Aux fins de la présente disposition spéciale, une pile ou une batterie rechargeable au lithium métal polymère (RLMP) est une pile ou une batterie au lithium métal (n° ONU 3090) conçue pour être rechargeable et caractérisée par l'utilisation d'un électrolyte polymère solide, sans solvant inflammable.

Option 2 : création de nouveaux numéros ONU pour les piles et les batteries rechargeables au lithium métal polymère, et les piles et batteries rechargeables au lithium métal polymère contenues dans un équipement

11. Il est proposé de créer un nouveau numéro ONU 35XX pour les piles et les batteries rechargeables au lithium métal polymère et un nouveau numéro ONU 35XY pour les batteries rechargeables au lithium métal polymère contenues dans un équipement, et d'ajouter les nouveaux numéros ONU et désignations officielles de transport, le cas échéant, aux fins de la détermination des conditions de transport applicables à ces articles.

Liste des marchandises dangereuses (19^e édition révisée du Règlement type)

N° ONU	Nom et description	Classe ou division	Risque subsidiaire	Groupe d'emballage	Dispositions spéciales	Quantités limitées et quantités exceptées		Instructions d'emballage
						(7a)	(7b)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7a)	(7b)	(8)
35XX	BATTERIES RECHARGEABLES AU LITHIUM MÉTAL POLYMÈRE	9	-	-	YYY, 188, 230, 310, 348, 376, 377, 384	0	E0	P903 P908 P909 P910 LP903 LP904
35XY	BATTERIES RECHARGEABLES AU LITHIUM MÉTAL POLYMÈRE CONTENUES DANS UN ÉQUIPEMENT ou BATTERIES RECHARGEABLES AU LITHIUM MÉTAL POLYMÈRE EMBALLÉES AVEC UN ÉQUIPEMENT	9	-	-	YYY, 188, 230, 310, 348, 360, 376, 377, 384	0	E0	P903 P908 P909 P910 LP903 LP904

12. Modifier le paragraphe 2.9.4 en y ajoutant les nouveaux numéros ONU :

Les piles et batteries, les piles et batteries contenues dans un équipement, ou les piles et batteries emballées avec un équipement, contenant du lithium sous quelque forme que ce soit doivent être classées sous les Nos ONU 3090, 3091, 3480, 3481, 35XX et 35XY, selon qu'il convient.

13. Modifier les paragraphes a) et b) de la disposition spéciale 188 en y ajoutant les nouvelles désignations officielles de transport, comme suit :

a) Pour une pile au lithium métal ou à alliage de lithium, la quantité de lithium n'est pas supérieure à 1 g, et pour une pile au lithium-ion ou une batterie rechargeable au lithium métal polymère, l'énergie nominale en wattheures ne doit pas dépasser 20 Wh ;

b) Pour une batterie au lithium métal ou à alliage de lithium, la quantité totale de lithium n'est pas supérieure à 2 g, et pour une batterie au lithium-ion ou une pile rechargeable au lithium métal polymère, l'énergie nominale en wattheures ne doit pas dépasser 100 Wh. Dans le cas des batteries au lithium-ion et des batteries rechargeables au lithium métal polymère remplissant cette disposition, l'énergie nominale en wattheures doit être inscrite sur l'enveloppe extérieure, sauf pour celles fabriquées avant le 1^{er} janvier 2009 ;

14. Modifier la disposition spéciale 240 en y ajoutant les nouveaux numéros ONU et les désignations officielles de transport :

240 Cette rubrique ne s'applique qu'aux véhicules mus par accumulateurs à électrolyte liquide ou par des batteries au sodium ou des batteries au lithium métal ou au lithium-ion ou par des batteries rechargeables au lithium métal polymère et aux équipements mus par des accumulateurs à électrolyte liquide ou par des batteries au sodium, qui sont transportés pourvus de ces batteries ou accumulateurs. Aux fins de la présente disposition spéciale, les véhicules sont des appareils autopropulsés conçus pour transporter une ou plusieurs personnes ou marchandises. On peut citer comme exemple de tels véhicules les voitures, motocycles, scooters, véhicules ou

