



Bouteilles à gaz Luxfer en composite fibre de carbone

## **MANUEL D'UTILISATION DES BOUTEILLES LUXFER LCX**

*Guide d'utilisation, d'entretien et d'inspection périodique en Europe  
des bouteilles Luxfer entièrement bobinées en composite fibre de  
carbone*



Cette page est intentionnellement laissée en blanc

# Table des matières

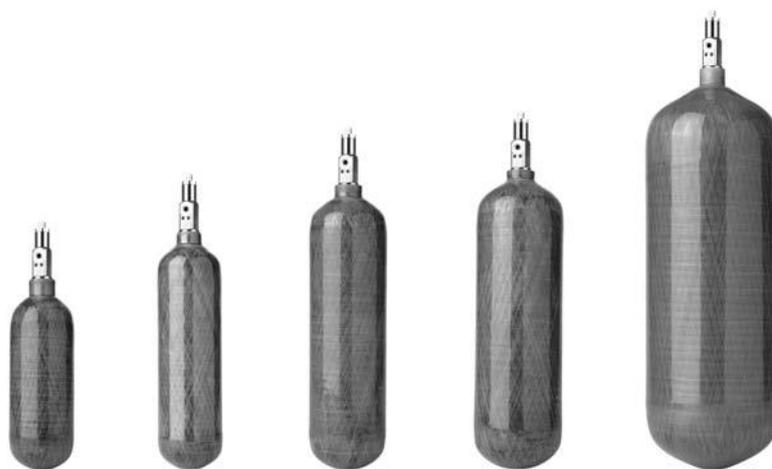
<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>Luxfer : établir un standard mondial</b>	<b>4</b>
<b>1. Conception et spécifications des bouteilles</b>	<b>5</b>
1.1 Directives réglementaires	6
<b>2. Critères de conception et de performance</b>	<b>6</b>
2.1 Critères de conception	6
2.2. Essais de qualification	7
<b>3. Fabrication des bouteilles</b>	<b>8</b>
3.1 Liners en alliage d'aluminium	8
3.2 Inspection	8
3.3 Bobinage composite	8
3.4 Inspection et épreuves sur lots de bouteilles	9
3.5 Autorités de contrôle indépendantes	9
3.6 Marquage et étiquetage	10
<b>4. Utilisation des bouteilles</b>	<b>12</b>
4.1 Indications générales	12
4.2 Gaz approuvés	12
4.3 Remplissage des bouteilles	13
<b>5. Inspection et requalification périodiques</b>	<b>14</b>
5.1 Inspection de l'extérieur	14
5.2 Retrait du robinet	18
5.3 Inspection de l'intérieur de la bouteille	18
5.4 Epreuve sous pression	20
<b>6. Critères d'endommagement des bouteilles</b>	<b>20</b>
6.1 Généralités	20
6.2 Abrasion	21
6.3 Entailles	23
6.4 Chocs	25
6.5 Délaminage	27
6.6 Chaleur ou feu	27
6.7 Endommagement de la structure	30
6.8 Attaque chimique	30
<b>7. Procédure de remise en état</b>	<b>31</b>
<b>8. Opérations finales</b>	<b>33</b>
8.1 Séchage et nettoyage	33
8.2 Remise en peinture	33
8.3 Mise en place du robinet	34
8.4 Destruction des bouteilles condamnées ou périmées	35
<b>Synthèse</b>	<b>36</b>
<b>APPENDICE 1: Exemple d'étiquette</b>	<b>37</b>
<b>APPENDICE 2: Capuchons de protection LCX</b>	<b>38</b>
<b>Références</b>	<b>40</b>

## Introduction

Ce guide est destiné à être utilisé avec les bouteilles à gaz Luxfer entièrement bobinées en composite fibre carbone, fabriquées conformément aux directives européennes « équipements sous pression » (DESP) et « équipements sous pression transportables » (DESPT). Les bouteilles Luxfer haute pression en composite fibre de carbone sont conçues dans un souci de durabilité pour les usages prévus. Néanmoins, comme tout équipement à gaz comprimé, elles doivent être traitées, entretenues et inspectées correctement. Ce manuel d'utilisation aidera un personnel adéquatement formé à utiliser, inspecter et tester périodiquement les bouteilles en composite Luxfer en toute sécurité et de manière efficace.

Votre fournisseur de bouteilles ou votre compagnie gazière devrait vous avoir remis un document concernant le mode de remplissage et les consignes de sécurité pour votre bouteille en composite. Veuillez les suivre à la lettre. N'oubliez pas que vous devez également respecter tous les règlements locaux et nationaux applicables pour le remplissage, l'utilisation, l'entretien, ainsi que les épreuves et les requalifications périodiques de votre bouteille en composite.

Pour toute question concernant la conception, le développement, la qualification, la fabrication ou les épreuves de votre bouteille, consulter [www.luxfercylinders.com](http://www.luxfercylinders.com) ou contacter le service client Luxfer au +33 4 73 23 64 00 ou au +44 115-9803800.



Copyright © 2011 Luxfer Inc. Tous droits réservés. Sauf permission en vertu de la loi sur le copyright de 1976 en vigueur aux États-Unis, il est strictement interdit de reproduire une partie quelconque du présent document, sous quelque forme que ce soit, sans l'autorisation expresse écrite de Luxfer Inc.

## Luxfer : établir un standard mondial

Fondée en 1898, la société Luxfer est le plus grand fabricant mondial de bouteilles haute pression en aluminium et en composite. Sa gamme de produits varie des petites bouteilles en aluminium avec un volume en d'eau d'un litre, aux grosses bouteilles à gaz en composite fibre de carbone dont les volumes peuvent dépasser 320 litres. Luxfer fabrique des bouteilles en composite aux États-Unis, en Europe et en Chine, tandis que ses agences sont réparties dans le monde entier.

Leader du secteur en recherche, développement et innovation, Luxfer détient plusieurs brevets mondiaux portant sur la technologie des bouteilles et la métallurgie. Luxfer suit une politique d'amélioration continue de la qualité et de la performance de ses produits.

La chronologie ci-dessous contient quelques exemples des améliorations et des innovations introduites par Luxfer pour les bouteilles en composite fibre carbone :

**1993** – Introduction d'une finition gel-coat lisse. Les bouteilles à gaz entièrement bobinées en composite étaient proposées avec une surface extérieure rugueuse jusqu'à l'introduction du gel-coat par Luxfer. Cette finition lisse et esthétique résiste à la poussière et à l'endommagement. Elle facilite le nettoyage et redéfinit la norme en matière d'esthétique des bouteilles en composite.

**1994** – Luxfer est homologuée pour la fabrication et la vente en Europe de bouteilles entièrement bobinées en composite.

**1995** – Luxfer est homologuée pour la vente de ses bouteilles en composite fibre de carbone aux États-Unis et au Canada.

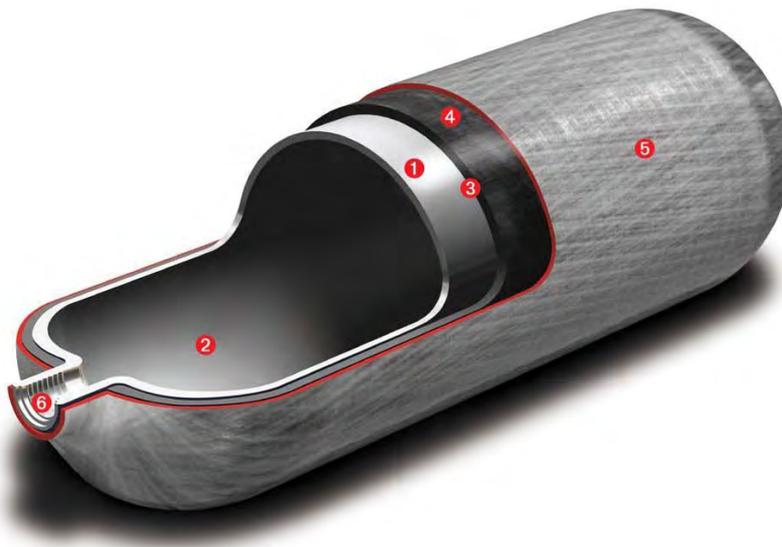
**2001** – Luxfer reçoit le premier agrément pour une période de réépreuve de cinq ans aux États-Unis et au Canada.

**2005** – Les premières bouteilles en fibre de carbone sont fabriquées par Luxfer Chine à Shanghai et Luxfer France à Gerzat.

# 1. Conception et spécifications des bouteilles

Une bouteille entièrement bobinée en composite fibre de carbone Luxfer est constituée des éléments de base suivants :

- Un liner ultraléger à paroi mince et sans soudure, dépourvu de possibilités de fuite. La société Luxfer fabrique elle-même ses liners à partir d'alliage d'aluminium 6061 (AA6061) et 7060 (AA7060). Une couche de finition externe est appliquée aux liners pour empêcher tout risque de corrosion sous le bobinage composite.
- Chaque liner est bobiné en fibre de carbone imprégnée de résine au moyen de machines d'enroulement filamenteuse contrôlées par ordinateur.
- Une couche de fibre de verre est enroulée sur le carbone en tant que couche sacrificielle antichocs et anti-abrasion. Une étiquette est également appliquée sous les dernières couches de verre pour éviter qu'elle ne soit endommagée.



- ① Liner en aluminium à paroi ultramince
- ② Finition intérieure lisse, inerte, résistante à la corrosion
- ③ Couche isolante entre le liner et le bobinage
- ④ Bobinage en fibre de carbone haute performance imprégnée de résine
- ⑤ Couche de protection en plastique renforcé fibre de verre haute résistance (FRP), finition gel-coat
- ⑥ Filetage usiné avec précision

## 1.1 Directives réglementaires

Les bouteilles Luxfer entièrement bobinées en composite sont conçues, fabriquées et inspectées conformément à toutes les normes et à tous les règlements européens applicables.

**Directive « équipements sous pression » (DESP)** – La DESP (97/23/CE) a été adoptée par le Parlement européen et le Conseil européen en mai 1997. Elle est entrée en vigueur le 29 novembre 1999 mais avec une période de transition allant jusqu'au 29 mai 2002. La directive « équipements sous pression » est obligatoire dans l'ensemble de l'Union européenne depuis le 29 mai 2002.

