

Recommandations relatives au

TRANSPORT DES MARCHANDISES DANGEREUSES

Manuel d'épreuves et de critères

Quatrième édition révisée

Amendement 1



NATIONS UNIES

Recommandations relatives au

TRANSPORT DES MARCHANDISES DANGEREUSES

Manuel d'épreuves et de critères

Quatrième édition révisée

Amendement 1



NATIONS UNIES
New York et Genève, 2005

NOTA

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

ST/SG/AC.10/11/Rev.4/Amend.1

Copyright © Nations Unies, 2005

Tous droits réservés.

Il est interdit de reproduire, de stocker dans un système de recherche de données ou de transmettre sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, électronique, électrostatique, mécanique, enregistrement magnétique, photocopie ou autre, un passage quelconque de la présente publication, aux fins de vente, sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de l'Organisation des Nations Unies.

PUBLICATION DES NATIONS UNIES

Numéro de vente : F.05.VIII.4

ISBN 92-1-239100-1

AVANT-PROPOS

Le Manuel d'épreuves et de critères contient des critères, des méthodes d'épreuve et des procédures qu'il convient d'appliquer pour classer les marchandises dangereuses conformément aux dispositions des Parties 2 et 3 du Règlement type annexé aux *Recommandations relatives au transport des marchandises dangereuses*¹ des Nations Unies, et pour classer les produits chimiques qui présentent des dangers physiques conformément au *Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH)*².

En conséquence, il complète également les règlements nationaux et internationaux qui ont été établis sur la base des *Recommandations relatives au transport des marchandises dangereuses* ou du SGH.

Élaboré à l'origine par le Comité d'experts en matière de transport de marchandises dangereuses du Conseil économique et social, qui a adopté la première version en 1984, le Manuel a été régulièrement mis à jour et modifié tous les deux ans. Actuellement, sa mise à jour est effectuée sous l'égide du Comité d'experts du Transport des marchandises dangereuses et du Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques, qui remplace le comité d'origine depuis 2001. La quatrième édition révisée, publiée en 2003, reflète les recommandations de ce nouveau Comité d'experts à sa première session (11 et 12 décembre 2002).

Les amendements qui figurent dans la présente publication ont été adoptés par le Comité à sa deuxième session (10 décembre 2004)³.

Ils comprennent :

- des modifications aux critères relatifs à la classification des mélanges de matières comburantes qui contiennent des matières organiques combustibles ;
- une nouvelle quatrième partie, qui étend le champ d'application du Manuel aux épreuves sur le matériel de transport, avec une section relative à l'essai dynamique de résistance aux impacts longitudinaux des citernes mobiles et des conteneurs à gaz à éléments multiples ;
- un appendice 5 révisé (Exemple de méthode d'essai pour le dimensionnement des dispositifs de décompression).

¹ ST/SG/AC.10/1/Rev.14; Publication des Nations Unies: Numéro de vente: 05.VIII.1.

² ST/SG/AC.10/30/Rev.1; Publication des Nations Unies: Numéro de vente:05.II.E.13.

³ ST/SG/AC.10/32/Add.2.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
AMENDEMENTS À LA SECTION 1	1
AMENDEMENTS À LA SECTION 20.....	1
NOUVELLE PARTIE IV: Méthodes d'épreuves applicables au matériel de transport	2
AMENDEMENTS À L'APPENDICE 5.....	9

AMENDEMENTS À LA QUATRIÈME ÉDITION RÉVISÉE DU MANUEL D'ÉPREUVES ET DE CRITÈRES

SECTION 1

Ajouter le NOTA suivant sous "INTRODUCTION GÉNÉRALE":

"NOTA: La présente introduction générale s'applique uniquement aux première, deuxième et troisième parties du Manuel d'épreuves et de critères et à ses appendices 1 à 6. Au cours de sa seconde session (10 décembre 2004), le Comité d'experts du transport des marchandises dangereuses et du système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques a décidé d'ajouter au Manuel une nouvelle quatrième partie relative aux méthodes d'épreuves applicables au matériel de transport."

DEUXIÈME PARTIE

SECTION 20

20.2.1 b) Modifier comme suit:

"b) s'il s'agit des matières comburantes conformément à la procédure de classement relative à la division 5.1 (voir section 34), à l'exception des mélanges de matières comburantes contenant au moins 5 % de matières organiques combustibles qui relèvent de la procédure de classement définie au Nota ci-dessous;"

Ajouter un nouveau NOTA libellé comme suit:

"NOTA: Les mélanges de matières comburantes satisfaisant aux critères de la division 5.1 qui contiennent au moins 5 % de matières organiques combustibles mais qui ne satisfont pas aux critères définis aux paragraphes a), c), d) ou e) ci-dessus doivent être soumis à la procédure de classement des matières autoréactives.

