



Secrétariat

Distr.
GÉNÉRALE

ST/SG/AC.10/C.3/2004/97
6 septembre 2004

FRANÇAIS
Original: ANGLAIS

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

Vingt-sixième session, 29 novembre-3 décembre 2004
Point 4 de l'ordre du jour provisoire

NOUVELLES PROPOSITIONS D'AMENDEMENTS AUX RECOMMANDATIONS
RELATIVES AU TRANSPORT DES MARCHANDISES DANGEREUSES

Épreuve d'impact des citernes mobiles et des conteneurs de gaz à éléments multiples (CGEM)
dans le cadre du Règlement type de l'ONU

Proposition de modification des paragraphes 6.7.2.19.1, 6.7.3.15.1, 6.7.4.14.1 et 6.7.5.12.1
et du Manuel d'épreuves et de critères

Communication de l'expert du Canada

Historique

1. Les prescriptions actuelles du Règlement type de l'ONU concernant l'épreuve d'impact des citernes mobiles et des CGEM ont été adoptées par le Sous-Comité en décembre 1995 (documents ST/SG/AC.10/C.3/21/Add.1, ST/SG/AC.10/C.3/22/Add.1 et ST/SG/AC.10/C.3/22). À cette époque, le Sous-Comité était convenu que le Règlement type devrait comporter, à titre de mesure transitoire, une liste de normes concernées par l'épreuve d'impact «4g». Pour aboutir à une solution définitive, il convenait selon le Sous-Comité de renvoyer à une norme internationale unique dans le Règlement type de sorte que les moyens d'essai de par le monde soient moins dissemblables. Le Sous-Comité avait noté que le Comité TC104 de l'ISO qui examinait la norme ISO 1496-3 sur les conteneurs avait réuni un groupe de travail chargé d'examiner l'introduction dans cette norme de l'épreuve d'impact pour les conteneurs.

2. La liste de normes concernées par l'épreuve d'impact qui a été publiée dans la dixième édition du Règlement type est restée inchangée dans la treizième édition, à la norme canadienne près. La nouvelle norme canadienne adoptée dans cette treizième édition intègre pour l'épreuve d'impact un mode opératoire entièrement nouveau, qui fait l'objet du présent document.

Enjeux et innovation en ce qui concerne l'épreuve

1. L'aptitude des citernes et des CGEM, transportant des marchandises dangereuses, à résister aux impacts subis au cours du transport ferroviaire est un sujet de préoccupation permanente pour le Canada. Des prescriptions relatives à l'épreuve d'impact ont été insérées avant 1995 dans la loi canadienne sur le transport des marchandises dangereuses. Les conteneurs sont interdits de transport par rail à moins qu'un prototype n'ait été soumis à une épreuve d'impact et y ait satisfait. La marque d'«agrément du Comité technique en matière d'impact» sert à identifier les conteneurs-citernes dont le modèle a été éprouvé avec succès dans un laboratoire d'épreuve agréé par l'autorité compétente canadienne.

2. Dans le mode opératoire de l'épreuve d'impact des conteneurs-citernes, un prototype de conteneur, dont la charge est maximale, est soumis à un impact d'intensité donnée. Après l'épreuve d'impact, on examine si des déformations susceptibles de nuire sont apparues afin de déterminer si le modèle a satisfait ou échoué à l'épreuve.

3. Faire en sorte qu'un impact d'une intensité donnée soit invariablement appliqué au cours de l'épreuve a de tout temps été un défi majeur. L'expérience a permis de démontrer que l'épreuve dans les différentes parties du monde n'était pas exécutée avec la même intensité d'impact. On ne peut se fier aux vitesses des véhicules pour définir l'intensité de l'impact en raison des différences d'amortissement des coupleurs ferroviaires, tandis que les charges mesurées «g» peuvent varier fortement en fonction de la manière dont ont été recueillies les données d'épreuve et du type ainsi que de l'emplacement des dispositifs de mesure (dynamomètres ou accéléromètres) dans la structure du conteneur.