Dans le contexte de ce manuel, les bouteilles homologuées conformément à la directive DESP sont des bouteilles employées dans un appareil respiratoire isolant (ARI).

**Directive « équipements sous pression transportables » (DESPT)** – La directive DESPT (99/36/CE) est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 2001, avec une période de transition de deux ans. Depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2003, tous les nouveaux équipements sous pression transportables (transport intérieur routier et ferroviaire de marchandises dangereuses) mis sur le marché de l'Union européenne doivent être conformes à la DESPT.

Dans le contexte de ce manuel, les bouteilles homologuées conformément à la directive DESPT sont toutes des bouteilles d'une capacité d'eau de 0,5 litre ou plus à l'exception des bouteilles destinées aux appareils respiratoires autonomes.

## 2. Critères de conception et de performance

### 2.1 Critères de conception

L'épaisseur nominale du bobinage fibre ne peut pas être réduite à une simple formule en raison des diverses couches résistantes à la contrainte et des diverses orientations et épaisseurs des couches de composite. De plus, lorsque ces composants possédant différentes caractéristiques de résistance et de rigidité sont précontraints lors du processus d'auto-fretage, il en résulte une distribution complexe de la contrainte. Ce phénomène est analysé au moyen de techniques informatiques d'analyse par éléments finis. Toutes les bouteilles sont fabriquées par des machines à bobiner contrôlées par ordinateur pour veiller à une bonne superposition des couches et à une haute intégrité du bobinage.

Luxfer emploie diverses techniques d'analyse informatique pour produire un modèle fiable de bouteille et calculer les contraintes maximales en tout point du liner et des fibres. Nous calculons également la distribution des contraintes entre le liner et les fibres à une pression nulle, à la pression de service, à la pression d'épreuve et à la pression d'éclatement. Le modèle utilisé pour analyser le corps de la bouteille tient compte du comportement non linéaire des matériaux et des transitions géométriques non linéaires, qui provoquent des contraintes de pression circonférentielles et longitudinales. **Remarque** : les contraintes maximales aux extrémités de la bouteille sont toujours étudiées de manière à être inférieures aux contraintes maximales dans le corps de la bouteille afin d'obtenir des résultats positifs aux essais d'éclatement. L'effort de traction maximal calculé pour toute fibre (carbone ou verre) ne doit pas dépasser trente pour cent (30 %) de l'effort correspondant à la pression d'éclatement minimale requise.

## Ouvertures des bouteilles :

1. Les ouvertures sont permises uniquement aux extrémités des bouteilles. L'axe des ouvertures doit coïncider avec celui de la bouteille.
2. Les filetages cylindriques doivent comporter au moins six filets afin d'avoir un facteur de sécurité en cisaillement de 10 au minimum à la pression d'épreuve.

## 2.2.Essais de qualification

Il n'est pas possible d'utiliser les techniques de modélisation par éléments finis avec exactitude pour tous les différents environnements auxquels une bouteille à gaz peut être exposée. Il est nécessaire de réaliser des essais afin de vérifier que la bouteille conçue ne présente pas de danger. Ils servent à en prouver les performances en anticipant les contraintes de service.

Les matériaux de la bouteille et le bobinage en composite sont soumis aux essais suivantes :

- Résistance des fibres de carbone
- Résistance des fibres de verre
- Résistance au cisaillement interlaminaire du composite
- Essai de traction du matériau du liner
- Essai de pliage du matériau du liner
- Évaluation à la susceptibilité à la corrosion sous contrainte du matériau du liner
- Évaluation à la susceptibilité à la corrosion intercrystalline du matériau du liner

Les bouteilles finies sont soumises aux essais suivants :

- Mise en pression répétées aux température extrêmes de -40°C à +60°C
- Exposition à des températures élevées à la pression d'épreuve (essai de fluage)
- Résistance à la chute
- Résistance à l'entaille
- Résistance à l'impact à grande vitesse
- Exposition à des températures et niveaux d'humidité élevés
- Exposition au feu
- Résistance maximale de la bouteille (essai d'éclatement hydraulique)
- Mise en pression répétée
- Résistance du filetage

## 3. Fabrication des bouteilles

### 3.1 Liners en alliage d'aluminium

Luxfer fabrique des liners à partir de tôles ou de billettes d'alliage d'aluminium, 6061 (AA6061) ou 7060 (AA7060). Chaque liner est étiré à l'épaisseur voulue et repoussé à chaud pour fermer l'extrémité ouverte. Le liner est ensuite soumis à un traitement de trempe et de revenu pour développer les propriétés mécaniques requises.

Le goulot du liner est alors usiné pour former les filets et le logement du joint d'étanchéité.

### 3.2 Inspection

Les matières premières sont vérifiées et identifiées à la réception. Les liners sont vérifiés au niveau de l'épaisseur de paroi, de la rectitude, du faux-rond, de la concentricité et de la finition de surface. L'efficacité du traitement thermique est vérifiée par des essais de traction sur un échantillon de liner par lot de traitement thermique. Le filetage de chaque liner est également contrôlé.

Les liners sont inspectés par lot, conformément à la norme EN 1975 ou ISO 7866, selon la conception de la bouteille finie. Des contrôles visuels supplémentaires sont effectués avant le bobinage afin de veiller à ce que les liners soient propres, sans défauts superficiels et fabriqués conformément au plan.

### 3.3 Bobinage composite

Les opérations d'enroulement filamenteuse, d'épreuve sous pression hydraulique et de finition sont effectuées dans les usines Luxfer Gas Cylinders de Gerzat (France) ou Riverside (Californie, USA).

Le renforcement de la fibre de carbone dans une matrice époxy assure la plus grande partie de la résistance des bouteilles en composite fibre de carbone entièrement bobinées. Les fibres sont imprégnées de résine époxy puis appliquées sur le liner par des machines d'enroulement filamenteuse contrôlées par ordinateur, qui assurent le placement exact de chaque fibre. La bouteille est ensuite enveloppée de couches de fibre de verre et une étiquette d'identification est appliquée sous la dernière couche de fibre verre. Cette dernière couche de fibre de verre a pour but de protéger la bouteille contre l'endommagement. La capacité de résistance à la contrainte de cette couche n'est pas considérée comme faisant partie de la résistance totale à la pression de la bouteille à la pression d'éclatement minimale requise.

La résine composite est polymérisée à des températures appropriées et contrôlées pour veiller à un contact parfait entre les filaments de fibre et le système de résine, ainsi qu'au durcissement total de la matrice.

Une fois la résine durcie, les bouteilles sont soumises au processus d'auto-frettage pour redistribuer les contraintes à l'intérieur du liner en aluminium et du bobinage composite. L'auto-frettage est un processus de pressurisation à une pression spécifique supérieure à la pression d'épreuve ; à ce niveau de contrainte, la limite élastique de l'aluminium est dépassée et l'aluminium subit une déformation plastique. Lorsque la pression revient à zéro, l'aluminium est en compression et le composite fibre de verre et de carbone est en tension. Ainsi, à la pression de service normale, les contraintes développées dans le liner d'aluminium sont réduites par rapport à celles trouvées dans une bouteille en aluminium monobloc. Luxfer applique une finition gel-coat par-dessus les couches de fibre de verre, créant ainsi une surface lisse, facile à nettoyer et extrêmement résistante.

### 3.4 Inspection et épreuves sur lots de bouteilles

La taille maximum d'un lot de bouteilles en composite est de 200 unités, auxquelles vient s'ajouter le nombre de bouteilles requises pour les essais destructifs, conformément à la norme EN 12245 ou ISO 11119-2.

Chaque lot de bouteilles en composite est examiné pour veiller à sa conformité aux spécifications. Les contrôles finaux suivants sont effectués selon les procédures d'assurance qualité de Luxfer :

- a) Inspection visuelle 100 % (toutes les bouteilles)
- b) Contrôle des dimensions 10 % ou selon les exigences du client
- c) Contrôle du poids 100 %
- d) Contrôle de la capacité en eau 100 %
- e) Conformité du marquage 100 %

Pour b), si une bouteille inacceptable est trouvée, toutes les bouteilles du lot sont inspectées.

Les essais de performance suivants sont effectués :

**Epreuve hydraulique :** effectuée sur chaque bouteille après le processus d'auto-frettage, cette épreuve nécessite que la pression hydraulique dans la bouteille soit augmentée progressivement et régulièrement jusqu'à atteindre la pression d'essai. La pression d'épreuve de la bouteille est maintenue pendant une période suffisamment longue (au moins 30 secondes) afin de déterminer l'absence de fuites et de défaillances.

**Epreuve de rupture sous pression hydraulique :** cette épreuve est effectuée sur une bouteille par lot. La bouteille est pressurisée à un taux contrôlé jusqu'à défaillance. La pression atteinte au moment de la défaillance et le mode de rupture sont enregistrés.

**Epreuve de mise en pression répétée :** cet essai est effectuée sur une bouteille par lot. La bouteille doit supporter un nombre correspondant de cycles, à la pression d'épreuve, égal à 2,5 fois le nombre d'années de durée de vie théorique (par ex. une bouteille de 15 ans supportera 3 750 cycles à la pression d'épreuve, tandis qu'une bouteille de 30 ans supportera au moins 7 000 cycles à la pression d'épreuve). Chaque bouteille doit supporter l'épreuve de cyclage en pression sans signes visuels d'endommagement, de déformation ou de fuite.

