



---

**Comité d'experts du transport des marchandises dangereuses  
et du Système général harmonisé de classification  
et d'étiquetage des produits chimiques****Sous-Comité d'experts du transport des marchandises dangereuses****Cinquante-deuxième session**

Genève, 27 novembre-6 décembre 2017

Point 6 c) de l'ordre du jour provisoire

**Propositions diverses d'amendements au Règlement type  
pour le transport des marchandises dangereuses :  
citernes mobiles****Citernes mobiles en plastique armé de fibre de verre (FRP)****Communication de l'expert de la Fédération de Russie\*****Introduction**

1. Le transport multimodal de citernes mobiles (notamment de conteneurs-citernes) représente une part importante du transport mondial et se fait essentiellement par voie maritime.
2. Selon le dernier rapport de l'Organisation internationale des conteneurs-citernes (ITCO), le nombre de conteneurs-citernes transportés dans le monde avoisinerait les 458 200, dont 90 % pour le transport de produits chimiques et pétrochimiques.
3. Actuellement, la totalité des citernes des conteneurs-citernes agréés pour le transport multimodal sont faites en métal, essentiellement en acier ou en aluminium.
4. C'est pour cela que, aussi bien les prescriptions du code IMDG de l'Organisation maritime internationale (OMI) que les Recommandations de l'ONU relatives au transport de marchandises dangereuses, Règlement type, applicable aux citernes mobiles agréées pour le transport maritime, ne portent pas sur d'autres matériaux que l'acier et l'aluminium. Dans le même temps, le Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses (RID) et l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route contiennent des dispositions applicables aux citernes fixes (véhicules-citernes), citernes démontables, conteneurs-citernes et caisses mobiles en plastique armé de fibre de verre (FRP).
5. Et pourtant, les progrès récemment réalisés dans la technologie des plastiques armés de fibre de verre (FRP) devraient permettre à ce matériau de remplacer le métal dans les réservoirs de conteneurs-citernes.

---

\* Conformément au programme de travail du Sous-Comité pour la période 2017-2018, approuvé par le Comité à sa huitième session (voir ST/SG/AC.10/C.3/100, par. 98, et ST/SG/AC.10/44, par. 14).



6. Il se trouve qu'actuellement, en raison des besoins croissants de l'industrie dans la Fédération de Russie, on assiste à une croissance régulière des volumes d'acides transportés notamment d'acide chlorhydrique (No ONU 1789).
7. Les conteneurs-citernes en métal ont une durée de service satisfaisante, malgré le contact avec des liquides corrosifs, essentiellement grâce à la qualité de leur revêtement intérieur, alors que ceux en plastique armé n'ont pas besoin de revêtement intérieur.
8. Dans le monde entier, le plastique armé fait la preuve de sa supériorité dans des domaines où le métal était traditionnellement utilisé, par exemple la recherche aérospatiale, l'industrie aéronautique, la construction navale ou encore le génie civil.
9. Les structures en FRP présentent des propriétés physiques et mécaniques supérieures aux structures traditionnelles en métal :
  - Un poids spécifique nettement inférieur (jusqu'à 40 %) ;
  - Une résistance à la corrosion qui lui assure une durée de service pratiquement illimitée ;
  - Une conductivité thermique nettement moindre (jusqu'à 40 %) particulièrement utile pour conserver des produits à une certaine température pendant le transport ;
  - La possibilité de fabriquer plusieurs modèles de citernes avec le même matériau.
10. En outre le FRP présente les autres avantages ci-dessous :
  - Consommation d'énergie réduite pour sa fabrication (ni coulage, ni forgeage, ni soudage) ;
  - Facilité d'entretien ;
  - Produit fini (conteneur-citerne) plus léger et donc augmentation de la charge utile ;
  - Meilleure résistance aux chocs (effet d'amortissement) ;
  - Les conteneurs citernes n'ont pas besoin d'être nettoyés pour enlever les restes de la cargaison précédente.

## **Documents et propositions soumis à l'examen du Sous-Comité**

11. La Fédération de Russie propose d'apporter au Règlement type les mêmes modifications que celles qu'elle a proposées à l'OMI pour le code IMDG.
12. Ces modifications ont pour but d'aligner le Règlement type sur le code IMDG et de permettre une bonne application de leurs prescriptions dans tous les modes de transport.
13. La Fédération de Russie possède désormais une solide expérience en matière de FRP.
14. L'expert de la Fédération de Russie croit fermement que le moment est venu de modifier le Règlement type en y ajoutant des prescriptions concernant la conception, la construction, l'essai et le contrôle de citernes mobiles équipées de réservoirs en FRP.
15. Compte tenu de ce qui précède, le présent document propose de modifier le Règlement type comme suit :
  - Annexe 1 : Modification du paragraphe 4.2.5.2.6 ;
  - Annexe 2 : Modifications du chapitre 6.7 ; et
  - Annexe 3 : Inclusion d'un nouveau chapitre, le chapitre 6.9 intitulé : « Dispositions relatives à la conception, la construction, l'inspection et l'essai des citernes mobiles équipées de réservoirs en plastique armé de fibre de verre destinés au transport des matières des classes ou des divisions 3, 5.1, 6.1, 6.2, 8 et 9.

## **Mesures à prendre**

16. L'expert de la Fédération de Russie invite le Sous-Comité à examiner la question et à modifier le Règlement type en conséquence.

