

**Commission économique pour l'Europe**

Comité des transports intérieurs

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

Berne, 17-21 mars 2014

Point 2 de l'ordre du jour provisoire

Citernes**Contrôle périodique des véhicules-citernes de GPL,
alternatives à l'épreuve de pression hydraulique****Communication de l'Association européenne des gaz
de pétrole liquéfiés (AEGPL)^{1, 2}***Résumé*

Résumé analytique: La présente proposition porte sur les solutions de rechange à l'épreuve de pression hydraulique qui peuvent être appliquées aux citernes en acier au carbone, fixes ou démontables, des véhicules-citernes à GPL ainsi qu'à leur équipement de service lors des contrôles périodiques tous les six ans. Il ne s'agit pas de les substituer au contrôle visuel de l'état intérieur.

Mesure à prendre: Ajouter un code TT11 à la colonne 13 du tableau A au chapitre 3.2 du RID/ADR pour les marchandises dangereuses suivantes: ONU 1011, ONU 1075, ONU 1965, ONU 1969 et ONU 1978.

Ajouter une nouvelle disposition spéciale (TT11) à la section 6.8.4 d).

¹ Conformément au programme de travail du Comité des transports intérieurs pour la période 2012-2016 (ECE/TRANS/224, par. 94, et ECE/TRANS/2012/12, activité 02.7 (A1c)).

² Diffusée par l'Organisation intergouvernementale pour les transports internationaux ferroviaires (OTIF) sous la cote OTIF/RID/RC/2014/30.



- **EN 14127:2011** – Contrôle non destructif des assemblages soudés – Mesure de l'épaisseur de la paroi par ultrasons
- **EN ISO 9712:2012** – Contrôle non destructif. Qualification et certification du personnel

Le personnel impliqué dans les contrôles non destructifs doit être qualifié, certifié et avoir une bonne connaissance pratique des contrôles qu'il effectue, supervise, surveille et évalue à la lumière de ce qui suit:

Tous les écrous, boulons et goujons utilisés dans les joints destinés à maintenir la pression doivent faire l'objet d'un examen visuel pour détecter toute trace éventuelle de dommage ou de corrosion. [Tous ceux qui présentent des dommages ou des attaques de corrosion susceptibles de réduire leur résistance doivent être remplacés par des écrous, boulons et goujons neufs conformes aux spécifications originales.]

Après des travaux à chaud (application directe de chaleur pour souder ou découper) sur des éléments à pression de la citerne, il faut procéder à une épreuve de pression hydraulique en plus de tout autre contrôle non destructif prescrit.

Les contrôles non destructifs ne remplacent pas l'épreuve d'étanchéité que doit subir l'ensemble du réservoir et de son équipement.

Il faut appliquer des méthodes non destructives aux éléments du réservoir et de l'équipement énumérés au tableau ci-dessous.

Éléments du réservoir et de l'équipement	Méthodes non destructives
Raccords en T des soudures bout à bout dans le réservoir	Contrôle à 100 % par ultrasons, magnétoscopie ou courants de Foucault
Soudures bout à bout longitudinales du réservoir	Contrôle à 100 % par ultrasons, magnétoscopie ou courants de Foucault
Soudures bout à bout circulaires du réservoir	Contrôle à 100 % par ultrasons, magnétoscopie ou courants de Foucault
Zones de la paroi du réservoir qui ne peuvent pas être contrôlées visuellement de l'extérieur	Mesure de l'épaisseur de la paroi par ultrasons, de l'intérieur, avec un quadrillage de 150 mm (au maximum)
Soudures de fixation, trou d'homme, buses et ouverture (internes) directement sur le réservoir	Contrôle à 100 % par ultrasons, magnétoscopie ou courants de Foucault
Zones fortement sollicitées des tôles doublantes de fixation (au-dessus des arceaux fixés à la plaque d'attelage plus 400 mm)	Contrôle à 100 % par magnétoscopie ou courants de Foucault
Soudures de la tuyauterie et d'autres parties de l'équipement	Contrôle à 100 % par ultrasons, magnétoscopie ou courants de Foucault

Les niveaux d'acceptation des défauts doivent être conformes aux prescriptions des parties pertinentes des normes **EN 12493:2013** (Équipements pour GPL et leurs accessoires – Citernes en acier soudé pour gaz de pétrole liquéfiés (GPL) – Véhicules-citernes routiers – Conception et construction), **EN ISO 23278:2009** (Contrôle non destructif des assemblages soudés – Contrôle par magnétoscopie des soudures – Niveaux d'acceptation) ou aux normes d'acceptation référencées dans la norme applicable à la méthode non destructive concernée.