motocycles à trois et quatre roues, camions, locomotives, bicyclettes et autres véhicules de ce type (par exemple véhicules autoéquilibrés ou véhicules non équipés de position assise), fauteuils roulants, tondeuses à gazon autoportées, engins de chantier et agricoles autopropulsés, bateaux et aéronefs à propulsion électrique. Les équipements mus par des batteries au lithium métal ou au lithium-ion doivent être expédiés sous les rubriques ONU 3091 PILES AU LITHIUM MÉTAL CONTENUES DANS UN ÉQUIPEMENT ou ONU 3091 PILES AU LITHIUM MÉTAL EMBALLÉES AVEC UN ÉQUIPEMENT ou ONU 3481 PILES AU LITHIUM-ION CONTENUES DANS UN ÉQUIPEMENT ou ONU 3481 PILES AU LITHIUM-ION EMBALLÉES AVEC UN ÉQUIPEMENT, ou ONU 35XY BATTERIES RECHARGEABLES AU LITHIUM MÉTAL POLYMÈRE CONTENUES DANS UN ÉQUIPEMENT, ou ONU 35XY BATTERIES RECHARGEABLES AU LITHIUM MÉTAL POLYMÈRE EMBALLÉES AVEC UN ÉQUIPEMENT, selon qu'il convient.

15. Modifier la disposition spéciale 360 en y ajoutant les désignations officielles de transport :

360 Les véhicules mus uniquement par des batteries au lithium métal, ou au lithium-ion ou par des batteries rechargeables au lithium métal polymère doivent être expédiés sous la rubrique ONU 3171 VÉHICULE MÛ PAR ACCUMULATEURS.

16. Modifier la disposition spéciale 376 en y ajoutant les nouveaux numéros ONU et les désignations officielles de transport :

376 Les piles et batteries au lithium-ion, et les piles et batteries au lithium métal et les piles ou batteries rechargeables au lithium métal polymère identifiées comme endommagées ou défectueuses de manière qu'elles ne soient plus en conformité avec le type éprouvé suivant les dispositions applicables du Manuel d'épreuves et de critères doivent satisfaire aux prescriptions de la présente disposition spéciale.

Aux fins de la présente disposition spéciale, il peut notamment s'agir, mais pas seulement, de :

- Piles ou batteries reconnues comme défectueuses du point de vue de la sécurité ;
- Piles ou batteries qui présentent des signes de fuite de liquide ou de gaz ;
- Piles ou batteries qui ne peuvent pas être diagnostiquées avant le transport ; ou de
- Piles ou batteries ayant subi une détérioration physique ou mécanique.

NOTA : Afin de déterminer si une batterie peut être considérée comme endommagée ou défectueuse, il faut tenir compte du type de la batterie, de l'utilisation qui en a été faite et d'un éventuel usage impropre de celle-ci.

Les piles et batteries doivent être transportées conformément aux dispositions applicables aux Nos ONU 3090, 3091, 3480, et 3481, 35XX et 35XY, à l'exception de la disposition spéciale 230 et à moins qu'il n'en soit spécifié autrement dans la présente disposition spéciale.

Les colis doivent porter la mention « PILES AU LITHIUM-ION ENDOMMAGÉES/DÉFECTUEUSES » ou « PILES AU LITHIUM MÉTAL ENDOMMAGÉES/DÉFECTUEUSES », selon les cas.

Les piles et batteries doivent être emballées conformément aux instructions d'emballage P908 du 4.1.4.1 ou LP904 du 4.1.4.3, selon les cas.

Les piles et batteries susceptibles de se démonter rapidement, de réagir dangereusement, de produire une flamme ou un dangereux dégagement de chaleur ou une émission de gaz ou de vapeur toxiques, corrosifs ou inflammables, dans les conditions normales de transport ne doivent être transportées que sous les conditions définies par l'autorité compétente.

17. Modifier la disposition spéciale 377 en y ajoutant les nouveaux numéros ONU :

377 Les piles et batteries au lithium métal ou au lithium-ion ainsi que les piles et batteries au lithium métal polymère et les équipements contenant de telles piles et batteries transportées en vue de leur élimination ou de leur recyclage ... [suite du texte inchangée]

18. Modifier les instructions d'emballage P903, P908, P909, P910, LP 903 et LP904 en y ajoutant les numéros ONU 35XX et 35XY

19. Modifier le paragraphe 38.3.1 du Manuel d'épreuves et de critères en y ajoutant les nouveaux numéros ONU :

38.3.1 Objet

La présente section expose la méthode à suivre pour le classement des piles et batteries au lithium métal ou au lithium-ion ainsi que des piles et batteries rechargeables au lithium métal polymère (voir les Nos ONU 3090, 3091, 3480, et 3481, 35XX et 35XY) et les dispositions spéciales applicables au chapitre 3.3 du Règlement type.

