



---

**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****Cinquante-troisième session**

Genève, 25 juin-4 juillet 2018

Point 4 b) de l'ordre du jour provisoire

**Systèmes de stockage de l'électricité : Système de classification  
des piles au lithium en fonction du danger****Rapport du groupe de travail informel sur le système  
de classification des piles au lithium en fonction du danger****Communication de l'expert de la France et de la European Association  
for Advanced Rechargeable Batteries (RECHARGE) au nom  
du groupe de travail informel<sup>1</sup>****Introduction**

1. Le groupe de travail informel des batteries au lithium s'est réuni du 6 au 8 décembre 2017 à Genève. La réunion était organisée par RECHARGE et présidée par M. Claude Pfauvadel.

2. M. Claude Pfauvadel (France) et M. Claude Chanson (RECHARGE) ont souhaité la bienvenue aux participants à la deuxième session de la période biennale 2017-2018 du groupe de travail informel des batteries au lithium et leur ont présenté l'ordre du jour provisoire de la réunion. Le Président a expliqué que l'objectif de la réunion était d'examiner les dangers intrinsèques associés aux batteries au lithium. En se fondant sur les enseignements tirés de l'expérience, le Sous-Comité avait chargé le groupe de travail de réfléchir à un système de classification des piles et batteries au lithium en fonction des dangers pour le transport. Un tel système pouvait comprendre la détermination des dangers intrinsèques des piles au lithium et des types de réaction pouvant découler d'accidents ou de mauvaises pratiques. Des essais destructifs devaient être envisagés. Les débats se fonderaient sur les principes généraux suivants :

- a) Examen de toutes les données déjà disponibles susceptibles d'être utiles pour analyser les effets produits par les batteries au lithium lorsqu'elles réagissaient ;

---

<sup>1</sup> Conformément au programme de travail du Sous-Comité pour la période biennale 2017-2018, approuvé par le Comité à sa huitième session (voir ST/SG/AC.10/C.3/100, par. 98, et ST/SG/AC.10/44, par. 14).



- b) Détermination des données supplémentaires nécessaires ;
  - c) Établissement d'un plan en vue d'obtenir toutes les données nécessaires et détermination de la manière de les utiliser.
3. Pour la deuxième session et compte tenu des données recueillies, il avait été demandé au groupe de travail informel :
- a) D'examiner les données recueillies ;
  - b) D'envisager les catégories permettant de déterminer le niveau de danger présenté par les piles au lithium ;
  - c) De définir les épreuves permettant de mesurer le niveau de danger.
4. Des exposés avaient été distribués au groupe avant la réunion et étaient disponibles sur le site Web de la Rechargeable Battery Association (PRBA) : <http://www.prba.org/lithium-battery-transport-information/un-lithium-battery-working-group-on-classification/>.
5. La première journée a été consacrée à examiner les données recueillies précédemment en 2017 et mises en forme lors d'une réunion tenue en novembre 2017. Le Président a résumé le rapport de la réunion de novembre et a noté que 200 ensembles de données (résultats d'un essai sur une pile ou batterie) avaient été analysés, y compris une grande variété de méthodes et de résultats. Les données avaient été mises sous forme de tableau aux fins d'examen et d'analyse. Ce tableau comprenait des données concernant le type de pile ou de batterie soumise à l'essai, l'état de charge et d'autres paramètres décrivant l'élément soumis à l'essai. Les résultats des essais avaient également été dressés sous forme de tableau, notamment la température de réaction, l'énergie de réaction, le taux de dégagement de chaleur, la chaleur de réaction, la durée de réaction, l'énergie de combustion de la flamme, le volume de gaz produit, etc. Des données limitées ont été fournies concernant la composition des gaz. Par ailleurs, tous les points énumérés n'étaient pas disponibles pour tous les résultats d'essais. Une analyse statistique complète ne serait pas appropriée étant donné le peu de données reçues à ce jour. Mais le groupe a estimé que certaines conclusions pouvaient être tirées à partir des données d'essai disponibles grâce aux compétences des participants à la réunion. Les données recueillies et les conclusions initiales ont été partagées avec le groupe de travail en vue d'un examen plus approfondi et pour alimenter un débat sur les étapes suivantes :
- a) Détermination des données supplémentaires nécessaires ;
  - b) Élaboration d'un point de vue théorique sur la manière de procéder ;
  - c) Propositions sur la façon dont les données supplémentaires doivent être recueillies, y compris :
    - i) Les questions budgétaires et les besoins en ressources ;
    - ii) Un calendrier pour la mise au point définitive de l'essai ;
  - d) Le Président a expliqué que les résultats de cette réunion seraient soumis en tant que document officiel à la cinquante-troisième session du Sous-Comité afin que les coûts associés à la collecte des données et aux essais ainsi que le budget pour 2019 et au-delà puissent être examinés.
6. Les fournisseurs de données ne sont généralement pas identifiés et les données recueillies et présentées restent donc anonymes. Cet avantage a encouragé les participants au groupe de travail à continuer de soumettre des données qui pourraient combler les lacunes. Le groupe s'est demandé si la gamme de paramètres acceptables avait pu être définie au moyen des données déjà recueillies ou si des données supplémentaires étaient nécessaires. Par exemple, des données supplémentaires pouvaient être nécessaires en ce qui concernait les moyens de déclencher la réaction. Si une méthode de déclenchement était préférée à une autre, il était possible que les effets observés découlent de cette méthode particulière et que les effets d'autres méthodes demeurent ignorés. Il a été noté que le groupe de travail du G27 sur l'élaboration de normes d'emballage pour les batteries au lithium en vue du transport aérien avait recueilli des données qui devaient être incluses dans l'examen.