Si un défaut inacceptable de la citerne est mis en évidence par des méthodes non destructives il faut procéder à la réparation et à une nouvelle épreuve (il n'est pas permis d'effectuer l'épreuve de pression hydraulique sans que la citerne ait été dûment réparée).

Les résultats des contrôles effectués à l'aide de méthodes non destructives doivent être consignés et conservés pendant toute la durée de vie de la citerne.».

Justification

4. Il y a trois modes de défaillance qui concernent les citernes sous pression: corrosion, érosion et fatigue.
5. Compte tenu de la nature du GPL et du type de citerne utilisé, la corrosion ou l'érosion interne ne sont pas des modes de défaillance plausibles.
6. Les seuls modes de défaillance plausibles sont la corrosion extérieure ou les fissures de fatigue qui sont soit provoquées soit aggravées par les cycles de pression ou par les charges résultant des opérations de transport. Les techniques utilisées doivent être capables de détecter toute diminution de l'épaisseur de la paroi (résultat de la corrosion extérieure) et toute fissure.
7. La meilleure méthode pour mettre en évidence des fissures dues à la fatigue avant qu'elles aient le temps de se propager et de provoquer une défaillance consiste à utiliser une technique non destructive appropriée plutôt qu'une épreuve de pression hydraulique.
8. La combinaison de plusieurs méthodes, notamment visuelles (examen intérieur et extérieur) et épreuves non destructives appropriées doit cibler les zones critiques pour assurer l'intégrité des pièces mécaniques.
9. Le choix de la technique non destructive à utiliser doit se faire d'un commun accord entre l'expert et l'entreprise/opérateur qui met cette technique en œuvre. Il faut veiller à ce que ce soit les bonnes techniques qui sont utilisées.
10. Des techniques non destructives appropriées permettront de détecter tous les défauts susceptibles de provoquer une défaillance si la citerne était soumise à une épreuve de pression hydraulique ainsi que tous ceux qui pourraient faire de même avant le contrôle suivant.

Titres des normes auxquelles renvoie la présente proposition

- **EN ISO 9712:2012** – Essais non destructifs – Qualification et certification du personnel

La norme EN ISO 9712 établit les principes relatifs à la qualification et à la certification du personnel chargé d'effectuer des essais industriels non destructifs. Le système décrit dans cette norme internationale peut également s'appliquer à d'autres méthodes non destructives ou à d'autres techniques dans le cadre d'une méthode bien établie, à condition qu'il existe un système complet de certification et que la méthode ou la technique soit couverte par une norme internationale, européenne, régionale ou nationale. La compétence est ainsi certifiée en ce qui concerne une ou plusieurs des méthodes suivantes:

- a) *Contrôle par courants de Foucault*
- b) *Contrôle à 100 % par magnétoscopie (contrôle par particules magnétiques et contrôle par perte de flux magnétique)*

- c) *Contrôle par ressuage*
- d) *Contrôle par ultrasons*

- **EN ISO 17640:2010** – Techniques, niveaux d'essai et évaluation pour les contrôles non destructifs et par ultrasons des assemblages soudés

La norme EN ISO 17640 est la norme internationale qui concerne le contrôle par ultrasons des assemblages soudés dans des matériaux métalliques d'une épaisseur égale ou supérieure à 8 mm. Elle expose en détail les techniques particulières de contrôle des métaux qui présentent une atténuation des ultrasons à des températures inférieures ou égales à 60°C. La norme EN ISO 17640 vise particulièrement les assemblages soudés à pleine pénétration dont le métal de base et la soudure sont ferritiques. Cette norme précise les valeurs des caractéristiques ultrasonores concernant des aciers dans lesquels la vitesse des ondes ultrasonores est égale à $(5\,920 \pm 50)$ m/s pour les ondes longitudinales.

La norme EN ISO 17640 compte quatre niveaux de contrôle A, B, C et D. Elle met l'accent sur le niveau D qui nécessite des techniques par ultrasons spécifiques pour les contrôles de soudures à pénétration partielle, les contrôles avec des équipements automatisés et les contrôles à des températures situées hors de la plage 0 °C à 60 °C. Il est possible d'assurer la conformité internationale avec la norme internationale EN ISO 17640 en contrôlant la longueur et l'amplitude d'écho de l'indication du signal ou la caractérisation et le dimensionnement de l'indication à l'aide d'un palpeur. Cette norme donne également des indications exhaustives quant à la manière d'utiliser les symboles et les définitions ainsi que de préparer les métaux, sur les besoins en matière d'équipement et de personnel, sur les paramètres du palpeur, sur les volumes contrôlés et sur l'évaluation des résultats.

