



Conseil économique et social

Distr. générale
7 juillet 2021
Français
Original : anglais et français

Commission économique pour l'Europe

Comité des transports intérieurs

Groupe de travail des transports de marchandises dangereuses

Réunion commune de la Commission d'experts du RID et du Groupe de travail des transports de marchandises dangereuses

Genève, 21 septembre-1^{er} octobre 2021

Point 2 de l'ordre du jour provisoire

Citernes

Développement des prescriptions sur les citernes en matière plastique renforcée de fibres (PRF)

Transmis par le Gouvernement de la France^{*, **, ***}

Introduction

1. Suite au document ECE/TRANS/WP.15/AC.1/2021/5, la France a proposé dans le document ECE/TRANS/WP.15/AC.1/HAR/2021/3 d'adapter les prescriptions existantes du Chapitre 6.9 du RID/ADR aux développements techniques dans ce domaine sur la base des prescriptions adoptées pour le Règlement type.
2. Avec l'introduction du nouveau chapitre 6.9 pour les citernes mobiles en PRF, le chapitre 6.9 existant du RID/ADR deviendrait le chapitre 6.13.
3. Au cours de la discussion du Groupe de travail spécial de l'harmonisation sur cette question, il a été recommandé d'éviter la duplication de texte et de se référer à certaines prescriptions du nouveau chapitre 6.9.
4. La proposition ci-après est fondée sur le document ECE/TRANS/WP.15/AC.1/HAR/2021/3 révisé pour tenir compte de ce principe.

* A/75/6 (Sect.20), para 20.51.

** Diffusée par l'Organisation intergouvernementale pour les transports internationaux ferroviaires (OTIF) sous la cote OTIF/RID/RC/2021/43.

*** : Il a été convenu que le présent document serait publié après la date normale de publication en raison de circonstances indépendantes de la volonté du soumetteur.

Proposition

5. Remplacer le chapitre 6.9 par le chapitre 6.13 comme suit. Par rapport au chapitre 6.9 existant, le texte supplémentaire apparaît souligné et le texte supprimé est barré.

CHAPITRE 6.139

PRESCRIPTIONS RELATIVES À LA CONCEPTION, À LA CONSTRUCTION, AUX ÉQUIPEMENTS, À L'AGRÈMENT DE TYPE, AUX ÉPREUVES ET AU MARQUAGE DES CITERNES FIXES (VÉHICULES-CITERNES), ET CITERNES DÉMONTABLES, ~~CONTENEURS-CITERNES ET CAISSES MOBILES-CITERNES~~ EN MATIÈRE PLASTIQUE RENFORCÉE DE FIBRES

NOTA: *Pour les citernes mobiles et les conteneurs à gaz à éléments multiples (CGEM) "UN", voir chapitre 6.7; pour les citernes mobiles en PRF, voir chapitre 6.9; pour les citernes fixes (véhicules-citernes), citernes démontables, conteneurs-citernes et caisses mobiles citernes dont les réservoirs sont construits en matériaux métalliques, ainsi que les véhicules-batteries et conteneurs à gaz à éléments multiples (CGEM) autres que les CGEM "UN", voir chapitre 6.8; pour les citernes à déchets opérant sous vide voir chapitre 6.10.*

6.139.1 Généralités

- 6.139.1.1 Les citernes en matière plastique renforcée de fibres (PRF) doivent être conçues, fabriquées et soumises à des épreuves conformément à un programme d'assurance de qualité ~~conformément au 6.9.2.2.2 reconnu par l'autorité compétente~~; en particulier, le travail de stratification et de pose des traitements thermoplastiques ne doit être entrepris que par un personnel qualifié, selon une procédure reconnue par l'autorité compétente.
- 6.139.1.2 Pour la conception des citernes en ~~PRF matière plastique renforcée de fibres~~ et les épreuves qu'elles doivent subir, les prescriptions des 6.8.2.1.1, 6.8.2.1.7, 6.8.2.1.13, 6.8.2.1.14 a) et b), 6.8.2.1.25, 6.8.2.1.27, 6.8.2.1.28 et 6.8.2.2.3 sont aussi applicables.
- 6.9.1.3 ~~Il ne doit pas être utilisé d'élément chauffant pour les citernes en matière plastique renforcée de fibres~~
- 6.139.1.34 La stabilité des véhicules-citernes est soumise aux prescriptions du 9.7.5.1.