## Exposé de RECHARGE

7. RECHARGE a présenté un exposé sur les données collectées et a dégagé les conclusions tirées de ces données. Les types d'informations collectées et les paramètres ont été présentés sous forme de tableau. Le groupe de travail a utilisé cet exposé comme base de discussion sur différents points et est parvenu à des conclusions sur la base des données fournies.

8. Au cours de cet exposé a été présenté un résumé des mécanismes susceptibles d'être associés aux réactions thermiques dans les piles et batteries au lithium, selon des articles scientifiques. Il a été noté que les réactions d'emballement thermique se déroulaient de manière mesurable. Au début d'une réaction, le taux de dégagement de chaleur était relativement faible (<1 °C/min). À ce stade, la réaction était facile à arrêter en refroidissant la pile ou la batterie. Mais si la réaction n'était pas arrêtée, le taux augmentait à 5-10 °C/min. Cette étape produisait plus de chaleur et passait d'une simple réaction de l'anode à des réactions avec l'électrolyte. Lorsque ces réactions se poursuivaient, le taux de dégagement de chaleur augmentait jusqu'à dépasser 100 °C/min. À ce stade, des réactions supplémentaires se produisaient entre l'électrolyte et la cathode. RECHARGE a également expliqué que les résultats de l'essai variaient en fonction de l'état de charge de la pile ou de la batterie. Par exemple, une réaction déclenchée pendant la charge ou avec une batterie fortement chargée était différente d'une réaction avec une pile ou une batterie déchargée ou faiblement chargée. Les réactions chimiques dépendaient de l'état de la pile ou de la batterie. Il était donc important de tenir compte de ces résultats lors de l'élaboration des épreuves visant à mesurer la sécurité de la pile ou de la batterie.

9. L'observation de l'énergie totale dégagée par la réaction avait permis de constater que l'énergie de la combustion de la cathode, de l'anode et de l'électrolyte était presque doublée si les gaz produits par la réaction étaient brûlés. À titre de comparaison, l'énergie de combustion totale par kilo de batterie au lithium ionique était nettement inférieure à celle de l'essence. Le groupe s'est demandé quelles étaient les valeurs correspondantes pour le lithium métal. Les données indiquaient que les valeurs étaient semblables.

10. Deux catégories d'essais ont été évaluées :

- a) Mesure de la réaction de combustion totale ;
- b) Mesure de la réaction thermique après l'arrêt du déclenchement de la réaction.

11. En ce qui concernait la réaction de combustion totale, l'énergie de combustion se situait entre 2 et 12 MJ/kg, quelle que soit la nature chimique ou la masse de la batterie. De même, les données suggéraient que l'état de charge initial n'avait pas non plus d'effet sur la chaleur totale de combustion. En ce qui concernait le taux de dégagement de chaleur, il a été observé une augmentation générale de ce taux en fonction de la taille des batteries. Mais si l'on rapportait ce taux à la masse des batteries, on observait qu'il diminuait en fonction de leur taille, ce qui traduisait le fait que tous les éléments d'une grande batterie peuvent ne pas réagir en même temps. Par ailleurs, l'état de charge avait une incidence sur le taux de dégagement de chaleur. Un état de charge plus élevé entraînait un taux de dégagement de chaleur plus rapide. *Compte tenu de l'examen de ces paramètres, la chaleur totale de combustion pouvait ne pas être un critère déterminant pour la catégorisation, mais le taux de dégagement de chaleur pouvait être plus pertinent.*

12. En ce qui concernait les données sur l'emballement thermique, seules ont été examinées les valeurs découlant directement de l'effet d'emballement thermique (non la chaleur totale de combustion, mais uniquement la chaleur produite par les réactions). La production totale de chaleur ne dépassait pas 1 MJ/kg, soit un ordre de grandeur de moins que la chaleur totale de combustion. Il était également clair que le volume des gaz produits par la réaction augmentait à proportion de l'énergie de la pile. Enfin, l'augmentation de l'état de charge se traduisait par une augmentation du volume de gaz produit. Cependant, les gaz ne s'enflammaient pas toujours.