## Annexe I

### Proposition de modifications au 4.2.5.2.6 du Règlement type pour le transport des marchandises dangereuses

Modifier les instructions de transport en citernes mobiles du 4.2.5.2.6 comme suit :

(Les modifications proposées sont en **gras** et les suppressions sont ~~biffées~~)

#### 4.2.5.2.6 Instructions de transport en citernes mobiles

Les instructions de transport en citernes mobiles précisent les prescriptions applicables aux citernes mobiles utilisées pour le transport des matières spécifiques. Les instructions de transport en citernes mobiles T1 à T22 indiquent la pression minimale d'épreuve applicable, l'épaisseur minimale du réservoir (en mm d'acier de référence) **ou l'épaisseur minimum du réservoir en PRP**, ~~et~~ les prescriptions relatives aux dispositifs de décompression et aux orifices en partie basse.

T1 à T22		INSTRUCTIONS DE TRANSPORT EN CITERNES MOBILES			T1 à T22	
Ces instructions s'appliquent aux matières liquides et solides de la classe 1 et des classes 3 à 9. Les dispositions de la section 4.2.1 et les prescriptions de la section 6.7.2 doivent être respectées.						
<b>Les instructions de transport en citernes mobiles équipées d'un réservoir en FRP s'appliquent aux matières liquides des classes ou divisions 3, 5.1, 6.1, 6.2, 8 et 9.</b>						
<b>En outre, les prescriptions du chapitre 6.9 s'appliquent aux citernes mobiles équipées d'un réservoir en FRP.</b>						
Instructions de transport en citernes mobiles	Pression minimale d'épreuve (bar)	Épaisseur minimale du réservoir <sup>c</sup> (en mm d'acier de référence) (voir 6.7.2.4)	Dispositifs de décompression <sup>d</sup> (voir 6.7.2.8)	Orifices en partie basse <sup>b</sup> (voir 6.7.2.6)		
T1	1,5	Voir 6.7.2.4.2	Normaux	Voir 6.7.2.6.2		
T2	1,5	Voir 6.7.2.4.2	Normaux	Voir 6.7.2.6.3		
T3	2,65	Voir 6.7.2.4.2	Normaux	Voir 6.7.2.6.2		
T4	2,65	Voir 6.7.2.4.2	Normaux	Voir 6.7.2.6.3		
T5	2,65	Voir 6.7.2.4.2	Voir 6.7.2.8.3	Non autorisés		
T6	4	Voir 6.7.2.4.2	Normaux	Voir 6.7.2.6.2		
T7	4	Voir 6.7.2.4.2	Normaux	Voir 6.7.2.6.3		
T8	4	Voir 6.7.2.4.2	Normaux	Non autorisés		
T9	4	6 mm	Normaux	Non autorisés		
T10	4	6 mm	Voir 6.7.2.8.3	Non autorisés		
T11	6	Voir 6.7.2.4.2	Normaux	Voir 6.7.2.6.3		
T12	6	Voir 6.7.2.4.2	Voir 6.7.2.8.3	Voir 6.7.2.6.3		
T13	6	6 mm	Normaux	Non autorisés		
T14	6	6 mm	Voir 6.7.2.8.3	Non autorisés		
T15	10	Voir 6.7.2.4.2	Normaux	Voir 6.7.2.6.3		
T16	10	Voir 6.7.2.4.2	Voir 6.7.2.8.3	Voir 6.7.2.6.3		
T17	10	6 mm	Normaux	Voir 6.7.2.6.3		
T18	10	6 mm	Voir 6.7.2.8.3	Voir 6.7.2.6.3		
T19	10	6 mm	Voir 6.7.2.8.3	Non autorisés		

T20	10	8 mm	Voir 6.7.2.8.3	Non autorisés
T21	10	10 mm	Normaux	Non autorisés
T22	10	10 mm	Voir 6.7.2.8.3	Non autorisés

<sup>a</sup> Dans le cas où figure la mention « normaux », toutes les prescriptions du 6.7.2.8 s'appliquent, à l'exception du 6.7.2.8.3.

<sup>b</sup> Si, dans cette colonne, il est indiqué « non autorisés », les orifices en partie basse ne sont pas autorisés lorsque la matière à transporter est une matière liquide (voir 6.7.2.6.1). Lorsque la matière à transporter est une matière solide à toutes les températures pouvant apparaître dans des conditions normales de transport, les orifices en partie basse conformes aux prescriptions du 6.7.2.6.2 sont autorisés.

<sup>c</sup> **Pour les réservoirs en FRP, l'épaisseur minimum est celle prescrite à la section 6.9.5.**

## **Annexe II**

### **Proposition de modification du Règlement type pour le transport des marchandises dangereuses, chapitre 6.7**

Ajouter un nouveau NOTA au début du chapitre 6.7, ainsi conçu :

**NOTA :** Les prescriptions du présent chapitre s'appliquent aussi aux citernes mobiles équipées de réservoirs en FRP dans la mesure indiquée au chapitre 6.9.

## Annexe III

### **Proposition de nouveau chapitre 6.9 à inclure dans le Règlement type pour le transport des marchandises dangereuses**

Après l'actuel chapitre 6.8, ajouter un nouveau chapitre, ainsi libellé :

#### **CHAPITRE 6.9**

#### **PRESCRIPTIONS APPLICABLES À LA CONCEPTION, LA CONSTRUCTION, LA VISITE ET L'ESSAI DES CITERNES MOBILES ÉQUIPÉES DE RÉSERVOIRS EN PLASTIQUE ARMÉ DE FIBRE DE VERRE (FRP), DESTINÉES AU TRANSPORT DE MATIÈRES DES CLASSES OU DES DIVISIONS 3, 5.1, 6.1, 6.2, 8 ET 9**

##### **6.9.1 Application et dispositions générales**

**6.9.1.1** Les dispositions du présent chapitre s'appliquent aux citernes mobiles équipées de réservoirs en FRP, destinées au transport de marchandises dangereuses des classes ou divisions 3, 5.1, 6.1, 6.2, 8 et 9, par tous les modes de transport. Outre les dispositions du présent chapitre et sauf prescriptions contraires, toute citerne mobile équipée d'un réservoir en FRP, utilisée en transport multimodal répondant à la définition d'un « conteneur » aux termes de la Convention internationale sur la sécurité des conteneurs (CSC) de 1972 doit satisfaire aux prescriptions de ladite convention.

