

**QUATRIÈME PARTIE**

**MÉTHODES D'ÉPREUVES APPLICABLES  
AU MATÉRIEL DE TRANSPORT**



## TABLE DES MATIÈRES DE LA QUATRIÈME PARTIE

| <b><u>Section</u></b> |   | <b>Page</b> |
|-----------------------|---|-------------|
| <b>40.</b>            | <b>INTRODUCTION À LA QUATRIÈME PARTIE .....</b>   | <b>423</b>  |
| 40.1                  | OBJET .....   | 423         |
| 40.2                  | DOMAINE D'APPLICATION .....   | 423         |
| <b>41.</b>            | <b>ESSAI DYNAMIQUE DE RÉSISTANCE AUX IMPACTS LONGITUDINAUX<br/>DES CITERNES MOBILES ET DES CONTENEURS À GAZ À ÉLÉMENTS<br/>MULTIPLES (CGEM) .....</b> | <b>425</b>  |
| 41.1                  | GÉNÉRALITÉS .....   | 425         |
| 41.2                  | VARIATIONS AUTORISÉES AUX CONCEPTIONS EXISTANTES.....   | 425         |
| 41.3                  | APPAREILLAGE D'ESSAI .....  | 426         |



## **SECTION 40**

### **INTRODUCTION À LA QUATRIÈME PARTIE**

#### **40.1           Objet**

40.1.1           La quatrième partie du Manuel présente le système ONU pour l'essai dynamique de résistance aux impacts longitudinaux des citernes mobiles et CGEM (voir section 41 du présent Manuel et paragraphes 6.7.2.19.1, 6.7.3.15.1, 6.7.4.14.1 et 6.7.5.12.1 du Règlement type).

#### **40.2           Domaine d'application**

40.2.1           Les méthodes d'épreuves de la présente partie doivent être appliquées lorsque cela est requis par le Règlement type.



## SECTION 41

### ESSAI DYNAMIQUE DE RÉSISTANCE AUX IMPACTS LONGITUDINAUX DES CITERNES MOBILES ET DES CONTENEURS À GAZ À ÉLÉMENTS MULTIPLES (CGEM)

#### 41.1 Généralités

41.1.1 Cette méthode d'épreuve vise à prouver l'aptitude des citernes mobiles et CGEM à supporter les effets d'un impact longitudinal, comme prescrit par les paragraphes 6.7.2.19.1, 6.7.3.15.1, 6.7.4.14.1 et 6.7.5.12.1 du Règlement type.

41.1.2 Un prototype représentant chaque modèle de citerne mobile et de CGEM répondant à la définition de "conteneur" dans la Convention internationale sur la sécurité des conteneurs (CSC) de 1972, telle que modifiée, 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.

#### 41.2 Variations autorisées aux conceptions existantes

Les variations suivantes apportées au type de conteneur par rapport au prototype déjà éprouvé et approuvé sont autorisées sans épreuve supplémentaire:

##### 41.2.1 *Citernes mobiles*

- a) Une réduction de la capacité ne dépassant pas 10 % ou une augmentation de la capacité ne dépassant pas 20 %, découlant de changements de diamètre et de longueur;
- b) Une diminution de la masse brute maximale admissible;
- c) Une augmentation de l'épaisseur des parois, sans variation de la pression et de la température de calcul;
- d) Un changement de la qualité des matériaux de construction, à condition que la limite d'élasticité autorisée soit égale ou supérieure à celle de la citerne mobile éprouvée;
- e) Un changement d'emplacement ou une modification des ajutages et des trous d'homme.

##### 41.2.2 *CGEM*

- a) Une diminution de la température de calcul initiale maximale, sans variation de l'épaisseur;
- b) Une augmentation de la température de calcul initiale minimale, sans variation de l'épaisseur;
- c) Une diminution de la masse brute maximale;
- d) Une réduction de la capacité, ne dépassant pas 10 %, découlant seulement de changements de diamètre ou de longueur;

- e) Un changement d'emplacement ou une modification des ajutages 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 brise-flots;
- g) Une augmentation de l'épaisseur de paroi, à condition que l'épaisseur demeure à l'intérieur de la fourchette permise par les spécifications des procédures de soudage;
- h) Une diminution de la pression de service maximale autorisée, ou de la pression de service maximale sans variation de l'épaisseur;
- i) Une augmentation de l'efficacité du système d'isolation par l'utilisation:
  - i) soit d'une épaisseur supérieure du même matériau isolant;
  - ii) soit de la même épaisseur d'un matériau isolant différent offrant de meilleures propriétés isolantes;
- j) Un changement de l'équipement de service à condition que l'équipement de service non éprouvé:
  - i) soit situé au même endroit et atteigne ou dépasse le niveau de performance offert par l'équipement du prototype éprouvé; et
  - ii) soit approximativement de mêmes dimensions et de même masse que l'équipement du prototype éprouvé;
- k) L'utilisation d'un matériau d'un même type mais de qualité différente pour la construction du réservoir ou du bâti, à condition que, à la fois:
  - i) Les résultats des calculs de conception pour ce matériau de qualité différente, basés sur les valeurs de résistance mécanique les plus défavorables pour ce matériau, sont équivalents ou supérieurs aux résultats des calculs de conception pour le matériau du prototype;
  - ii) Les spécifications des procédures de soudage permettant l'utilisation de ce matériau de qualité différente.