4. Entre 1995 et 1998, l'autorité compétente canadienne a financé la recherche et les études dans le secteur industriel dans le but de déterminer une méthode fiable et applicable à l'échelle mondiale pour la quantification de l'intensité de l'impact dans les conditions d'essai. La méthode choisie qui a résulté de ces études fait intervenir la mesure de l'accélération (plutôt que celle de la charge) aux angles du conteneur. Les données recueillies indiquant l'accélération en fonction du temps pour une épreuve d'impact sont ensuite réduites mathématiquement et portées sur un graphique nommé «Spectre de réponse aux chocs» (SRC). Une épreuve est considérée comme valable si les valeurs du SRC sont au moins égales aux minima spécifiés pour le SRC. La norme nationale canadienne CGSB 43.147-2002 incorpore maintenant ce nouveau mode opératoire et, dans la treizième édition des Recommandations de l'ONU, cette norme a remplacé les précédentes spécifications canadiennes en matière d'épreuve d'impact.

5. Grâce au nouveau mode opératoire incorporant le SRC, la méthode employée pour produire l'impact est sans importance. Les forces d'impact peuvent résulter de l'impact entre un conteneur-citerne monté sur un véhicule ferroviaire en mouvement et un obstacle stationnaire, ou entre un conteneur-citerne stationnaire et une masse en mouvement de nature quelconque. Le mode opératoire est donc applicable partout dans le monde, quels que soient les véhicules

ferroviaires et leurs trains de roulement, et, à l'évidence, quelle que soit la nature de la collision. Quant à l'intensité de l'impact, il est tenu compte pour les valeurs minimales du SRC de l'intensité de l'impact qui avait été prescrite dans la précédente norme canadienne (CSA B620-87), où l'impact se produisait à une vitesse de 12,8 km/h dans un convoi de véhicules ferroviaires (nominalement un impact «4g»).

Une norme internationale unique

1. Ayant été adopté comme norme nationale canadienne, le mode opératoire de l'épreuve d'impact incorporant le SRC a été proposé par les représentants canadiens au Sous-Comité TC104/SC2 de l'ISO et à son groupe de travail 4. Les délibérations de l'ISO sur cette question ont débuté en 1996. Bien que la proposition ait été très favorablement accueillie, qu'elle ait pu bénéficier de consultations à grande échelle et qu'elle ait obtenu un soutien général, aucune norme n'a encore été publiée ni n'a été sur le point de l'être.
2. Tandis que les avancées vers l'établissement d'une norme ISO semblaient menacées de perte de vitesse, il subsistait un besoin pressant de disposer d'un unique mode opératoire destiné à l'épreuve d'impact pour les conteneurs-citernes et les CGEM, comme l'avait relevé le Sous-Comité en 1995. Les documents énumérés dans l'actuel Règlement type décrivent des modes opératoires dont l'intensité de l'impact diffère et qui, en raison de cela, fournissent des résultats ne pouvant être comparés d'une méthode à l'autre. Cette situation risque de troubler les fabricants de citernes et, dans certains cas, les contraint à reproduire inutilement les épreuves. En outre, les anciens modes opératoires présentent des inconvénients qui ont été étudiés et auxquels il a été remédié en mettant au point le nouveau mode opératoire incorporant le SRC.
3. Les principaux laboratoires d'épreuve d'impact, au Canada, aux États-Unis d'Amérique, en France et en Afrique du Sud, ont appliqué depuis 2001 le nouveau mode opératoire incorporant le SRC. Celui-ci est maintenant confirmé et les expériences ont été mises à profit pour l'améliorer. Le mode opératoire incorporant le SRC proposé dans le présent document, conforme à celui qui figure dans la norme nationale canadienne et à la proposition dont l'ISO a été saisie, est actuellement appliqué par les principaux laboratoires mondiaux d'épreuve d'impact des conteneurs. Il incorpore toutes les améliorations résultant de presque quatre années d'utilisation.