20. Ajouter la définition des piles et batteries rechargeables au lithium métal polymère au paragraphe 38.3.2.3 du Manuel d'épreuves et de critères.

Pile ou batterie rechargeable au lithium métal polymère, une pile ou une batterie dans laquelle l'électrode négative est une électrode au lithium métallique qui a été conçue pour être rechargeable et qui utilise un polyélectrolyte solide sans solvant inflammable.

Conclusion

21. Le Sous-Comité est invité à examiner la proposition ci-dessus visant à créer une nouvelle disposition spéciale et/ou de nouveaux numéros ONU pour les piles et batteries rechargeables au lithium métal polymère.

Annex I

Définition d'une pile ou batterie rechargeable au lithium métal polymère

Une pile ou batterie rechargeable au lithium métal polymère est un dispositif électrochimique rechargeable dont l'anode est à base de lithium métal, et caractérisé par :

- i) Un traitement spécifique de la surface de l'anode visant à empêcher la formation de dendrites de lithium pendant la charge de la pile ou de la batterie ;
- ii) Un polyélectrolyte, conçu pour être ininflammable et pour résister à une utilisation à long terme.

Dans les figures 1, 2 et 3 ci-dessous est décrit le fonctionnement d'une batterie au lithium métal, comparé à celui d'une batterie au lithium-ion. Des exemples d'aspects spécifiques de la conception des piles ou batteries rechargeables au lithium métal polymère sont fournis à l'annexe II.

Figure 1

Principe de fonctionnement des batteries au lithium métal et au lithium-ion

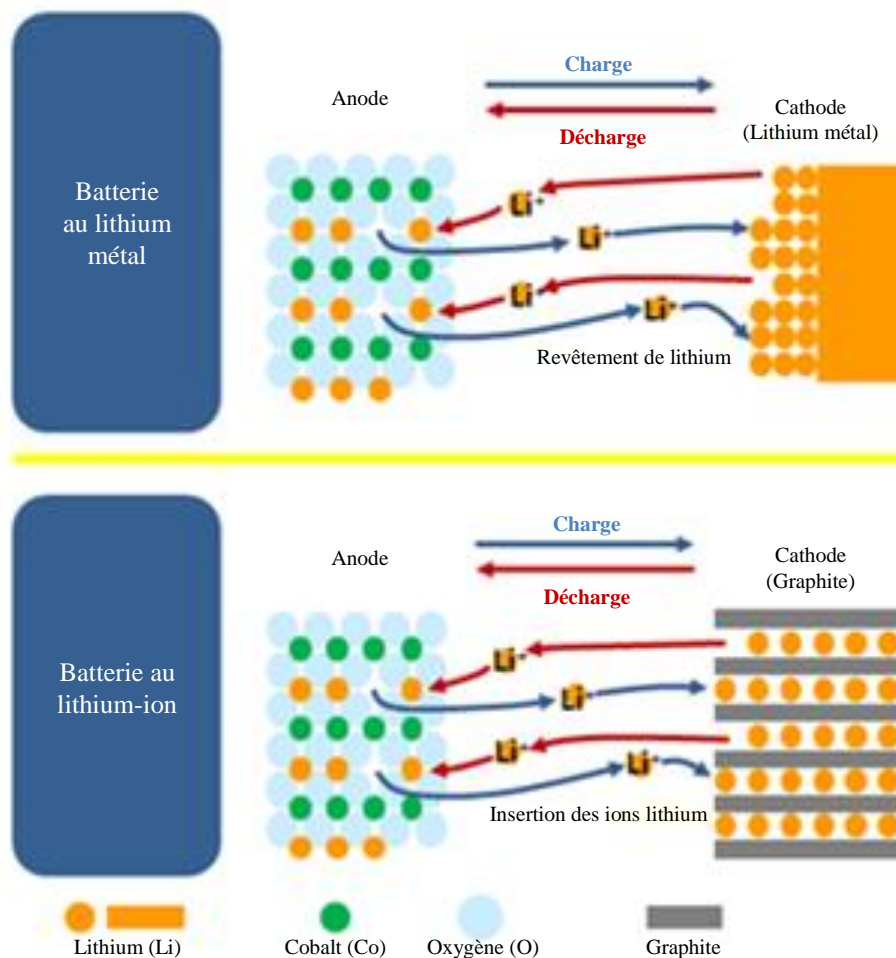


Figure 2
Composition d'une pile rechargeable au lithium métal polymère, dans laquelle les deux matières actives sont exposées à un électrolyte ininflammable solide

