



**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

Trente-septième session

Genève, 21-30 juin 2010

Point 4 de l'ordre du jour provisoire

Système de stockage électrique

**Prescriptions applicables au transport des
supercondensateurs (condensateurs électriques à double
couche)**

Communication de KiloFarad International (kFI)¹

Introduction

1. À la dernière session, KiloFarad International (kFI) a présenté une proposition visant à employer une nouvelle désignation officielle de transport pour les supercondensateurs, dans le but de définir des prescriptions relatives au transport, qui soient propres à ces dispositifs de stockage d'énergie.
2. Plus précisément, kFI cherche à établir des prescriptions applicables au transport des supercondensateurs:
 - Qui contiennent les mesures à appliquer pour éviter les courts-circuits électriques;
 - Qui définissent les modalités de transport appropriées à respecter;
 - Qui définissent un éventail de dimensions pour lesquelles le Règlement type ne s'applique pas;
 - Qui définissent les modalités à respecter, applicables aux supercondensateurs placés dans un équipement.

¹ Conformément au programme de travail du Sous-Comité pour 2009-2010, adopté par le Comité à sa quatrième session (voir ST/SG/AC.10/C.3/68, par. 118 a) et ST/SG/AC.10/36, par. 14).

I. Description des supercondensateurs

3. Des descriptions détaillées des supercondensateurs ont été données dans de précédents documents de kFI, en particulier dans le document ST/SG/AC.10/C.3/2009/13. En bref, les supercondensateurs sont des dispositifs de stockage d'énergie qui sont de plus en plus employés pour répondre à l'intérêt accru que suscitent la conservation de l'énergie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Parmi les nombreuses utilisations qui en sont faites, on peut citer leur emploi dans les véhicules automobiles pour emmagasiner l'électricité produite par les systèmes de freinage à récupération. Ils sont idéals pour les applications où il faut emmagasiner et libérer de l'énergie rapidement. En d'autres termes, compte tenu de leur fiabilité et de leur longue durée de vie, ce sont des solutions de remplacement des batteries (par exemple dans les turbines éoliennes).

4. Les supercondensateurs sont constitués de deux couches de charbon actif mélangé à un électrolyte, qui sont séparées par une membrane. Tout l'électrolyte, sauf un petit excédent (quelques millilitres), est absorbé par le charbon actif. Les couches sont fréquemment enroulées comme un «roulé à la confiture» et placées dans un récipient cylindrique en aluminium. À l'heure actuelle, les électrolytes liquides couramment employés consistent soit en une solution contenant environ 70 % d'acétonitrile mélangé à des sels organiques, soit en un liquide organique non dangereux (carbonate de polypropylène) combiné avec des sels. Les supercondensateurs dans lesquels sont employées d'autres solutions électrolytiques sont considérés comme étant au stade de la conception et ne sont pas disponibles sur le marché.

II. Examen des risques potentiels

A. Risque électrique

5. Tenant compte de ce que la plus grande partie de l'électrolyte est absorbée et de ce que l'enveloppe du supercondensateur est solide, kFI estime que le risque primaire est de nature électrique. Ce risque est lié au fait qu'un court-circuit peut accidentellement se produire au cours du transport. Il est commun à tous les supercondensateurs et ne dépend pas de l'électrolyte utilisé. C'est pour cette raison que kFI recommande d'établir des prescriptions minimales pour tous les supercondensateurs.

6. Contrairement à certains autres dispositifs de stockage de l'énergie électrique, il n'est pas nécessaire que les supercondensateurs ou les modules de supercondensateurs soient maintenus à l'état chargé. kFI propose de prescrire que les supercondensateurs soient transportés à l'état non chargé. Pour vérifier et s'assurer qu'ils sont non chargés, nous proposons que les bornes des supercondensateurs d'une capacité supérieure à 100 F (farad) soient reliées électriquement par un matériau conducteur.