6.139.2 Construction

- 6.139.2.1 Les réservoirs ~~en PRF~~ doivent être conçus et construits conformément aux prescriptions des ~~6.9.2.2.3.2 à 6.9.2.2.3.7 et 6.9.2.3.6, faits de matériaux appropriés qui doivent être compatibles avec les matières devant être transportées à des températures de service comprises entre -40 °C et +50 °C, à moins que d'autres gammes de température ne soient spécifiées pour des conditions climatiques particulières par l'autorité compétente du pays où s'effectue le transport.~~
- 6.9.2.2 Les parois des réservoirs doivent comprendre les trois éléments suivants:
- revêtement interne;
 - couche structurale;
 - couche externe.
- 6.9.2.2.1 ~~Le revêtement interne est la paroi intérieure du réservoir constituant la première barrière destinée à opposer une résistance chimique de longue durée aux matières transportées et à empêcher toute réaction dangereuse avec le contenu de la citerne, la formation de composés dangereux et tout affaiblissement important de la couche structurale dû à la diffusion des matières à travers le revêtement interne.~~
- ~~Le revêtement interne peut être un revêtement en matière plastique renforcée de fibres ou un revêtement thermoplastique.~~
- 6.9.2.2.2 Les revêtements en matière plastique renforcée de fibres doivent comprendre:
- a) — une couche superficielle ("gel coat"): une couche superficielle à forte teneur en résine, renforcée par un voile compatible avec la résine et le contenu utilisés. Cette couche

ne doit pas avoir une teneur fibreuse de plus de 30% en masse et son épaisseur doit être comprise entre 0,25 et 0,60 mm;

- b) ~~une (des) couche(s) de renforcement: une ou plusieurs couches d'une épaisseur minimum de 2 mm, contenant un mat de verre ou à fils coupés d'au moins 900 g/m², et d'une teneur en verre d'au moins 30% en masse, à moins qu'il soit prouvé qu'une teneur en verre inférieure offre le même degré de sécurité.~~

6.9.2.2.3 Les revêtements thermoplastiques doivent être constitués de feuilles thermoplastiques mentionnées au 6.9.2.3.4, soudées les unes aux autres dans la forme requise, auxquelles doivent être liées les couches structurales. Une liaison durable entre les revêtements et la couche structurale doit être obtenue au moyen d'une colle appropriée.

NOTA: ~~Pour le transport de liquides inflammables, la couche interne peut être soumise à des prescriptions supplémentaires conformément au 6.9.2.14, afin d'empêcher l'accumulation de charges électriques.~~

6.139.2.2.4 La couche structurale du réservoir est l'élément spécialement ~~expressément~~ conçu selon les 6.139.2.4 et à 6.139.2.56 pour résister aux contraintes mécaniques. Cette partie comprend normalement plusieurs couches renforcées par des fibres disposées selon des orientations déterminées.

6.139.2.2.15 La couche externe de résine ou de peinture est la partie du réservoir qui est directement exposée à l'atmosphère. Elle doit être constituée d'une couche à forte teneur en résine, d'une épaisseur minimale de 0,2 mm. Les épaisseurs de plus de 0,5 mm exigent l'utilisation d'un mat. Cette couche doit avoir une teneur en verre de moins de 30% en masse et être capable de résister aux conditions extérieures, notamment à des contacts occasionnels avec la matière transportée. La résine doit contenir des charges ou adjuvants comme protection contre la détérioration de la couche structurale du réservoir par les rayons ultraviolets.

6.139.2.3 *Matières premières*

6.139.2.3.1 Toutes les matières utilisées dans la fabrication de citernes en PRE ~~matière plastique renforcée de fibres~~ doivent avoir une origine et des propriétés connues.

6.139.2.3.2 *Résines*

Les prescriptions du 6.9.2.2.3.10 sont applicables. Le traitement du mélange de résine doit être effectué strictement selon les recommandations du fournisseur. Cela est notamment le cas des durcisseurs, des amorceurs et des accélérateurs. Ces résines peuvent être:

- ~~— des résines polyester non saturées;~~
- ~~— des résines vinylester;~~
- ~~— des résines époxydes;~~
- ~~— des résines phénoliques.~~

~~La température de distorsion thermique de la résine, déterminée conformément à la norme EN ISO 75-1:2013, doit être supérieure d'au moins 20 °C à la température maximale de service de la citerne, mais ne doit pas être inférieure à 70 °C.~~

6.139.2.3.3 *Fibres de renforcement*

Les prescriptions du 6.9.2.2.3.11 sont applicables. Le matériau de renforcement des couches structurales doit appartenir à une catégorie appropriée de fibres telles que des fibres de verre du type E ou ECR selon la norme ISO 2078:1993. Pour le revêtement interne, des fibres de verre de type C selon la norme ISO 2078:1993 peuvent être utilisées. Les voiles thermoplastiques ne pourront être utilisés pour le revêtement interne que si leur compatibilité avec le contenu prévu a été prouvée.

6.139.2.3.4 *Matériaux servant au revêtement thermoplastique*

Les revêtements thermoplastiques, tels que le polychlorure de vinyle non plastifié (PVC-U), le polypropylène (PP), le fluorure de polyvinylidène (PVDF), le polytétrafluoroéthylène (PTFE), etc., peuvent être utilisés comme matériaux de revêtement.

6.139.2.3.5 *Adjuvants*

~~Les prescriptions du 6.9.2.2.3.12 sont applicables. Les adjuvants nécessaires pour le traitement de la résine, tels que catalyseurs, accélérateurs, durcisseurs et matières thixotropiques, de même que les matériaux utilisés pour améliorer les caractéristiques de la citerne, tels que charges, colorants, pigments, etc., ne doivent pas affaiblir le matériau, compte tenu de la durée de vie et de la température de fonctionnement prévue selon le type.~~

6.139.2.4 Le réservoir, ses éléments de fixation et son équipement de service et de structure doivent être conçus de façon à résister sans aucune fuite (sauf pour les quantités de gaz s'échappant par les dispositifs de dégazage) pendant la durée de vie prévue selon le type:

- aux charges statiques et dynamiques subies dans des conditions normales de transport;
- aux charges minimales définies aux 6.139.2.5 à 6.139.2.10.

