

Outil d'inspection Hydrogène

Version 1

Décembre 2019



Services belges d'inspection Seveso

Cette brochure peut être obtenue gratuitement auprès de la:

Division du contrôle des risques chimiques
Service Public Fédéral Emploi, Travail et
Concertation sociale
Rue Ernest Blerot 1
1070 Bruxelles

Tel: 02/233 45 12

E-mail: crc@emploi.belgique.be

Editeur responsable:
SPF Emploi, Travail et Concertation sociale

Cette brochure peut également être téléchargée à partir des sites internet suivants:

- www.emploi.belgique.be/acr
- www.lne.be/omgevingsveiligheid-preventie-van-zware-ongevallen

Deze brochure is ook verkrijgbaar in het Nederlands.

La rédaction de cette brochure a été clôturée le 11 décembre 2019.

Cette brochure est une publication commune des services d'inspection suivants:

- la division Handhaving van het Departement Omgeving van de Vlaamse Overheid, dienst Toezicht zware risicobedrijven
- la Direction des Risques industriels, géologiques et miniers de la DGRNE de la Région wallonne
- la Division du Contrôle des Risques Chimiques du SPF Emploi, Travail et Concertation sociale.

Groupe de travail: Brigitte Gielens, Martine Mortier, Peter Vansina, Christof De Pauw, Philip Tanghe, Emeline Verdin et Thibaut Steenhuizen

Référence: CRC/SIT/021-F

VERSION 1

Dépôt légal: D/2019/1205/06

Introduction

La Directive européenne "Seveso III"¹ vise la prévention des accidents majeurs impliquant des substances dangereuses ainsi que la limitation de leurs éventuelles conséquences, aussi bien pour l'homme que pour l'environnement. L'objectif de cette directive est de garantir un niveau élevé de protection contre ce type d'accidents industriels dans toute l'Union Européenne.

L'exécution de cette Directive dans notre pays est régie principalement par l'accord de coopération² entre l'Etat Fédéral et les Régions. Cet accord de coopération décrit aussi bien les obligations pour les exploitants visés que les tâches et la coopération mutuelle des différents services publics qui sont associés à l'exécution de l'accord de coopération.

Cette publication est un outil d'inspection qui a été rédigé par les services publics qui ont été chargés de la surveillance du respect des dispositions de cet accord. Ces services utilisent cet outil d'inspection dans le cadre de la mission d'inspection qui leur a été accordée dans l'accord de coopération. Cette mission d'inspection implique l'exécution d'enquêtes planifiées et systématiques des systèmes de nature technique, organisationnelle et relatifs à la gestion de l'entreprise et utilisés dans les établissements Seveso, pour examiner notamment si:

- 1° l'exploitant peut démontrer qu'il a pris les mesures appropriées pour prévenir les accidents majeurs au vu des activités de l'établissement,
- 2° l'exploitant peut démontrer qu'il a pris les mesures appropriées pour limiter les conséquences des accidents majeurs à l'intérieur et hors de l'établissement.

L'exploitant d'un établissement Seveso doit prendre toutes les mesures qui sont nécessaires pour prévenir les accidents majeurs avec des substances dangereuses et pour en limiter les possibles conséquences. La Directive ne contient pas elle-même de prescriptions détaillées sur les mesures "nécessaires" ou sur la manière dont ces mesures devraient précisément être menées.

L'exploitant doit développer une politique de prévention qui amène à un haut niveau de protection pour l'homme et l'environnement. Cette politique de prévention doit être mise en pratique à l'aide d'un système de gestion de la sécurité. Les éléments et activités qui doivent être abordés dans ce système de gestion de la sécurité sont énumérés à l'annexe 2 de l'accord de coopération. Ainsi, l'exploitant est tenu de rédiger et d'appliquer les procédures nécessaires pour l'organisation de:

- la détermination des tâches et responsabilités impliquées dans la gestion des risques d'accidents majeurs

¹ [Directive 2012/18/EU](#) du Parlement européen et du Conseil concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses, modifiant puis abrogeant la directive 96/82/CE du Conseil.