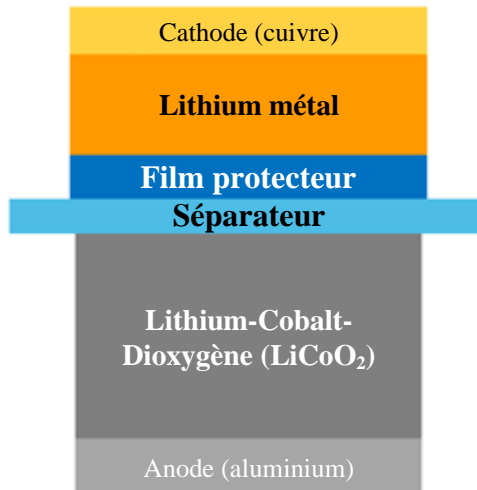
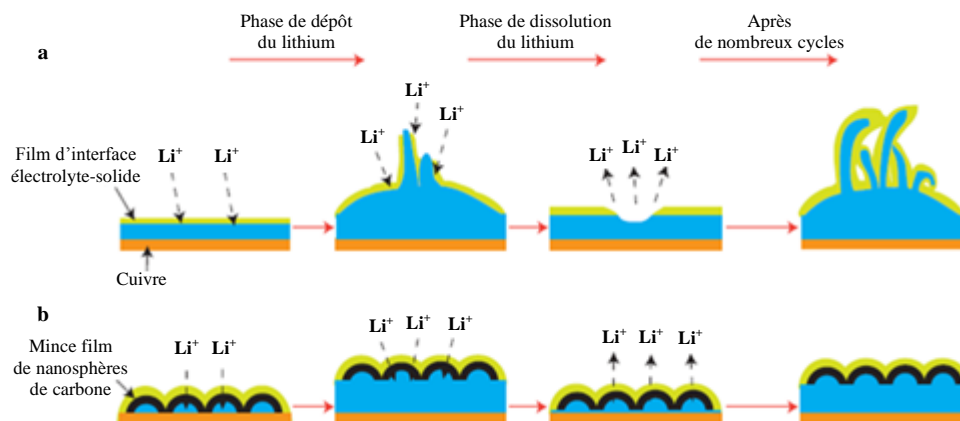


Figure 3
Schémas des différentes structures d'anodes au lithium

- a. Un mince film d'interface entre l'électrolyte et la partie solide (*solid-electrolyte interface, SEI*) de l'électrode se forme rapidement à la surface du lithium déposé (en bleu). Les variations volumétriques lors du processus de dépôt du lithium peuvent facilement briser la couche d'interface électrolyte-solide, en particulier en cas de charge ou de décharge rapide. Cela entraîne la formation de dendrites de lithium ramifiées et la consommation rapide des électrolytes
- b. L'ajout d'une couche de nanosphères creuses en carbone au substrat en cuivre (Cu) crée une charpente permettant de stabiliser la couche d'interface électrolyte-solide. Les variations volumétriques dans le processus de dépôt de lithium sont amorties par la couche de nanosphères de carbone



Composition et principe de fonctionnement d'une pile rechargeable au lithium métal polymère

Une pile rechargeable au lithium métal polymère est composée d'une électrode négative, d'une électrode positive, d'un séparateur et d'un électrolyte (fig. 2). Il s'agit d'une batterie rechargeable au lithium métal qui peut stocker l'énergie électrique par l'échange d'ions lithium au niveau de l'électrode négative (anode), et par l'intercalation et la désintercalation d'ions lithium au niveau de l'électrode positive (cathode) dans le cas des oxydes (fig. 3) ou par l'alliage et le désalliage d'ions lithium dans le cas des composés soufrés.