13. Le groupe a débattu de la question de savoir si l'état de charge devrait être pris en compte pour le transport à l'avenir. Le Président a expliqué que le groupe de travail ne pouvait pas répondre à cette question pour le moment. D'après les données examinées jusqu'à présent, l'état de charge influait clairement sur le taux de dégagement de chaleur et le volume de gaz produit. Il n'était pas sûr que l'état de charge doive faire nécessairement partie du processus de classement, mais il s'agissait certainement d'un paramètre qui serait défini dans les procédures d'essai. Le groupe de travail soumettrait un ensemble de recommandations au Sous-Comité, qui déterminerait si les arguments justifiaient une décision.

14. RECHARGE a également abordé la méthode de déclenchement de la réaction. Il a été noté que l'épreuve de surcharge donnait lieu à la production d'un plus grand volume de gaz (comme prévu d'après les conclusions sur la production de gaz et l'état de charge). Par conséquent, l'épreuve de surcharge produisait une situation de danger élevé. Lorsque la réaction était amorcée par chauffage, le taux de production de gaz était inférieur à celui produit lors de l'épreuve de surcharge. En ce qui concernait l'énergie totale libérée, la méthode de chauffage était légèrement plus efficace que les autres méthodes, alors que les méthodes de court-circuit externe et de clouage étaient les moins efficaces.

15. Les participants ont noté que la méthode de pénétration par un clou était difficile à reproduire et que le clou lui-même pouvait devenir un vecteur de dégagement de chaleur ou d'énergie qui conduisait ensuite à une situation moins dangereuse (en dissipant la chaleur susceptible de propager la réaction). En général, il était préférable d'appliquer la chaleur de l'extérieur du système plutôt que de compter sur des sources d'amorçage à l'intérieur de la pile ou de la batterie. D'autres participants ont souligné qu'il était important de tenir compte des contraintes physiques susceptibles de se produire pendant le transport, y compris la perforation des piles.

16. Le groupe a débattu de la variabilité des essais et du fait que toute catégorisation devait tenir compte d'un large éventail de résultats, même concernant un même objet soumis aux essais. Il a été noté que les essais par court-circuit devaient par nature produire un large éventail de résultats en raison des nombreux facteurs susceptibles d'exercer une influence, y compris des facteurs qui n'étaient pas toujours connus, contrôlés ou mesurables.

17. L'exposé et le débat qui a suivi ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- a) La réaction de combustion totale pouvait être utilisée pour déterminer les dangers maximaux en ce qui concernait la chaleur totale produite et le taux de dégagement de chaleur. Mais la méthode ne faisait pas de distinction entre la chimie des batteries et les systèmes de sécurité ;
- b) L'étude des différents effets permettait de dégager les paramètres principaux permettant de quantifier les dangers des batteries :
  - i) La méthode de déclenchement de la réaction devait de préférence comporter l'application d'une chaleur externe à la pile ou à la batterie. Il n'existait pas de différences importantes entre méthode de déclenchement et mauvaise utilisation, mais certaines méthodes pouvaient ne pas être reproductibles ;
- c) L'état de charge devait être pris en compte, mais il n'a pas été décidé si ce paramètre devait être compris dans la classification ou dans les conditions de transport.

18. RECHARGE a conclu que :

- a) Plusieurs résultats permettaient de quantifier la réaction maximale :
  - i) En cas de réaction totale ;
  - ii) Dans le cas d'un emballement thermique autoentretenu ;
- b) Des effets réduits avaient souvent été mesurés à l'aide de diverses méthodes d'évaluation des mauvaises utilisations. Cela indiquait qu'il était possible dans de nombreux cas d'entraver la propagation de la réaction de la pile :
  - i) Soit grâce à une protection thermique ;

- ii) Soit en limitant la chaleur de réaction en dessous du seuil de propagation ;
- c) Par conséquent, l'épreuve de propagation était nécessaire en plus de l'épreuve d'emballlement thermique afin de vérifier les propriétés de propagation (par un essai ou un calcul : c'est-à-dire lorsque le calcul pouvait montrer que la chaleur dégagée était trop faible pour chauffer une pile unique à plus de 100 °C) ;
- d) En ce qui concernait le lithium métal, d'autres essais étaient peut-être nécessaires.

19. RECHARGE a reconnu que la toxicité des gaz produits n'avait pas été entièrement évaluée. Parmi les données reçues, deux points ont fait l'objet de débats le deuxième jour.