² L'[accord de coopération du 16 février 2016](#) entre l'Etat fédéral, la Région flamande, la Région wallonne et la Région de Bruxelles-Capitale concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses

- l'implication et la formation du personnel
- le travail avec des tiers
- l'identification et l'évaluation des dangers d'accidents majeurs
- la conception de nouvelles installations et la réalisation de modifications aux installations existantes
- le contrôle opérationnel, notamment:
 - la sécurité opérationnelle en toutes circonstances, telles qu'en fonctionnement normal, au démarrage, lors d'arrêts temporaires et lors des entretiens
 - la gestion des alarmes
 - l'assurance de l'état et du fonctionnement correct des mesures pour la maîtrise des risques d'accidents majeurs (programmes d'inspection et d'entretien périodiques)
- l'enquête d'accidents et incidents
- l'audit et la révision de la politique de prévention et du système de gestion de la sécurité.

La façon dont ces activités doivent concrètement être organisées et développées n'est pas spécifiée plus en détails dans la Directive. Les exploitants des établissements Seveso doivent remplir eux-mêmes concrètement ces obligations générales et doivent donc déterminer eux-mêmes quelles sont les mesures nécessaires à la fois de nature technique, de nature organisationnelle et celles relatives à la gestion de l'entreprise. L'accord de coopération demande aux exploitants de tenir compte pour ce faire des meilleures pratiques.

Les services d'inspection ont pour tâche d'encourager le respect de l'accord de coopération par les exploitants et si nécessaire de l'imposer. Pour la réalisation de cette mission, il est nécessaire que les services d'inspection développent aussi de leur côté des critères d'évaluation plus concrets. Ces critères d'évaluation prennent la forme d'une série d'outils d'inspection tels que cette publication.

Lors du développement de leurs critères d'évaluation, les services d'inspection se concentrent en premier lieu sur les bonnes pratiques, telles que celles décrites dans de nombreuses publications. Ces bonnes pratiques, souvent établies par les organisations industrielles, sont le résultat de l'expérience de plusieurs années en sécurité de procédé. Les outils d'inspection sont réalisés dans le cadre d'une politique publique transparente et sont accessibles librement à chacun. Les services d'inspection restent à disposition pour toutes remarques et suggestions quant au contenu de ces documents.

Les outils d'inspection ne sont pas une alternative à la réglementation. Les exploitants peuvent dévier des mesures qui sont décrites dans les outils d'inspection. Dans ce cas, ils doivent pouvoir démontrer que les mesures alternatives qu'ils ont prises permettent d'assurer le même niveau élevé de protection.

Les services d'inspection sont d'avis que les outils d'inspection qu'ils ont développés peuvent être d'une grande aide pour les établissements Seveso. En mettant en œuvre les mesures demandées dans ces outils d'inspection, les exploitants peuvent ainsi satisfaire en grande partie aux obligations générales de l'accord de coopération. On peut utiliser ces outils d'inspection comme point de départ pour le développement et l'amélioration de ses propres systèmes.

Les outils d'inspection peuvent aussi aider les exploitants à démontrer que les mesures nécessaires ont été prises. Là où les mesures prescrites ont été implémentées, on peut en effet baser son argumentation sur les outils d'inspection concernés.

Table des matières

1 Explications	7
1.1 Propriétés de l'hydrogène gazeux	7
1.2 Champ d'application	10
2 Réglementation	13
2.1 Réglementation fédérale	13
2.2 Réglementation flamande	16
2.3 Réglementation bruxelloise	21
2.4 Réglementation wallonne	22
3 Stockage fixe	23
3.1 Construction des réservoirs sous pression fixes	23
3.2 Signalisation	25
3.3 Maîtrise des déviations de procédé	26
3.4 Maîtrise de la dégradation	30
3.5 Limitation des fuites accidentelles	32
3.6 Maîtrise de la dispersion des substances libérées	35
3.7 Éviter les sources d'ignition	36
3.8 Limitation des dommages dus à l'incendie	39
3.9 Limitation des dommages dus à des explosions	43
3.10 Intervention	44
4 Stockage mobile	45
4.1 Construction des tube-trailers et des (batteries de) bouteilles	45
4.2 Signalisation	46
4.3 Maîtrise des déviations de procédé	47
4.4 Maîtrise de la dégradation	49
4.5 Limitation des fuites accidentelles	50
4.6 Maîtrise de la dispersion des substances libérées	53
4.7 Éviter les sources d'ignition	54
4.8 Limitation des dommages dus à l'incendie	57