### **41.3 Appareillage d'essai**

#### **41.3.1 Plate-forme d'essai**

La plate-forme d'essai peut être toute structure appropriée capable de résister, sans dommage important, à un choc de l'intensité prescrite, le conteneur à l'essai étant fixé solidement en place. La plate-forme d'essai doit être:

- a) configurée de manière que le conteneur à l'essai puisse être installé 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 1161:1984 (Conteneurs de la série 1 – Pièces de coin – Spécifications);
- c) équipée d'un dispositif d'amortissement destiné à permettre une durée d'impact convenable.



### **41.3.2**      *Production de l'impact*

41.3.2.1      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.

41.3.2.2      Lorsque la masse stationnaire est constituée de deux véhicules ferroviaires ou plus accouplés, 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.

### **41.3.3**      *Système de mesure et d'enregistrement*

41.3.3.1      À moins d'indication contraire, le système de mesure et d'enregistrement doit être conforme à la norme ISO 6487:2002 (Véhicules routiers – Techniques de mesurage lors des essais de chocs – Instrumentation).

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

- a)      Deux accéléromètres à plage d'amplitude 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 coupe 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.

### **41.3.4**      *Mode opératoire*

41.3.4.1      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.

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

41.3.4.3 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.

41.3.4.4 Produire un impact (voir 41.3.2) de manière que, pour un impact unique, la courbe du spectre de réponse aux chocs (SRC, voir 41.3.5.1) 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.

41.3.4.5 À la suite d'un impact décrit au 41.3.4.4, 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.

### **41.3.5** *Traitement et analyse des données*

#### 41.3.5.1 *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 41.3.5.2;
  - 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:

$\Delta t$  = intervalle de temps entre les valeurs d'accélération

$\omega_n$  = fréquence naturelle non amortie (en radians)

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

$\ddot{X}_k$  = k<sup>e</sup> valeur des données d'entrée d'accélération

$\zeta$  = 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:

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

- 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.

#### 41.3.5.2 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 la masse 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

$\Delta M$  =  $R - M_2$

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

#### **41.3.6            *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.

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

41.3.7.1            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 41.3.7.2;
- b)    Second et troisième impacts à une vitesse supérieure à 95 % de la vitesse critique mentionnée au 41.3.7.2.

41.3.7.2            La méthode alternative de confirmation énoncée au 41.3.7.1 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.

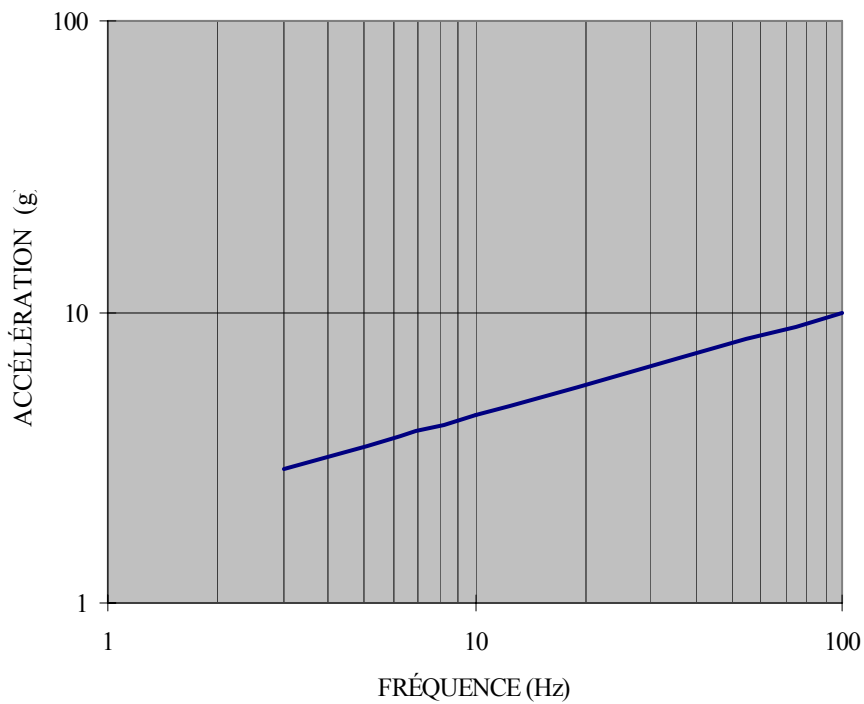
#### **41.3.8            *Enregistrement des données***

41.3.8.1            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, 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;
- g)    Pour chacun des impacts, on doit enregistrer un historique accélération-temps pour chaque pièce de coin instrumentée:

**Figure 41.3.5.1: Courbe du SRC minimal**

SRC MINIMAL (RAPPORT D'AMORTISSEMENT 5 %)



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

**Tableau 41.3.5.1 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             |