Les mélanges ayant les propriétés des matières autoréactives de type B à F doivent être classés comme matières autoréactives de la division 4.1.

Les mélanges ayant les propriétés des matières autoréactives du type G conformément au principe énoncé au 20.4.2 g), doivent être considérés aux fins de classement comme des matières de la division 5.1 (voir section 34)."

QUATRIÈME PARTIE

Ajouter une nouvelle quatrième partie comme suit:

"QUATRIÈME PARTIE: MÉTHODES D'ÉPREUVES APPLICABLES AU MATÉRIEL DE TRANSPORT

SECTION 40

INTRODUCTION À LA QUATRIÈME PARTIE

40.1 Objet

40.1.1 La quatrième partie du Manuel d'épreuves 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:

- 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 ajustages 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 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.

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:

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

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'accélérations relatives en utilisant les valeurs de déplacement obtenues à l'étape i dans l'équation suivante:

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

- 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:

$$\begin{aligned} Acc(t)_{(mesurée)} &= \text{valeur accélération-temps mesurée réelle} \\ M_1 &= \text{masse de la plate-forme d'essai, sans le conteneur à l'essai} \\ M_2 &= \text{masse d'essai réelle (incluant la tare) du conteneur à l'essai} \\ R &= \text{masse nominale maximale (incluant la tare) du conteneur à l'essai} \\ \Delta M &= R - M_2 \end{aligned}$$

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.

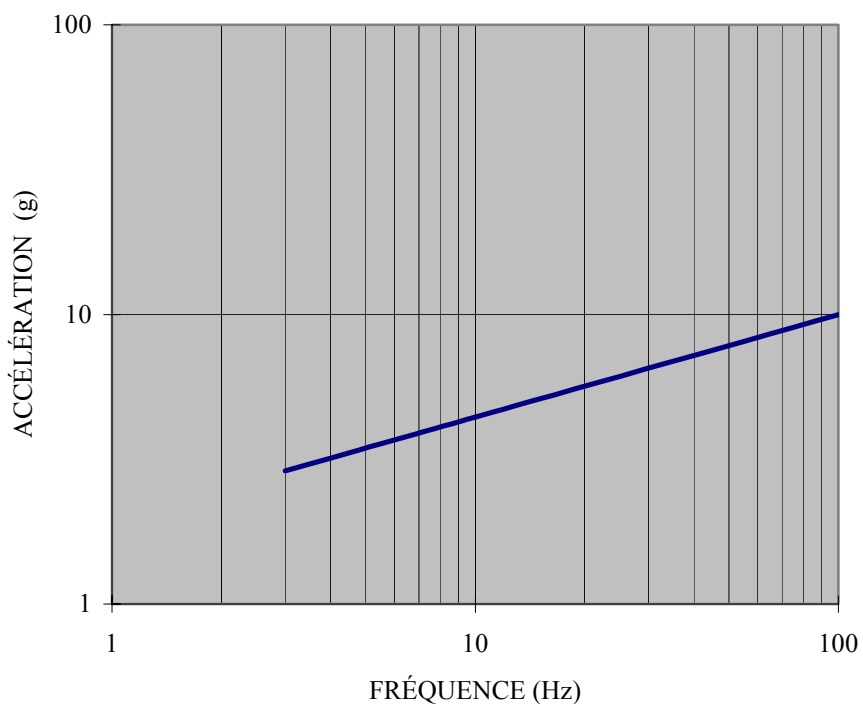
41.3.8 Enregistrement des données

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

APPENDICES

Appendice 5 Remplacer le texte existant par le texte suivant:

"APPENDICE 5**EXEMPLE DE MÉTHODE D'ESSAI POUR LE DIMENSIONNEMENT
DES DISPOSITIFS DE DÉCOMPRESSION****1. Introduction**

L'objet de cette méthode d'essai pour le dimensionnement des dispositifs de décompression, présentée à titre d'exemple, est de déterminer la capacité que doivent avoir les dispositifs de décompression d'urgence dont doit être équipé un GRV ou une citerne affecté au transport d'un peroxyde organique du type F ou d'une matière autoréactive du type F donné(e) ou de préparations à base de ceux-ci. La méthode est fondée sur des données expérimentales qui indiquent que, pour les préparations de peroxydes organiques ou de matières autoréactives, le rapport de la section minimale des dispositifs de décompression d'urgence à la capacité du GRV ou de la citerne est constant et peut être déterminé en utilisant une citerne à échelle réduite de 10 litres de capacité. Lors des essais, la citerne à échelle réduite est chauffée à une température représentative d'une immersion totale d'une citerne dans les flammes ou, dans le cas des GRV ou des citernes à isolation thermique, du transfert thermique à travers l'isolation qui en résulterait avec l'hypothèse d'une perte d'isolation sur 1 % de la surface (voir 4.2.1.13.8 et 4.2.1.13.9 du Règlement type). D'autres méthodes peuvent être utilisées à condition qu'elles reposent sur le principe d'un dimensionnement approprié des dispositifs de décompression d'urgence d'un GRV ou d'une citerne permettant le dégagement de tous les produits résultant d'une décomposition auto-accélérée ou d'une immersion totale de la citerne dans les flammes pour une durée d'au moins une heure.

Attention: *La présente méthode ne tient pas compte de la possibilité d'amorçage d'une déflagration. Si cette possibilité existe, en particulier si l'amorçage dans la phase vapeur peut se propager à la phase liquide, l'on doit exécuter des essais qui tiennent compte de cette éventualité.*

2. Appareillage et matériels

La citerne à échelle réduite est constituée par un réservoir type en acier inoxydable d'un volume brut de 10 l. La partie supérieure de la citerne comporte soit un orifice d'1 mm de diamètre simulant la soupape de décompression du GRV ou de la citerne, soit une soupape de décompression réelle dont le diamètre est déterminé par réduction proportionnelle sur la base du rapport de la section de l'évent au volume de la citerne. Un second orifice représente l'orifice de dégagement d'urgence; il est fermé par un disque de rupture. On peut donner à cet orifice un diamètre variable en utilisant des disques à lumière de différents diamètres. La pression d'éclatement des disques à installer sur le réservoir de 10 l doit être égale à la pression maximale d'éclatement des disques de rupture devant être installés sur le GRV ou la citerne. Cette pression doit être inférieure à la pression d'épreuve de la citerne en question. Normalement, la pression d'éclatement est fixée à une valeur telle que le disque puisse supporter les pressions rencontrées dans les conditions normales de transport: pression hydrostatique du liquide en cas de retournement de la citerne, débordement du contenu, etc. Le réservoir de 10 l doit être muni d'un disque de rupture ayant une pression de tarage de l'ordre de celle du ou des disques équipant la citerne ou le GRV, tels qu'ils sont employés au cours du transport. Pour des raisons de sécurité, il est recommandé de munir le réservoir d'essai d'un disque de rupture supplémentaire (pression d'éclatement d'environ 80 % de la pression de calcul d'un réservoir d'essai de 10 l) avec une grande ouverture permettant un dégagement d'urgence supplémentaire pour le réservoir d'essai au cas où le diamètre de l'orifice choisi serait trop petit.

La surface extérieure du réservoir d'essai est munie, au-dessous du niveau du liquide, d'un enroulement chauffant électrique ou de cartouches chauffantes reliés à une alimentation. Les contenus des réservoirs doivent être chauffés, l'intensité du chauffage étant constante et indépendante de la chaleur produite par le peroxyde organique ou par la matière autoréactive. La résistance de l'enroulement chauffant doit être choisie en fonction de la puissance de l'alimentation disponible de manière à assurer que la vitesse

d'échauffement déterminée par le calcul (voir section 3) puisse être atteinte. Tout le réservoir est calorifugé avec de la laine de roche, du verre cellulaire ou des fibres céramiques.

La température à l'intérieur de la citerne est mesurée au moyen de trois thermocouples dont deux situés dans la phase liquide (en haut et en bas de la phase liquide) et un dans la phase gazeuse. Les deux thermocouples dans la phase liquide servent à vérifier l'homogénéité de l'échauffement. La pression est enregistrée au moyen d'un ou de plusieurs capteurs de pression permettant d'enregistrer aussi bien les variations lentes que les variations rapides (au moins 1 000 points/s) de la pression. Des exemples de réservoir type sont donnés schématiquement à la figure A5.1. Des informations supplémentaires peuvent être obtenues si la citerne est montée sur un plateau conçu pour recueillir toute matière liquide ou solide éjectée.