6.139.2.5 Aux pressions indiquées aux 6.8.2.1.14 a) et b) et aux forces de gravité statique, dues au contenu à une densité maximale spécifiée pour le modèle et à un taux de remplissage maximal, les critères de défaillance (FC) dans la direction longitudinale, dans la direction circonférentielle et dans toute autre direction dans le plan des différentes couches du matériau composite ~~la contrainte de calcul σ pour toute couche du réservoir, dans la direction axiale et circonférentielle,~~ ne doivent pas dépasser la valeur suivante:

$$\sigma \leq \frac{R_m}{K}$$

$$FC \leq \frac{1}{K}$$

Où :

~~R_m = la valeur de la résistance à la traction obtenue en prenant la valeur moyenne des résultats des épreuves moins deux fois l'écart normal entre les résultats d'essai. Les épreuves doivent être pratiquées conformément aux prescriptions de la norme EN ISO 527 4:1997 et EN ISO 527 5:2009, sur au moins six échantillons représentatifs du type et de la méthode de construction;~~

$$K = S \times K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

où

K doit avoir une valeur minimale de 4, et

S = le coefficient de sécurité. Pour la conception générale, si les citernes sont signalées dans le tableau A du chapitre 3.2, colonne (12) par un code-citerne qui comporte la lettre "G" dans la deuxième partie (voir sous 4.3.4.1.1), la valeur de S doit être égale ou supérieure à 1,5. Pour les citernes destinées au transport de matières exigeant un niveau de sécurité plus élevé, c'est-à-dire si les citernes sont signalées dans le tableau A du chapitre 3.2 colonne (12) par un code-citerne qui comporte le chiffre "4" dans la deuxième partie (voir sous 4.3.4.1.1), on appliquera la valeur de S multipliée par un coefficient deux, à moins que le réservoir ne dispose d'une protection sous la forme d'une armature métallique complète, y compris des membrures structurales longitudinales et transversales;

K_0 = le facteur de détérioration des propriétés du matériau dû ~~à une déformation au fluage~~ et au vieillissement et résultant de l'action chimique des matières à transporter; il est déterminé par la formule:

$$K_0 = \frac{1}{\alpha\beta}$$

où α est le facteur de ~~déformation~~ fluage et β est le facteur de vieillissement déterminé conformément ~~aux dispositions respectives des 6.13.4.2.2 e) et f) à EN 978:1997 après avoir subi l'épreuve conformément à la norme EN 977:1997.~~ On peut aussi utiliser la valeur prudente de $K_0 = 2$. ~~Afin de déterminer α et β , la déformation initiale correspondra à 2σ .~~ Lorsqu'ils sont utilisés dans le calcul, les facteurs α et β doivent être compris entre 0 et 1;

$K_1 =$ un facteur lié à la température de service et aux propriétés thermiques de la résine; il est déterminé par l'équation suivante avec une valeur minimum de 1:

$$K_1 = 1,25 - 0,0125 (\text{HDT} - 70)$$

où HDT est la température de déformation thermique de la résine, en °C;

$K_2 =$ un facteur lié à la fatigue du matériau; la valeur de $K_2 = 1,75$ sera utilisée en défaut d'autres valeurs agréées avec l'autorité compétente. Pour la conception dynamique exposée au ~~6.8.2.1.2~~ 6.9.2.6, on utilisera la valeur de $K_2 = 1,1$;

$K_3 =$ un facteur lié à la ~~technique du durcissement~~ réticulation de la résine avec les valeurs suivantes:

- ~~1,04~~ 1,1 quand le ~~durcissement~~ la réticulation est obtenue conformément à un procédé agréé et documenté, et que le système de gestion de la qualité décrit au 6.9.2.2.2 comprend le contrôle du degré de réticulation de chaque citerne en PRF en utilisant une méthode de mesure directe, comme indiqué au 6.13.4.2.2 h) i), telle que l'analyse calorimétrique différentielle (ACD) selon la norme EN ISO 11357-2:2016;
- 1,1 quand le formage de la résine thermoplastique ou la réticulation de la résine thermodurcissable est obtenu conformément à un procédé agréé et documenté, et que le système de gestion de la qualité décrit au 6.13.1.2 comprend le contrôle, selon le cas, des caractéristiques de la résine thermoplastique formée ou du degré de réticulation de la résine thermodurcissable, pour chaque citerne en PRF, en utilisant une méthode de mesure indirecte comme indiqué au 6.13.4.2.2 h) ii), telle que le test de Barcol selon la norme ASTM D2583:2013-03 ou EN 59:2016, la HDT selon la norme EN ISO 75-1:2020, l'analyse thermomécanique selon la norme ISO 11359-1:2014, ou l'analyse thermomécanique dynamique selon la norme ISO 6721-11:2019;
- 1,5 dans les autres cas.