### 3.5 Autorités de contrôle indépendantes

Autorités de contrôle indépendantes (organisme notifié) utilisées par Luxfer pour la fabrication de bouteilles en composite :

Fabriquées aux Etats-Unis	Fabriquées en France
Arrowhead Industrial Service Ltd. Orion House 14 Barn Hill Stamford, Lincolnshire PE9 2AE Royaume-Uni	Apragaz Chaussée de Vilvorde, 156 B-1120 Bruxelles BELGIQUE
Numéro d'identification d'organismes notifié : 1266	Numéro d'identification d'organismes notifié : 0029

## 3.6 Marquage et étiquetage

Chaque bouteille en composite finie comporte une étiquette sous le bobinage en fibre de verre. Elle porte les informations suivantes :

Bouteilles DESP (SCBA & maintien des fonctions vitales)

- Référence du filetage
- Norme de conception
- Pays de fabrication
- Nom du fabricant
- Numéro de série de la bouteille
- Masse (kg)
- Capacité en eau (L)
- Pression de service (en bars) à 15 °C
- Pression d'épreuve (en bar)
- Pression développée à la température maximale (en bar)
- Date de fabrication
- Matériau du liner
- Plage de température (°C)
- Date de fin de vie
- Marquage CE suivi du numéro de l'organisme notifié
- Référence / numéro de modèle Luxfer

## Bouteille DESPT (applications médicales et paintball)

- Référence filetage
- Norme de conception
- Pays de fabrication
- Nom du fabricant
- Numéro de série de la bouteille
- Masse (kg)
- Capacité en eau (L)
- Pression de service (en bars) à 15 °C
- Pression d'épreuve (en bars)
- Date de fabrication
- Matériau du liner
- Date de fin de vie
- Marquage Pi suivi du numéro de l'organisme notifié
- Référence / numéro de modèle Luxfer

Une bouteille en composite Luxfer qui porte toujours un numéro de série lisible peut être remise en service uniquement lorsque toutes les autres informations sont également lisibles. Par exemple, une partie illisible d'une étiquette de bouteille ARI en composite qui porte encore un numéro de série lisible peut être rectifiée par réinscription de l'information requise sur la bouteille. Cette opération doit obligatoirement être exécutée par Luxfer. Contacter Luxfer pour tout renseignement complémentaire. Une illustration d'un exemple d'étiquette est donnée dans l'Appendice 1.

## 4. Utilisation des bouteilles

### 4.1 Indications générales

Suivez ces indications générales pour veiller à une utilisation correcte et en toute sécurité :

**Maintenance des bouteilles en composite fibre de carbone :** aucune maintenance régulière n'est requise autre qu'une requalification (réépreuve) périodique. Procéder à une inspection visuelle de chaque bouteille avant le remplissage, afin de détecter les signes éventuels d'endommagement (voir la section 5.2). Si vous le souhaitez, nettoyer la bouteille à l'eau du robinet froide. L'ajout d'un détergent doux est possible si nécessaire. Si un détergent est utilisé, rincer la bouteille à grande eau. Sécher entièrement toutes les pièces avant de réassembler la bouteille. Ne pas appliquer de chaleur.

**Stockage à court terme (moins de six mois) :** bien fermer le robinet de la bouteille. Laisser une pression de 2-3 bars dans la bouteille. Bien attacher la bouteille pour l'empêcher de se détacher et de rouler, de basculer ou de tomber. Stocker à température ambiante dans un endroit sec, éloignée de tous produits chimiques, sources de chaleur artificielles et environnements corrosifs.

**Stockage à long terme :** s'il devient nécessaire de stocker une bouteille pendant une longue période, la procédure suivante est conseillée. Vider la bouteille et retirer le robinet. Laver l'intérieur et l'extérieur de la bouteille à l'eau froide du robinet, rincer à l'eau distillée ou désionisée puis sécher entièrement, l'intérieur comme l'extérieur. Procéder à une inspection visuelle des surfaces internes. Déposer le robinet et le joint torique selon les recommandations du fabricant du robinet ou du système. Une fois le robinet en place, une pression positive de 2-3 bars doit être maintenue dans la bouteille. Protéger le robinet contre un éventuel endommagement. Stocker la bouteille en position verticale ou horizontale, à température ambiante et au sec, éloignée de tous produits chimiques, sources de chaleur artificielle et environnements corrosifs.

**Manipulation :** ne pas tirer, faire tomber ou manipuler les bouteilles brutalement. Pour le transport des bouteilles, veiller à ce que le robinet soit protégé contre l'endommagement et que la bouteille soit bien fixée en place. Les bouteilles ne devraient pas pouvoir rouler librement, basculer ou tomber pendant le transport. Fixer les bouteilles en position et veiller à ce qu'elles ne puissent pas être heurtées ou endommagées par le reste du chargement.

**Peinture :** ne *jamais* utiliser de décapant corrosif, caustique ou acide, de techniques à chaud ou de solvants pour éliminer la peinture des surfaces de bouteilles en composite ou pour préparer ces surfaces avant de les peindre. Retoucher la peinture endommagée avec une peinture séchant à l'air. Ne *jamais* chauffer une bouteille pour sécher ou durcir la peinture. En cas d'endommagement des matériaux composites ou du métal de la bouteille, ne pas peindre par-dessus la partie endommagée. Faire inspecter la bouteille par un technicien agréé. Il ne devrait pas être nécessaire de peindre entièrement une bouteille en composite. Au cas peu probable où une peinture intégrale serait requise, demander les recommandations de Luxfer.

### 4.2 Gaz approuvés

Les bouteilles à gaz Luxfer en composite fibre de carbone sont fabriquées pour être utilisées dans le cadre de divers services et applications. Se reporter à la norme ISO 11114-1 ou à la Partie 4 [Dispositions relatives à l'utilisation des emballages et des citernes] de l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR), ou contacter Luxfer Gas Cylinders pour tout renseignement complémentaire sur les gaz pouvant être stockés en sécurité à l'intérieur des bouteilles en composite Luxfer.

Les bouteilles Luxfer en composite fibre de carbone utilisées dans les appareils respiratoires isolant et les dispositifs de maintien des fonctions vitales sont approuvées conformément à la directive « Equipements sous pression » (DESP) pour une utilisation avec de l'air et de l'oxygène en Europe. L'étiquette de la bouteille porte le nom du gaz et la bouteille doit être remplie uniquement avec le gaz indiqué.

### 4.3 Remplissage des bouteilles

La pression d'une bouteille remplie ne doit pas excéder la pression de remplissage nominale indiquée sur l'étiquette de la bouteille.

Le matériau composite utilisé dans la fabrication de la bouteille étant un bon isolant, la chaleur engendrée par le processus de remplissage met plus longtemps à se dissiper que dans le cas des bouteilles traditionnelles entièrement en métal. Par conséquent, une bouteille chargée à la pression de remplissage normale atteindra des températures de plus de 49 °C pendant le remplissage, surtout si elle est remplie rapidement. (**Remarque** : cette température est nettement inférieure à toute température pouvant dégrader l'aluminium ou le matériau composite). Une fois la bouteille retournée à la température ambiante, la pression à l'intérieur chutera légèrement et la bouteille ne sera pas entièrement chargée. Il sera nécessaire de compléter la charge.

Il est toutefois possible d'optimiser les procédures de remplissage (par exemple, en variant la vitesse de remplissage) pour obtenir une charge complète.

**Remplissage lent** : un remplissage lent réduira considérablement la chaleur engendrée par le processus de remplissage. Une vitesse de charge maximale de 30 bars/min. ou moins est conseillée.

**Remplissage rapide** : une bouteille en composite Luxfer peut être remplie rapidement et réutilisée à condition d'être correctement manipulée, bien entretenue et en parfait état. Le remplisseur doit toutefois veiller à ne pas dépasser la pression de service maximale.

**Air comprimé** : lors du remplissage en air comprimé de bouteilles en composite, toujours veiller à ce que le compresseur ait été correctement entretenu afin que la qualité de l'air soit conforme aux normes appropriées.

Dans le cas d'une utilisation non-maîtrisée, s'il y a possibilité de pénétration d'humidité à l'intérieur de la bouteille, procéder à un contrôle de l'intérieur de la bouteille au moins tous les six mois. Ne pas chauffer. Si des contaminants sont détectés à l'intérieur de la bouteille, elle doit être nettoyée et séchée en suivant les indications données dans la section 8.1 de ce manuel.

**Oxygène** : utiliser uniquement des bouteilles, robinets et autres pièces spécifiquement préparé pour l'oxygène ou les gaz enrichis en oxygène (L'expression « enrichis en oxygène » fait référence aux applications pour lesquels on utilise de l'air contenant plus de 23,5 % d'oxygène est). Utiliser uniquement des lubrifiants approuvés pour les applications oxygène et les gaz enrichis en oxygène. Les lubrifiants non approuvés, notamment ceux qui contiennent des hydrocarbures, pourraient réagir avec l'oxygène et provoquer un incendie.

L'intérieur de la bouteille, le filetage du robinet, le joint torique et tout matériel entrant en contact avec l'oxygène doivent être nettoyés avant d'être utilisés pour les applications oxygène ou les gaz enrichis en oxygène et être dépourvus de contaminants pouvant réagir avec l'oxygène. Pour tout renseignement complémentaire concernant l'utilisation d'oxygène et de mélanges de gaz enrichis en oxygène, contacter Luxfer ou le fabricant du matériel à oxygène.

## 5. Inspection et requalification périodiques

### 5.1 Inspection de l'extérieur

Les bouteilles bobinées de fibre doivent être inspectées périodiquement afin de détecter les signes extérieurs d'endommagement du bobinage. Une détection rapide et une remise en état correcte permettront de les maintenir en service.

Les bouteilles doivent être propres et tout accessoire pouvant gêner l'inspection visuelle doit être retiré.

La surface extérieure d'une bouteille en composite est différente à l'œil et au toucher de celle d'une bouteille entièrement métallique, il y a donc des différences au niveau des critères d'aspect et d'acceptation.

Nettoyer la surface extérieure de la bouteille, en prenant soin d'éliminer les résidus de revêtement, de goudron, d'huile ou autre corps étranger selon une méthode appropriée (par exemple, lavage et brossage léger). Le grenailage n'est *pas* adapté. Ne *pas* utiliser d'agents nettoyants chimiques, de décapants ou de solvants pouvant nuire au matériau composite (voir l'illustration de la section 6.8 et la mise en garde ci-dessous). L'élimination de la peinture n'est ni nécessaire ni conseillée préalablement à l'inspection. (Si des retouches ou une remise en peinture sont nécessaires, voir la section 8.2 *Remise en peinture*).