Les essais doivent être exécutés sur un site d'essai avec une zone de sécurité appropriée. Ils peuvent aussi être exécutés dans un abri bétonné qui doit être muni d'ouvertures permettant l'aération et le dégagement des gaz afin d'éviter une montée en pression à l'intérieur de l'abri. L'équipement électrique dans cet abri doit être antidéflagrant afin de minimiser tout risque d'inflammation. **Cependant, les essais doivent être effectués en partant de l'hypothèse que les produits de la décomposition s'enflammeront.**

3. Calcul de la vitesse d'échauffement à utiliser pour l'essai

Si le GRV ou la citerne n'est pas thermiquement isolée, la densité de flux thermique du réservoir doit être celle définie au paragraphe 4.2.1.13.8 du Règlement type. Si le GRV ou la citerne est thermiquement isolée, le Règlement type stipule que la densité de flux thermique du réservoir doit être équivalente au transfert de flux thermique à travers l'isolant plus la densité du flux thermique du réservoir en tenant compte d'une perte complète de l'isolation sur 1 % de la surface du réservoir.

Les renseignements ci-dessous concernant le GRV ou la citerne et le peroxyde organique ou la matière autoréactive sont nécessaires au calcul de la vitesse d'échauffement:

F_r	= Partie de la citerne directement chauffée (1 si elle n'est pas isolée et 0,01 si elle est isolée)	[-]
M_t	= Masse totale de peroxyde organique ou de matière autoréactive et de diluant	[kg]
K	= Conductivité thermique de la couche d'isolant	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
L	= Épaisseur de la couche d'isolant	[m]
U	= K/L = Coefficient de transfert thermique	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
A	= Surface mouillée du GRV ou de la citerne	[m ²]
C_p	= Chaleur spécifique de la préparation de peroxyde organique ou de matière autoréactive	[J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
T_{po}	= Température de la préparation de peroxyde ou de matière autoréactive au moment de la décompression	[K]
q_i	= Apport indirect de chaleur	[W]
q_d	= Apport direct de chaleur	[W]
F	= Facteur d'isolation	[-]

L'apport de chaleur q_i , (W), par l'intermédiaire de la surface indirectement exposée (partie isolée), est obtenu au moyen des équations (1) et (2) :

$$q_i = 70961 \times F \times [(1 - F_r) \times A]^{0.82} \quad (1)$$

où: F = Facteur d'isolation;

$F = 1$ Pour les réservoirs non isolés; ou

$$F = 2 \times \frac{U(923 - T_{PO})}{47032} \quad \text{pour les réservoirs isolés} \quad (2)$$

Dans le calcul de F , on introduit un coefficient multiplicateur de 2 pour tenir compte d'une perte d'efficacité de l'isolation de 50 % en cas d'accident.

L'apport de chaleur q_d (W), par l'intermédiaire de la surface exposée directement (partie non isolée), se calcule au moyen de l'équation (3):

$$q_d = 70961 \times F \times [F_r \times A]^{0.82} \quad (3)$$

où: F = Facteur d'isolation = 1 (récipient non isolé)

La vitesse d'échauffement globale dT/dt (en K/min) résultant de l'immersion de la citerne dans les flammes s'obtient au moyen de l'équation (4):

$$\frac{dT}{dt} = \frac{(q_i + q_d)}{M_t C_p} \times 60 \quad (4)$$

Exemple 1: citerne isolée

Pour une citerne isolée de 20 m³:

F_r	=	Partie de la citerne directement chauffée	=	0,01
M_t	=	Masse totale de peroxyde organique et de diluant	=	16 268 kg
K	=	Conductivité thermique de la couche d'isolant	=	0,031 W.m ⁻¹ .K ⁻¹
L	=	Épaisseur de la couche d'isolant	=	0,075 m
U	=	K/L = coefficient de transfert thermique	=	0,4 W.m ⁻² .K ⁻¹
A	=	Surface mouillée de la citerne	=	40 m ²
C_p	=	Chaleur spécifique de la préparation de peroxyde organique	=	2 000 J.kg ⁻¹ .K ⁻¹
T_{po}	=	Température du peroxyde au moment de la décompression	=	100 °C

et

$$q_i = 70961 \times 2 \times \frac{0,4 \times (923 - 373)}{47032} \times [(1 - 0,01) \times 40]^{0.82} = 13558 \text{ W}$$

$$q_d = 70961 \times 1 \times [0,01 \times 40]^{0.82} = 33474 \text{ W}$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{(13558 + 33474)}{16268 \times 2000} \times 60 = 0,086 \text{ K} \cdot \text{min}^{-1}$$