Un exercice de validation de la conception s'appuyant sur une analyse numérique et sur des critères pertinents de défaillance des composites doit être entrepris pour vérifier que les contraintes dans les plis du réservoir sont inférieures aux valeurs admissibles. Les critères pertinents de défaillance des composites comprennent, entre autres, les critères Tsai-Wu, Tsai-Hill, Hashin, et Yamada-Sun, la méthode SIFT (Strain Invariant Failure Theory), le critère de déformation maximale ou le critère de contrainte maximale. D'autres critères de résistance sont autorisés, après accord avec l'autorité compétente. La méthode de cet exercice de validation de la conception et ses résultats doivent être communiqués à l'autorité compétente.

Les valeurs admissibles doivent être déterminées sur la base d'expériences visant à établir les paramètres requis en fonction des critères de défaillance choisis, associés au facteur de sécurité K, aux valeurs de résistance mesurées conformément au 6.13.4.2.2 c), et aux critères de déformation maximale prescrits au 6.13.2.6. L'analyse des joints doit être effectuée en fonction des valeurs admissibles déterminées conformément au 6.13.2.10 et des valeurs de résistance mesurées conformément au 6.13.4.2.2 g). Le flambage doit être examiné conformément au 6.9.2.3.6. La conception des ouvertures et des inclusions métalliques doit être examinée conformément au 6.13.2.11.

- 6.139.2.6 Pour les contraintes dynamiques indiquées au 6.8.2.1.2, la contrainte de calcul ne doit pas dépasser la valeur spécifiée au 6.9.2.5, divisée par le facteur α .
 Pour l'une quelconque des contraintes définies aux 6.8.2.1.1 et 6.13.2.5, l'allongement qui en résulte dans une direction quelconque ne doit pas dépasser la plus faible des deux valeurs suivantes : la valeur indiquée dans le tableau ci-après ou un dixième de l'allongement à la rupture de la résine déterminé selon la norme EN ISO 527-2:2012.

Des exemples de limites connues sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Type de résine	Déformation maximale en tension (%)
Polyester non saturée ou phénolique	0,2
Vinylester	0,25
Époxy	0,3
Thermoplastique	Voir 6.13.2.8

- 6.139.2.7 ~~(Supprimé) Pour l'une quelconque des contraintes définies aux 6.9.2.5 et 6.9.2.6, l'allongement qui en résulte dans une direction quelconque ne doit pas dépasser la plus faible des deux valeurs suivantes: 0,2% ou un dixième de l'allongement à la rupture de la résine.~~
- 6.139.2.8 À la pression d'épreuve prescrite qui ne doit pas être inférieure à la pression de calcul selon les 6.8.2.1.14 a) et b), ~~la contrainte~~ l'allongement maximale dans le réservoir ne doit pas être supérieure à l'allongement à la rupture de la résine.
- 6.139.2.9 Le réservoir doit pouvoir résister à l'épreuve de chute de bille, comme spécifié au 6.139.4.3.3, sans aucun dommage visible, interne ou externe.
- 6.139.2.10 Les liaisons adhésives et les éléments superposés dans les joints d'assemblage, y compris ceux des fonds et les joints entre le réservoir et les brise-flots et les cloisons doivent pouvoir résister aux contraintes statiques et dynamiques indiquées ci-dessus. Pour éviter une concentration de contraintes dans les éléments superposés, les pièces raccordées doivent être chanfreinées dans un rapport d'au plus 1/6.

La résistance au cisaillement entre les éléments superposés et les composants de la citerne auxquels ils sont fixés ne doit pas être inférieure à

$$\tau = \gamma \frac{Q}{l} \leq \frac{\tau_R}{K}$$

où:

- τ_R est la résistance interlaminaire au cisaillement conformément à la norme ISO 14130:1997 et Cor 1:2003 tangentielle à la flexion conformément à la norme EN ISO 14125:1998 + AC:2002 + A1:2011 (méthode en trois points) avec un minimum de $\tau_R = 10 \text{ N/mm}^2$, si aucune valeur mesurée n'existe;
- Q est la charge par longueur d'unité que le joint doit pouvoir supporter pour les charges statiques et dynamiques;
- K est le facteur calculé conformément au 6.139.2.5 pour les contraintes statiques et dynamiques;
- l est la longueur des éléments superposés;
- γ est le facteur d'entaille rapportant la contrainte moyenne s'exerçant sur le joint à la contrainte maximale sur le joint au point d'initiation de la rupture.

- 6.139.2.11 L'utilisation de brides métalliques et de leurs fermetures est autorisée pour les réservoirs en PRF, conformément aux prescriptions relatives à la conception énoncées au 6.8.2. Les ouvertures dans le réservoir doivent être renforcées de façon à assurer les mêmes marges de sécurité contre les contraintes statiques et dynamiques spécifiées aux 6.139.2.5 et 6.9.2.6 que celles spécifiées pour le réservoir lui-même. Il doit y avoir aussi peu d'ouvertures que possible. Le rapport des axes des ouvertures ovales ne doit pas être supérieur à 2.