Proposition

1. Il est proposé que le nouveau mode opératoire de l'épreuve d'impact des CGEM et des conteneurs-citernes joint au présent document soit ajouté au Manuel d'épreuves et de critères en tant que section 39 de la quatrième partie.
2. Il est en outre proposé que le texte et les listes de normes actuels dans les paragraphes 6.7.2.19.1, 6.7.3.15.1 et 6.7.4.14.1 du Règlement type de l'ONU soient supprimés et remplacés par un texte, ainsi conçu:

«Les citernes mobiles conformes à la définition de “conteneur” dans la CSC ne doivent pas être employées à moins qu'elles ne se soient avérées convenir après qu'un prototype représentatif de chaque modèle ait été soumis à l'épreuve dynamique d'impact

longitudinal, prescrite à la section 39 de la quatrième partie du Manuel d'épreuves et de critères, et y ait satisfait.».

3. Il est par ailleurs encore proposé que le texte et les listes de normes actuels dans le paragraphe 6.7.5.12.1 du Règlement type de l'ONU soient supprimés et remplacés par un texte libellé comme suit:

«Les CGEM conformes à la définition de “conteneur” dans la CSC ne doivent pas être employés à moins qu'ils ne se soient avérés convenir après qu'un prototype représentatif de chaque modèle ait été soumis à l'épreuve dynamique d'impact longitudinal, prescrite à la section 39 de la quatrième partie du Manuel d'épreuves et de critères, et y ait satisfait.».

* * *

Annexe

Essai dynamique de résistance aux impacts longitudinaux des citernes mobiles et des CGEM

1. Généralités

Un prototype représentant chaque modèle de citerne mobile et de CGEM répondant à la définition de «conteneur» dans la Convention internationale de 1972 sur la sécurité des conteneurs, telle que modifiée (CSC), doit être soumis à l'essai dynamique de résistance aux impacts longitudinaux et satisfaire aux exigences de cet essai. Les essais doivent être exécutés par des organismes agréés à cette fin par l'autorité compétente.

2. Variations autorisées aux conceptions existantes

Les variations suivantes apportées à la conception d'un modèle de conteneur, précédemment testé et approuvé, sont autorisées sans épreuve supplémentaire:

- a) Une diminution de la température de calcul initiale maximale;
- b) Une augmentation de la température de calcul initiale minimale;
- c) Une diminution de la masse brute maximale;
- d) Une réduction de la capacité découlant seulement de changements de diamètre et de longueur;
- e) Un changement d'emplacement ou une modification des manchons et des trous d'homme à condition:
 - i) Qu'un niveau de protection équivalent soit maintenu; et
 - ii) Que la configuration la plus défavorable soit utilisée aux fins des calculs de résistance des citernes;
- f) Une augmentation du nombre de chicanes et de tôles antibalottement;
- g) Une augmentation de l'épaisseur de paroi, à condition que l'épaisseur demeure à l'intérieur de la fourchette permise par les spécifications concernant les méthodes de soudage;
- h) Une diminution de la pression de service maximale, de la pression de fonctionnement maximale admissible ou de la pression de fonctionnement maximale;
 - i) Une augmentation de l'efficacité du système de calorifugeage par l'utilisation:
 - i) Soit d'une épaisseur supérieure du même calorifuge;
 - ii) Soit de la même épaisseur d'un calorifuge différent offrant de meilleures propriétés isolantes;

- j) Un changement au matériel de service à condition que le matériel de service non testé:
 - i) Soit situé au même endroit et rencontre ou dépasse le niveau de performance offert par le matériel existant; et
 - ii) Soit approximativement de mêmes dimensions et de même masse que le matériel existant;
- k) L'utilisation d'une nuance différente du même type de matériau pour la construction de la coque ou du bâti, à condition que, à la fois:
 - i) Les résultats des calculs de conception pour la nuance de remplacement, basés sur les valeurs de résistance mécanique les plus défavorables attribuées à la nuance de remplacement, sont équivalents ou supérieurs aux résultats des calculs de conception pour la nuance existante;
 - ii) La nuance de remplacement est permise par les spécifications concernant les méthodes de soudage.