**Exposition chimique :** les matériaux composites peuvent être attaqués par des substances chimiques et, dans certains cas, par de l'eau traitée. Si une bouteille a été exposée à des substances chimiques ou des fluides agressifs, vérifier les surfaces extérieures du matériau composite pour détecter les signes visibles d'endommagement éventuel. Si vous savez que les bouteilles ont été couvertes, éclaboussées ou trempées dans une ou plusieurs substances chimiques inconnues, faire appel à Luxfer. Ces substances risquent d'avoir endommagé le matériau composite.

**Rejeter** les bouteilles en composite lorsque la surface du composite est tachée ou si la peinture ou la résine présente des signes d'attaque chimique (par exemple, la peinture ou la résine présente des parties ramollies, des traces, des bulles, etc.)



**MISE EN GARDE :** certaines substances chimiques endommagent les matériaux composites. Les types de substances chimiques répertoriés ci-dessous endommagent, attaquent ou nuisent aux matériaux composites. Tout matériau composite d'une bouteille qui entre en contact prolongé (par exemple, trempage) avec ces types de substances chimiques et matières doit être **rejeté :**

**Solvants :** diluants pour peintures, kérosène, térébenthine, solvants pour peintures, nettoyeurs pour peintures, solvants époxy, solvants à base de résine, solvants biologiques et autres solvants agressifs.

**Fluides automobiles :** matières contenant du benzène, électrolytes/alcalis, huiles contenant des solvants, matières inflammables, additifs d'essence et d'huile, carburants.

**Bases fortes :** matières contenant des concentrations moyennes à fortes d'hydroxyde de sodium, de potassium et/ou d'autres hydroxydes.

**Acides :** matières qui sont ou contiennent des concentrations d'acides, notamment les acides hydrochlorique, sulfurique, nitrique et phosphorique.

**Matières corrosives :** matières corrosives ou contenant des composants corrosifs, notamment les substances chimiques citées ci-dessus, ainsi que les nettoyeurs universels agressifs, les nettoyeurs pour verre, les nettoyeurs pour métaux, les nettoyeurs/décapants pour résines, les déboucheurs chimiques, les colles, les mastics en caoutchouc et autres mastics chimiques ; également les atmosphères contenant des gaz corrosifs.

**Exposition à des températures élevées :** en règle générale, une bouteille en composite fibre de carbone qui atteint une température de 71 °C ou plus devrait être confiée à un centre de réépreuve pour être évaluée avant d'être remise en service. Les bouteilles qui présentent des signes évidents d'exposition prolongée au feu ou à des températures élevées doivent être **rejetées** (voir la section 6.6 ci-dessous). Il est important de ne pas confondre la température de l'environnement dans laquelle évolue la bouteille et sa température réelle.

Il est également important de tenir compte non seulement de la température mais aussi de la durée d'exposition ; ces **deux** facteurs sont critiques. Une exposition brève à des températures élevées peut ne pas endommager une bouteille. Cela est notamment le cas pour les bouteilles utilisées avec les appareils respiratoires autonomes (ARI) des pompiers. Les pompiers peuvent porter des bouteilles composite pour ARI en toute confiance même si elles sont fréquemment exposées à des températures élevées parce qu'un pompier n'est **jamais exposé suffisamment longtemps** à une chaleur excessive pour affecter les propriétés des bouteilles. Même lorsqu'il porte un équipement de protection, un pompier sera suffisamment gêné par une chaleur dangereuse pour quitter les lieux avant que l'exposition à la chaleur puisse endommager une bouteille. La sécurité exceptionnelle démontrée par les bouteilles en composite fibre de carbone dans la lutte contre l'incendie depuis plus de dix ans prouve la durabilité et la fiabilité de ces produits. Les bouteilles SCBA **laissées dans le feu ou dans un environnement très chaud** pendant une période prolongée donnent lieu à préoccupation et doivent être **rejetées**.

**Remarque :** certains fabricants de matériel ARI spécifient une température maximale nécessitant une réépreuve ou le rejet d'une bouteille exposée. Les utilisateurs de matériel ARI devraient toujours suivre les recommandations de l'équipementier.

**Décoloration du revêtement :** le revêtement superficiel en résine des bouteilles en composite fibre de carbone peut se décolorer avec le temps. Ce phénomène est normal et la décoloration se produira plus rapidement si les bouteilles sont soumises à une source de rayons ultraviolets, par exemple à la lumière du soleil (voir l'illustration). Cela n'a aucun effet sur l'intégrité ou la performance de la bouteille et ne nécessite pas de remise en état.



**Décoloration de la résine**

**Fissures dans le revêtement en résine :** des fissures superficielles apparaissent occasionnellement dans le revêtement en résine des bouteilles en composite fibre carbone. Elles ne sont que mineures, n'affectent ni l'intégrité ni la performance de la bouteille et n'exigent pas de remise en état.

**Fissures autour du bobinage du goulot :** les bouteilles Luxfer en composite fibre de carbone sont souvent fabriquées avec un bobinage en composite fibre de verre au niveau du goulot pour protéger l'aluminium exposé ou accroître la sécurité du joint fileté. Etant donné que ce bobinage du goulot n'est pas jointif avec le bobinage du corps de la bouteille, il se produit parfois des fentes dans la résine n'ayant pas de caractère de gravité dans la zone de transition en raison des différents taux d'expansion des fibres, de la résine et de la peinture (voir l'illustration ci-dessous). La zone de transition entre le goulot et l'ogive est une zone de faible contrainte. Une fissure dans cette zone n'est que superficielle et n'affecte ni l'intégrité ni la performance de la bouteille. Aucune remise en état n'est nécessaire. Si vous le désirez, la fissure peut être colmatée en suivant la procédure décrite à la section 8.2. Etant donné qu'il s'agit d'une remise en état superficielle, une épreuve sous pression hydrostatique n'est pas nécessaire.



**Fissures superficielles de la résine au niveau du goulot**

**Fissures autour de la pièce :** dans le cadre du processus de fabrication, une pièce plastique est insérée au centre du fond du liner et du matériau composite est enveloppé autour de cette pièce. Des fissures superficielles apparaissent parfois dans le revêtement de surface en résine autour de cette pièce. Si la zone autour de la pièce est peinte, de petites fissures peuvent apparaître dans la peinture et une porosité mineure peut se développer. Ces phénomènes, qui se produisent en raison des différents taux d'expansion du bouchon, des fibres, de la résine et de la peinture, n'affectent ni l'intégrité ni la performance de la bouteille. Le fond d'une bouteille en composite est une zone à faible contrainte, et la pièce en plastique du fond ne contribue pas à la solidité de la bouteille. Les fissures et la porosité superficielles dans cette zone n'affectent pas la performance. Aucune remise en état n'est nécessaire. Si vous le désirez, les fissures ou la porosité peuvent être colmatées et la bouteille peut être peinte en suivant les procédures de remise en état décrites à la section 8.2 *Remis en peinture*. Il s'agit ici d'une remise en état superficielle ne nécessitant pas d'épreuve sous pression hydrostatique.



**Fissures autour de l'étiquette :** des petites fissures circulaires peuvent apparaître dans le revêtement superficiel en résine autour de l'étiquette. Etant donné que l'étiquette est sous la dernière couche de fibre de verre, cette zone est légèrement en relief. De temps à autre, des fissures de la résine superficielle se produisent en bordure de l'étiquette. Cela n'affecte pas l'intégrité de la bouteille et aucune remise en état n'est nécessaire.

**Variations de la forme du fond de la bouteilles :** les bouteilles en composite Luxfer sont fabriquées en renforçant un liner métallique avec un enroulement filamentaire. Le renforcement est réalisé par enroulement filamentaire, d'où les possibilités de variation de la forme du fond de la bouteille selon le schéma de bobinage ou les caractéristiques de conception. L'illustration ci-dessous montre des exemples types des variations possibles. La bouteille de gauche n'a pas été déformée par la pression mais présente une forme plus pointue due au processus de bobinage.



## 5.2 Retrait du robinet

Avant de pouvoir procéder à une inspection interne, la bouteille doit être vidée de son gaz sous pression et le robinet doit être retiré. Dépressuriser lentement la bouteille, en suivant les consignes de sécurité. Ne pas dépressuriser une bouteille si son contenu est inconnu. Les gaz inflammables ou dangereux doivent être évacués en utilisant un matériel adapté.

Quand la bouteille est vide, retirer le robinet en utilisant les outils adéquats, y compris un dispositif de prise empêchant d'endommager l'enroulement filamentaire et le robinet de la bouteille. *Ne pas utiliser d'étai à chaîne*. Consulter les recommandations du fabricant du robinet ou du système avant d'effectuer cette opération. Voir également la norme EN ISO 11623.

Luxfer recommande une inspection minutieuse du robinet à ce stade. Contacter l'équipementier pour vous renseigner sur la procédure de contrôle approprié pour le robinet.

Inspecter les filets du robinet et de la bouteille pour détecter les signes d'endommagement. Nettoyer le logement du joint torique en prenant soin de ne pas retirer de métal et de ne pas endommager le logement.



**MISE EN GARDE : si le robinet est difficile à retirer **ARRETER !** Si le robinet est endommagé ou ne fonctionne pas correctement l'inspecteur/opérateur pourrait penser que la bouteille est vide après avoir ouvert le robinet sans entendre de gaz sortir. Toutes les bouteilles à robinet que vous pensez être vides doivent être manipulées comme si elles étaient pressurisées. Luxfer décline toute responsabilité en cas de robinets défectueux ou incorrectement posés utilisés avec les bouteilles Luxfer. Si la bouteille ne fonctionne pas correctement contacter l'équipementier pour obtenir ses recommandations avant de poursuivre.**

## 5.3 Inspection de l'intérieur de la bouteille

L'inspection de l'intérieur n'est normalement requise qu'au moment de l'inspection et de la réépreuve périodiques. Chaque bouteille doit être soumise à une inspection interne conformément aux exigences du présent guide d'inspection. Une inspection plus fréquente est nécessaire dans les cas où les bouteilles sont chargées d'air respiratoire et n'ont pas été séchées et nettoyées suivant nos conseils (voir la section 4.3) ou lorsque de l'eau a pu pénétrer à l'intérieur de la bouteille pendant le service.