### Analyse des résultats des essais

20. Pour inaugurer la deuxième journée, le Président a résumé les débats de la première :
- a) La méthode de déclenchement externe semblait être plus efficace ;
  - b) Une méthode de déclenchement qui s'arrêterait au début de la réaction serait la meilleure ;
  - c) Les données d'essai examinées donnaient à penser que la taille et la forme des batteries avaient peu d'incidences sur les essais. Par conséquent, les mesures des essais devaient être rapportées à la masse (X/kg) et/ou à l'énergie de la pile ou de la batterie ;
  - d) L'état de charge influait manifestement sur la réaction de la batterie et devait être pris en compte ;
  - e) À lui seul, le dégagement total d'énergie ne constituait pas un critère de discrimination suffisant. La prise en compte du taux de dégagement de chaleur permettait une granularité plus fine ;
  - f) La réaction libérait des gaz qui pouvaient contribuer à la chaleur totale produite, mais les données actuelles n'éclaircissaient pas complètement leur composition.

21. Le groupe a débattu de la question de savoir s'il existait une indication claire du moment auquel la réaction commençait et auquel la méthode d'initiation pouvait par conséquent s'arrêter. Le G27 a conclu que l'essai pouvait être amorcé par une méthode thermique portant la température de la pile à 200 °C (le lithium métal fond à 180 °C). Cependant, il a également été noté que si trop d'énergie était appliquée au système, une réaction de combustion totale se produisait. Par conséquent, il était justifié d'appliquer une énergie maximale. Par conséquent, la suggestion initiale était de porter la température de la pile à 200 °C pendant une heure. Si la pile ou la batterie ne réagissait pas, il était mis fin à l'essai. Les participants ont noté que les essais actuels des piles avaient permis de détecter plusieurs piles et batteries qui ne réagissaient pas à ces paramètres. Mais il a été noté que même si une pile ou batterie ne réagissait pas à ces niveaux, il était toutefois nécessaire de l'éprouver en simulant un court-circuit interne susceptible d'entraîner un pic de température et d'accélérer la réaction. Certains participants ont fait remarquer qu'il était presque impossible de déterminer le point exact de déclenchement de la réaction. D'autres ont indiqué que la mesure de la tension était un moyen de déterminer le début de la réaction. D'autres encore se sont demandé s'il serait avantageux de calculer le volume de gaz émis.

22. Le Président a estimé que ce point était essentiel et devait être étudié plus à fond afin que les paramètres définitifs puissent être expliqués au Sous-Comité avec les justifications nécessaires.

23. Le groupe de travail a noté que la définition de l'emballlement thermique devait être prise en considération. De manière générale, l'emballlement thermique était une réaction se traduisant par la production de chaleur et de gaz par les piles. Ce n'était pas équivalent à l'énergie de combustion totale. La chute de tension était une indication de l'existence d'une

réaction dans la pile et pouvait être un paramètre mesurable. Il existait des piles et des batteries capables de résister à l'épreuve de chauffage à 200 °C. Pour de tels cas, il serait possible d'élaborer une épreuve représentative permettant de vérifier ce qui se produisait lors de la libération maximale d'énergie à l'intérieur de la pile. Le calorimètre à vitesse accélérée (ARC) pouvait fournir une meilleure mesure pendant la réaction. Certains participants ont fait remarquer que le coût de ces calorimètres risquait de faire augmenter considérablement le coût des essais et de limiter la disponibilité globale des institutions en mesure de les effectuer.

24. Le groupe a examiné la question de savoir si ces essais seraient limités aux seules technologies actuelles au lithium ionique et au lithium métal, ou s'ils pourraient être appliqués à de nouvelles technologies, et comment ils pourraient être révisés pour tenir compte des innovations futures, notamment en modifiant la chaleur de l'essai en fonction des composants de la pile ou de la batterie. Certains ont estimé qu'il était important d'éprouver les batteries jusqu'à la défaillance, au-delà du point de déclenchement de la réaction ou point auquel s'amorce la réaction. Il a été noté que l'énergie de combustion totale libérée par une batterie au lithium ionique était nettement inférieure à celle de l'essence. Ainsi, pour déterminer ce qui était acceptable, des comparaisons pouvaient être faites avec des produits existants qui étaient réglementés mais autorisés pour le transport en tant que marchandises dangereuses. Le Président a noté que la procédure actuelle de la sous-section 38.3 du Manuel d'épreuves et de critères était définie comme un système de classification visant à déterminer l'admissibilité au transport, mais qu'elle ne permet pas la catégorisation et qu'il s'agissait en l'occurrence de qualifier les piles au lithium pour le transport. Les essais visaient à éprouver les piles et les batteries dans des conditions prévisibles de mauvaise utilisation qui pouvaient avoir une incidence sur la sécurité des transports. Elle était très utile, mais ce n'était pas une véritable méthode de classification. Les essais envisagés au sein du groupe de travail consistaient à mesurer les dangers intrinsèques des batteries et à définir les divisions ou les catégories de piles et de batteries en fonction du niveau de danger.