L'anode est composée de lithium métal et d'une couche protectrice, qui remplace le graphite généralement présent dans les batteries à lithium-ion. Dans le cas du graphite, le principe de fonctionnement est fondé sur l'intercalation et la désintercalation chimiques. Dans le cas du lithium métal, le principe de fonctionnement est fondé sur les réactions d'électrolyse. Contrairement au graphite, le lithium métal ne peut pas accueillir d'ions lithium. Par conséquent, l'électricité est stockée dans l'anode par le biais d'un placage de lithium. Étant donné que le placage n'est pas circonscrit, des excroissances (dendrites) d'ions lithium peuvent se former sur l'anode, ce qui peut créer des risques pour la sécurité (fig. 3). C'est pourquoi la couche protectrice, constituée d'une matrice de polymère ultrafine contenant divers additifs tels que des sels, des nanopoudres de carbone et d'autres matières spéciales, est nécessaire.

Caractéristiques des batteries rechargeables au lithium métal polymère (comparaison avec les batteries au lithium-ion)

Par rapport aux batteries au lithium-ion, les batteries rechargeables au lithium métal polymère présentent les caractéristiques ci-après :

- a) La méthode employée pour le lithium métal est l'électrolyse, tandis que pour le graphite on a recours à l'intercalation et la désintercalation ;
- b) La densité de charge gravimétrique du lithium métal est 10,4 fois supérieure à celle du graphite : 3 862 mAh/g pour le lithium contre 372 mAh/g pour le graphite ;
- c) La densité de charge volumétrique du lithium métal est environ 2,4 fois supérieure à celle du graphite : 2 047 mAh/cm³ contre 837 mAh/cm³ ;
- d) La différence de potentiel entre le lithium métal et le lithium est de zéro, alors qu'elle est de 0,05 V avec le graphite. Cette différence peut se traduire par une capacité plus élevée ;
- e) Le lithium métal entraîne une grande variation volumétrique par rapport au graphite ;
- f) Étant donné que le lithium métal peut être plus réactif que le graphite lithié, les risques potentiels pour la sécurité doivent être pris en compte dans la conception et la mise à l'épreuve des piles et des batteries.

Annexe II

Sûreté des batteries rechargeables au lithium métal polymère (comparaison avec les batteries au lithium-ion)

Manuel d'épreuves et de critères (sous-section 38.3)		Épreuve T.6 (impact/écrasement)	Épreuve T.8 (décharge forcée)
Conditions de l'épreuve	Cycle	1	1
	État de la charge	50	0
	Épreuve	Oui	Oui
	Critères	La température de la pile ou de la batterie ne dépasse pas 170 °C ; pas d'éclatement, pas de rupture, pas d'inflammation	Pas d'éclatement, pas d'inflammation sous sept jours après l'essai
Résultats de l'épreuve**	Pile au lithium-ion (1 750 mAh, polymère)	Succès (25 °C)	Succès (51,0 °C)
	Pile au lithium métal polymère* (1 750 mAh, polymère)	Succès (25 °C)	Succès (42,5 °C)

* Un électrolyte partiellement solide est nécessaire pour obtenir la conductivité requise du lithium-ion.

** La batterie au lithium-ion a été soumise à essai par la société SDI, et la batterie rechargeable au lithium métal polymère par TÜV SÜD (République de Corée).

Figure 2
Comportement thermique des batteries au lithium-ion (LIB) et des batteries rechargeables au lithium métal polymère (RLMB) pendant les épreuves T6 et T8 décrites dans la sous-section 38.3