La surface intérieure de chaque bouteille devrait être inspectée en utilisant un éclairage suffisant pour détecter tout signe d'endommagement. L'intérieur de la bouteille doit être dépourvu de saletés et autres corps étrangers avant l'inspection. Si les surfaces internes ne sont pas propres, il sera nécessaire de les nettoyer afin de pouvoir procéder à une inspection en bonne et due forme (voir la section 8.1 *Séchage et nettoyage*).

**Matériel d'inspection conseillé :** utiliser un miroir grossissant de type dentaire et une lumière à forte intensité qui éclairera suffisamment les filets et le diamètre interne sous les filets. Les appareils grossissants Optical Plus™ et similaires, avec lampes intégrées, sont d'autres exemples d'outils d'inspection possibles. N'oubliez pas, cependant, que les *appareils grossissants peuvent donner l'impression que des défauts superficiels sans gravité sont plus graves qu'ils ne le sont réellement*. En cas de doute quant à un défaut superficiel vu à travers un appareil grossissant, contacter Luxfer avant de rejeter une bouteille.

**Rejeter** toutes les bouteilles présentant des piqûres de corrosion internes isolées d'une profondeur estimée de plus de 0,75 mm.

**Rejeter** toutes les bouteilles présentant des signes de corrosion en ligne dans la paroi latérale ou de corrosion généralisée lorsque la profondeur d'une ou de plusieurs piqûres de corrosion en ligne dépasse 0,50 mm et/ou si la corrosion intérieure généralisée fait plus de 0,50 mm de profondeur.

**Rejeter** toutes les bouteilles présentant des protubérances ou des creux sur l'intérieur du liner. Ils sont indicateurs de chocs ou autres formes d'endommagement grave.

**Filets** : inspecter les filets propres pour détecter fissures, cassures et autres formes d'endommagement à l'aide d'un miroir dentaire grossissant et d'une lumière à forte intensité, ou d'un appareil Optical Plus™ ou similaire. Rechercher les signes de corrosion sur les filets de la bouteille et les filets du robinet (si le robinet est disponible).

Si la forme du filet ne peut pas être déterminée, faire appel à Luxfer Gas Cylinders.

Retirer le joint torique. Inspecter le presse-étoupe et la face de la bouteille pour détecter les fissures éventuelles. Suivre les recommandations de l'équipementier concernant l'intervalle de remplacement du joint torique.

**Rejeter** toutes les bouteilles présentant des filets corrodés ou endommagés.

**Rejeter** toutes les bouteilles présentant des signes de fissures sur plus d'un filet continu entier. Contacter Luxfer avec ces informations. Si vous n'êtes pas sûr d'avoir détecté une marque d'arrêt d'outil ou une fissure, contacter Luxfer avant de rejeter la bouteille.

**Rejeter** toutes les bouteilles présentant des fissures au niveau du presse-étoupe, de la face et d'autres signes d'endommagement pouvant empêcher une étanchéité efficace et sûr.

**Remettre en service** toutes les bouteilles présentant des presse-étoupe, faces et filets acceptables (y compris celles avec des marques d'arrêt d'outil bénignes ; voir *Matériel d'inspection conseillé*, ci-dessus).



**MISE EN GARDE** : ne pas remplacer de pièces sans suivre les instructions du fabricant du robinet ou du système. Remplacer les pièces *uniquement* par des pièces approuvées par le fabricant du robinet ou du système.

## 5.4 Epreuve sous pression

Chaque bouteille doit être soumise à une épreuve sous pression conformément à la norme EN ISO 11623. Il peut s'agir d'un test en pression hydraulique ou d'un essai d'expansion volumétrique, selon la conception de la bouteille. La pression d'épreuve sera établie à partir des marquages de la bouteille.

Sécher entièrement les bouteilles après l'épreuve sous pression. Ne *pas* utiliser d'air chauffé au-dessus de 23 °C ni placer la bouteille dans un four pour la chauffer. Inspecter chaque bouteille testée pour s'assurer de l'absence d'humidité résiduelle avant de remettre le robinet en place.

## 6. Critères d'endommagement des bouteilles

### 6.1 Généralités

Les critères d'acceptation et de rejet donnés dans ce manuel Luxfer correspondent aux recommandations du fabricant et ne remplacent pas les critères imposés par la réglementation locale (s'il en est).

Commencer par vérifier le marquage pour s'assurer que la bouteille n'a pas dépassé sa fin de vie. La durée de vie est de 15 à 30 ans à compter de la date de fabrication, comme indiqué sur l'étiquette de la bouteille.

Les bouteilles Luxfer en composite fibre de carbone possèdent une couche extérieure en fibre de verre en supplément du bobinage fibre de carbone qui donne la résistance structurale. En règle générale, tout endommagement de la couche de verre est acceptable ou peut être rectifié. Cependant, tout endommagement qui expose les couches de fibre de carbone de la structure suffit pour entraîner le rejet de la bouteille.

L'endommagement du bobinage en composite peut prendre plusieurs formes, dont des exemples sont décrits dans les sections qui suivent.

Luxfer recommande une classification selon trois catégories d'endommagement conformément à la norme EN ISO 11623 (noter que dans certains des cas spécifiés ci-dessous, seuls les niveaux 1 et 3 sont utilisés).

**L'endommagement de niveau 1** est un endommagement mineur, considéré comme de l'usure normale et ne nuit pas à l'intégrité ou la sécurité d'une bouteille. Ce niveau d'endommagement ne nécessite pas de remise en état au moment de la réépreuve. Les bouteilles présentant un endommagement de niveau 1 peuvent rester en service.

**L'endommagement de niveau 2** est un endommagement intermédiaire et nécessite une remise en état pour empêcher une dégradation plus avancée. L'endommagement de niveau 2 peut être rectifié et la remise en état doit avoir lieu avant la réépreuve et la remise en service de la bouteille.

**L'endommagement de niveau 3** est suffisamment grave pour que la bouteille soit **rejetée et condamnée**. L'endommagement de niveau 3 ne peut **pas** être remis en état.

## 6.2 Abrasion

L'endommagement par abrasion est causé par l'usure résultant de frottements.

**L'endommagement de niveau 1**, consiste en éraflures et abrasions mineures du gel-coat externe est acceptable et ne nécessite pas de remise en état sauf si la zone concernée est suffisamment grande pour que les fibres de verre s'effilochent. L'abrasion de niveau 1 est limitée à des profondeurs inférieures ou égales à cinq pour cent ( $\leq 5\%$ ) de l'épaisseur du bobinage composite.

**L'endommagement de niveau 2** est une abrasion qui peut être rectifiée (voir *Section 7 : procédure de remise en état* pour plus de détails). Il y a abrasion de la couche externe de fibre de verre, mais l'endommagement ne traverse pas tout à fait la fibre de verre exposant ainsi la couche sous-jacente de fibre de carbone. L'abrasion de niveau 2 est limitée à des profondeurs inférieures ou égales à 15 pour cent ( $\leq 15\%$ ) de l'épaisseur du bobinage composite, à condition que la longueur maximale de la zone endommagée soit inférieure à 50 pour cent (50 %) du diamètre extérieur de la bouteille. Toutes les bouteilles réparées doivent être soumises à une épreuve sous pression après la remise en état, ainsi qu'à une inspection visuelle avant le remplissage.

**L'endommagement de niveau 3** est suffisamment grave pour que l'abrasion ait traversé la couche externe de fibre de verre et pénétré dans les couches sous-jacentes de fibre de carbone. ***Toute exposition de la fibre de carbone est un endommagement de niveau 3.***

Les bouteilles présentant un endommagement de niveau 3 doivent être ***rejetées***.

***Rejeter*** les bouteilles dont la fibre de carbone a été exposée.

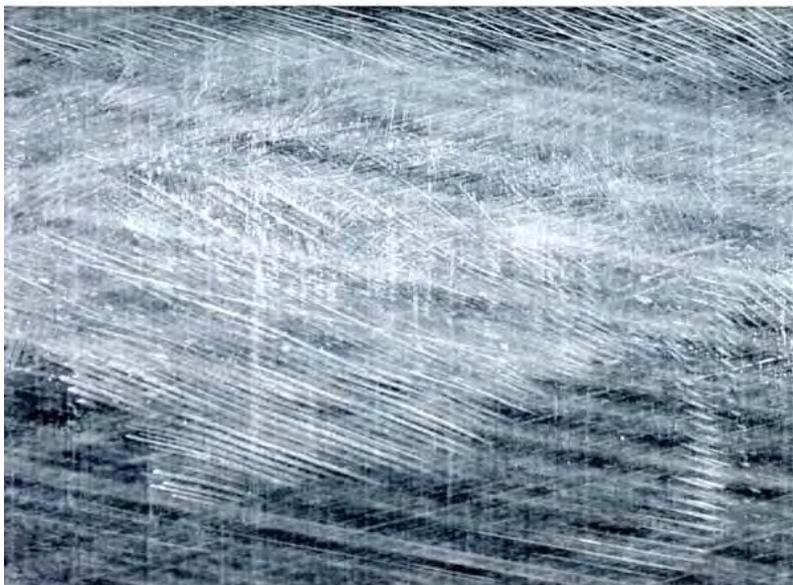
---

## **ABRASION DE NIVEAU 1**



---

## **ABRASION DE NIVEAU 2**





## ABRASION DE NIVEAU 3



### 6.3 Entailles

Ce type d'endommagement consiste en des entailles causées par le contact avec des objets contondants qui pénètrent dans le matériau composite, réduisant ainsi son épaisseur au point de contact. D'une certaine façon, il peut être assimilé à l'abrasion.

**L'endommagement de niveau 1** consiste en des entailles dans le gel-coat ou des entailles légères dans la couche externe en fibre de verre. La couche externe de fibre de verre peut être exposée mais ne peut présenter aucun autre type d'endommagement. Une entaille de niveau 1 est limitée à des profondeurs inférieures ou égales à cinq pour cent ( $\leq 5\%$ ) de l'épaisseur du bobinage composite.