4.9	<i>Limitation des dommages dus aux explosions</i>	61
4.10	<i>Intervention</i>	62
5	Tuyauteries	63
5.1	<i>Construction de tuyauteries</i>	63
5.2	<i>Signalisation</i>	65
5.3	<i>Maîtrise de la dégradation</i>	66
6	Postes de déchargement d'hydrogène gazeux chez les utilisateurs d'hydrogène	69
6.1	<i>Contrôle d'accès</i>	69
6.2	<i>Maîtrise des déviations de procédé</i>	70
6.3	<i>Maitrise de la dégradation</i>	72
6.4	<i>Limitation des fuites accidentelles</i>	74
6.5	<i>Éviter les sources d'ignition</i>	75
6.6	<i>Limitation des dommages dus au feu</i>	78
7	Stations de remplissage pour (batteries de) bouteilles	81
7.1	<i>Signalisation</i>	81
7.2	<i>Contrôle d'accès</i>	82
7.3	<i>Maîtrise des déviations de procédé</i>	83
7.4	<i>Maîtrise de la dégradation</i>	85
7.5	<i>Limitation des fuites accidentelles</i>	86
7.6	<i>Maîtrise de la dispersion des substances libérées</i>	89
7.7	<i>Éviter les sources d'ignition</i>	90
7.8	<i>Limitation des dommages dus au feu</i>	93
7.9	<i>Limitation des dommages dus aux explosions</i>	95
8	Compresseurs d'hydrogène	97
8.1	<i>Construction des compresseurs</i>	97
8.2	<i>Maîtrise des déviations de procédé</i>	98
8.3	<i>Maîtrise de la dégradation</i>	100
8.4	<i>Limitation des fuites accidentelles</i>	101
8.5	<i>Maîtrise de la dispersion des substances libérées</i>	103
8.6	<i>Éviter les sources d'ignition</i>	104
8.7	<i>Limitation des dommages dus au feu</i>	105
9	Références	107



1

Explications

1.1 Propriétés de l'hydrogène gazeux

1.1.1 Identification

L'hydrogène est un gaz incolore, inodore et sans saveur. C'est le plus léger des gaz.

Formule chimique: H_2
Numéro CAS: 1333-74-0
Numéro UN: 1049
Numéro CEE: 001-001-00-9

Conformément au règlement CLP³, l'hydrogène gazeux est classé en tant que 'gaz inflammable, catégorie de danger 1' (danger H220) et en tant que 'gaz sous pression – gaz comprimés' (avertissement H280).

1.1.2 Propriétés physiques

Poids moléculaire:	2,02 g
Point d'ébullition:	-252,9 °C
Point triple:	-259,2 °C
Température critique:	-239,9 °C
Pression critique:	12,8 atm
Densité du gaz à 0°C et 1 atm (air = 1):	0,089 g/l
Densité du gaz à 25°C et 1 atm (air = 1):	0,069 g/l
Densité du liquide saturé à 23 K:	67,723 kg/l
Coefficient d'expansion, liquide ⇒ gaz (point d'ébullition ⇒ 20°C):	1 à 848
Chaleur latente de vaporisation:	446 kJ/kg

³ [Règlement \(CE\) n°1272/2008](#) du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n°1907/2006 (annexe 1 – Partie 2: Dangers physiques – 2.2 Gaz inflammables – 2.2.1 Définition)

Solubilité dans l'eau à 20°C:	0,0182
Limites d'inflammabilité dans l'air à 1 atm:	4 – 74,5 %
Limites d'inflammabilité dans l'oxygène à 1 atm:	4,65 – 93,9 %
Température d'auto-inflammation dans l'air à 1 atm:	570 °C
Chaleur de combustion:	120.000 kJ/kg
Energie d'ignition minimale:	0,02 mJ

L'hydrogène est un gaz avec un effet Joule-Thomson inversé. Contrairement à la plupart des autres gaz, la température de l'hydrogène gazeux augmente lorsque le gaz se détend à travers une vanne sans effectuer un travail. Ce phénomène se produit pour l'hydrogène gazeux au-dessus de la température d'inversion de -80°C.