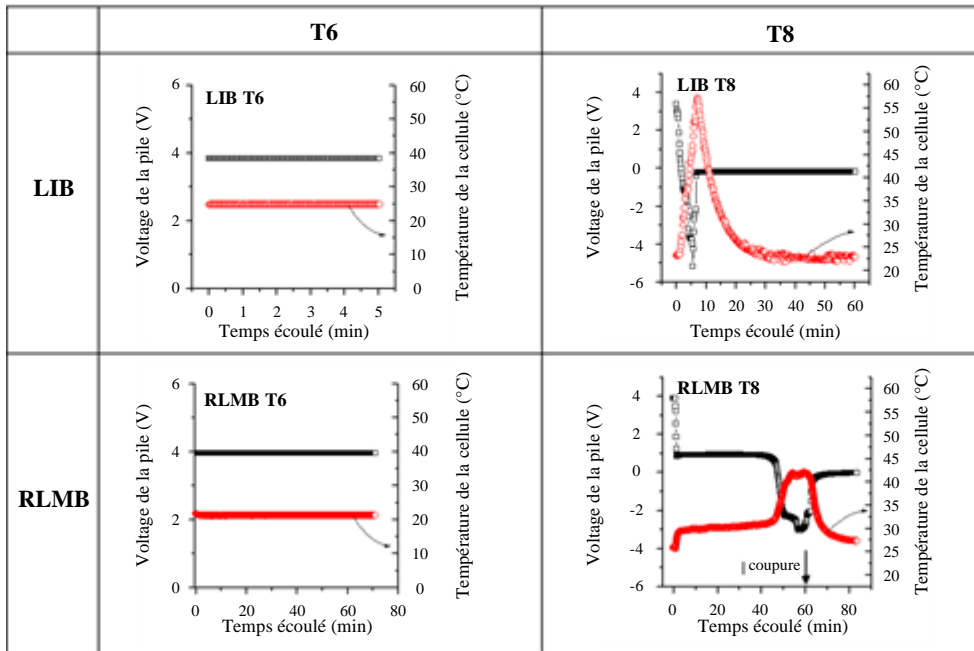
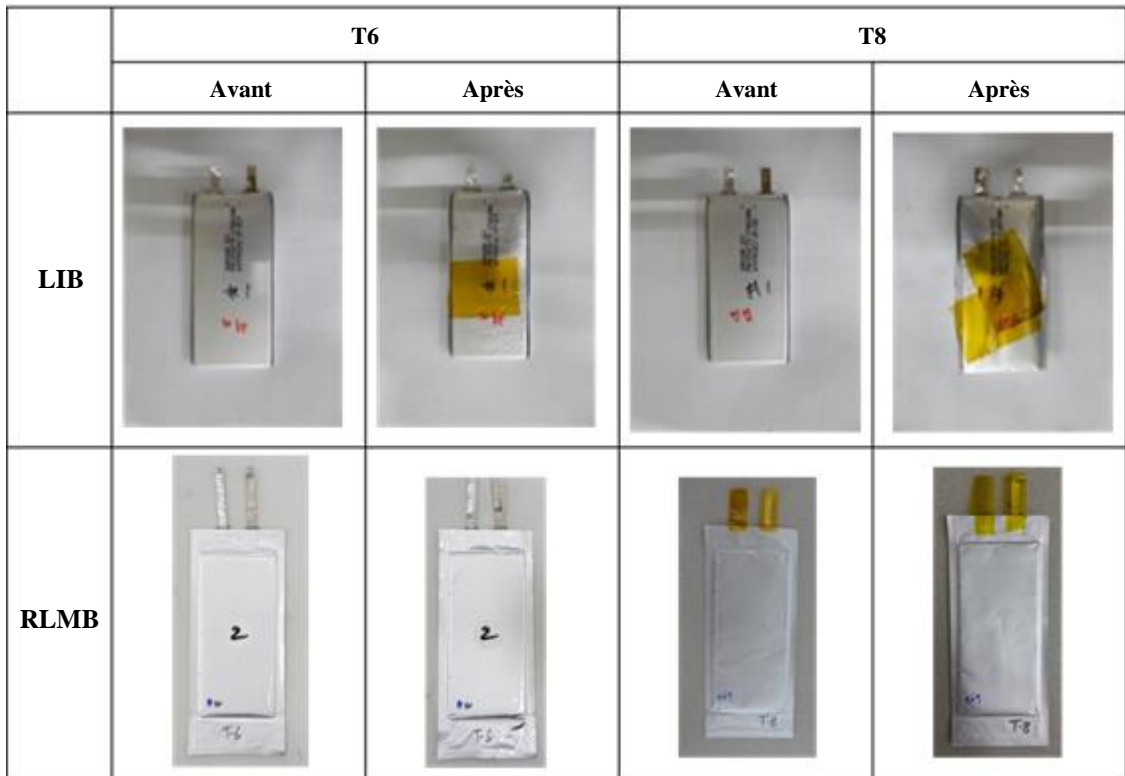


Figure 3
Aspect physique des batteries au lithium-ion (LIB) et des batteries rechargeables au lithium métal polymère (RLMB) après les épreuves T6 et T8 décrites dans la sous-section 38.3