Exemple 2: GRV non isolé

Pour un GRV non isolé en acier de 1,2 m³ (apport direct de chaleur q_d , seulement):

F_r	=	Partie de la citerne directement chauffée	=	1
M_t	=	Masse totale de peroxyde organique et de diluant	=	1 012 kg
A	=	Surface mouillée du GRV	=	5,04 m ²
C_p	=	Chaleur spécifique de la préparation de peroxyde organique	=	2 190 J.kg ⁻¹ .K ⁻¹

et

$$q_d = 70961 \times 1 \times [1 \times 5,04]^{0.82} = 267308 \text{ W}$$

$$q_i = 0$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{(0 + 267308)}{1012 \times 2190} \times 60 = 7,2 \text{ K} \cdot \text{min}^{-1}$$

4. Mode opératoire

On remplit le réservoir d'essai de la quantité de peroxyde organique ou de matière autoréactive nécessaire pour obtenir le même degré de remplissage (en pourcentage du volume du réservoir) que celui prévu pour la citerne (taux de remplissage maximal: 90 % en volume). Puis, on met en place le disque à lumière⁴ et le disque de rupture requis. Il, par exemple, est d'usage d'installer quatre disques de rupture de 250 mm de diamètre sur une citerne de 20 tonnes, ce qui se traduit, pour le réservoir d'essai, par un orifice d'un diamètre de 11 mm.

Le réservoir est chauffé à la vitesse voulue au moyen de l'enroulement chauffant. On peut d'abord utiliser une vitesse d'échauffement supérieure à celle déterminée par calcul, jusqu'à ce que l'on atteigne une température de 5 °C supérieure à la température de décomposition auto-accélérée (pour un colis de 50 kg) du peroxyde organique ou de la matière autoréactive. Une fois cette température atteinte, on doit utiliser la vitesse d'échauffement déterminée par calcul. La température et la pression dans le réservoir sont enregistrées pendant tout l'essai. Après éclatement du disque de rupture, on doit poursuivre le chauffage pendant environ 30 minutes supplémentaires afin d'être sûr que tous les effets dangereux ont été mesurés. **On doit rester à distance du réservoir pendant et après l'exécution de l'essai et ne pas s'en approcher avant refroidissement du contenu.**

On fait varier le diamètre d'orifice (si nécessaire) jusqu'à ce que l'on ait déterminé une ouverture convenable pour laquelle la pression maximale enregistrée ne dépasse pas la pression mentionnée à la section 5 intitulée "Critères d'essai et méthodes d'évaluation des résultats". La dimension retenue doit être en rapport avec les options disponibles en pratique sur la citerne, c'est-à-dire des dimensions d'évent plus grandes ou davantage d'évents. Si nécessaire, la concentration du peroxyde organique ou des matières autoréactives peut être diminuée. L'essai doit être exécuté deux fois au niveau pour lequel la surface totale d'évent a une capacité suffisante.

5. Critères d'essai et méthode d'évaluation des résultats

La surface minimale ou appropriée (s'il est acceptable d'utiliser une dimension des orifices de dégagement supérieure à la dimension minimale) peut être calculée à partir de la surface minimale ou appropriée de l'orifice de dégagement qui a été éprouvée au cours de l'essai du réservoir de 10 litres, pour lequel la pression maximale pendant la décompression est:

- Pour les citernes, inférieure ou égale à la pression d'épreuve de la citerne (conformément au 4.2.1.13.4, la citerne sera conçue pour une pression d'épreuve d'au moins 0,4 MPa),
- Pour les GRV, inférieure ou égale à la pression manométrique de 200 kPa, lorsqu'elle est mesurée conformément au 6.5.4.8.4, ou supérieure à cette pression, sous réserve d'agrément par l'autorité compétente,

et les volumes ceux du réservoir type et du GRV ou de la citerne.