### **Essais déterminés lors de la réunion d'examen des données de novembre 2017**

25. À sa réunion de novembre 2017, le groupe de travail a analysé les données puis a récapitulé certains éléments concernant les essais fondamentaux pour les piles et batteries (voir le document informel INF.59 de la cinquante-deuxième session):

- a) Épreuves pour les piles :
  - i) Épreuve 1 : essai par chauffage visant à obtenir une réaction de combustion complète (chauffage ou incendie, le feu empêchait d'analyser le volume et la composition des gaz parce que ceux-ci étaient consommés lors de la réaction de combustion) : Caractéristiques de combustion : Résultats (R) 1 : énergie (chaleur), puissance, volume et composition des gaz, flamme (les dangers dus à la fumée et les dangers électriques ont été classés comme dangers secondaires dans le cadre du groupe de travail, bien qu'ils puissent être importants pour le transport aérien) ;
  - ii) Épreuve 2 : chauffage jusqu'au début de la réaction, et épreuve de propagation aux piles adjacentes : Caractéristiques de propagation permettant d'obtenir le résultat R2 : propagation, absence de propagation ou cas intermédiaire ? (Question cinétique, la vitesse de propagation était-elle importante, critères sur les aspects mécaniques, température maximale et température de déclenchement de l'emballement thermique, flamme ?) ;
- b) Épreuves pour les batteries :
  - i) Épreuve 3 : chauffer un élément à l'intérieur de la batterie jusqu'à ce qu'il commence à réagir, et vérifier la propagation aux éléments adjacents : Caractéristiques de propagation donnant le résultat R3 :

- propagation, absence de propagation ou cas intermédiaires ? (Question cinétique, vitesse de propagation, aspects mécaniques ?) Autre critère possible, la propagation d'une batterie à une autre (?) ;
- ii) Épreuve 4 : épreuve de chaleur externe pouvant conduire à une combustion totale de la batterie ;
- c) Critères de classification (C) : deux ensembles de critères pouvaient probablement être pris en compte :
- i) C1 : Ensemble de critères permettant de déterminer les dangers acceptables et inacceptables dans des conditions normales de transport, par mode (éventuellement plusieurs niveaux), par danger ;
  - ii) C2 : Ensemble de critères permettant de déterminer les dangers acceptables et inacceptables en cas d'incendie.
26. La classification pourrait alors être fondée sur les résultats des épreuves :
- a) Piles : selon le résultat de l'essai 2 :
    - i) Si le résultat R2 était « absence de propagation » : résultats R1 et R2 par rapport à C1 = catégories 1 et 2, ou plus ?
    - ii) Si le résultat R2 était « propagation » : résultats R1 et R2 par rapport à C1 = plus de catégories ;
    - iii) Cas intermédiaires (selon la vitesse de propagation, l'absence ou la présence de flamme, etc.) : plus de catégories ;
    - iv) Autres cas à examiner ;
  - b) Batteries :
    - i) Une méthode par étapes a été proposée, probablement basée d'abord sur la classification des éléments de la batterie (?) ;
    - ii) Ensuite, en cas de propagation de la réaction (ou cas intermédiaire), une autre épreuve serait nécessaire pour éventuellement « améliorer » la classification, au cas où l'absence de propagation serait démontrée au niveau de la batterie. Quelle serait cette épreuve ?
  - c) La troisième épreuve correspondait à une défaillance d'une pile dans des conditions normales de transport :
    - i) En cas d'absence de propagation de la réaction, la troisième épreuve n'était pas nécessaire ;
  - d) La quatrième épreuve pouvait être utile si elle permettait de montrer qu'une batterie était moins réactive par rapport à la somme de ses éléments soumis à l'épreuve 1 lorsqu'elle était exposée à une source de chaleur extérieure :
    - i) La quatrième épreuve pouvait être utile si divers seuils étaient applicables en fonction de la durée de l'essai, du taux de dégagement de chaleur ou d'autres critères ;
    - ii) La quatrième épreuve correspondait à une situation d'incendie extérieur.
27. Il a de nouveau été noté que la méthode d'essai décrite ci-dessus ne prenait pas pleinement en compte la toxicité des gaz et que cette préoccupation devait faire l'objet d'une étude plus approfondie.