7. Ceci ne peut se faire pour les petits supercondensateurs dont la capacité est inférieure ou égale à 100 F et nous proposons qu'ils soient protégés contre les courts-circuits.

8. kFI table sur le fait qu'il devrait être possible de transporter la plupart des supercondensateurs placés dans un équipement à l'état non chargé. Mais un constructeur de véhicules au moins a indiqué qu'il serait difficile de faire en sorte que les supercondensateurs installés dans un véhicule soient non chargés lorsqu'ils sont présentés au transport. Pour les supercondensateurs placés dans un équipement, nous proposons qu'ils soient aussi transportés à l'état non chargé ou, à défaut, qu'ils soient protégés contre les courts-circuits.

B. Risque lié au liquide inflammable

9. Comme déjà indiqué, certains supercondensateurs contiennent un mélange électrolytique d'acétonitrile (environ 70 %) et de sels inorganiques. Les sels sont incombustibles et induisent une diminution de la température par rapport à celle de l'acétonitrile pur. La solution électrolytique est absorbée par le charbon actif. Les fabricants ajoutent généralement une petite quantité d'électrolyte en excédent (pouvant atteindre 6 ml, s'agissant des plus grandes quantités rencontrées actuellement) afin de s'assurer que le charbon actif est complètement mouillé. L'enveloppe du supercondensateur est suffisamment solide pour résister à toute montée en pression éventuelle qui pourrait se produire au cours de la durée de vie du supercondensateur, comme analysé ci-après. kFI propose que les supercondensateurs contenant des marchandises dangereuses, emballés pour le transport, soient soumis à une épreuve de chute d'une hauteur de 1,2 m afin qu'il puisse être démontré qu'ils sont capables de retenir leur contenu.

C. Risque lié à la pression

10. Il n'y a pas de pression mesurable à l'intérieur d'un nouveau supercondensateur. Mais il peut y avoir une montée en pression au cours de la durée de vie utile. La valeur de la pression dépend de la température de fonctionnement et de la tension de charge au cours de la durée de vie du supercondensateur. La montée en pression n'est pas appréciable lorsque le supercondensateur est maintenu à une température de 25 °C et qu'il est chargé à sa tension nominale. La relation entre la montée en pression et la tension de chargement est illustrée dans le graphique suivant.

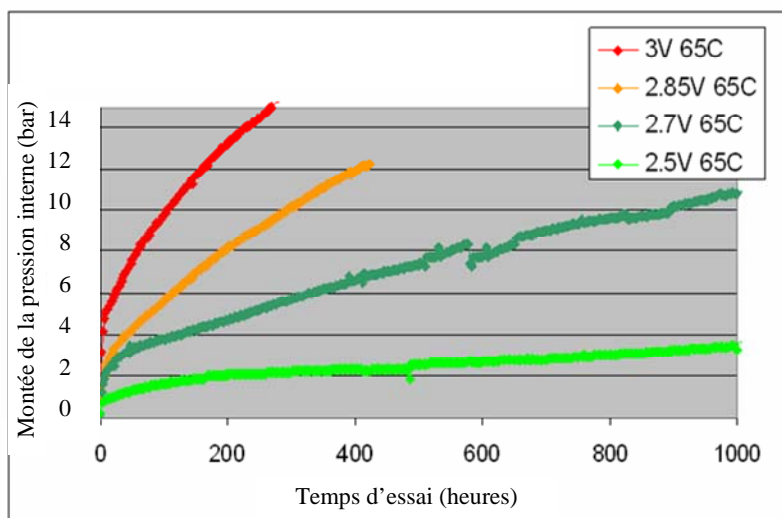
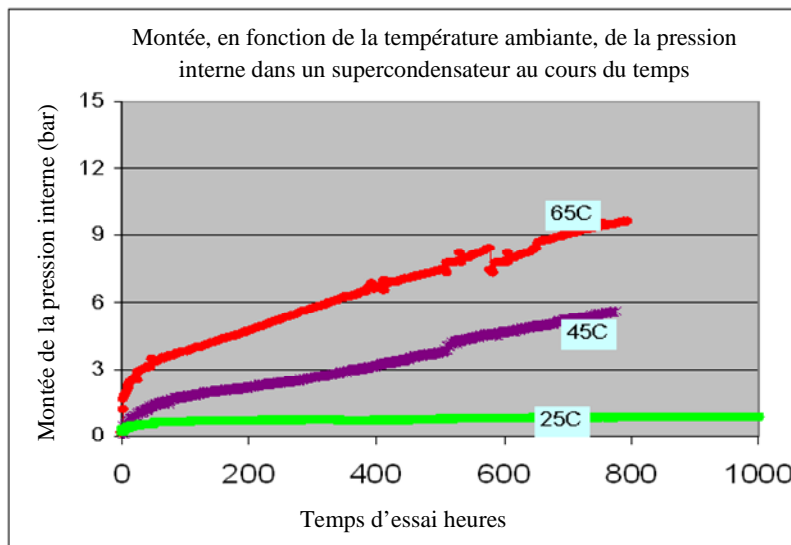