**6.9.1.2** Les dispositions du présent chapitre ne s'appliquent pas aux citernes mobiles qui sont manipulées en pleine mer, ni aux citernes mobiles transportées en vertu de l'instruction T50 (voir dispositions du 6.7.3) ou de l'instruction T75 (dispositions du 6.7.4) ni aux conteneurs à gaz à éléments multiples (CGEM) (dispositions du 6.7.5).

**6.9.1.3** Les dispositions du chapitre 4.2 et de la section 6.7.2 s'appliquent aux citernes mobiles équipées d'un réservoir en FRP, à l'exception des dispositions qui concernent exclusivement les citernes mobiles en métal ainsi que des prescriptions supplémentaires figurant dans le présent chapitre.

**6.9.1.4** Compte tenu des progrès scientifiques et techniques, les dispositions techniques du présent chapitre peuvent faire l'objet d'adaptations. Quelles qu'elles soient les adaptations choisies doivent offrir un niveau de sécurité au moins égal à celui offert par les dispositions du présent Règlement, en ce qui concerne la compatibilité avec les matières transportées et la capacité de la citerne mobile à résister aux chocs, à la charge et à un incendie. En transport international, les adaptations concernant les citernes mobiles équipées de réservoirs en FRP doivent être approuvées par les autorités compétentes.

##### **6.9.2 Définitions et dispositions concernant la conception des citernes mobiles et des matériaux utilisés**

###### **6.9.2.1 Définitions**

Aux fins de la présente section, les définitions du 6.7.2.1 s'appliquent sauf les définitions relatives à des matériaux métalliques (« acier à grain fin » « acier doux » et « acier de référence ») utilisés pour la construction du réservoir d'une citerne mobile.

En outre, les définitions ci-après s'appliquent aux citernes mobiles équipées d'un réservoir en plastique armé :

*Plastique armé de fibre de verre (FRP)* est un matériau de construction composé de fibres (matière de charge) et d'un liant plastique (matrice), qui prend forme directement pendant la fabrication des réservoirs des citernes mobiles ;

*Les éléments FRP* sont les fibres (matériaux d'apport) le liant plastique (matrice) les adhésifs et les agrégats ;

*Une nappe* est un moyen de renfort constitué de fibres coupées ou torsadées de façon aléatoire et assemblées en feuilles de longueur et d'épaisseur variables ;

*Un voile* est une nappe fine dont l'épaisseur est habituellement comprise entre 0,18 mm et 0,51 mm, à haut pouvoir absorbant, utilisée dans les plis des produits en FRP nécessitant l'excédent de la matrice polymérique (égalité de la surface, résistance aux produits chimiques, étanchéité, etc.) ;

*Une mèche* est un faisceau de fibres long et étroit ;

*Un revêtement résistant aux produits chimiques* est une couche appliquée sur la surface intérieure d'un réservoir en FRP la protégeant contre l'effet des matières chimiques transportées ;

*Un revêtement* est un élément étanche constitué d'une couche résistant aux produits chimiques et servant de support aux couches de FRP ;

*Les couches structurelles* sont les couches de FRP unidirectionnelles ou bidirectionnelles contenues dans le réservoir d'une citerne mobile conçue pour recevoir des charges lors de son exploitation ou lors d'essais ;

*Une couche de protection antifeu* est une couche recouvrant la surface extérieure du réservoir d'une citerne mobile pour la protéger contre un feu extérieur ;

*Un réservoir en FRP* est un élément clos de forme cylindrique dont l'intérieur est conçu pour le stockage et le transport de matières chimiques liquides ;

*Une citerne en FRP* est une citerne équipée d'un réservoir FRP et d'un équipement de service, de dispositifs de décompression et d'autres équipements ;

*L'enroulement de filaments* est une méthode de fabrication des réservoirs FRP dans laquelle des éléments de renfort continus (filament, bande ou autre), imprégnés d'un liant, soit avant soit pendant l'enroulement, sont placés sur un moule ou un mandrin rotatif et démontable d'une façon précédemment décrite afin de faire face à certaines contraintes. Le moule est généralement une surface de révolution qui peut avoir des fonds ;

*Le trempage à vide* est une méthode de fabrication de réservoirs en FRP par imprégnation de la matière de charge sèche, préalablement mise sous vide, de façon manuelle ou automatique, avec de la résine liquide ;

*Le moulage par transfert de résine* est une méthode de fabrication de réservoirs FRP dans des moules étanches à l'air utilisant l'excès de pression pour l'imprégnation des fibres ;

*Le moulage par contact* est un procédé de moulage du plastique armé dans lequel le matériau de renfort et la résine sont placés sur un moule. La prise se produit soit à la température ambiante à l'aide d'un catalyseur ou à chaud dans un four, sans pression supplémentaire ;

*Les valeurs admissibles de conception* sont des valeurs de propriétés des matériaux déterminées statistiquement, à partir de données d'essai compte tenu des prescriptions réglementant les facteurs de sécurité appliqués aux réservoirs en FRP ;

*Un échantillon-coupon* est un échantillon de réservoir en FRP fabriqué et éprouvé conformément aux normes nationales et/ou internationales pour définir les valeurs admissibles de conception ;

*Un échantillon témoin* est un échantillon de FRP fabriqué parallèlement au réservoir lorsqu'il n'est pas possible de prélever des échantillons directement sur le réservoir ;



*Un échantillon représentatif* est un échantillon prélevé sur le réservoir.