3. Appareillage d'essai

3.1 Plate-forme d'essai

La plate-forme d'essai peut être toute structure capable d'atteindre et de soutenir, sans dommage important, un impact d'intensité prescrite une fois le conteneur-à-l'essai fixé solidement en place. La plate-forme d'essai doit être:

- a) Configurée de manière que le conteneur-à-l'essai puisse être monté le plus près possible de l'extrémité soumise à l'impact;
- b) Équipée de quatre dispositifs de fixation en bonne condition, permettant de fixer le conteneur-à-l'essai conformément à la norme ISO 1161;
- c) Équipée d'un dispositif d'amortissement destiné à permettre une durée d'impact convenable.

3.2 Production de l'impact

3.2.1 L'impact doit être produit:

- a) Soit par la plate-forme d'essai qui heurte une masse stationnaire;
- b) Soit par une masse en mouvement qui heurte la plate-forme d'essai.

3.2.2 Lorsque la masse stationnaire est constituée de deux véhicules ferroviaires ou plus accouplés ensemble, chaque véhicule doit être pourvu de dispositifs amortisseurs. Tout le jeu entre les véhicules doit être éliminé et les freins de chacun doivent être serrés.

3.3 Système de mesure et d'enregistrement

3.3.1 À moins d'indication contraire, le système de mesure et d'enregistrement doit être conforme à la norme ISO 6487.

3.3.2 Le matériel suivant doit être disponible pendant l'essai:

a) Deux accéléromètres à plage d'amplitudes minimale de 200 «g», ayant une limite de fréquence inférieure maximale de 1 Hz et une limite de fréquence supérieure minimale de 3 000 Hz. Chaque accéléromètre doit être solidement fixé sur le conteneur-à-l'essai, soit sur l'extrémité extérieure ou sur la surface latérale des deux pièces de coin adjacentes du bas se trouvant le plus près de la source des chocs. Les accéléromètres doivent être alignés de manière à mesurer l'accélération dans l'axe longitudinal du conteneur. La méthode privilégiée consiste à boulonner chaque accéléromètre à une plaque de montage plane et à coller les plaques de montage aux pièces de coin;

b) Un moyen permettant de mesurer la vitesse de la plate-forme d'essai ou de la masse mobile au moment de l'impact;

c) Un système d'acquisition des données analogique-numérique capable d'enregistrer les perturbations causées par le choc sous forme d'un historique de l'accélération en fonction du temps (historique accélération-temps) pour une fréquence d'échantillonnage minimale de 1 000 Hz. Le système d'acquisition des données doit comprendre un filtre passe-bas antirepliement à fréquence de coude réglée au minimum de 200 Hz et au maximum à 20 % du taux d'échantillonnage et ayant une perte de décroissance de 40 dB/octave;

d) Une méthode de stockage permanent en format électronique de l'historique accélération-temps de manière que cet historique puisse être récupéré et analysé ultérieurement.

3.4 Mode opératoire

Le remplissage du conteneur-à-l'essai peut se faire avant ou après son installation sur la plate-forme d'essai:

a) Citernes mobiles – Remplir la citerne d'une quantité d'eau, ou d'un autre produit qui ne soit pas sous pression, jusqu'à environ 97 % de sa capacité volumique. La citerne ne doit pas être sous pression pendant l'essai. Si toutefois, en cas de surcharge potentielle, il n'est pas désirable de remplir la citerne à 97 % de sa capacité, la citerne doit être remplie de façon que la masse du conteneur-à-l'essai (tare plus produit) approche le plus possible de la masse maximale nominale (R);

b) CGEM – Remplir chaque élément d'une quantité égale d'eau, ou d'un autre produit qui n'est pas sous pression. Le CGEM doit être rempli de façon que sa masse approche le plus possible de sa masse maximale nominale (R) mais au plus 97 % de sa capacité volumique. Le CGEM ne doit pas être sous pression pendant l'essai. Il n'est pas obligatoire de remplir un CGEM d'eau lorsque sa tare est égale ou supérieure à 90 % de R.