Figure ci-dessus: Montée, en fonction de la tension de fonctionnement, de la pression interne dans un supercondensateur au cours du temps à une température de 65 °C

11. La relation entre la montée en pression et la température à la tension de charge nominale (2,7 V) est illustrée dans le graphique suivant.



12. Le volume d'air dans un supercondensateur représente environ 3 % du volume total de son enveloppe. Pour le plus grand modèle actuel de supercondensateur de 10 kF, l'espace libre est inférieur à 10 ml. Même si, dans de mauvaises conditions, la pression à l'intérieur du supercondensateur peut atteindre 15 bar au cours de sa durée de vie, l'énergie emmagasinée est minimale. Pour remédier au problème de pression, le supercondensateur peut être muni d'un évent ou un point de rupture peut être aménagé dans son enveloppe de manière qu'il soit sûr en cas de défaillance. Pour démontrer que le risque lié à la montée en pression est minimal, kFI a réalisé une série de vidéos qui seront présentées aux participants du Sous-Comité.

13. Et pour remédier au problème de la montée en pression, kFI recommande d'établir une prescription indiquant que les supercondensateurs doivent être conçus de sorte que la décompression puisse s'effectuer de manière sûre.

III. Démarche que kFI propose de suivre lors de l'examen des différentes options se présentant pour la réglementation des supercondensateurs

14. kFI estime que les supercondensateurs qui satisfont à certaines spécifications, s'agissant des risques potentiels décrits ci-dessus, devraient être autorisés au transport sans devoir satisfaire à toutes les prescriptions qui s'appliquent d'une manière générale aux marchandises dangereuses. Les prescriptions leur étant appliquées devraient porter sur les courts-circuits éventuels, sur la retenue de l'électrolyte dans l'enveloppe du supercondensateur et sur le contrôle de sécurité de la montée en pression éventuelle. Cela étant, kFI propose d'appliquer ces conditions à tous les supercondensateurs qui contiennent des marchandises dangereuses, en exemptant ceux dont la capacité est inférieure à 10 kF (ou à la capacité maximale des modèles produits) des autres prescriptions du Règlement type de l'ONU. Pour les supercondensateurs ne contenant pas de marchandises dangereuses, kFI propose de les exempter des autres prescriptions s'il a été tenu compte du risque électrique et du risque de montée en pression éventuelle. kFI estime que les risques associés au transport des supercondensateurs sont considérablement moindres que ceux que présentent les accumulateurs inversables (n° ONU 2800), qui peuvent être transportés comme étant non dangereux, sans qu'intervienne leur dimension, sans que leur étanchéité

doive être démontrée, et qui sont transportés à l'état chargé, sous réserve de répondre aux conditions de la disposition spéciale 238.