1.1.3 Propriétés chimiques

L'hydrogène, bien que relativement peu réactif à température ambiante, réagit avec la plupart des autres éléments à température élevée. Ainsi, l'hydrogène réduira notamment les oxydes métalliques à température élevée. C'est cette réactivité à température élevée qui est mise à profit dans la plupart des utilisations industrielles de l'hydrogène en dehors du secteur énergétique.

L'hydrogène peut donc être considéré comme incompatible avec les oxydants, y compris l'air, l'oxygène et les halogènes. Le fluor et l'hydrogène réagissent à 250°C en présence d'impuretés. Les mélanges chlore et hydrogène explosent s'ils sont exposés à la lumière. Le lithium brûle dans une atmosphère d'hydrogène.

1.1.4 Inflammabilité

L'hydrogène est un gaz extrêmement inflammable. Il brûle dans l'air avec une flamme bleu pâle, pratiquement invisible, et à des concentrations allant de 4 à 75 % par volume aux conditions standards (par comparaison : les limites d'inflammabilité du méthane et du propane sont situées respectivement entre 5,3 – 15 % et 2,1 - 9,5 %). Les limites d'explosion dépendent de la pression, de la température et également du taux d'humidité. La température de flamme la plus élevée de l'hydrogène de 2.318°C est atteinte pour une concentration de 29 %, mais dans une atmosphère d'oxygène, cette température peut atteindre 3.000 °C.

L'énergie minimale d'ignition requise pour un mélange stœchiométrique combustible/oxygène est de 0,02 mJ pour l'hydrogène, ce qui est très faible (pour le méthane, elle est de 0,26 mJ). Il suffit d'un dixième de l'énergie d'une décharge d'électricité statique d'un arc ou d'une étincelle pour allumer l'hydrogène. De plus, l'hydrogène est généralement manipulé à pression élevée. Si une fuite se produit alors, l'hydrogène présente un effet Joule-Thompson inverse, de sorte que le gaz qui s'échappe peut s'échauffer suffisamment pour être enflammé directement. Cette faible valeur de l'énergie minimale d'ignition pour le mélange inflammable hydrogène-air augmente donc considérablement le potentiel d'ignition d'un mélange inflammable contenant de l'hydrogène par rapport aux autres gaz inflammables.

Ce potentiel est également augmenté par rapport aux autres gaz inflammables à cause de la petite taille de la molécule d'hydrogène qui lui permet de migrer rapidement à travers de petites ouvertures. C'est en raison de cette dernière caractéristique qu'il est parfois préférable de tester l'étanchéité d'un équipement appelé à contenir de l'hydrogène à l'aide d'hélium, gaz inerte dont la taille de la molécule est similaire à celle de l'hydrogène.

Le coefficient de diffusion de l'hydrogène dans l'air est de 0,61 cm³/s, ce qui est 4 fois plus grand que le méthane. C'est pourquoi l'hydrogène se mélange beaucoup plus rapidement dans l'air que le méthane ou les vapeurs de pétrole, ce qui est avantageux à l'air libre.

Par contre, il s'agit d'un désavantage potentiel dans les espaces intérieurs mal ventilés. Etant plus léger que l'air, le gaz monte rapidement dans l'atmosphère, à l'inverse du propane qui lui restera au sol, engendrant alors une plus grande probabilité d'explosion, vu le degré plus élevé de confinement au sol. De nombreuses expériences ont montré que l'hydrogène ne détonait pas en milieu libre.

Le plus grand danger lié à l'utilisation de l'hydrogène est donc la formation de mélanges inflammables avec l'air qui, exposés à une source d'ignition, peuvent donner lieu à des incendies ou éventuellement à des déflagrations.

Le trou à travers lequel une flamme d'hydrogène peut diffuser est beaucoup plus étroit que la plupart des autres gaz. Par conséquent, il est beaucoup plus difficile de fabriquer des moteurs électriques suffisamment « Exproof » pour des opérations dans des atmosphères pouvant contenir un mélange inflammable hydrogène-air.

1.2 Champ d'application

Le champ d'application du présent outil d'inspection couvre le stockage, le (dé)chargement et l'utilisation de l'hydrogène gazeux.