- **EN ISO 17638:2009** – Contrôle non destructif des assemblages soudés – Contrôle par magnétoscopie

La norme EN ISO 17638 est une norme internationale qui spécifie les méthodes pour la détection par magnétoscopie des défauts de surface des soudures de matériaux ferromagnétiques, y compris dans les zones affectées thermiquement. Ces techniques sont appropriées pour la plupart des procédés de soudage et des configurations d'assemblages. Les variations dans les techniques de base qui rendent le contrôle plus ou moins sensible sont décrites à l'annexe A.

- **EN 1711:2000** – Contrôle non destructif des assemblages soudés. Contrôle par courants de Foucault des assemblages soudés par analyse des signaux dans le plan complexe

Cette norme définit les contrôles par courants de Foucault qui permettent de détecter des fissures superficielles et sous-jacentes, surtout dans les aciers ferritiques (matériaux soudés, zones affectées thermiquement, matériaux de base).

Cette technique par courants de Foucault peut aussi être appliquée à d'autres matériaux de construction métalliques (comme les aciers inoxydables) si les prescriptions en matière de conception l'exigent.

Elles peuvent être appliquées à des objets revêtus ou non revêtus au cours de la fabrication et en service, à terre et en mer.

Le contrôle peut se faire sur toute surface accessible et sur les assemblages soudés dans presque toutes les configurations.

Il peut généralement être appliqué à l'état brut de soudage. Toutefois, une surface très rugueuse peut empêcher un contrôle efficace.

- **EN ISO 23278:2009** – Contrôle non destructif des assemblages soudés. Contrôle par magnétoscopie des soudures. Niveaux d'acceptation
- **EN 14127:2011** – Contrôle non destructif. Mesure de l'épaisseur de la paroi par ultrasons
- **EN 12493:2013** – Équipements pour GPL et leurs accessoires – Citernes en acier soudé pour gaz de pétrole liquéfiés (GPL) – Véhicules-citernes routiers – Conception et construction.

Pertinence des différentes techniques non destructives

Comme les citernes conformes à la norme EN 12493 ont des réservoirs en acier au carbone, les normes ci-dessous ne conviennent qu'à l'acier au carbone.

- **EN ISO 17640:2010** – Le contrôle des assemblages soudés par ultrasons permet de détecter des imperfections sous forme de fissures (une fissure superficielle longue d'au moins 3 mm sur 1 mm de profondeur et une fissure sous-jacente longue d'au moins 3 mm sur 2 mm de profondeur) dans une soudure ou dans la zone adjacente, à condition que l'épaisseur du matériau soit d'au moins 8,0 mm.
- **EN ISO 17638:2009** – Le contrôle des assemblages soudés par magnétoscopie permet de détecter des imperfections sous forme de fissures (une fissure superficielle longue d'au moins 3 mm sur 1 mm de profondeur et une fissure sous-jacente longue d'au moins 3 mm sur 2 mm de profondeur) dans une soudure ou dans la zone adjacente.
- **EN 1711:2000** – Le contrôle par courants de Foucault permet de détecter des imperfections sous forme de fissures (une fissure superficielle longue d'au moins 3 mm sur 1 mm de profondeur et une fissure sous-jacente longue d'au moins 3 mm sur 2 mm de profondeur) dans une soudure ou dans la zone adjacente.
- **EN 14127:2011** – La mesure de l'épaisseur par ultrasons permet d'atteindre une précision de 0,1 mm (ou mieux).
- **FprEN 14334** – Équipements pour GPL et leurs accessoires – Inspection et essais des véhicules-citernes routiers pour GPL.».

Cette norme indique par quelle méthode d'épreuve non destructive on peut remplacer l'épreuve de pression hydraulique lors du contrôle périodique.

Les citernes à GPL ne souffrent pas de corrosion intérieure (le GPL n'est pas corrosif) et aucune corrosion ne se produit dans la tuyauterie et les équipements (en raison de la nature et des propriétés du GPL le débit doit être réduit bien au-dessous de celui auquel un phénomène d'érosion pourrait apparaître).

La corrosion ne concerne que les surfaces extérieures de la citerne, des équipements et de la tuyauterie. Là où la surface extérieure ne peut pas être pleinement contrôlée ou en cas de doute (ce qui est fréquent avec l'épreuve de pression hydraulique) il faut procéder à un contrôle de l'épaisseur du matériau par ultrasons dans les zones cachées (un examen visuel extérieur complet est déjà obligatoire lors du contrôle périodique).