### **6.9.3 Dispositions générales concernant la conception et la construction**

**6.9.3.1** Les dispositions des 6.7.1 et 6.7.2.2 s'appliquent aux citernes mobiles équipées d'un réservoir en FRP, sauf les 6.7.2.2.1, 6.7.2.2.2, 6.7.2.2.3, 6.7.2.2.5, 6.7.2.2.6, 6.7.2.2.9.1, 6.7.2.2.13 (lorsqu'ils concernent un réservoir en FRP) et les 6.7.2.2.14 et 6.7.2.2.17 qui concernent les réservoirs en métal.

**6.9.3.2** Les dispositions ci-après s'appliquent outre le 6.7.2.2.

**6.9.3.2.1** Les réservoirs en FRP doivent être conçus et fabriqués par des sociétés qui appliquent un système de gestion de la qualité agréé par l'autorité compétente et conforme à la norme pour récipients à pression, selon laquelle le réservoir doit être conçu, reconnue par l'autorité compétente, compte tenu des normes nationales et/ou internationales en vigueur.

**6.9.3.2.2** Le réservoir en FRP doit être fixé de façon rigide aux éléments structurels du cadre de la citerne mobile. Ces fixations ne doivent pas occasionner de concentrations dangereuses de contrainte dans la structure du réservoir conformément aux prescriptions formulées dans le présent chapitre.

**6.9.3.2.3** Aucun élément de chauffage n'est autorisé dans les citernes mobiles en FRP.

**6.9.3.2.4** Pendant la construction du réservoir en FRP, seuls des éléments et des matériaux compatibles avec les matières transportées, dans une plage de température comprise entre -40 °C et +50 °C doivent être utilisés.

Dans le cas des citernes mobiles en FRP appelées à être manipulées dans des conditions climatiques plus sévères, la plage de température doit être convenue avec l'autorité compétente.

**6.9.3.2.5** Le réservoir doit être composé des trois éléments suivants :

- Revêtement interne résistant aux produits chimiques :
- Couche structurelle ;
- Couche extérieure.

**6.9.3.2.5.1** Le revêtement intérieur du réservoir sert de première protection durable contre les matières chimiques à transporter, afin d'éviter toute réaction dangereuse avec le contenu ou la formation de composés dangereux et tout affaiblissement de la structure en raison de la pénétration de produits chimiques à travers le revêtement intérieur.

Le revêtement intérieur peut être soit en plastique armé soit en thermoplastique.

Le revêtement en FRP se compose des éléments suivants :

- Couche de surface (« enduit gélifié ») : couche de surface riche en résine, renforcée au moyen d'un voile, compatible avec la résine et son contenu. Cette couche doit avoir une teneur en fibre (en masse) ne dépassant pas 30 % et une épaisseur comprise entre 0,25 mm et 0,60 mm ;
- Couche(s) de renforcement : couche ou couches d'une épaisseur minimum de 2 mm, contenant au minimum 900 g/m<sup>2</sup> de nappe en verre ou de fibres coupées ayant une teneur en verre (en masse) minimum de 30 %, sauf s'il est prouvé qu'une teneur moindre offre une sécurité équivalente.

Les revêtements en thermoplastique doivent être composés de feuilles thermoplastiques telles que celles définies au paragraphe 6.9.3.2.6.3, soudées à la forme désirée, et auxquelles sont fixées les couches structurelles. Afin d'assurer une adhérence durable entre le revêtement et la couche structurelle, il convient d'utiliser un adhésif approprié.

**6.9.3.2.5.2** La couche structurelle du réservoir est la couche spécialement conçue, conformément aux 6.7.2.2.12, 6.9.4.2, 6.9.4.4 et 6.9.4.6 pour supporter les contraintes mécaniques. Cette zone est généralement constituée de plusieurs couches armées, orientées dans des directions bien précises.

**6.9.3.2.5.3** La couche extérieure est la partie du réservoir directement en contact avec l'atmosphère. Elle doit être composée d'une couche riche en résine d'une épaisseur d'au moins 0,2 mm. Lorsque cette épaisseur dépasse 0,5 mm, il faut utiliser une nappe. Cette couche doit avoir une teneur en verre (en masse) inférieure à 30 %.

#### **6.9.3.2.6 Matières premières et composants**

**6.9.3.2.6.1** Résines. La préparation du mélange de résine doit être effectuée dans le strict respect des recommandations du fournisseur, notamment en ce qui concerne l'utilisation de durcisseurs, d'amorceurs et d'accélérateurs. Il peut s'agir :

- De résines polyester non saturées ;
- De résines d'ester vinylique ;
- De résines époxydes ;
- De résines phénoliques.

La température de fléchissement sous charge de la résine, déterminée selon la norme ISO 75-1:1993 doit être supérieure d'au moins 20 °C à la température maximum de service de la citerne, mais ne doit en aucun cas être inférieure à 70 °C.