Les stations de remplissage en vrac pour l'hydrogène se trouvent la plupart du temps aux endroits où l'hydrogène est produit. Dans ces stations de remplissage, l'hydrogène gazeux est chargé par pression d'un système de compression ou d'un réservoir de stockage en vrac dans des (batteries de) bouteilles ou dans des tube-trailers (appelés Conteneurs à Gaz à Élément Multiples (CGEM) selon l'ADR), après quoi ceux-ci sont transportés dans des installations où l'hydrogène est utilisé. Les tube-trailers sont des semi-remorques contenant plusieurs récipients cylindriques sous pression dans lesquels l'hydrogène gazeux est stocké sous haute pression. Le nom tube-trailer concerne uniquement la semi-remorque qui contient différents récipients cylindriques sous pression et qui est sur roues. La cabine du camion elle-même ne fait pas partie du tube-trailer. Les récipients cylindriques sous pression sur tube-trailers peuvent être aussi bien des récipients sous pression métalliques que des récipients en matériau composite. Dans le passé, on utilisait principalement des récipients métalliques sous pression, mais de nos jours, on passe de plus en plus à des récipients sous pression en matériau composite. Il existe deux types de récipients sous pression en matériau composite. Un premier type est constitué d'un récipient interne en aluminium recouvert d'une couche externe en composite. C'est la couche externe en composite qui assure la robustesse. Un second type est constitué d'un récipient sous pression entièrement en matériau composite. Les bouteilles métalliques sont toujours placées horizontalement sur un tube-trailer, alors que des bouteilles composites peuvent être placées aussi bien horizontalement que verticalement sur un tube-trailer. Vu le poids plus faible des bouteilles en composite, les tube-trailers construits avec des bouteilles en composite peuvent transporter une plus grande quantité d'hydrogène que le même trailer équipé de bouteilles en métal. Du fait que la réglementation ADR impose une limitation de la quantité de produit qui peut être contenue dans un compartiment déterminé, les trailers contenant des bouteilles en composite sont divisés en différents compartiments.

Des systèmes de stockage pour des utilisateurs d'hydrogène gazeux comprennent des réservoirs sous pression, des détendeurs, des systèmes de décharge de pression, des manifolds, des tuyauteries et des appareils de contrôle.

Dans la plupart des cas, il n'y a pas de réservoir fixe sous pression prévu chez l'utilisateur pour le stockage d'hydrogène gazeux, mais l'hydrogène gazeux est stocké dans un tube-trailer ou des (batteries de) bouteilles. Un système de stockage peut comprendre des réservoirs de stockage à haute ou basse pression, qui sont fixes, mobiles ou une combinaison des deux. Dans le dernier cas, un réservoir sous pression fixe (qui est souvent désigné par le terme de réservoir tampon) est combiné avec un tube-trailer. Si un tube-trailer reste longtemps chez un client, alors il arrive que l'on enlève l'armature mobile, de sorte qu'il reste encore uniquement chez le client les bouteilles sur une sorte de châssis. Une fois que les roues sont éliminées, le terme de tube-trailer n'est plus utilisé. Cette installation (donc les réservoirs cylindriques sur une armature fixe) est considérée comme une installation constituée de réservoirs sous pression ou de réservoirs tampons fixes. Il est possible que l'usage de réservoirs tampons soit plus appliqué dans le futur.

Si l'on travaille avec un réservoir sous pression fixe, alors le déchargement à partir d'un tube-trailer vers le réservoir sous pression fixe ou le réservoir tampon est prévu sur place. Si l'on opte uniquement pour le stockage mobile, alors il n'y a chez l'utilisateur qu'un échange des bouteilles ou tube-trailer vides pour des pleins.

Si le réservoir sous pression fixe a une faible pression de conception, alors la pression de conception de ce réservoir de stockage est beaucoup plus faible que la pression de

conceptions des tube-trailers utilisés pour remplir le réservoir fixe. Dans ces cas-là, un détendeur est nécessaire au niveau du déchargement. La pression de réglage du détendeur ne peut pas être plus élevée que la pression de conception du réservoir sous pression fixe. Si le réservoir de stockage fixe dispose d'une pression de conception élevée, le gaz est déchargé du tube-trailer, jusqu'à la pression d'équilibre entre le réservoir de stockage et le tube-trailer. Avec cette disposition, un détendeur est prévu entre le réservoir de stockage fixe et l'utilisateur.