L'expérience a montré que dans le cas des citernes à GPL les fissures prennent naissance dans les soudures ou dans les zones affectées thermiquement. Toutes les soudures directes sur la citerne et la tuyauterie doivent être soumises à un contrôle non destructif approprié.

Il est prescrit de démonter et d'examiner visuellement tous les écrous, boulons et goujons utilisés dans les joints destinés à maintenir la pression (il faut tenir compte du fait que la pression d'épreuve maximale de nombreux raccords de brides utilisés sur les véhicules-citernes routiers représente près du double de celle qui est utilisée lors de l'épreuve de pression hydraulique d'une citerne et qu'il est donc possible que cette citerne passe l'épreuve avec succès même si ses boulons et goujons sont corrodés à 50 %. Il faut également tenir compte du fait que de nombreux véhicules-citernes (comme ceux à GPL) sont démontés après l'épreuve de pression hydraulique pour être nettoyés et contrôlés intérieurement.

Historique

L'épreuve de pression hydraulique s'est imposée au XIX^e siècle comme la seule méthode permettant d'assurer l'intégrité des récipients à pression (essentiellement les chaudières à vapeur) bien avant que d'autres méthodes (techniques) soient disponibles. Cette épreuve reste une prescription de base après la construction ou la réparation d'une citerne fixe (récipient sous pression). Il peut être procédé à l'épreuve de pression hydraulique lors du contrôle périodique, mais d'autres méthodes d'épreuves non destructives permettront d'assurer un niveau de sécurité équivalent.

Le Royaume-Uni a été le premier dans les années 1980 à compléter l'épreuve de pression hydraulique des citernes fixes par les épreuves de magnétoscopie et de contrôle par ultrasons. Au départ, le contrôle par magnétoscopie n'avait pour but que de détecter des fissures dans la paroi de la citerne, au-dessus des arceaux fixés à la plaque d'attelage. Il est apparu que lors du contrôle périodique l'examen magnétoscopique des soudures et la vérification ultrasonique de l'épaisseur (du réservoir) permettaient de mettre en évidence des défauts non détectés par l'épreuve de pression hydraulique et que cette épreuve pouvait donc être remplacée par une combinaison des méthodes de contrôle par magnétoscopie et par ultrasons. Les autorités compétentes ont ainsi permis que des méthodes non destructives appropriées soient substituées à l'épreuve de pression hydraulique (pour les citernes non ADR) et ont publié en 1984 un code de bonnes pratiques.

Selon les chiffres publiés par l'Association des entreprises du GPL au Royaume-Uni (UKLPG), on compte environ 600 véhicules-citernes à GPL en opération dans ce pays. Si l'on admet qu'ils seront normalement soumis au cours de leur vie à des contrôles périodiques après six, douze et dix-huit ans (pour une durée de service totale de vingt-quatre ans) il y aura en moyenne chaque année 25 nouveaux véhicules-citernes et 75 contrôles périodiques.

Chaque année (depuis 1984), environ 60 de ces 75 véhicules-citernes à GPL ont été soumis à un contrôle périodique utilisant des méthodes non destructives appropriées au lieu de l'épreuve de pression hydraulique (les 15 autres ont subi cette épreuve à la demande de la personne compétente dans le cadre de la politique d'inspection des opérateurs). Au cours de cette période, aucune citerne fixe (sur un véhicule-citerne) n'a présenté de défaut qui n'ait pas été décelé par l'épreuve de pression hydraulique ou par une méthode non destructive.

En 1995, aux États-Unis d'Amérique, un wagon-citerne a connu une défaillance catastrophique peu de temps après avoir été requalifié par une épreuve de pression hydraulique. L'enquête a révélé que l'épreuve de pression hydraulique et l'examen visuel n'avaient pas permis de déceler le défaut qui allait provoquer cette défaillance et que l'épreuve de pression hydraulique avait même aggravé certaines fissures.

Depuis 1998 le Département des transports des États-Unis d'Amérique exige qu'une méthode non destructive appropriée soit utilisée pour la requalification des wagons-citernes, ce qui est rendu obligatoire par le Règlement fédéral HM-201.

Selon le Département des transports des États-Unis d'Amérique, «*HM-201 est un règlement fédéral qui régit la qualification des wagons-citernes du Département des transports et de l'Association of American Railroads. Il élimine l'épreuve hydrostatique à laquelle étaient auparavant soumises les citernes et utilise une méthode d'épreuve non destructive permettant de mieux déceler les défauts et d'assurer la sécurité des wagons-citernes.*».