### Épreuve de propagation pour les piles

28. La méthode d'essai proposée commençait par déterminer si les piles sont ou non sujettes à propager une éventuelle défaillance. Le groupe de travail a précisé que la détermination de la propagation se ferait entre piles adjacentes les unes aux autres, sans tenir

compte de l'emballage. Cette épreuve comprendrait trois piles adjacentes les unes aux autres dans un même plan, la troisième pile étant nécessaire pour déterminer si les effets observés dans la deuxième entraînent à leur tour des effets dans la suivante. Certains participants ont fait remarquer qu'une épreuve de propagation portait sur la réaction des piles à d'autres piles, mais qu'elle ne permettait pas de déterminer les propriétés intrinsèques d'une pile réactive. Elle ne concernerait pas deux piles ayant des propriétés différentes dans le même emballage. Un cas qui était rare mais possible. Une autre méthode consisterait à mesurer la quantité de courant ou d'énergie nécessaire pour qu'une défaillance d'une pile puisse se propager, puis à déterminer la puissance ou l'énergie maximale libérée au cours d'une réaction de la pile. Même si la méthode d'évaluation de la propagation était limitée à des colis de piles identiques, il s'agissait d'une méthode utile et importante qui devait être prise en compte au début du processus d'essai. L'expérience d'une telle méthode indiquait que les essais nécessitaient des itérations multiples (trois essais sur quatre pouvaient n'entraîner aucune réaction, que faire si le quatrième essai échouait ?) La recommandation du G27 était que l'essai devait être reproductible pendant trois itérations consécutives sans réaction pour qu'une pile soit considérée comme non sujette à la propagation. Il pouvait également être nécessaire de modifier l'essai si la réaction produisait de la chaleur dans une direction particulière.

29. Sachant que toute épreuve de propagation produisait des données supplémentaires, au-delà de la seule propagation, le groupe a débattu de l'intérêt de mesurer d'autres caractéristiques (taux de dégagement de chaleur, chaleur de réaction, etc.). Ces données supplémentaires étaient plus importantes pour la classification lorsque la pile n'était pas sujette à la propagation. Par exemple, si une pile produisait des gaz et les évacuait à une température donnée, il était possible d'utiliser le volume de gaz produit pour déterminer si la pile représentait toujours un danger important.

30. Le groupe de travail a convenu qu'une épreuve de propagation était utile. Il a également convenu que des paramètres supplémentaires seraient utiles. Mais il n'était pas certain qu'une épreuve de combustion totale (par exemple au moyen d'un calorimètre à vitesse accélérée) soit nécessaire. Il pouvait être nécessaire de prévoir des sous-catégories pour les piles n'entraînant pas de propagation, et une épreuve de combustion totale (par exemple au moyen d'un calorimètre à vitesse accélérée) pouvait être appropriée pour recueillir des données en vue de la détermination de ces sous-catégories. Ces données pourraient également être utilisées pour déterminer la séparation des marchandises en fonction des différents modes de transport.

31. La vitesse ou le taux de propagation étaient également importants, mais on ne disposait pas de données claires à analyser. Il a été noté que la vitesse de propagation était affectée par la conception, mais donnerait une idée du temps nécessaire pour que la réaction entraîne un incendie plus important. Même si la vitesse de propagation était lente, cela ne signifiait pas que la réaction ne se produirait pas immédiatement. Par conséquent, les épreuves de propagation pouvaient nécessiter des observations immédiates ainsi qu'au fil du temps (de quatre à vingt-quatre heures). Un exemple a été exposé : lors de la réalisation d'une telle épreuve, le feu ne s'était pas propagé à la pile adjacente immédiatement après la réaction de la pile initiale, mais quatre heures plus tard. On a pensé que le séparateur avait subi une fusion limitée qui avait fini par entraîner un court-circuit, lequel avait provoqué la réaction. La vitesse de propagation pouvait être divisée en plusieurs sous-catégories :

- a) La propagation ne se produisait pas immédiatement mais plusieurs heures plus tard. Pour cette raison, l'observation pouvait devoir se poursuivre pendant vingt-quatre heures ;
- b) La propagation était observée immédiatement :
  - i) La vitesse de réaction était constante d'une pile à l'autre ;
  - ii) La vitesse de réaction augmentait à mesure que la réaction se propageait d'une pile à l'autre.

32. À ce stade, il n'était pas certain qu'il soit nécessaire de sous-catégoriser en fonction de la vitesse de propagation, mais le groupe a convenu que la vitesse de propagation était pertinente et devait être prise en considération.