3.4.2 Mesurer et enregistrer la masse du conteneur prêt pour l'essai.

3.4.3 Orienter le conteneur-à-l'essai de manière qu'il soit soumis aux conditions d'essai les plus difficiles. Installer le conteneur sur la plate-forme d'essai, le plus près possible de l'extrémité soumise aux impacts et le maintenir en place à l'aide des quatre pièces de coin pour empêcher tout mouvement dans toutes les directions. Réduire au minimum tout espace entre les pièces de coin du conteneur-à-l'essai et les dispositifs de fixation à l'extrémité soumise aux chocs de la plate-forme d'essai. En particulier, s'assurer que les masses d'essai d'impact puissent rebondir après l'impact.

3.4.4 Produire un impact (voir l'article 3.2) de manière que, pour un impact unique, la courbe du spectre de réponse aux chocs (SRC, voir l'article 3.5.1) d'essai aux deux pièces de coin soit égale ou supérieure au SRC minimal indiqué à la figure 1 pour toutes les fréquences se trouvant entre 3 et 100 Hz. Des impacts répétés peuvent être nécessaires pour atteindre ce résultat, mais les résultats de chaque impact doivent être évalués individuellement.

3.4.5 À la suite d'un impact décrit au 3.4.4, examiner le conteneur-à-l'essai et enregistrer les résultats. Pour réussir l'essai le conteneur ne doit montrer ni fuite ni déformation ou dommage permanent qui le rendrait impropre à l'usage et doit répondre aux exigences visant la manutention, l'arrimage et le transbordement entre moyens de transport.

3.5 Traitement et analyse des données

3.5.1 Système de réduction des données

a) Réduire les données de chaque canal sur l'historique accélération-temps au spectre de réponse aux chocs, en veillant à ce que les spectres soient présentés sous forme d'une accélération statique équivalente en fonction de la fréquence. La valeur absolue maximale de crête d'accélération sera enregistrée pour chacun des points de coupure spécifiés. La réduction des données doit se faire selon les critères suivants:

- i) Si nécessaire, des données corrigées sur l'historique accélération-temps seront produites à l'aide de la procédure indiquée au 3.5.2;
- ii) Les données sur l'historique accélération-temps comprennent la période qui commence 0,05 seconde avant le début de l'impact et qui se termine 2,0 secondes après la fin de l'impact;
- iii) L'analyse doit porter sur la plage de fréquences de 2 à 100 Hz et les points de la courbe de réponse aux chocs doivent être calculés à des points de coupure au minimum de 1/30 d'octave. Chaque point ou intervalle de coupure dans la plage constitue une fréquence naturelle;
- iv) Un rapport d'amortissement de 5 % doit être utilisé dans l'analyse.

b) Faire un calcul des points de la courbe de réponse aux chocs de la manière indiquée ci-après. Pour chaque intervalle de coupure:

- i) Calculer une matrice des valeurs de déplacement relatives en utilisant tous les points de données tirés de l'historique accélération-temps d'entrée à l'aide de l'équation suivante:

$$\xi_i = -\frac{\Delta t}{\omega_d} \sum_{k=0}^i \ddot{X}_k e^{-\zeta \omega_n \Delta t (i-k)} \sin[\omega_d \Delta t (i-k)]$$

où:

Δt = intervalle de temps entre les valeurs d'accélération

ω_n = fréquence naturelle non amortie (en radians)

ω_d = fréquence naturelle amortie = $\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$