**6.9.3.2.6.2** Fibres de renforcement. Les fibres utilisées pour renforcer les couches structurelles doivent être de qualité suffisante, par exemple des fibres de verre de type E ou ECR selon la norme ISO 2078:1993. Pour le revêtement intérieur, des fibres de verre de type C selon la norme ISO 2078:1993 peuvent être utilisées. Des voiles thermoplastiques peuvent être utilisés pour le revêtement interne uniquement lorsque leur compatibilité avec le contenu prévu de la citerne a été prouvé.

**6.9.3.2.6.3** Revêtement thermoplastique. Les revêtements thermoplastiques, tels que le chlorure de polyvinyle non plastifié (PVC-U), le polypropylène (PP), le fluorure de polyvinylidène (PVDF), ou encore le polytétrafluoréthylène (PTFE) peuvent aussi être utilisés pour les revêtements intérieurs.

**6.9.3.2.6.4** Additifs. Les additifs nécessaires au traitement de la résine, tels que les catalyseurs, les accélérateurs, les durcisseurs et les substances thixotropes, ainsi que les matériaux utilisés pour améliorer la citerne, tels que la matière de charge, les couleurs ou encore les pigments ne doivent pas affaiblir le matériau, compte tenu de la durée de vie de la citerne et des contraintes de température auxquelles elle sera exposée.

**6.9.3.2.7** Les réservoirs en FRP, leurs fixations et leur équipement de service et leur équipement structurel doivent être conçus pour pouvoir résister aux charges indiquées aux points 6.7.2.2.12, 6.9.4.2, 6.9.4.4 et 6.9.4.6, sans perte de contenu (autre que le gaz qui pourrait s'échapper des soupapes de décompression) pendant la durée de service pour laquelle ils ont été conçus.

**6.9.3.2.8** Les citernes en FRP utilisées pour le transport de liquides inflammables de la classe 3, dont le point d'éclair ne dépasse pas 60 °C doivent être fabriquées de façon à garantir que leurs éléments se déchargent de toute électricité statique dont l'accumulation pourrait être dangereuse.

**6.9.3.2.8.1** La résistance électrique de surface mesurée à l'intérieur et à l'extérieur du réservoir ne doit pas dépasser  $10^9$  ohms. Cette valeur peut être obtenue grâce à l'utilisation d'additifs dans la résine ou l'interposition, entre les lames, de feuilles conductrices, comme des mailles de métal ou de carbone.

**6.9.3.2.8.2** La résistance de la décharge à la terre ne doit pas être supérieure à  $10^7$  ohms.

**6.9.3.2.8.3** Tous les éléments du réservoir doivent être raccordés électriquement entre eux, aux parties métalliques de l'équipement de service et de l'équipement structurel, et au véhicule. La résistance électrique mesurée entre les éléments ou les équipements en contact entre eux ne doit pas dépasser 10 ohms.

**6.9.3.2.9** La citerne doit être conçue pour pouvoir résister, sans fuite significative, à une immersion dans les flammes pendant 30 mn dans les conditions fixées au 6.9.8.2.3.

Avec l'accord de l'autorité compétente, la citerne peut être dispensée de cette épreuve, s'il est prouvé que des citernes de conception comparable l'ont passée avec succès.

#### **6.9.3.2.10 Fabrication des réservoirs en FRP**

**6.9.3.2.10.1** Les réservoirs en FRP doivent être fabriqués par enroulement de filaments, moulage par contact et trempage à vide.

**6.9.3.2.10.1.1** Le poids des fibres de renforcement doit être conforme au poids fixé dans la procédure, avec une tolérance de plus 10 % et moins 0 %. Les réservoirs en FRP peuvent être renforcés au moyen d'un ou de plusieurs des types de fibres indiquées au 6.9.3.2.6.2 et dans la procédure.

**6.9.3.2.10.1.2** La résine utilisée doit être d'un type prévu au 6.9.3.2.6.1. Aucun produit d'appoint, pigment ou teinture ne doit être utilisé, au risque de modifier la couleur naturelle de la résine, sauf si cela est utilisé dans la procédure.

**6.9.3.2.10.2** Procédé de bobinage des filaments. Les couches structurelles du réservoir doivent être fabriquées par bobinage de brins de fibres unidirectionnelles imprégnées.

**6.9.3.2.10.2.1** Pour obtenir des brins continus, les techniques d'enroulement doivent être celles indiquées dans la procédure. Toute méthode d'enroulement qui place les filaments dans le bon sens et qui est prévue dans la procédure peut être utilisée. Les filaments doivent être alignés de façon à résister aux principales contraintes résultant de la pression interne et à d'autres contraintes définies aux 6.7.2.2.12, 6.9.4.2, 6.9.4.4 et 6.9.4.6.

**6.9.3.2.10.2.2** Pendant l'opération d'enroulement, il faut veiller à ce que la tension des filaments soit uniforme dans le réservoir composite.

**6.9.3.2.10.2.3** La vitesse d'enroulement doit être limitée uniquement pour satisfaire aux prescriptions de tension, afin d'appliquer la méthode d'enroulement prescrite et permettre une bonne imprégnation de la résine.

**6.9.3.2.10.2.4** La largeur des bandes et leur espacement doivent être conformes aux prescriptions indiquées dans la procédure.

**6.9.3.2.10.3** Moulage par contact. La structure du réservoir doit être composée de façon aléatoire de filaments courts (25 mm à 100 mm) et de mèches (mèche biaxiale simple ou double) prises dans une matrice de résine

**6.9.3.2.10.3.1** Des nappes plates utilisées pour renforcer des réservoirs cylindriques doivent être disposées en couches séparées qui se chevauchent de façon décalée. De la résine doit être appliquée sur chaque couche de façon à ce qu'elle sèche complètement.