## Épreuve de propagation pour les batteries

33. Selon le protocole d'essai susmentionné, les batteries contenaient des éléments sujets ou non à la propagation :

- a) En ce qui concernait les éléments non sujets à la propagation, une solution possible était d'estimer que la batterie n'avait pas besoin d'être soumise à essai et qu'elle pouvait être considérée comme appartenant à la même catégorie que les éléments non sujets à la propagation. Cela supposait que l'épreuve de propagation pour les éléments des batteries soit la situation la plus défavorable. Cependant, il pouvait exister des situations dans lesquelles des éléments non sujets à la propagation puissent donner lieu à propagation si l'électronique de la batterie ne les protégeait pas de manière adéquate. Le groupe de travail a été prié d'étudier ce genre de situations et de fournir à l'avenir des données sur la possibilité de ce genre d'éventualité ;
- b) En ce qui concernait les piles sujettes à la propagation, leur catégorie pouvait également être appliquée aux batteries. Si des paramètres de conception supplémentaires étaient ajoutés à la batterie pour empêcher la propagation, un essai de la batterie serait bénéfique pour améliorer sa catégorisation. Un tel essai de batterie (épreuve 3 mentionnée ci-dessus) simulerait une défaillance de la sorte la plus défavorable d'un élément de la batterie pour déterminer si la propagation se produisait dans la batterie. La difficulté consistait à déterminer quelle était la situation la plus défavorable. Il pourrait être nécessaire d'assouplir la méthode d'essai pour tenir compte du fait que le cas le plus défavorable pour un modèle donné de pile ou de batterie puisse ne pas être le plus défavorable pour d'autres modèles. En outre, la question s'est posée de savoir si la propagation entre éléments était vraiment le cas le plus défavorable lorsqu'il s'agissait de la propagation d'un module à un autre ou d'une batterie à une autre ;
- c) L'épreuve 4 serait une épreuve de chaleur totale de combustion visant à comparer la réactivité globale de la batterie à la réactivité totale des éléments en raison de la conception de l'élément ou de la batterie. Si l'épreuve 3 n'était pas possible, l'épreuve 4 pouvait également être utilisée pour améliorer la catégorisation.

34. Le groupe s'est penché sur la propagation entre éléments adjacents à l'intérieur de la batterie. Il a été décidé qu'il convenait de vérifier la capacité de propagation entre les éléments, mais on ne s'est pas entendu pour dire que cette vérification était pleinement satisfaisante. Certains ont souligné qu'il était difficile de lancer des réactions dans les modules de manière homogène, mais un accord n'a pas été trouvé sur le moyen le plus efficace de lancer l'événement. Le groupe a été encouragé à examiner la question en vue de discussions futures.

## Sujets restant à examiner

35. Les deux autres points qui restent à examiner sont les suivants :

- a) Les émissions de gaz (gaz inflammables ou toxiques) ; et
- b) La question de savoir si l'emballage pourrait être considéré comme un moyen de modifier la classification (comme pour la classification de la classe 1).

36. En ce qui concernait les émissions de gaz, il a été noté que les matériaux en plastique, lorsqu'ils étaient brûlés, émettaient des gaz toxiques. Par conséquent, certains participants n'étaient pas en faveur d'inclure des considérations relatives aux gaz toxiques. D'autres ont souligné que les piles au lithium étaient réactives et pouvaient produire de la chaleur. Il était possible qu'il faille prendre en compte le fluorure d'hydrogène et d'autres gaz. Mais la production potentielle de fluorure d'hydrogène telle que calculée pouvait être significativement plus élevée que le volume réellement produit. La quantité réelle pouvait être équivalente au volume produit lorsque d'autres produits étaient chauffés ou brûlés.

Certains participants ont averti que le texte existant du Règlement type interdisait toute production de gaz toxique dans un colis. Le problème de la production de gaz toxique en cas d'incendie éteint (par exemple dans l'aviation) devait également être examiné. De nouveaux travaux devaient analyser et quantifier les fumées toxiques. Les situations dans lesquelles un dégagement de chaleur ne se propageait pas pouvaient être considérées comme moins susceptibles de produire des quantités importantes de fumées toxiques.

37. En ce qui concernait les conditions d'emballage, certains participants ont convenu que des essais dans l'emballage pourraient être élaborés pour réduire le risque pendant le transport, mais ils préféraient que ces situations restent du domaine des conditions de transport et non une question de classification. Ils ont comparé la situation avec celle des marchandises de la classe I et rappelé à quel point la reclassification des explosifs était difficile lorsque leur emballage était modifié.