Lorsque les brides ou les composants métalliques sont intégrés au réservoir en PRF par collage, la méthode de caractérisation énoncée au 6.13.2.10 doit alors s'appliquer au joint placé entre le métal et la matière PRF. Lorsque les brides ou les composants métalliques sont fixés d'une autre manière, par exemple au moyen d'éléments de fixation filetés, les dispositions pertinentes de la norme relative aux récipients à pression doivent alors s'appliquer.

6.139.2.12 La conception des brides et des tuyauteries fixées au réservoir doit aussi tenir compte des forces de manutention et du serrage des boulons.

6.13.2.x La résistance du réservoir doit être calculée au moyen de la méthode des éléments finis en simulant les différentes couches du réservoir, les joints entre le réservoir en PRF, les attaches, les équipements de structure et les ouvertures.

6.139.2.13 La citerne doit être conçue pour résister, sans fuite conséquente, aux effets d'une immersion totale dans les flammes pendant 30 minutes comme stipulé dans les dispositions relatives aux épreuves du 6.139.4.3.4. Il n'est pas nécessaire de procéder aux épreuves, avec l'accord de l'autorité compétente, lorsqu'une preuve suffisante peut être apportée par des épreuves avec des modèles de citernes comparables.

6.139.2.14 *Prescriptions particulières pour le transport de matières ayant un point d'éclair ne dépassant pas 60 °C*

6.13.2.14.1 ~~Les citernes en PRF matière plastique renforcée de fibres pour le transport de matières ayant un point d'éclair ne dépassant pas 60 °C doivent répondre aux prescriptions du 6.9.2.2.3.14. être construites de façon à éliminer des différentes composantes l'électricité statique et à éviter ainsi l'accumulation de charges dangereuses.~~

6.9.2.14.1 ~~La résistance électrique en surface de l'intérieur et de l'extérieur du réservoir, établie par des mesures, ne doit pas dépasser 10⁹ ohms. Ce résultat peut être obtenu par l'utilisation d'adjuvants dans la résine ou par des feuilles conductrices intercalées par exemple en réseaux métalliques ou en carbone.~~

6.9.2.14.2 ~~La résistance de déchargement à la terre établie par des mesures ne doit pas dépasser 10⁷ ohms.~~

6.9.2.14.3 ~~Tous les éléments du réservoir doivent être raccordés électriquement les uns aux autres, aux parties métalliques de l'équipement de service et de structure de la citerne, ainsi qu'au véhicule. La résistance électrique entre les composants et équipements en contact ne doit pas dépasser 10 ohms.~~

6.139.2.14.24 La résistance électrique en surface et la résistance de déchargement doivent être mesurées une première fois sur toute citerne fabriquée ou sur un échantillon du réservoir selon une procédure reconnue par l'autorité compétente.

6.139.2.14.35 La résistance de déchargement à la terre doit être mesurée sur chaque citerne dans le cadre du contrôle périodique selon une procédure reconnue par l'autorité compétente.

6.139.3 Équipements

6.139.3.1 Les prescriptions des 6.8.2.2.1, 6.8.2.2.2, 6.8.2.2.4 et 6.8.2.2.6 à 6.8.2.2.8 sont applicables.

6.139.3.2 En outre, lorsqu'elles sont indiquées en regard d'une rubrique dans la colonne (13) du tableau A du Chapitre 3.2, les dispositions spéciales du 6.8.4 b) (TE) sont aussi applicables.

6.139.4 Épreuves et agrément du type

6.139.4.1 Pour tout modèle de citerne en ~~PRF matière plastique renforcée de fibres~~, les matériaux servant à sa construction et un prototype représentatif de la citerne doivent être soumis à des épreuves selon les indications ci-après.

6.139.4.2 *Essai des matériaux*

6.139.4.2.1 Pour toute résine utilisée, il convient de déterminer l'allongement à la rupture selon la norme EN ISO 527-2:2012 ~~4:1997~~ ou EN ISO 527-5:2009 et la température de déformation thermique selon la norme EN ISO 75-1:2020~~2013~~.

6.139.4.2.2 Les caractéristiques suivantes doivent être déterminées avec des échantillons découpés dans le réservoir. Des échantillons fabriqués parallèlement ne peuvent être utilisés que s'il n'est pas possible de découper des échantillons dans le réservoir. Tout revêtement doit être préalablement retiré.