\ddot{X}_k = k^e valeur des données d'entrée d'accélération

ζ = rapport d'amortissement

i = nombre entier, qui varie entre 1 et le nombre de points de données d'accélération d'entrée

k = paramètre employé en sommation qui varie entre 0 et la valeur actuelle de i

- ii) Calculer une matrice d'accélération relatives en utilisant les valeurs de déplacement obtenues à l'étape i dans l'équation suivante:

$$\xi_i = 2\zeta \omega_n \Delta t \sum_{k=0}^i \ddot{X}_k e^{-\zeta \omega_n \Delta t (i-k)} \cos[\omega_d \Delta t (i-k)] + \omega_n^2 (2\zeta^2 - 1) \xi_i$$

- iii) Conserver la valeur de l'accélération absolue maximale de la matrice générée à l'étape ii pour l'intervalle de fréquences à l'étude. Cette valeur devient le point de la courbe du SRC pour cet intervalle de fréquences particulier. Répéter l'étape i pour chacune des fréquences naturelles jusqu'à ce que tous les intervalles de fréquences naturelles aient été évalués;
- iv) Produire la courbe du spectre de réponses de l'essai de résistance aux chocs.

3.5.2 Méthode de mise à l'échelle des valeurs mesurées de l'historique accélération-temps en vue de compenser l'insuffisance ou le surplus de masse de certains conteneurs

Lorsque la somme de la masse de la charge limite mise à l'essai, plus le poids à vide (tare) du conteneur-à-l'essai, est inférieure à la masse nominale maximale du conteneur-à-l'essai, appliquer un facteur d'échelle aux historiques accélération-temps mesurés pour le conteneur-à-l'essai comme suit:

Calculer les valeurs accélération-temps corrigées, $Acc(t)_{(corrigée)}$, d'après les valeurs accélération-temps mesurées en utilisant la formule suivante:

$$Acc(t)_{(corrigée)} = Acc(t)_{(mesurée)} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\Delta M}{M_1 + M_2}}}$$

où:

$Acc(t)_{(mesurée)}$ = valeur accélération-temps mesurée réelle

M_1 = masse de la plate-forme d'essai, sans le conteneur-à-l'essai

M_2 = masse d'essai réelle (incluant la tare) du conteneur-à-l'essai

R = masse nominale maximale (incluant la tare) du conteneur-à-l'essai

ΔM = $R - M_2$

Les valeurs d'essai du SRC doivent être générées à partir des valeurs de l' $Acc(t)_{(corrigée)}$.

3.6 Instruments défectueux

Si le signal reçu d'un accéléromètre n'est pas fiable, l'épreuve peut être confirmée en utilisant le SRC d'un accéléromètre fiable à la suite de trois impacts consécutifs, à condition que le SRC de chacun des trois impacts soit égal ou supérieur à la courbe SRC minimale.

3.7 Méthode alternative de confirmation de la sévérité de l'épreuve pour les citernes mobiles avec une ossature de 20 pieds de longueur

3.7.1 Si la conception d'un conteneur-à-l'essai est notablement différente de celle d'autres conteneurs ayant réussi cet essai et que les courbes SRC obtenues présentent les caractéristiques voulues mais demeurent en dessous de la courbe SRC minimale, la sévérité de l'essai peut être jugée acceptable après trois chocs successifs exécutés comme suit:

a) Premier impact à une vitesse supérieure à 90 % de la vitesse critique mentionnée au 3.7.2;

b) Second et troisième impacts à une vitesse supérieure à 95 % de la vitesse critique mentionnée au 3.7.2.