### **Poursuite du débat sur les émissions de gaz**

38. Le groupe a débattu de la production de gaz pendant le chauffage et la combustion des batteries au lithium. D'après des données limitées, l'hydrogène représentait de 20 % à 40 % des gaz produits par les batteries au lithium ionique. Il en résultait un mélange de gaz inflammable. Certains produits chimiques à base de lithium métal, comme le lithium manganèse, donnaient lieu à une production de gaz similaire à celle des batteries au lithium ionique. Mais d'autres chimies du lithium métal pouvaient produire des gaz différents. Le volume des gaz augmentait à raison de la taille des piles ou des batteries, ce qui était logique. Toutefois, il était difficile de mesurer la production de gaz si la combustion avait lieu pendant l'essai, car une partie ou la totalité des gaz serait consommée lors de la combustion. Sachant que la production de gaz inflammables était une conséquence réelle des réactions des batteries au lithium, il était important de saisir certaines caractéristiques de la production de ces gaz.

39. La présence de flammes pouvait également avoir un effet sur l'essai. Si des flammes étaient présentes, les gaz brûlaient et n'étaient donc plus présents. Dans de telles conditions, la chaleur totale de réaction était une valeur plus représentative. Mais en l'absence de flamme, le volume et le débit de gaz inflammables étaient des facteurs importants. Il pouvait être approprié de recueillir des informations sur le taux de production de gaz, ainsi que sur les émissions potentielles totales de gaz des piles ou batteries.

40. Certains participants ont fait part de leurs préoccupations au sujet de ces batteries dans le cadre du transport aérien :

- a) Les essais menés par l'Administration fédérale de l'aviation des États-Unis avaient montré que les incendies impliquant des batteries au lithium métal ne pouvaient être éteints par les systèmes actuels d'extinction d'incendie au halon des soutes des avions ;
- b) Les systèmes aux halons pouvaient éteindre les flammes d'un incendie de batterie au lithium ionique, mais la production de gaz inflammable risquait de produire une atmosphère inflammable susceptible d'entraîner une explosion ou une brusque montée en pression qui pouvait désactiver le système d'extinction d'incendie de la soute.

41. Certains participants en ont appelé à la prudence dans la recherche de l'inflammabilité et de la toxicité des gaz susceptibles d'être émis par les batteries réactives, car ces gaz étaient produits pendant un chauffage ou un incendie qui n'étaient pas des conditions normales de transport. D'autres marchandises dangereuses étaient également susceptibles de produire des gaz inflammables ou toxiques lors d'un incendie ou dans d'autres situations anormales pendant le transport. Par conséquent, si le groupe incluait ces types de recherche pour les piles au lithium, cela devrait logiquement mener à l'examen de ces propriétés pour d'autres marchandises dangereuses. D'autres participants ont fait remarquer que certaines de ces propriétés intrinsèques (production de gaz inflammables) étaient déjà envisagées pour certaines matières. Les matières réagissant à l'eau en étaient un exemple. Il valait donc la peine de prendre en compte cette propriété, mais il pouvait être plus approprié d'utiliser les informations correspondantes lors de l'examen des conditions de transport.

42. À ce stade, il était en principe possible d'utiliser la production de gaz et l'inflammabilité des gaz pour étayer la catégorisation des piles et batteries. Cependant, on ne disposait pas actuellement de suffisamment de données pour déterminer les groupes. Sans données supplémentaires, il serait difficile de déterminer les seuils ou les niveaux de danger. Une façon d'avancer pouvait être de déterminer le volume et le taux de gaz inflammables produits en fonction de la chimie de la batterie. Cela pouvait être utilisé soit dans le cadre du processus de classification, soit pour déterminer les prescriptions et/ou les limitations en matière d'arrimage selon les modes de transport. Toutefois, d'autres participants ont signalé que les volumes de fret intéressants différaient selon les modes de transport. Il n'était pas certain que cela soit pris en compte pour la classification ou pour les conditions de transport.

43. Il a été convenu que la production de gaz inflammables et toxiques était un paramètre important. Cependant, il n'y a pas eu d'accord sur la question de savoir si cette propriété devait être intégrée dans le processus de classification ou dans les conditions de transport. Le groupe de travail a été encouragé à étudier les questions soulevées sur ce point et à suggérer des idées qui puissent être examinées lors de sessions futures.

### **Étapes suivantes**

44. Pour résumer les débats tenus lors de la réunion, le groupe de travail est convenu que la production de chaleur et le potentiel de propagation étaient des propriétés essentielles à prendre en considération. Les étapes suivantes comprendraient l'élaboration de catégories et l'établissement de seuils fondés sur ces paramètres. Toutefois, au fur et à mesure que les travaux progresseraient, il pouvait s'avérer que la production de gaz était un élément approprié permettant de mieux distinguer les catégories élaborées.

45. Un organigramme conceptuel devrait être rédigé pour donner un support visuel au débat. La France, RECHARGE et la PRBA ont indiqué qu'elles établiraient un projet pour examen par le Sous-Comité à sa cinquante-troisième session.

46. Les futures réunions seraient envisagées à la suite des débats de la cinquante-troisième session du Sous-Comité.

---