**6.9.3.2.10.4** Trempage à vide. Cette méthode doit être utilisée pour la fabrication de couvercles elliptiques ou hémisphériques du réservoir.

#### **6.9.4 Critères de conception**

**6.9.4.1** Les réservoirs en FRP doivent être de section circulaire et se prêter à des analyses théoriques ou expérimentales des contraintes auxquelles ils sont soumis, au moyen de jauges de contrainte ou de toute autre méthode agréée par l'autorité compétente.

**6.9.4.2** Les réservoirs en FRP doivent être conçus et fabriqués de façon à pouvoir supporter une pression d'essai hydraulique au moins égale à 1,5 fois la pression nominale. Certaines matières font l'objet de dispositions spéciales contenues dans les instructions applicables aux citernes mobiles de la colonne 13 de la Liste des marchandises dangereuses, qui sont décrites dans la section 4.2.5, ou dans la colonne 14 de la Liste des marchandises dangereuses (décrites dans le 4.2.5.3). L'épaisseur minimum des parois des réservoirs en FRP ne doit pas être inférieure à celle prescrite au 6.9.5.

**6.9.4.3** À la pression d'essai prescrite, la contrainte maximum subie par le réservoir ne doit pas être supérieure à l'allongement à la rupture de la résine.

**6.9.4.4** Pour la pression nominale interne et la pression nominale externe, les contraintes statiques définies au 6.7.2.2.12, les contraintes de gravité statique causées par le contenu à la densité maximum prévue et au degré de remplissage maximum et les critères

de résistance doivent être respectés à toutes les couches structurelles du réservoir comme suit :

$$F_1\sigma_{11} + F_2\sigma_{22} + F_{11}\sigma_{11}^2 + F_{22}\sigma_{22}^2 + F_{33}\sigma_{12}^2 + 2F_{12}\sigma_{11}\sigma_{22} < 1$$

où :

$$F_1 = \frac{1}{\sigma_1^+} + \frac{1}{\sigma_1^-}; F_2 = \frac{1}{\sigma_2^+} + \frac{1}{\sigma_2^-}; F_{11} = \frac{1}{\sigma_{11}^+\sigma_1^-};$$

$$F_{22} = \frac{1}{\sigma_2^+\sigma_2^-}; F_{33} = \frac{1}{\bar{\sigma}_{12}^2}; F_{12} = -\frac{1}{2}\sqrt{F_{11}F_{22}},$$

$$\sigma_1^+ = \sigma_{1B}^+ / K; \sigma_1^- = \sigma_{1B}^- / K; \sigma_2^+ = \sigma_{2B}^+ / K;$$

$$\sigma_2^- = \sigma_{2B}^- / K; \bar{\sigma}_{12B} = \sigma_{12B} / K$$

K facteur de sécurité ;

$\sigma_{11}$  contrainte appliquée en travers des fibres d'une couche unidirectionnelle de FRP ;

$\sigma_{22}$  contrainte appliquée en travers des fibres d'une couche unidirectionnelle de FRP ;

$\sigma_{12}$  contrainte de cisaillement exercée sur une couche unidirectionnelle de FRP ;

$\sigma_{1B}^+$  résistance ultime à la traction d'une feuille le long des fibres définies par la norme ISO 527-5:2009 ;

$\sigma_{1B}^-$  résistance ultime à la compression d'une feuille le long des fibres définie par la norme ISO 14126:1999 ;

$\sigma_{2B}^+$  résistance ultime à la traction d'une feuille perpendiculairement aux fibres selon la norme ISO 527-5:2009 ;

$\sigma_{2B}^-$  résistance ultime à la compression d'une feuille perpendiculairement aux fibres selon la norme by ISO 14126:1999 ;

$\sigma_{12B}$  résistance au cisaillement plan selon la norme ISO 14129:1997.

Les épreuves servant à déterminer les caractéristiques mécaniques  $\sigma_1^+$ ,  $\sigma_1^-$ ,  $\sigma_2^+$ ,  $\sigma_2^-$ ,  $\bar{\sigma}_{12B}$  doivent être effectuées conformément aux prescriptions des normes ISO citées, sur au moins six échantillons représentatifs du type de réservoir et de la méthode de construction utilisée ;

La teneur en fibres (en masse) de l'échantillon d'essai doit représenter entre 90 % et 100 % de la teneur minimum prescrite pour le réservoir.

Le calcul des contraintes appliquées  $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{22}$  et  $\sigma_{12}$  sur toute couche structurelle d'un réservoir en FRP doit être effectué selon la méthode des éléments finis.

D'autres méthodes peuvent être utilisées pour le calcul des critères mécaniques, en accord avec l'autorité compétente.