15. En se fondant sur ces observations, kFI propose d'employer la désignation officielle de transport «CONDENSATEUR électrique à double couche». Ci-après dans l'analyse, le mot condensateur renvoie aux supercondensateurs ou condensateurs électriques à double couche (electric double layer capacitor – EDLC).

IV. Évaluation des options se présentant pour la réglementation des supercondensateurs

16. Comme convenu à la dernière réunion du Sous-Comité, kFI a évalué les options possibles permettant d'introduire dans le Règlement type de l'ONU des prescriptions applicables aux supercondensateurs. L'examen d'un certain nombre de ces options est fondé sur les échanges qui ont eu lieu jusqu'à ce jour. Ces options sont décrites et leurs avantages et inconvénients sont examinés dans les paragraphes suivants.

A. Option 1

17. Les condensateurs sont transportés comme relevant de la classe 9, au titre du numéro ONU 3363 Marchandises dangereuses contenues dans des appareils, sans amendement de la disposition spéciale 301. La disposition spéciale 301 autorise qu'une quantité d'électrolyte ne dépassant pas la quantité limite puisse être contenue dans l'appareil. Aucune modification n'est à apporter aux recommandations.

Avantages

- La rubrique existe. Il n'est pas nécessaire d'introduire de nouvelle rubrique.
- La limite de 1 l pour la quantité de liquide autorisée couvre toute la gamme de dimensions des condensateurs.

Inconvénients

- Le risque de court-circuit n'est pas pris en compte;
- Dans le cadre des instructions de l'OACI, la limite de liquide par colis pour le numéro ONU 3363 est de 0,5 l. Cette limite prend en compte les modèles de condensateur existants lorsqu'ils sont expédiés séparément. Mais il est besoin d'amendements pour prendre en compte les modules de condensateurs dont la quantité totale de liquide dépasse 0,5 l;
- La réglementation s'applique à tous les condensateurs, indépendamment de leur dimension, notamment les condensateurs installés dans un équipement (par exemple, les véhicules automobiles, les turbines éoliennes, les portes des aéronefs).

B. Option 2

18. Il est procédé à la révision de la disposition spéciale 301. Les condensateurs sont transportés comme relevant de la classe 9, au titre du numéro ONU 3363 Marchandises dangereuses contenues dans des appareils.

19. Dans le cadre de cette option, la disposition spéciale 301 est modifiée au moyen de l'adjonction du paragraphe suivant:

«Les condensateurs électriques à double couche peuvent être transportés au titre de cette rubrique sous réserve:

- a) Qu'ils soient transportés à l'état non chargé;
- b) Que chaque condensateur ou module de condensateurs soit muni d'une bande métallique reliant les bornes ou, pour les condensateurs dont la capacité est inférieure ou égale à 100 farad, soit protégé contre les courts-circuits;
- c) Que les condensateurs installés dans un équipement soient transportés à l'état non chargé ou protégés contre les courts-circuits;
- d) Que les condensateurs soient conçus pour résister à une différence de pression de 95 kPa et de manière que la décompression puisse se faire en toute sécurité à l'aide d'un évent ou d'un point de rupture dans l'enveloppe.

Les condensateurs ne contenant pas de marchandises dangereuses, comme indiqué par un marquage le stipulant, et satisfaisant aux conditions énoncées dans les alinéas *a* à *d* ne sont pas soumis aux autres dispositions du présent Règlement.

Les condensateurs d'une capacité marquée égale ou inférieure à 10 kF ne sont pas soumis aux autres dispositions du présent Règlement lorsqu'ils satisfont aux conditions énoncées dans les alinéas *a* à *d* et qu'emballés pour le transport ils résistent à une épreuve de chute d'une hauteur de 1,2 m.».