**L'endommagement de niveau 2** se manifeste sous la forme d'entailles plus profondes dans la couche de fibre de verre mais qui n'atteignent pas les couches de fibre de carbone sous-jacentes. Les entailles de niveau 2 peuvent entraîner le délaminage et/ou l'effilochage des fibres de verre (voir la Section 6.5). Elles peuvent être rectifiées. Les entailles de niveau 2 sont limitées à des profondeurs inférieures ou égales à 15 pour cent ( $\leq 15\%$ ) de l'épaisseur du bobinage composite, à condition que la longueur maximale de la zone endommagée soit inférieure à 50 pour cent (50 %) du diamètre extérieur de la bouteille. Toutes les bouteilles remises en état (voir *Section 7 : procédure de remise en état* pour plus de détails) doivent être soumises à une épreuve sous pression après la remise en état, ainsi qu'à une inspection visuelle avant le remplissage. La remise en état est acceptable uniquement si aucun autre délaminage ne se produit après la remise en état.

**L'endommagement de niveau 3** se manifeste sous forme d'entailles traversant la couche de fibre de verre qui entraînent l'exposition de la couche sous-jacente de fibre de carbone ou du liner métallique. *Toute exposition de la fibre de carbone est un endommagement de niveau 3.*

Les bouteilles présentant un endommagement de niveau 3 doivent être *rejetées*.

*Rejeter* les bouteilles dont la fibre de carbone a été exposée.

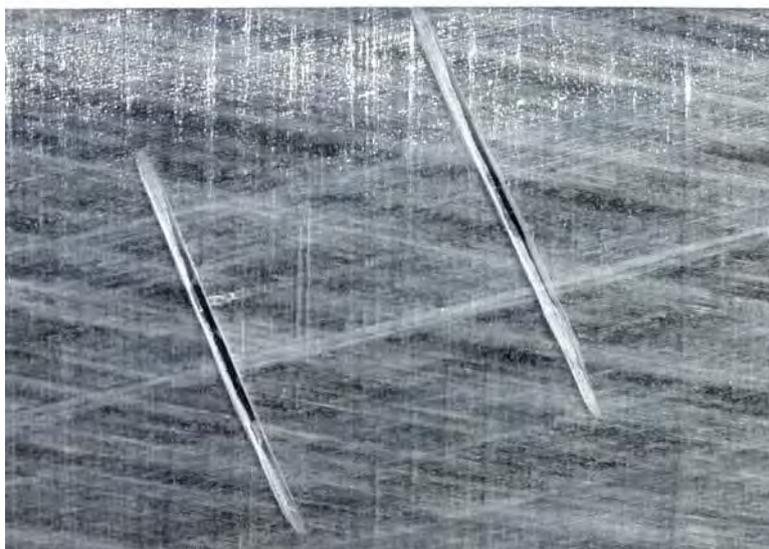
## ENTAILLES DE NIVEAU 1



## ENTAILLES DE NIVEAU 2



## ENTAILLES DE NIVEAU 3



### 6.4 Chocs

L'endommagement par chocs peut se manifester sous forme de fissures dans la résine, de délaminage ou d'entailles dans le bobinage. Toutes les bouteilles présentant des signes de chocs doivent être soumises à une inspection visuelle pour détecter les signes d'indentation de la surface interne du liner métallique. Deux niveaux d'endommagement par chocs sont reconnus : le **niveau 1** et le **niveau 3** (il n'y a pas de niveau 2).

**L'endommagement de niveau 1** est un endommagement léger, par exemple une petite zone où la fibre de verre est dépolie ou de fines fissures se sont produites. Il ne nécessite pas de remise en état. L'endommagement de niveau 1 ne manifeste aucun signe d'entailles, de délaminage ou décollage des fibres, ou d'indentation. Une bouteille présentant un endommagement de niveau 1 peut être remise en service.

**L'endommagement de niveau 3** est un endommagement par chocs présentant une large zone avec un aspect dépoli, avec un délaminage ou des fibres décollées ou autre endommagement de la structure facilement visible (par ex., creux dans la structure en composite ou déformation du liner métallique remarquée lors du contrôle visuel).

Les bouteilles présentant un endommagement de niveau 3 doivent être *rejetées*.

*Rejeter* les bouteilles dont la fibre de carbone a été exposée.

## **ENDOMMAGEMENT PAR CHOCS DE NIVEAU 1**



## **ENDOMMAGEMENT PAR CHOCS DE NIVEAU 3**



## 6.5 Délaminage

Le délaminage est la séparation des couches ou des bandes du bobinage composite. Il peut également se présenter sous forme de zones d'une couleur blanchâtre, par exemple sous forme de cloque ou d'air sous la surface. Le délaminage est généralement le résultat d'un choc, d'une entaille ou de l'exposition à des températures de plus de 93 °C.

**L'endommagement de niveau 1** est un endommagement léger, par exemple une petite zone où la fibre de verre est dépolie. Il ne nécessite pas de remise en état (voir *Chocs* ci-dessus). La bouteille peut être remise en service.

**L'endommagement de niveau 2** est un délaminage limité à un effilochage au niveau des extrémités des fibres résultant de la fin du processus de bobinage. Les bouteilles présentant un endommagement de niveau 2 peuvent être remises en état (voir *Section 7 : procédure de remise en état* pour plus de détails) et être remise en service. Toutes les bouteilles réparées doivent être soumises à une épreuve sous pression après la remise en état, ainsi qu'à une inspection visuelle avant le remplissage.



**Délaminage de niveau 3** : un délaminage plus grave que le **niveau 2** nécessite que la bouteille soit *rejetée*.

## 6.6 Chaleur ou feu

L'exposition à une forte chaleur — une condition différente de l'endommagement évident par la chaleur ou le feu — peut ou non résulter en un endommagement permanent de la bouteille par le feu. L'exposition à une forte chaleur se produit lorsque la bouteille proprement dite, sans protection extérieure, a été soumise à un environnement d'une température supérieure à 71 °C.

Une bouteille en composite n'est pas prévue pour une utilisation prolongée dans un environnement qui résulterait en des températures du bobinage en composite dépassant 71 °C. Cependant, une exposition temporaire et à court terme à des températures de l'air de plus de 71 °C dans un environnement de lutte contre l'incendie n'exige pas nécessairement qu'une bouteille soit condamnée. Comme l'a prouvé l'importante expérience acquise sur le terrain, une bouteille en composite utilisée dans un appareil respiratoire autonome (ARI) porté par un pompier peut supporter une exposition limitée à des températures élevées sans être endommagée (voir également la section 5.3).



**MISE EN GARDE : d'autres pièces utilisées avec la bouteille peuvent ne pas convenir à une utilisation à des températures de 71 °C. Se reporter aux indications du fabricant pour en savoir plus.**

Des expositions à une température supérieure à la température utilisée pour la polymérisation de la résine entraîneront sa décoloration. Cette décoloration peut varier d'une couleur dorée ou caramel très clair à un aspect marron foncé, presque noir. Une légère décoloration se produit naturellement avec le temps sous l'effet d'une exposition directe continue à la lumière solaire et ne résulte pas nécessairement d'une exposition à des températures élevées. La décoloration peut aussi être causée par la suie ou la fumée d'un environnement de lutte contre l'incendie. Normalement, le degré et la profondeur de la décoloration dépendent soit de la température, soit de la durée de l'exposition. Plus la température est élevée, ou plus la durée de l'exposition est longue, plus la résine deviendra foncée.

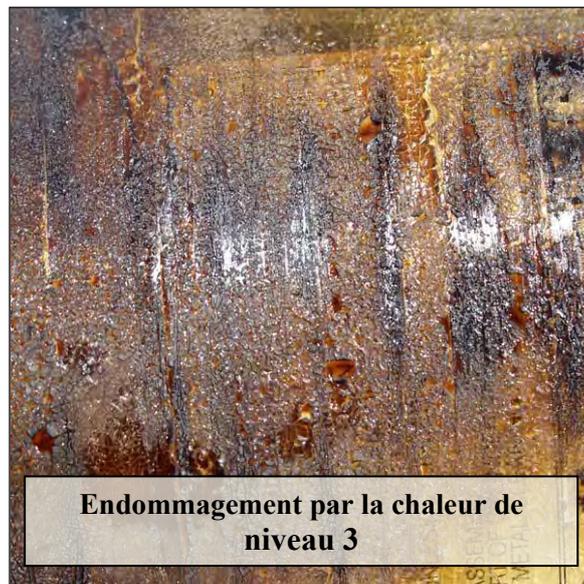
Faire très attention à l'état des accessoires fixés sur la bouteille, notamment les robinets, étiquettes, marquage à la peinture, métal exposé (par ex. extrémités ou cols du liner en aluminium) et à la peinture de protection extérieure. Leur aspect peut indiquer une exposition prolongée à la chaleur ou au feu. Si le robinet est accessible, l'état du dispositif de sécurité à la surpression doit être évalué pour déterminer l'étendue des effets éventuels de la chaleur. La présence de plastiques fondus, de sangles brûlées ou effilochées et de pièces décolorées peut également indiquer que la bouteille ou l'appareil a été exposé au feu.

Nettoyer la bouteille et éliminer le résidu de fumée et la saleté sur la surface avant de procéder à une inspection minutieuse. Toute bouteille utilisée avec du matériel endommagé par le feu devrait être **rejetée**. La carbonisation du composite, de la peinture, des étiquettes, des matières du robinet, par la résine fondue, l'absence d'une partie ou de l'intégralité de la résine et/ou par l'endommagement de la peinture (par ex. cloques ou fonte) indique un endommagement par le feu.

Deux niveaux d'endommagement par la chaleur ou le feu sont reconnus : le **niveau 1** et le **niveau 3** (il n'y a pas de niveau 2).



**L'endommagement de niveau 1** se produit lorsque la surface du gel-coat transparent, la peinture ou le composite est sali par la fumée ou d'autres contaminants mais est restée intacte, sans signe que la résine ait été brûlée. Dans ce cas, une bouteille peut être remise en service une fois nettoyée. Avec le temps, la résine peut se teinter en raison de l'exposition à la chaleur et à la fumée. Cela n'a rien d'inhabituel et la bouteille peut être remise en service. Une légère décoloration du gel-coat de résine ou de la surface peinte peut être évaluée en nettoyant la surface avec un tampon Scotch-Brite® fin, de la laine d'acier fine ou du papier de verre 320, ainsi que du liquide vaisselle mélangé à de l'eau tiède. Un retour immédiat à une couleur blanc cassé indique que la cause de la décoloration n'est pas très profonde. Cette méthode peut aussi être employée pour évaluer l'état d'une surface peinte qui ne manifeste aucun signe de cloquage ou de carbonisation. Après cette évaluation, la bouteille doit être soumise à une épreuve sous pression.