Les essais doivent porter sur:

- a) l'épaisseur des couches de la paroi centrale du réservoir et des fonds;
- b) la teneur en (masse) en verre, la composition du verre renfort composite selon la norme EN ISO 1172:1998 ou ISO 14127:2008 ainsi que l'orientation et la disposition des couches de renforcement;
- c) la résistance à la traction, l'allongement à la rupture et les modules d'élasticité selon la norme EN ISO 527-4:1997 ou EN ISO 527-5:2009 dans la direction des contraintes pour les orientations longitudinale et circonférentielle du réservoir. En outre, l'allongement à la rupture de la résine doit être établi au moyen d'ultrasons; Pour les parties du réservoir en PRF, les essais doivent être effectués sur des laminés représentatifs, conformément aux normes EN ISO 527-4:1997 ou EN ISO 527-5:2009, afin de pouvoir évaluer la pertinence du facteur de sécurité (K). Au moins six éprouvettes doivent être utilisées par mesure de la résistance à la traction, la résistance à la traction à retenir étant la moyenne moins deux écarts types;
- d) la résistance à la flexion et à la déformation établies par l'essai de fluage à la flexion selon la norme EN ISO 14125:1998 + AC:2002 + A1:2011 pendant 1 000 heures avec un échantillon d'au moins 50 mm de largeur et une distance entre les supports d'au moins 20 fois l'épaisseur de la paroi ;
- e) En outre, le facteur de déformation fluage α déterminé en prenant le résultat moyen d'au moins deux éprouvettes de la configuration décrite en d), soumis au fluage dans un dispositif de flexion en trois points ou en quatre points à la température maximale de calcul prescrite au 6.13.2.1, pendant 1 000 heures. Chaque éprouvette doit être soumise à l'essai suivant :
 - i) Placer l'éprouvette dans le dispositif de flexion, sans charge, dans un four réglé à la température maximale de calcul et la laisser s'acclimater pendant au moins 60 minutes ;
 - ii) Ajouter une charge à l'éprouvette soumise à l'essai conformément à la norme EN ISO 14125:1998 + AC:2002 + A1:2011, à une contrainte de flexion égale à la contrainte à la rupture déterminée en d) divisée par quatre. Maintenir la charge mécanique à la température maximale de calcul pendant au moins 1 000 heures sans interruption ;
 - iii) Mesurer la déformation initiale six minutes après l'application de la pleine charge prescrite en e) ii). L'éprouvette doit rester sous charge dans l'appareillage d'essai ;
 - iv) Mesurer la déformation finale 1 000 heures après l'application de la pleine charge prescrite en e) ii) ; et
 - v) Calculer le facteur de fluage α en divisant la déformation initiale décrite en e) iii) par la déformation finale décrite en e) iv);

- f) et le facteur de vieillissement β déterminé en prenant le résultat moyen d'au moins deux éprouvettes de la configuration décrite en d), soumises à une charge statique dans un dispositif de flexion en trois points ou en quatre points consécutivement à une immersion dans l'eau à la température maximale de calcul prescrite au 6.13.2.1 pendant 1 000 heures. Chaque éprouvette doit être soumise à l'essai suivant :
- i) Avant l'essai ou le conditionnement, les éprouvettes doivent être séchées dans un four à 80 °C pendant 24 heures ;
 - ii) L'éprouvette doit être soumise à une charge dans un dispositif de flexion en trois points ou en quatre points à température ambiante, conformément à la norme EN ISO 14125:1998 + AC:2002 + A1:2011, à une contrainte de flexion égale à la contrainte maximale déterminée en d) divisée par quatre. Mesurer la déformation initiale six minutes après l'application de la pleine charge. Retirer l'éprouvette de l'appareillage d'essai ;
 - iii) Immerger l'éprouvette sans charge dans l'eau à la température maximale de calcul pendant au moins 1 000 heures sans interruption. À l'issue de cette période de conditionnement, retirer les éprouvettes, les maintenir humides à température ambiante et achever la procédure décrite en f) iv) dans les trois jours ;
 - iv) L'éprouvette doit être soumise à une deuxième série de charges statiques, dans les mêmes conditions qu'en f) ii). Mesurer la déformation finale six minutes après l'application de la pleine charge. Retirer l'éprouvette de l'appareillage d'essai ;
 - v) Calculer le facteur de vieillissement β en divisant la déformation initiale décrite en f) ii) par la déformation finale décrite en f) iv).

~~seront déterminés par cet essai et selon EN 978:1997.~~

6.9.4.2.3

- g) ~~La~~ La résistance au cisaillement entre les couches doit être mesurée en soumettant des échantillons représentatifs à l'essai de traction selon la norme EN ISO 14130:1997;
- h) l'efficacité, selon le cas, des procédés de formage de la résine thermoplastique ou de réticulation et de post-cuisson de la résine thermodurcissable des laminés est déterminée au moyen d'une ou plusieurs des méthodes suivantes :
- i) Mesure directe, selon le cas, des caractéristiques de la résine thermoplastique formée ou du degré de réticulation de la résine thermodurcissable : température de transition vitreuse (T_g) ou température de fusion (T_m) déterminée au moyen de l'analyse calorimétrique différentielle (ACD) selon la norme EN ISO 11357-2:2020 ;
 - ii) Mesure indirecte de la résine thermoplastique formée ou du degré de réticulation de la résine thermodurcissable :
 - HDT déterminée selon la norme EN ISO 75-1:2020 ;
 - T_g ou T_m déterminée en utilisant l'analyse thermomécanique selon la norme ISO 11359-1:2014 ;
 - Analyse thermomécanique dynamique selon la norme ISO 6721-11:2019 ;
 - Test de Barcol selon la norme ASTM D2583:2013-03 ou EN 59:2016.