Avantages

- La rubrique existe. Il n'est pas nécessaire d'introduire de nouvelle rubrique. Les modifications apportées à la disposition spéciale sont minimales;
- Les condensateurs de toutes les dimensions sont pris en compte;
- Les risques de court-circuit et de montée en pression sont pris en compte, quel que soit l'électrolyte employé.

Inconvénients

- Lorsque les condensateurs contiennent un électrolyte liquide inflammable, la présence de celui-ci n'est pas signalée par la classe attribuée.

C. Option 3

20. Une nouvelle rubrique, relevant de la classe 9, est introduite pour les condensateurs.

21. La nouvelle rubrique se présente comme suit dans le tableau:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7a)	(7b)	(8)	(9)	(10)	(11)
XXXX	CONDENSATEUR électrique à double couche	9			AAA	Néant	E0	P003			

22. La disposition spéciale AAA s'y ajoutant est libellée comme suit:

«Cette rubrique s'applique aux dispositifs de stockage d'énergie nommés condensateurs électriques à double couche (EDLC). Les EDLC transportés au titre de cette rubrique doivent remplir les conditions suivantes:

- a) Ils sont transportés à l'état non chargé;

b) Chaque condensateur ou module de condensateurs est muni d'une bande métallique reliant les bornes ou, pour les condensateurs dont la capacité est inférieure ou égale à 100 farad, est protégé contre les courts-circuits;

c) Les condensateurs installés dans un équipement sont transportés à l'état non chargé ou protégés contre les courts-circuits;

d) Les condensateurs sont conçus pour résister à une différence de pression de 95 kPa et de manière que la décompression puisse se faire en toute sécurité à l'aide d'un évent ou d'un point de rupture dans l'enveloppe.

Les condensateurs ne contenant pas de marchandises dangereuses, comme indiqué par un marquage le stipulant, et satisfaisant aux conditions énoncées dans les alinéas *a* à *d* ne sont pas soumis aux autres dispositions du présent Règlement.

Les condensateurs d'une capacité marquée égale ou inférieure à 10 kF ne sont pas soumis aux autres dispositions du présent Règlement lorsqu'ils satisfont aux conditions énoncées dans les alinéas *a* à *d* et qu'emballés pour le transport ils sont capables de résister à une épreuve de chute d'une hauteur de 1,2 m.».

Avantages

- Les risques de court-circuit et de montée en pression sont pris en compte, quel que soit l'électrolyte employé;
- L'affectation à la classe 9 correspond au traitement appliqué aux autres équipements ou appareils contenant de petites quantités de marchandises dangereuses;
- Les condensateurs de toutes les dimensions sont pris en compte.

Inconvénients

- Lorsque les condensateurs contiennent un électrolyte liquide inflammable, la présence de celui-ci n'est pas signalée par la classe attribuée.

D. Option 4

23. De nouvelles rubriques sont introduites pour les condensateurs, en fonction des classes attribuées à l'électrolyte utilisé, et une rubrique distincte, relevant de la classe 9, est introduite pour les condensateurs contenant un électrolyte non dangereux.

24. Pour l'heure, seules sont nécessaires les rubriques relevant des classes 3 et 9. D'autres rubriques relevant d'autres classes (par exemple la classe 8) pourraient à l'avenir être nécessaires. Les nouvelles prescriptions pour la rubrique relevant de la classe 3 sont les suivantes:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7a)	(7b)	(8)	(9)	(10)	(11)
XXXX	CONDENSATEUR électrique à double couche, contenant un électrolyte liquide inflammable	3			AAA	Néant	E0	P003			

25. La disposition spéciale AAA s'y ajoutant est libellée comme suit:

«AAA Cette rubrique s'applique aux dispositifs de stockage d'énergie nommés condensateurs électriques à double couche (EDLC). Les EDLC transportés au titre de cette rubrique doivent remplir les conditions suivantes:

- a) Ils sont transportés à l'état non chargé;

b) Chaque condensateur ou module de condensateurs est muni d'une bande métallique reliant les bornes ou, pour les condensateurs dont la capacité est inférieure ou égale à 100 farad, est protégé contre les courts-circuits;

c) Les condensateurs installés dans un équipement sont transportés à l'état non chargé ou protégés contre les courts-circuits;

d) Les condensateurs sont conçus pour résister à une différence de pression de 95 kPa et de manière que la décompression puisse se faire en toute sécurité à l'aide d'un évent ou d'un point de rupture dans l'enveloppe.