La surface totale minimale des orifices de dégagement d'un GRV ou d'une citerne est donnée par les formules suivantes:

$$\text{Pour les GRV: } A_{\text{GRV}} = V_{\text{GRV}} \times \left(A_{\text{réservoir d'essai}} / V_{\text{réservoir d'essai}} \right)$$

$$\text{Pour les citernes: } A_{\text{citerne}} = V_{\text{citerne}} \times \left(A_{\text{réservoir d'essai}} / V_{\text{réservoir d'essai}} \right)$$

⁴ Il est recommandé d'effectuer des essais à petite échelle (100-200 ml) ou des essais en utilisant un réservoir très résistant (pressions de plus de 100 bar) avant d'exécuter l'essai sur le réservoir de 10 litres afin d'obtenir des informations sur l'effet de pression maximum exercé par la matière à l'essai et sur le diamètre de l'orifice qu'il faut prévoir pour le premier essai à l'échelle du réservoir de 10 l.

où:

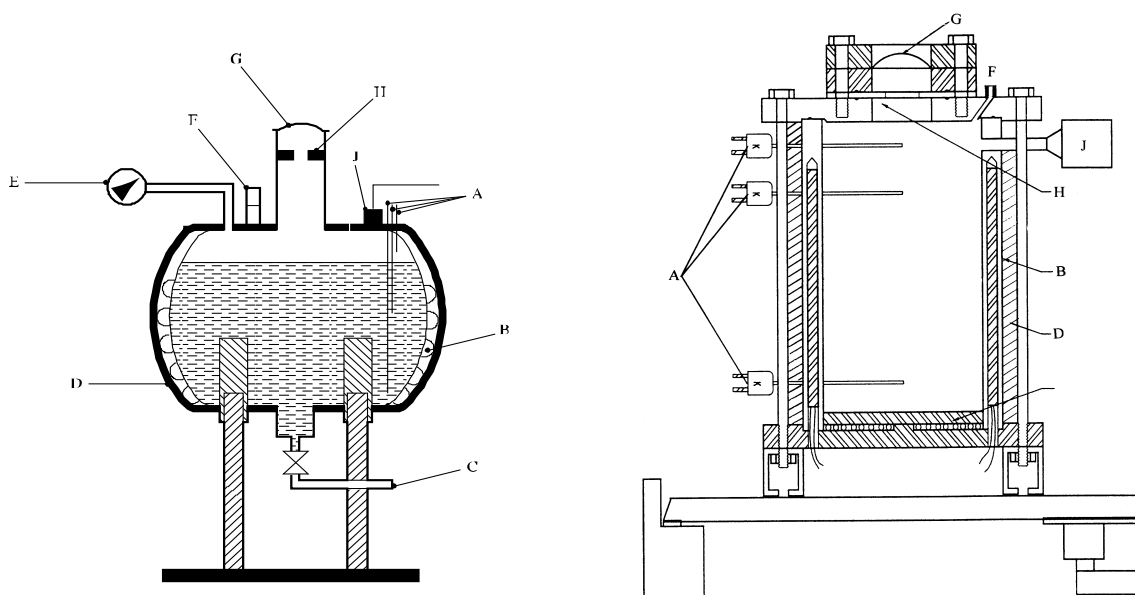
$A_{\text{réservoir d'essai}}$	=	Surface des orifices de dégagement d'un réservoir type de 10 l	=	$[m^2]$
A_{GRV}	=	Surface des orifices de dégagement d'un GRV	=	$[m^2]$
A_{citerne}	=	Surface des orifices de dégagement d'une citerne	=	$[m^2]$
$V_{\text{réservoir d'essai}}$	=	Volume d'un réservoir type de 10 l	=	$[m^3]$
V_{GRV}	=	Volume d'un GRV	=	$[m^3]$
V_{citerne}	=	Volume d'une citerne	=	$[m^3]$

Exemple:

Pour un peroxyde organique type dans une citerne calorifugée de 20 m^3 :

$A_{\text{réservoir d'essai}}$	=	Surface minimale appropriée trouvée par l'essai	=	$9,5 \times 10^{-5}\text{ m}^2$
V_{citerne}	=	Volume de la citerne	=	20 m^3
$V_{\text{réservoir d'essai}}$	=	Volume du réservoir d'essai	=	$0,01\text{ m}^3$

$$A_{\text{citerne}} = 20 \times \left(\frac{9,5 \times 10^{-5}}{0,01} \right) = 0,19\text{ m}^2$$



- (A) Thermocouples (deux dans la phase liquide et un dans la phase vapeur)
- (B) Enroulement chauffant/cartouche chauffante
- (C) Conduite de vidange (facultative)
- (D) Isolation thermique
- (E) Manomètre (facultatif)
- (F) Soupape de décompression (facultative)
- (G) Disque de rupture
- (H) Disque à lumière
- (J) Capteur de pression ou soupape de décompression et capteur en T

Figure A5.1: RÉSERVOIRS TYPE DE 10 L UTILISÉS POUR LES ESSAIS DES DISPOSITIFS DE DÉCOMPRESSION"