Facteur de sécurité

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

où :

**K<sub>0</sub>** facteur de résistance. Pour la conception générale, **K<sub>0</sub>** doit avoir une valeur au moins égale à 1,5. Pour les citernes destinées au transport de matières nécessitant un supplément de sécurité, la valeur de **K<sub>0</sub>** doit être multipliée par deux, sauf si le réservoir est équipé d'une protection sous la forme d'une armature métallique composé d'éléments longitudinaux et transversaux ;

**K<sub>1</sub>** facteur de détérioration des propriétés du matériau à cause du fluage, du vieillissement et de l'action des produits chimiques transportés. On le calcule au moyen de la formule ci-dessous :

$$K_1 = \frac{1}{\alpha\beta}$$

où «  $\alpha$  » est le facteur de fluage et «  $\beta$  » le facteur de vieillissement selon la norme EN 978:1997 après avoir effectué l'épreuve prescrite dans la norme EN 977:1997. On peut aussi, par précaution, décider que **K<sub>1</sub>** = 2. Pour déterminer les valeurs de  $\alpha$  et  $\beta$ , la déformation initiale doit être égale à  $2\sigma$  ;

**K<sub>2</sub>** facteur concernant la température de service et les propriétés thermiques de la résine, calculé au moyen de l'équation ci-après, avec une valeur minimum de 1 : **K<sub>2</sub>** = 1,25 - 0,0125 (HDT - 70), HDT étant la température de fléchissement sous charge en °C ;

**K<sub>3</sub>** facteur concernant la fatigue du matériau, la valeur de **K<sub>3</sub>** étant égale à 1,75 sauf accord contraire avec l'autorité compétente. Pour la conception dynamique prévue au 6.7.2.2.12, **K<sub>3</sub>** doit être égal à 1,1 ;

**K<sub>4</sub>** facteur concernant la prise, lequel a les valeurs suivantes :

- 1,1 lorsque la prise s'effectue conformément à un protocole agréé et précis ;
- 1,5 dans les autres cas.

**K** doit être au moins égal à 4 pour les contraintes définies aux 6.7.2.2.12, 6.9.4.4 et 6.9.4.6.

**6.9.4.5** À toutes les contraintes définies aux 6.7.2.2.12 et 6.9.4.4, l'allongement dans n'importe quelle direction ne doit pas dépasser 0,2 % ou un dixième de l'allongement à la rupture de la résine selon la norme ISO 527-1:2012, si cette seconde valeur est plus basse.

**6.9.4.6** Dans le cas de la pression extérieure nominale, le facteur minimum de sécurité pour le flambage du réservoir doit être au moins égal à 5.

**6.9.4.7** Les feuilles de recouvrement utilisées dans les joints, notamment les joints des extrémités, les joints des cloisons antireflux et autres cloisons situées à l'intérieur du réservoir doivent pouvoir supporter les contraintes définies aux 6.7.2.2.12, 6.9.4.2, 6.9.4.4 et 6.9.4.6. Afin d'éviter toute concentration de contrainte dans les feuilles superposées, le facteur de conicité appliqué ne doit pas dépasser 1/6. La contrainte de cisaillement entre les feuilles superposées et les éléments de la citerne auxquels elles sont fixées ne doit pas être inférieure à :

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

où :

**$\tau_R$**  est la résistance au cisaillement en flexion selon la norme EN ISO 14125:1998 (méthode trois points) : elle doit être au moins égale à 10 N/mm<sup>2</sup> si aucune valeur mesurée n'est disponible ;

**Q** est la contrainte par unité de largeur de l'interconnexion ;

**K** est le facteur de sécurité déterminé comme prescrit au 6.9.4.4 ;

**K** est le facteur calculé conformément au 6.9.4.4 pour les contraintes statiques et dynamiques ;

**l** est la longueur des feuilles superposées.

D'autres méthodes de calcul des joints peuvent être utilisées à condition qu'elles soient approuvées par l'autorité compétente.

**6.9.4.8** Les ouvertures du réservoir doivent être renforcées afin de garantir la même sécurité face aux contraintes statiques et dynamiques définies aux 6.7.2.2.12, 6.9.4.2, 6.9.4.4 et 6.9.4.6 que le réservoir lui-même. Le nombre de ces ouvertures doit être réduit au minimum. Le rapport d'excentricité des ouvertures de forme ovale ne doit pas être supérieur à 2.

Les forces exercées lors de la manutention et du serrage des boulons devront aussi être prises en considération pour la conception des brides et des tubulures fixés au réservoir.

**6.9.4.9** La résistance du réservoir doit être calculée au moyen de la méthode des éléments finis en simulant les différentes couches du réservoir, la liaison entre ces couches, les moyens de fixation du réservoir à son cadre, les dimensions des trous de visite et les soupapes et autres dispositifs de décompression.

### **6.9.5 Épaisseur minimum des parois des réservoirs**

**6.9.5.1** L'épaisseur minimum des parois et des couvercles des réservoirs en FRP doit être confirmée par des calculs de la résistance du réservoir en respectant les prescriptions du 6.9.4.4.

**6.9.5.2** L'épaisseur minimum des couches structurelles des réservoirs en FRP doit être calculée selon le 6.9.4.4, mais dans tous les cas cette épaisseur doit être au minimum de 6 mm.

### **6.9.6 Éléments des citernes mobiles équipées d'un réservoir en FRP**

**6.9.6.1** Les équipements de service, les ouvertures en partie basse, les soupapes de décompression, les jauges, les supports, les cadres, et les attaches de levage et d'arrimage des citernes mobiles doivent être conformes aux prescriptions des 6.7.2.5 à 6.7.2.17.

### **6.9.7 Agrément de type**

**6.9.7.1** L'agrément de type des citernes mobiles en FRP doit être conforme aux dispositions du 6.7.2.18.

**6.9.7.2** En outre, les dispositions ci-après s'appliquent aux citernes mobiles en FRP :

**6.9.7.2.1** Le rapport d'essai du prototype aux fins de l'agrément de type doit en outre contenir les éléments suivants :

**6.9.7.2.1.1** Les résultats des épreuves réalisées sur le matériau utilisé pour la fabrication des réservoirs en FRP conformément aux dispositions du 6.9.8.2.1 ;

**6.9.7.2.1.2** Les résultats de l'essai de chute selon la norme EN 976-1:1997, n° 6.6 et les dispositions du 6.9.8.2.2 ;

**6.9.7.2.3** Les résultats de l'épreuve de résistance au feu conformément aux dispositions du 6.9.8.2.3.

**6.9.8.1** La visite et l'essai des citernes mobiles en FRP doivent être effectuées conformément aux dispositions du 6.7.2.19.