Les condensateurs d'une capacité marquée égale ou inférieure à 10 kF ne sont pas soumis aux autres dispositions du présent Règlement lorsqu'ils satisfont aux conditions énoncées dans les alinéas *a* à *d* et qu'emballés pour le transport ils sont capables de résister à une épreuve de chute d'une hauteur de 1,2 m.».

26. Les nouvelles prescriptions pour la rubrique relevant de la classe 9 sont les suivantes:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7a)	(7b)	(8)	(9)	(10)	(11)
YYYY	CONDENSATEUR électrique à double couche, contenant un électrolyte non dangereux	9			BBB	Néant	E0	P003			

27. La disposition spéciale BBB s'y ajoutant est libellée comme suit:

«BBB Cette rubrique s'applique aux dispositifs de stockage d'énergie nommés condensateurs électriques à double couche (EDLC). Les EDLC transportés au titre de cette rubrique doivent remplir les conditions suivantes:

- a) Ils sont transportés à l'état non chargé;
- b) Chaque condensateur ou module de condensateurs est muni d'une bande métallique reliant les bornes ou, pour les condensateurs dont la capacité est inférieure ou égale à 100 farad, est protégé contre les courts-circuits;
- c) Les condensateurs installés dans un équipement sont transportés à l'état non chargé ou protégés contre les courts-circuits;
- d) Les condensateurs sont conçus pour résister à une différence de pression de 95 kPa et de manière que la décompression puisse se faire en toute sécurité à l'aide d'un évent ou d'un point de rupture dans l'enveloppe.

Les condensateurs ne contenant pas de marchandises dangereuses, comme indiqué par un marquage le stipulant, et satisfaisant aux conditions énoncées dans les alinéas *a* à *d* ne sont pas soumis aux autres dispositions du présent Règlement.».

Avantages:

- Les supercondensateurs sont affectés à la classe qui rend compte du risque de l'électrolyte;
- Les risques de court-circuit et de montée en pression sont pris en compte, quel que soit l'électrolyte employé.

Inconvénients:

- La démarche ne s'aligne pas sur celle qui prévaut pour le numéro ONU 3363 et qui autorise que de petites quantités de marchandises dangereuses placées dans une machine ou dans un appareil relèvent de la classe 9;
- Des rubriques et des dispositions spéciales supplémentaires sont nécessaires;
- Tandis que les dispositions valant pour la rubrique relevant de la classe 9 s'appliquent, la rubrique elle-même ne figure normalement pas sur les documents de transport.

V. Évaluation des options par kFI

28. kFI estime que l'option 1 n'assure pas un niveau de sécurité suffisant et doit être rejetée. Les trois autres options assurent un niveau de sécurité équivalent. Tandis que nous consentons à accepter chacune des trois options, les options 2 et 3 semblent mieux correspondre au traitement appliqué aux autres machines ou appareils contenant de petites quantités de marchandises dangereuses. Ce n'est pas le cas avec l'option 4. Considérant qu'à l'avenir une nouvelle rubrique pour les condensateurs asymétriques devra être introduite, kFI recommande l'option 3.

VI. Proposition de kFI

29. kFI recommande que le Sous-Comité adopte la proposition qui est faite dans l'option 3.

30. kFI propose aussi d'apporter l'amendement corollaire suivant au tableau dans le paragraphe 1.2.2.1:

Capacité	F (farad)	--	1F = 1 Ampère x s/V
----------	-----------	----	---------------------