**Endommagement par la chaleur de niveau 3**

**L'endommagement par la chaleur de niveau 3** (voir l'illustration ci-dessus) est un endommagement causé par l'exposition de la bouteille à une chaleur excessive ou à des flammes. Les bouteilles présentant ce type d'endommagement doivent être *rejetées*.

Les bouteilles dont on sait qu'elles ont été laissées sans surveillance dans un feu et qui présentent des signes d'endommagement par la chaleur doivent être *rejetées*.

Les signes d'endommagement par la chaleur comprennent la carbonisation ou la fonte du composite ou des accessoires, des pièces du robinet, des couches de protection, des vignettes autocollantes ou de la peinture. Ils peuvent également comprendre le cloquage d'une couche de protection. Le matériau composite prend un aspect marron foncé ou noir qui ne change pas une fois nettoyé et évalué, comme ci-dessus. L'étiquette du fabricant d'origine peut être entièrement illisible en raison de la couleur foncée de la résine. Si le robinet est accessible, l'état du dispositif de sécurité à la surpression doit être évalué pour déterminer l'étendue des effets éventuels de la chaleur.

Les bouteilles dont on sait qu'elles ont été soumises à l'action directe du feu (par ex. exposition prolongée aux flammes) doivent être *rejetées*. Les signes d'endommagement par le feu peuvent comprendre des signes de combustion. L'endommagement par le feu peut se manifester soit sur une partie isolée de la surface de la bouteille, soit sur une partie plus large.

## 6.7 Endommagement de la structure

Une bouteille est rendue irréparable si elle présente des signes de gonflements ou dépressions de la surface, des raccords de robinet déformés ou une déformation du liner en aluminium révélée par l'examen visuel de l'intérieur de la bouteille. Dans certains cas, il peut y avoir des irrégularités au niveau du bobinage en fibre de verre ou de la finition gel-coat ; elles sont normales et ne devraient pas entraîner le rejet de la bouteille. Contacter Luxfer en cas d'incertitude sur la façon de distinguer ces caractéristiques normales des signes d'endommagement.



## 6.8 Attaque chimique

Les produits chimiques peuvent dissoudre, corroder, ramollir, attaquer ou détruire les matériaux composites des bouteilles. Elles peuvent également causer des cloques, des piqûres ou un ternissement important de la résine ; une détérioration de la résine ou de la couche de peinture de protection, ou créer de multiples fentes transversales par rapport au sens de la fibre. Les solvants peuvent parfois rendre la bouteille collante au toucher. Les bouteilles présentant des signes de ce type d'endommagement doivent être *rejetées*.

Les fibres de carbone sont beaucoup moins vulnérables à l'attaque chimique que les fibres de verre, mais s'il est évident qu'une bouteille en composite fibre carbone a été endommagée par des substances chimiques, elle doit être *rejetée*.

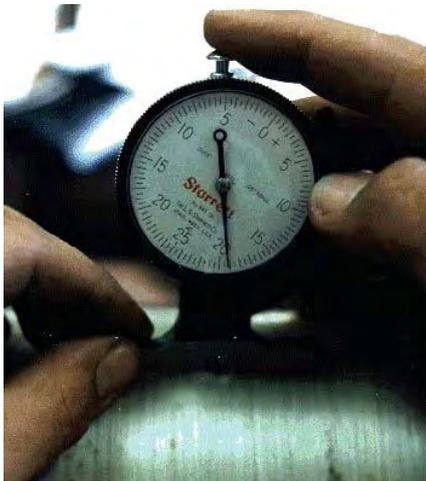


## 7. Procédure de remise en état

Toutes les bouteilles qui ont été remises en état doivent être soumises à une épreuve sous pression hydraulique avant de reprendre le service. Après l'épreuve sous pression, les zones remises en état doivent être attentivement examinées afin de détecter tout signe de décollement ou de délaminage du matériau composite.

Toute bouteille présentant de tels signes doit être *rejetée*.

Poser la bouteille sur une table ou un plan de travail, la partie endommagée vers le haut bien en évidence. Vérifier la zone endommagée minutieusement, en tenant compte des limites d'acceptation.



Veiller à ce que la surface soit propre et sèche. Couper toutes les fibres de verre détachées. Frotter légèrement la zone endommagée avec du papier de verre fin ou un tampon Scotch-Brite® pour que la surface permette une bonne adhésion de la résine.



Mélanger une quantité suffisante de résine époxy bi-composant en suivant les instructions du fabricant. La résine époxy durcit rapidement ; il est donc important de l'appliquer sans tarder une fois qu'elle a été mélangée. Appliquer une quantité suffisante de résine sur la zone endommagée, en utilisant l'applicateur pour bien enduire et aplatir les fibres détachées. Remplir complètement la zone endommagée avec de la résine .



Si une protection complémentaire est requise, appliquer un morceau plus grand que le défaut de tissu en fibre de verre sur la zone endommagée. Appliquer une fine couche de résine sur le voile, en veillant à ce que le voile et la zone endommagée soient entièrement couverts.

Si une finition de surface plus grande est requise, utiliser du ruban thermorétractable. Couvrir la zone endommagée d'un morceau de ruban thermorétractable unidirectionnel d'une longueur d'approximativement 150 mm, la surface extérieure du ruban vers le bas, fixer-le avec du ruban adhésif ordinaire. Chauffer le ruban au moyen d'un sèche-cheveux pour le rétracter. Décoller le ruban une fois que la résine époxy est entièrement durcie.

Laisser la résine époxy durcir selon les recommandations du fabricant. Transférer la bouteille dans un lieu protégé et ne plus la toucher jusqu'à ce que la résine soit entièrement durcie, conformément aux recommandations du fabricant. Appliquer la finition désirée à la retouche. Soumettre la bouteille à une éprouve sous pression avant de la remettre en service.

## 8. Opérations finales

### 8.1 Séchage et nettoyage

Les procédures suivantes sont conseillées pour le nettoyage des bouteilles en composite. Pour tout problème autre que ceux détaillés ci-dessous, contacter Luxfer Gas Cylinders.

EXTERIEUR DE LA BOUTEILLE	
PROBLEME	METHODE DE NETTOYAGE
<b>Humidité et souillures légères</b>	Essuyer avec un chiffon propre et doux.
<b>Huile et graisse</b>	Dégraissier au savon doux et à l'eau puis sécher entièrement (chiffon sec ou air forcé).
<b>Saleté et suie</b>	Nettoyer au savon doux et à l'eau, puis sécher entièrement (chiffon sec ou air forcé).

INTERIEUR DE LA BOUTEILLE	
PROBLEME	METHODE DE NETTOYAGE
<b>Dépôts blancs ou taches</b>	Agiter avec des coquilles de noix, des billes en plastique ou autres objets non agressifs. Laver l'intérieur de la bouteille à l'eau chaude et sécher entièrement. <i>Ne pas</i> utiliser d'air chauffé au-dessus de 71 °C ni placer la bouteille dans un four pour la chauffer.
<b>Odeur</b>	Laver à l'eau chaude et sécher entièrement. <i>Ne pas</i> utiliser d'air chauffé au-dessus de 71 °C ni placer la bouteille dans un four pour la chauffer.

### 8.2 Remise en peinture

Luxfer déconseille de décaper la peinture déjà présente sur les bouteilles car cette opération ne peut être exécutée efficacement qu'au moyen de matériel spécialisé.

Ne *jamais* utiliser de décapant pour peinture, de techniques de décapage à chaud ou de solvants pour éliminer la peinture de surfaces en aluminium ou en composite. Si la bouteille est sale, nettoyer la surface extérieure à l'aide d'un détergent doux à base d'eau, rincer et sécher entièrement. Ne *pas* utiliser de chaleur pour sécher la bouteille. En cas de signes d'endommagement des matériaux composites de la bouteille, la soumettre à un contrôle visuel par un technicien agréé avant de la peindre.

Si les matériaux composites sont en bon état, poncer légèrement l'extérieur de la bouteille à l'aide de papier de verre 320 ou plus fin pour préparer la surface et obtenir une bonne adhésion de la peinture.

Retoucher la peinture endommagée avec une peinture séchant à l'air. Ne **jamais** chauffer la bouteille pour sécher ou durcir la peinture.

Le type de peinture séchant à l'air n'est pas critique, mais la peinture époxy ignifugeante ou polyuréthane n'est pas conseillée. Ne **pas** utiliser de peinture à base de solvant contenant du toluène, du xylène ou autres solvants agressifs. La peinture polyuréthane à base aqueuse a de bonnes propriétés ignifugeantes.

La peinture au pistolet donne normalement une meilleure finition.

Si l'intégralité de la bouteille est à peindre, contacter Luxfer pour obtenir les recommandations.

Ne **pas** peindre par-dessus l'étiquette de la bouteille. S'il est nécessaire de peindre près de l'étiquette, la masquer pour la protéger et veiller à sa lisibilité (exigence réglementaire).

Prendre soin de ne pas peindre sur la surface supérieure du goulot de la bouteille car la peinture dans cette zone peut nuire à l'étanchéité du robinet.

Contactez Luxfer pour toutes questions ou informations complémentaires.

### 8.3 Mise en place du robinet

Le choix de robinets et détendeurs doit être conforme aux exigences de la norme EN ISO 13341.

Avant d'insérer le robinet dans la bouteille, l'inspecter minutieusement et, si nécessaire, le remettre en état conformément aux recommandations du fabricant du robinet et/ou du système. Ne pas mettre en place un robinet qui n'a pas subi d'inspection. A défaut, la bouteille risque de donner une performance en service non-satisfaisante.

Les filets du robinet doivent être en parfait état. Utiliser un tampon approprié pour vérifier que le robinet soit conforme au filetage spécifié. La surface d'accouplement du robinet devrait être lisse et en parfait état.