6.139.4.2.34

~~Les prescriptions du 6.9.2.7.1.3 sur la compatibilité chimique sont applicables. Le réservoir avec les matières à transporter doit être démontrée par une des méthodes suivantes, avec l'approbation de l'autorité compétente. La démonstration doit tenir compte de tous les aspects de la compatibilité des matériaux du réservoir et de ses équipements avec les matières à transporter, y compris la détérioration chimique du réservoir, le déclenchement de réactions critiques par le contenu et les réactions dangereuses entre les deux.~~

- Pour déterminer toute détérioration du réservoir, des échantillons représentatifs doivent être prélevés sur le réservoir avec tout revêtement interne comportant des joints soudés et soumis à l'épreuve de compatibilité chimique selon la norme EN 977:1997 pendant 1 000 heures à 50 °C. Comparée à un échantillon non éprouvé, la perte de résistance et le module d'élasticité mesurés par les essais de résistance à la flexion selon la norme EN 978:1997 ne doivent pas dépasser 25%. Les fissures, les bulles, les piqûres, la séparation des couches et des revêtements, ainsi que la rugosité, ne sont pas admissibles.
- La compatibilité peut aussi être établie d'après les données certifiées et documentées résultant d'expériences positives de compatibilité entre les matières de remplissage et les matériaux du réservoir avec lesquels celles-ci entrent en contact à certaines températures et pendant un certain temps, ainsi que dans d'autres conditions de service.
- Peuvent aussi être utilisées les données publiées dans la documentation spécialisée, les normes ou autres sources, acceptables par l'autorité compétente.

6.139.4.3 *Épreuve du prototype*

Un prototype ~~représentatif~~ de la citerne ~~représentatif~~ doit être soumis aux épreuves spécifiées ci-après. À cette fin, l'équipement de service peut être remplacé par d'autres éléments si nécessaire.

6.139.4.3.1 Le prototype doit être inspecté pour en déterminer la conformité avec les spécifications du modèle. Cette inspection doit comprendre une inspection visuelle interne et externe et la mesure des principales dimensions.

6.139.4.3.2 Le prototype, muni de jauges de contrainte à tous les endroits où une comparaison avec les valeurs théoriques de calcul est nécessaire, doit être soumis aux charges suivantes et les contraintes qui en résultent doivent être enregistrées:

- La citerne doit être remplie d'eau au taux maximal de remplissage. Les résultats des mesures serviront à étalonner les valeurs théoriques conformément au 6.139.2.5;
- La citerne doit être remplie d'eau au taux maximal de remplissage et soumise à des accélérations dans les trois directions imprimées par les essais de conduite et de freinage, le prototype étant fixé à un véhicule. Pour comparer les résultats effectifs aux valeurs théoriques de calcul selon 6.139.2.56, les contraintes enregistrées doivent être extrapolées en fonction du coefficient des accélérations exigées au 6.8.2.1.2 et mesurées;
- La citerne doit être remplie d'eau et soumise à la pression d'épreuve stipulée. Sous cette charge, la citerne ne doit présenter aucun dommage visible et aucune fuite.

6.139.4.3.3 ~~Les prescriptions du 6.9.2.7.1.4 sur prototype doit être soumis à une~~ l'épreuve de chute de ~~bille sont applicables.~~ selon la norme EN 976 1:1997, No 6.6. ~~Aucun dommage visible ne doit se produire à l'intérieur ou à l'extérieur de la citerne.~~

6.139.4.3.4 ~~Les prescriptions du 6.9.2.7.1.5 sur l'épreuve de résistance au feu sont applicables.~~ ~~prototype,~~ avec ses équipements de service et de structure en place et, rempli d'eau à 80% de sa contenance maximale, doit être exposé pendant 30 minutes à une immersion totale dans les flammes obtenues avec un feu ouvert dans un bac rempli de fioul domestique ou tout autre type de feu produisant le même effet. Les dimensions du bac dépasseront celles de la citerne d'au moins 50 cm de chaque côté, et la distance entre le niveau du combustible et la citerne doit être comprise entre 50 et 80 cm. Le reste de la citerne au dessous du niveau du liquide, y compris les ouvertures et fermetures, doit rester étanche, sauf pour de très légers écoulements.

6.139.4.4 *Agrément du type*

6.139.4.4.1 L'autorité compétente ~~ou un organisme désigné par celle-ci~~ doit délivrer, pour chaque nouveau type de citerne, un agrément de type attestant que le modèle est approprié pour

l'utilisation à laquelle il est destiné et répond aux prescriptions concernant la construction et les équipements ainsi qu'aux dispositions spéciales applicables aux matières à transporter.