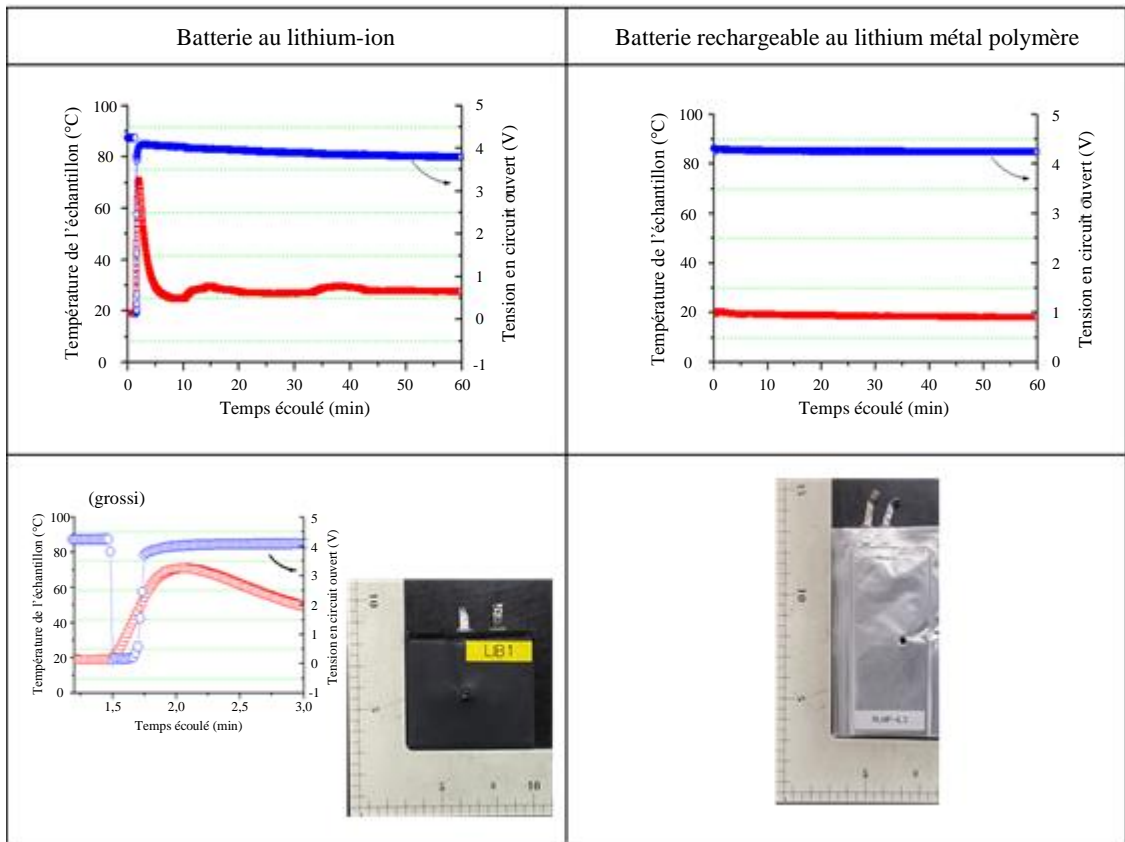


Résultats de l'épreuve de pénétration par une aiguille

Lieu de l'essai	TÜV SÜD Korea Ltd. (laboratoire d'essai de batteries)
Date de l'épreuve de pénétration d'une aiguille	26 février 2016
Définition de l'épreuve	Simulation en vue d'un éventuel court-circuit interne
Conditions de l'épreuve	Aiguille 3φ, vitesse 150 mm/s ; deux thermocouples disposés à la surface de l'échantillon
Critères	Pas d'inflammation, pas d'explosion

Nom de l'échantillon	Batterie primaire au lithium métal (non rechargeable)	Batterie au lithium-ion	Batterie rechargeable au lithium métal polymère	
Capacité nominale, tension nominal (énergie)	2,1 Ah, 3,6 V (7,56 Wh)	1,83 Ah, 3,8 V (6,95 Wh)	2,5 Ah, 3,85 V (9,63 Wh)	
Structure de la pile	Li/électrolyte non organique/SOCl ₂ (bobine)	Graphite/électrolyte liquide/LCO	Li/polymère composite/LCO	
État de la charge	100 %	100 %	100 %	
Résultat de l'épreuve	Critères	Succès	Succès	
	Température de pointe	Pas de température de pointe	70 °C	Pas de température de pointe
	Autres caractéristiques	Écoulement de liquide, odeurs désagréables	Chute de 0,45 V après 1 h	Chute de 0,1 V après 1 h

Figure 4
Résultats de l'épreuve de pénétration par une aiguille pour une batterie au lithium-ion et une batterie rechargeable au lithium métal polymère



Les résultats de l'épreuve en calorimètre adiabatique seront présentés dans un document informel.