**6.9.8.2** En outre, les dispositions ci-après s'appliquent aux citernes mobiles en FRP :

**6.9.8.2.1** Épreuves effectuées sur les matériaux :

**6.9.8.2.1.1** Résines. L'élongation en traction de la résine doit être déterminée selon la norme ISO 527-2:2012, et la température de fléchissement sous charge selon la norme ISO 75-1:2013.

**6.9.8.2.1.2** Échantillons représentatifs. Avant les épreuves, les échantillons doivent être débarrassés de tous les produits dont ils ont été enduits. S'il est impossible de prélever directement des échantillons représentatifs sur le réservoir, on utilise des échantillons témoins. Les épreuves doivent porter sur les points suivants :

- a) Épaisseur des feuilles placées au centre du réservoir et à ses extrémités ;
- b) Teneur en masse et composition du verre selon la norme ISO 1172:1996, ainsi qu'orientation et disposition des couches de renfort ;
- c) Résistance à la traction, allongement à la rupture et module d'élasticité selon la norme ISO 527-4:1997 ou ISO 527-5:2009 pour les échantillons prélevés sur le réservoir dans sa largeur ou dans sa longueur ;
- d) Résistance à la flexion et à la déformation établie au moyen de l'épreuve de fluage selon la norme ISO 14125:1998 pendant une période de 1 000 heures effectuée sur un échantillon d'une largeur minimum de 50 mm placé à une distance de son support égale à au moins 20 fois l'épaisseur des parois. En outre, le facteur de fluage  $\alpha$  et le facteur de vieillissement  $\beta$  doivent être déterminés au moyen de cette épreuve selon la norme EN 978:1997 ;
- e) La résistance au cisaillement des joints entre les feuilles doit être mesurée sur des échantillons représentatifs soumis à l'essai de résistance à la traction selon les normes EN ISO 14130:1997.

**6.9.8.2.1.3** Le facteur de fluage  $\alpha$  et le facteur de vieillissement  $\beta$  sont déterminés selon la norme EN 978:1997 et la norme EN 977:1998 est utilisée pour le calcul de la détérioration matérielle du facteur  $K_1$  due au fluage et au vieillissement (6.9.4.4).

**6.9.8.2.1.4** La compatibilité du réservoir avec les matières chimiques qu'il est censé contenir doit être démontrée au moyen d'une des méthodes ci-après, avec l'accord de l'autorité compétente. Cette démonstration doit prendre en considération tous les aspects de la compatibilité du matériau dont sont constitués les réservoirs et ses équipements avec les matières à transporter, notamment la détérioration chimique du réservoir, le déclenchement de réaction critique du contenu et l'apparition de réactions dangereuses entre le réservoir et son contenu.

- a) Pour ce qui concerne la détérioration du réservoir, des échantillons représentatifs de celui-ci, notamment du revêtement intérieur comprenant des soudures, doit être soumis à l'épreuve de compatibilité chimique selon la norme EN 977:1997 pendant une durée de 1 000 heures à 50 °C. Par rapport à un échantillon vierge, la perte de résistance et le module d'élasticité mesurés au moyen de l'épreuve de flexion selon la norme EN 978:1997 ne doit pas dépasser 25 %. L'apparition de fissures, de bulles ou de piqûres ou encore la séparation des couches et le décollement des revêtements, ou la rugosité, ne sont pas acceptables.
- b) D'autres méthodes d'évaluation de la compatibilité chimique peuvent être utilisées avec l'accord de l'autorité compétente.

**6.9.8.2.2** Épreuve de chute selon la norme EN 976-1:1997.

Le prototype doit être soumis à l'épreuve de chute selon la norme EN 976-1:1997, n° 6.6.

Aucun dégât ne doit être visible ni à l'intérieur ni à l'extérieur de la citerne.

**6.9.8.2.3** Épreuve de résistance au feu.

**6.9.8.2.3.1** Le prototype, muni de ses équipements de service et de structure, et rempli d'eau à 80 % de sa contenance maximum, doit être soumis pendant 30 mn à une immersion totale dans les flammes, provenant d'un feu ouvert dans un bac rempli de fioul domestique ou de tout autre type de feu ayant le même effet. Les dimensions du bac dépassent 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 cm et 80 cm. Le reste de la citerne se trouvant sous le niveau du liquide, notamment les ouvertures et les fermetures, doit rester étanche à l'exception de quelques gouttes.

**6.9.9 Marquage**

**6.9.9.1** Les prescriptions du 6.7.2.20.1 s'appliquent aux citernes mobiles équipées d'un réservoir en FRP à l'exception des alinéas d) vi) et f) ii) du 6.7.2.20.1.

**6.9.9.2** Les renseignements demandés à l'alinéa f) i) du 6.7.2.20.1 sont « Réservoir en plastique armé de fibre de verre » et le numéro de référence des caractéristiques techniques du réservoir en FRP ;

**6.9.9.3** En accord avec le client, une plaque métallique indiquant les dégâts d'exploitation admissibles du réservoir en FRP peut être installée en plus.

**6.9.9.4** Les prescriptions du 6.7.2.20.2 s'appliquent aux citernes mobiles équipées d'un réservoir en FRP.

---