- 6.139.4.4.2 L'agrément de type doit être établi sur la base des calculs et du procès-verbal d'épreuve, y compris tous les résultats d'essai des matériaux et du prototype et de sa comparaison avec les valeurs théoriques de calcul, et doit mentionner les spécifications relatives au modèle et le programme d'assurance de qualité.
- 6.139.4.4.3 L'agrément de type doit porter sur les matières ou groupes de matières dont la compatibilité avec la citerne est assurée. Leur dénomination chimique ou la rubrique collective correspondante (voir sous 2.1.1.2), leur classe et leur code de classification doivent être indiqués.
- 6.139.4.4.4 Il doit comprendre également les valeurs de calcul théoriques et limites garanties (telles que la durée de vie, la gamme des températures de service, les pressions de service et d'épreuve, les caractéristiques du matériau énoncées et toutes les précautions à prendre pour la fabrication, l'épreuve, l'agrément de type, le marquage et l'utilisation de toute citerne fabriquée conformément au prototype homologué.
- 6.13.4.4.5 Un programme d'inspection de la durée de vie doit être mis en place et prévu dans le manuel d'exploitation, afin de surveiller l'état du réservoir lors des contrôles périodiques. Le programme d'inspection doit mettre l'accent sur les principaux points de contrainte recensés dans l'analyse de la conception effectuée conformément au 6.13.2.5. La méthode d'inspection doit tenir compte du mode de détérioration auquel sont potentiellement exposés les principaux points de contrainte (par exemple, contrainte de traction ou contrainte interlaminaire). L'inspection doit s'effectuer sous forme d'une combinaison de tests visuels et non-destructifs (par exemple, émissions acoustiques, évaluations par ultrasons, analyses thermographiques). Lorsque des éléments chauffants sont utilisés, le programme d'inspection de la durée de vie doit permettre un examen du réservoir ou des points représentatifs pour tenir compte des effets de la surchauffe.

6.139.5 Contrôles

- 6.139.5.1 Pour toute citerne fabriquée conformément au modèle agréé, les essais de matériaux et les contrôles doivent être effectués comme indiqué ci-après.
- 6.139.5.1.1 Les essais de matériaux selon 6.139.4.2.2, à l'exception de l'essai d'étirement de résistance en traction et d'une réduction à 100 heures de la durée d'essai de résistance à la flexion, doivent être effectués avec des échantillons pris sur le réservoir. Des échantillons fabriqués en parallèle ne doivent être utilisés que s'il n'est pas possible de découper des échantillons dans le réservoir. Les valeurs théoriques de calcul approuvées doivent être respectées.
- 6.139.5.1.2 Le contrôle et l'épreuve initiaux visent à vérifier que la construction de la citerne est conforme au système de gestion de la qualité prescrit au 6.9.2.2.2. Les réservoirs et leurs équipements doivent subir, ensemble ou séparément, un contrôle initial avant leur mise en service. Ce contrôle comprendra:
- une vérification de la conformité au modèle homologué;
 - une vérification des caractéristiques de conception;
 - un examen intérieur interne et extérieur externe;
 - une épreuve de pression hydraulique à la pression d'épreuve indiquée sur la plaque prescrite au 6.8.2.5.1;
 - une vérification du fonctionnement de l'équipement;
 - une épreuve d'étanchéité si le réservoir et son équipement ont été soumis séparément à une épreuve de pression.

- 6.139.5.2 Les prescriptions des 6.8.2.4.2 à 6.8.2.4.4 sont applicables au contrôle périodique des citernes. En outre, le contrôle prévu au 6.8.2.4.3 doit comprendre un examen de l'état intérieur ~~interne~~ du réservoir.
- 6.13.5.3 En outre, les contrôles initiaux et périodiques doivent être effectués en application du programme d'inspection de la durée de service et de toute méthode d'inspection associée selon le 6.13.4.4.5.
- 6.139.5.43 Les contrôles et épreuves, conformes aux 6.139.5.1 et 6.139.5.2 doivent être exécutés par l'expert agréé par l'autorité compétente. Des certificats indiquant les résultats de ces opérations doivent être délivrés. Ils doivent renvoyer à la liste des matières dont le transport est autorisé dans cette citerne conformément à ~~la~~ au 6.139.4.4.
- 6.139.6 Marquage**
- 6.139.6.1 Les prescriptions du 6.8.2.5 sont applicables au marquage des citernes en PRF ~~matière plastique renforcée de fibres~~ avec les modifications suivantes:
- la plaque des citernes peut aussi être intégrée au réservoir par stratification ou faite en matières plastiques adéquates;
 - la gamme des températures de calcul doit toujours être indiquée ;
 - lorsqu'un code-citerne est requis conformément au 6.8.2.5.2, la deuxième partie du code-citerne doit indiquer la valeur la plus élevée de la pression de calcul pour la ou les matières dont le transport est autorisé conformément au certificat d'agrément de type.
- 6.13.6.2 Les informations à fournir sur les matériaux sont les suivantes : "Matière de la structure du réservoir : matière plastique renforcée de fibres", le type de fibre de renforcement (par exemple, "Renforcement : verre E"), et le type de résine (par exemple, "Résine vinylester").
- 6.139.6.32 En outre, lorsqu'elles sont indiquées en regard d'une rubrique dans la colonne (13) du tableau A du Chapitre 3.2, les dispositions spéciales du 6.8.4 e) (TM) sont aussi applicables.
-