Des filets de robinet endommagés ou déformés peuvent endommager les filets de la bouteille. L'endommagement de la surface destinée à l'étanchéité peut empêcher le joint et endommager la face supérieure de la bouteille servant à l'étanchéité.

**Filetages cylindriques** : veiller à ce que le logement du joint torique et les filets de la bouteille soient propres et en parfait état.

Poser un nouveau joint torique sur le robinet selon les recommandations du fabricant du robinet ou du système.

Une fine couche de graisse de silicone sans hydrocarbures et compatible avec l'oxygène peut être appliquée aux trois ou quatre filets du bas pour lubrifier ; veiller cependant à ne pas appliquer de graisse sur la face inférieure de la tige du robinet. Seule une petite quantité de graisse est nécessaire. Trop de graisse peut causer des problèmes d'étanchéité.



**MISE EN GARDE : les lubrifiants à base d'hydrocarbures ne doivent pas être utilisés sur les bouteilles contenant de l'oxygène ou du gaz enrichi en oxygène !**

Insérer le robinet dans le goulot de la bouteille et serrer, tout d'abord à la main pour s'assurer que les filets sont correctement alignés. Finir de serrer le robinet selon la méthode conseillée par l'équipementier ou le fabricant du système. En l'absence de données émanant du fabricant, se reporter aux valeurs de couple spécifiées dans la norme EN ISO 13341.

**Filetage conique :** vérifier que le filetage de la bouteille est propre et en parfait état.

Conformément aux directives de la norme EN ISO 13341, couvrir le filetage du robinet d'un ruban PTFE (téflon®) compatible avec l'oxygène et insérer le robinet dans le goulot de la bouteille. Serrer à la main en veillant à ce que les filets soient correctement alignés et entièrement enclenchés. Finir de serrer le robinet en appliquant les valeurs de couple recommandées par l'équipementier ou le fabricant du système. En l'absence de données émanant du fabricant, se reporter aux valeurs de couple spécifiées dans la norme EN ISO 13341.

## 8.4 Destruction des bouteilles condamnées ou périmées

Pour détruire les bouteilles condamnées ou périmées, percer un trou d'un minimum de 13 mm à travers le bobinage et le liner, rendant ainsi la bouteille incapable de contenir du gaz.

**AVERTISSEMENT :** même complètement vidée, une bouteille peut contenir une importante quantité de gaz résiduel (la procédure de sécurité est donnée en annexe A de la norme EN ISO 11623).

# Synthèse

## Entretien des bouteilles à gaz Luxfer en composite fibre de carbone

### TOUJOURS :

*Toujours* être attentif aux fuites d'air à chaque remplissage.

*Toujours* veiller à ce que le filetage et l'intérieur de la bouteille soient secs et dépourvus d'huile, de saleté et autres contaminants.

*Toujours* remplir les bouteilles avec le gaz adéquat, selon les recommandations de l'équipementier.  
*Toujours* suivre les recommandations d'inspection appropriées.

*Toujours* suivre les procédures et recommandations d'installation du fabricant du robinet et/ou du système.

*Toujours* entretenir les accessoires utilisés avec la bouteille en suivant à la lettre les recommandations du fabricant.

### NE JAMAIS :

*Ne jamais* remplir une bouteille qui fuit.

*Ne jamais* remplir une bouteille endommagée.

*Ne jamais* remplir une bouteille si elle a dépassé la date de réépreuve requise.

*Ne jamais* remplir une bouteille en composite qui a dépassé sa durée de vie utile permissible.

*Ne jamais* vider entièrement une bouteille (sauf si le retrait du robinet est prévu) car cela peut entraîner la pénétration d'humidité à l'intérieur de la bouteille.

*Ne jamais* utiliser de lubrifiants à base d'hydrocarbures avec de l'oxygène.

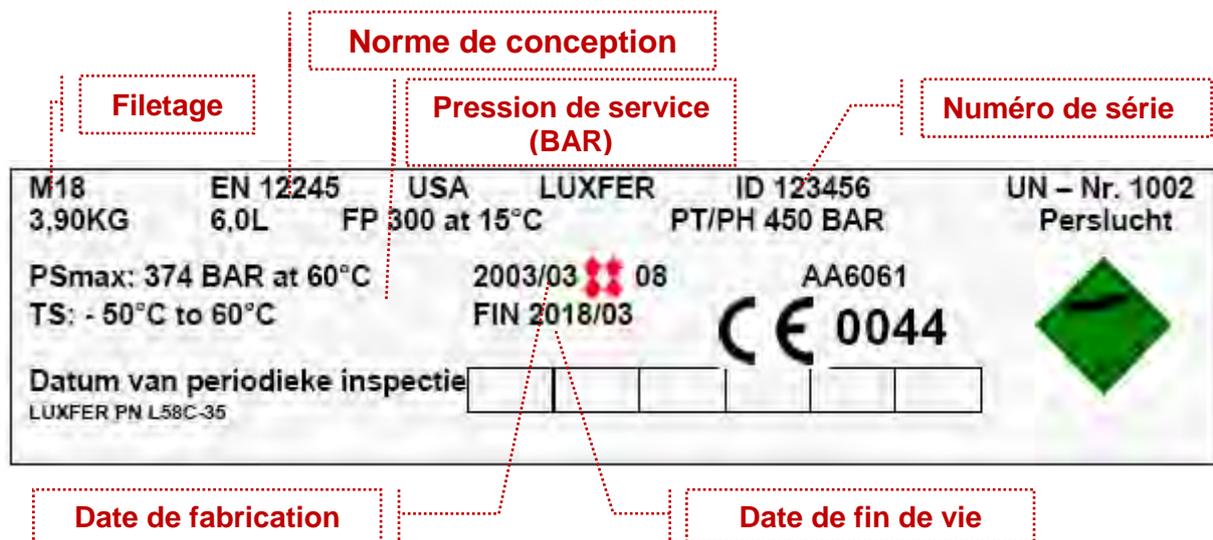
*Ne jamais* utiliser de composants non compatibles avec l'oxygène avec de l'oxygène ou des gaz enrichis en oxygène. *Ne jamais* trop serrer un robinet.

*Ne jamais* retirer, cacher ou altérer les étiquettes du fabricant.

*Ne jamais* utiliser une bouteille qui a été exposée à une atmosphère ou à un environnement extrêmement corrosif sans l'avoir préalablement inspectée et testée correctement.

*Ne jamais* utiliser une bouteille qui a été exposée à une chaleur extrême ou au feu pendant une période prolongée sans la tester correctement au préalable.

## APPENDICE 1 : Exemple d'étiquette



## APPENDICE 2 : Capuchons de protection LCX

Les bouteilles Luxfer LCX utilisées dans les applications ARI peuvent être équipées de capuchons en polymère pour les protéger contre les chocs. Ils sont collés à la bouteille au moyen d'un adhésif semi-permanent. Les procédures suivantes détaillent comment poser ces capuchons, et comment les retirer en toute sécurité pour permettre d'inspecter la surface en composite lors de la requalification.

### Pose de la calotte et du culot

Luxfer recommande l'utilisation d'un adhésif Loctite® pour coller les calottes et culots aux bouteilles en composite Luxfer LCX. Cet adhésif est disponible dans le commerce ou peut être acheté auprès de Luxfer. Contacter le service client Luxfer pour tout renseignement.

A environ 20 à 30 mm du bord, appliquer une petite perle d'adhésif le long de la surface intérieure du capuchon [voir la *Photo 1 ci-dessous*].

Immédiatement après avoir appliqué l'adhésif, mettre la calotte ou le culot fermement en place.

**Ne pas utiliser de chaleur pour durcir l'adhésif** car cela peut nuire à la performance de la bouteille.

Les capuchons de protection sont généralement réutilisables. Des jeux de capuchons peuvent être achetés auprès de Luxfer. Contacter le service client Luxfer pour tout renseignement.



Photo 1 : application de l'adhésif

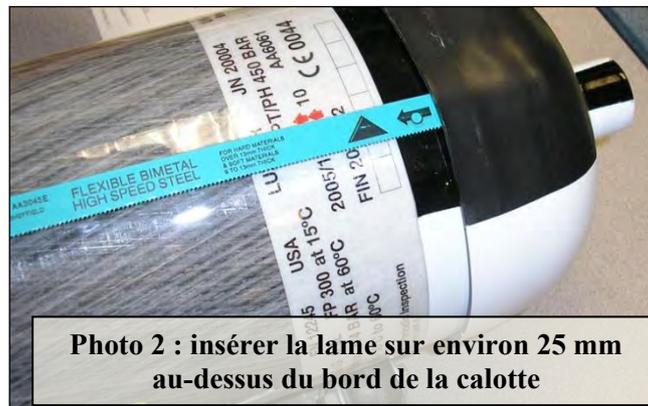
## Retrait des capuchons

### Outils nécessaires :

- Une lame de scie à métaux ou une fine bande de métal similaire
- Un kit adhésif

### Procédure de retrait :

Glisser doucement la lame de scie à métaux entre le capuchon et la bouteille [voir *Photo 2* ci-dessous] sur 40 à 50 mm. Continuer d'insérer la lame de cette manière tous les 20 mm sur la circonférence de la bouteille.



Lorsque la lame est passée entre la bouteille et la calotte sur toute la circonférence de la bouteille, le capuchon peut être retiré en le soulevant par le bord tout autour de la bouteille.

Procéder de même pour retirer le capuchon sur le fond de la bouteille.

Tout résidu d'adhésif sur la bouteille ou la calotte/le culot peut être éliminé en frottant la surface avec un chiffon humide. Si nécessaire, utilisez de l'alcool isopropylique pour éliminer les traces d'adhésif de la surface de la bouteille.



## Références

EN ISO 11623 : Bouteilles à gaz transportables – Contrôles et essais périodiques des bouteilles à gaz en matériau composite.

NF EN ISO 13341 : Bouteilles à gaz – Montage des robinets sur les bouteilles à gaz

EN 12245/FPRA1 : Bouteilles à gaz transportables – Bouteilles entièrement bobinées en matériaux composites

ISO 11119-2 : Bouteilles à gaz composites – Spécifications et méthodes d'essai – Partie 2 : Bouteilles à gaz composites entièrement bobinées renforcées par des liners métalliques transmettant la charge.