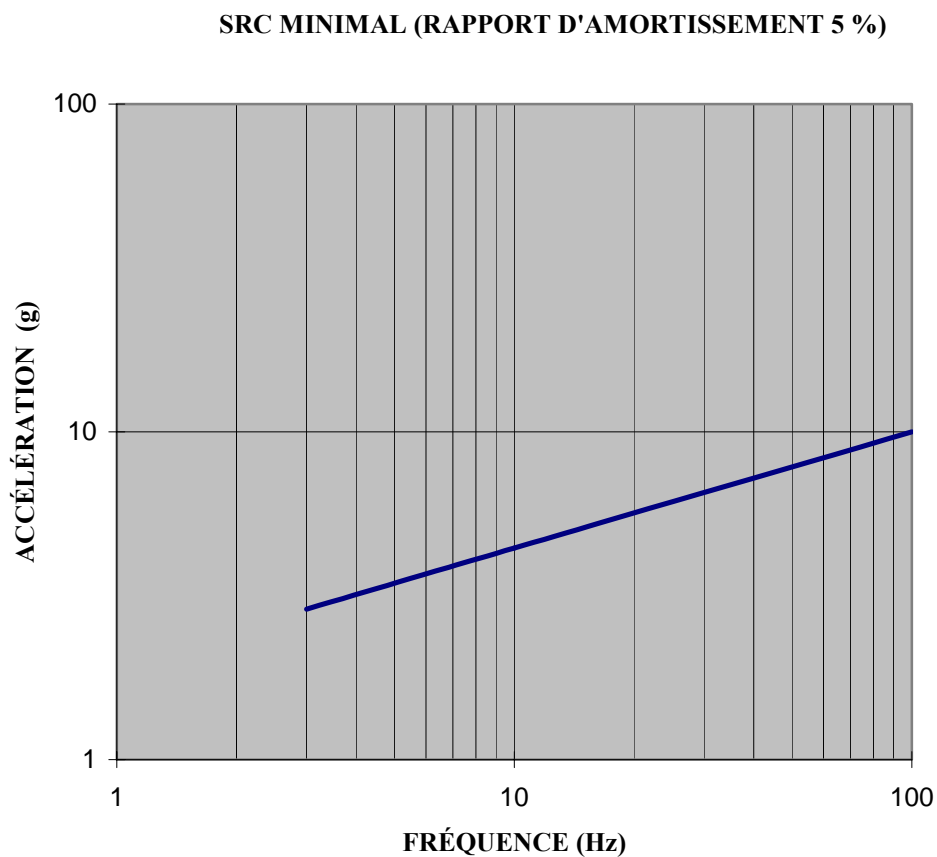
3.7.2 La méthode alternative de confirmation énoncée au 3.7.1 n'est utilisée que si la «vitesse critique» de la plate-forme a été déterminée auparavant. La vitesse critique est la vitesse à laquelle les systèmes amortisseurs de la plate-forme atteignent leur course et leur capacité d'absorption d'énergie maximum au-delà de laquelle la courbe minimale du SRC est normalement atteinte ou dépassée. La vitesse critique aura été déterminée à la suite de pas moins de cinq épreuves bien documentées exécutées sur cinq conteneurs différents.

Chacun de ces essais aura été exécuté en utilisant le même équipement, le même système de mesure et le même mode opératoire.

3.8 Enregistrement des données

À tout le moins, enregistrer les données suivantes dans l'application de ce mode opératoire:

- a) Date, heure, température ambiante et emplacement de l'essai;
- b) Masse à vide (tare) du conteneur, masse nominale maximale et masse de la charge utile mise à l'essai;
- c) Nom du fabricant du conteneur-citerne, type de conteneur, numéro d'enregistrement s'il y a lieu, codes de conception homologués et approbations s'il y a lieu;
- d) Masse de la plate-forme d'essai;
- e) Vitesse (vélocité) de l'impact;
- f) Orientation de l'impact par rapport au conteneur-citerne;
- g) Pour chacun des impacts, on doit enregistrer un historique accélération-temps pour chaque pièce de coin instrumentée.

Figure 1: Courbe du SRC minimal

Équation pour générer la courbe du SRC minimal ci-dessus: $ACCÉL = 1,95 FRÉQ^{0,355}$

Tableau 1. Représentation tabulaire de certains points de données pour la courbe du SRC minimal ci-dessus

FRÉQUENCE (Hz)	ACCÉLÉRATION (g)
3	2,88
10	4,42
100	10,0