Le Département des transports consacre également un programme permanent de recherche et d'étude à l'élaboration de possibles courbes de détection pour plusieurs méthodes non destructives, voir: <http://www.fra.dot.gov/downloads/Research/ord0910.pdf>

Le RID/ADR autorise déjà des solutions de rechange à l'épreuve de pression hydraulique pour certains récipients à pression – voir les nota 2 et 3 du paragraphe 6.2.1.6.1 ainsi que le nota du paragraphe 6.2.3.5.1.

Expérience récente

Prenons l'exemple d'un réservoir fixe à GPL (fabriqué en 1995) et ayant passé récemment avec succès une épreuve de pression hydraulique (en 2011) à laquelle il avait été procédé avant toute autre épreuve. Les inspections visuelle et magnétoscopique ultérieures de certaines des soudures de buses ont révélé des fissures de longueurs comprises entre 25 et 90 mm sur trois soudures.



À la suite des premiers indices de fissures, il a été procédé à un léger ponçage de la surface pour vérifier qu'il ne s'agissait pas d'un simple chevauchement des soudures, ce qui a permis de confirmer qu'il s'agissait bien dans les trois cas de légères fissures (le fond peint en blanc et l'indicateur en noir les rendent désormais visibles à l'œil nu).

La buse 1, qui abrite le réceptacle de l'indicateur de température, présente une fissure longue de 25 mm, comme on le voit ci-dessous:



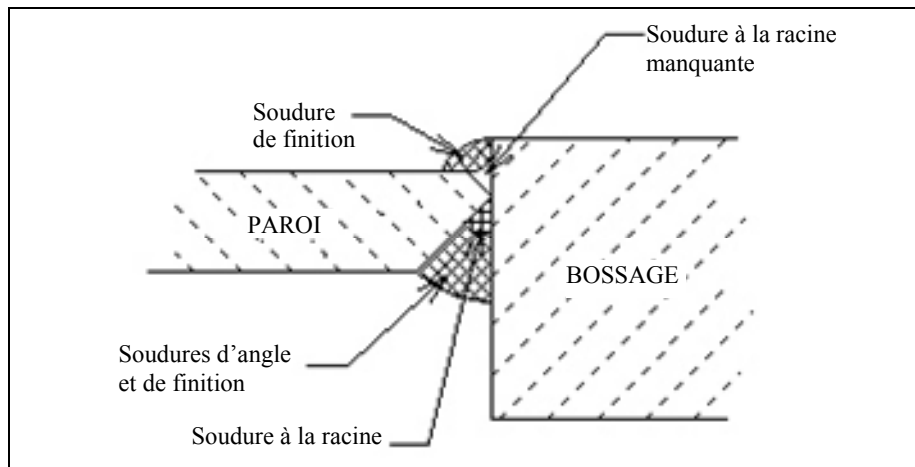
La buse 2, qui est l'orifice de remplissage de la citerne (raccordée au tuyau de remplissage intérieur), présente une fissure longue de 90 mm, comme on le voit ci-dessous:



La buse 3, qui est la conduite d'équilibrage des vapeurs de la citerne (également raccordée à la tuyauterie intérieure), présente une fissure longue de 50 mm, comme on le voit ci-dessous:



Le contrôle magnétoscopique d'un assemblage soudé (effectué en 1995 dans le cadre de la procédure appliquée par une entreprise lors de l'achat d'une citerne fixe construite en 1973 par un fabricant de citernes réputé) a révélé autour de la buse de sortie principale que la soudure à la racine manquait et qu'il n'y avait qu'une soudure de finition.



L'absence de cette soudure a suggéré, lors du contrôle magnétoscopique, la présence d'une fissure intérieure le long de la ligne de la soudure manquante.

Autres considérations

Outre la possible contamination des composants et l'accélération de l'oxydation des surfaces intérieures de la cuve, l'utilisation de l'eau pour les épreuves de pression hydraulique peut engendrer de grandes quantités d'eau usée qui doit être traitée par une entreprise dûment agréée et ne peut pas être rejetée telle quelle dans l'environnement ou dans des systèmes d'égouts.

Autre exemple de remplacement de l'épreuve de pression hydraulique par des méthodes non destructives

Chaudières à vapeur: Pendant de nombreuses années, au Royaume-Uni, toutes les chaudières à vapeur devaient impérativement être soumises à une épreuve de pression hydraulique tous les dix ans. Cette obligation légale a été abrogée il y a quelques années et la plupart des chaudières à vapeur (qui n'ont pas subi de travaux de réparation à chaud) sont désormais requalifiées à l'aide de méthodes de contrôle non destructives.

Citernes à GPL statiques: De nombreux pays ont remplacé l'épreuve de pression hydraulique (lors du contrôle périodique) par les techniques non destructives énumérées dans la présente proposition, ce qui est couvert par une norme européenne.