Aussi bien dans les stations de remplissage d'hydrogène que chez les utilisateurs, on utilise des compresseurs pour augmenter la pression de l'hydrogène.

Installations

Cet outil d'inspection décrit des risques et des mesures typiques pour:

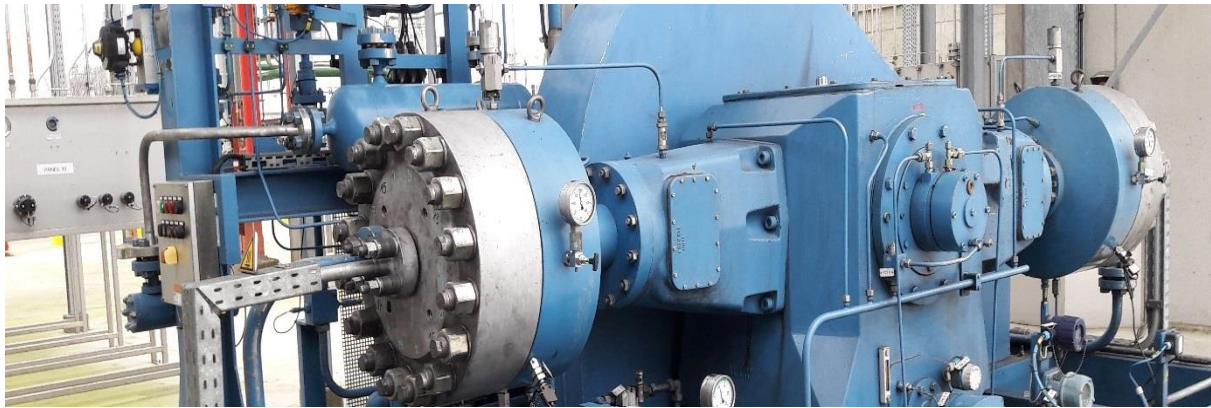
- des réservoirs fixes sous pression
- des réservoirs mobiles sous pression
- des tuyauteries
- des postes de déchargement d'hydrogène gazeux chez des utilisateurs d'hydrogène
- des stations de remplissage pour des (batteries de) bouteilles
- des compresseurs d'hydrogène.

Il n'y a pas de chapitre séparé prévu pour les stations de remplissage pour tube-trailers : les mesures pour une station de remplissage pour tube-trailers sont les mêmes que pour une station de déchargement pour tube-trailers chez des clients.

Pour des exploitants disposant d'un stockage d'hydrogène, on devra choisir, lors de l'application de cet outil d'inspection, si c'est le chapitre en matière de réservoirs fixes sous pression ou celui sur des réservoirs mobiles sous pression qui est d'application. Des réservoirs fixes sous pression sont des réservoirs sous pression qui sont remplis sur place chez le client, qui peuvent être aussi bien réservoirs tampons, des tube-trailers dont les roues ont été enlevées ou des (batteries de) bouteilles fixes. Des réservoirs mobiles sous pression sont des réservoirs sous pression qui sont livrés dans leur entièreté comme stockage chez le client, mais qui ne sont pas remplis sur place. Les tubes-trailers et les (batteries de) bouteilles tombent sous cette définition.

Dans les chapitres concernant les tuyauteries et les stations de remplissage de (batteries de) bouteilles, on ne retrouve pas toutes les sous-sections, comme prévu dans les autres chapitres. Ceci est dû au fait que pour les sous-sections qui ne sont pas spécifiquement reprises, les mesures sont les mêmes que pour le stockage d'hydrogène dans des réservoirs fixes sous pression, des tube-trailers ou des (batteries de) bouteilles.

Les stations de remplissage pour des véhicules ne font pas partie du champ d'application de cet outil d'inspection.



2

Réglementation

2.1 Réglementation fédérale

2.1.1 Les AR des 13 juin 1999 et 11 juillet 2016 relatifs à la mise sur le marché d'équipements sous pression

La première directive européenne (97/23/CE) en matière de mise sur le marché d'équipements sous pression a été traduite en droit belge via l'Arrêté Royal du 13 juin 1999 relatif à la mise sur le marché d'équipements sous pression.

Cet AR était d'application pour des équipements et des ensembles sous pression qui ont été mis sur le marché à partir du 29 novembre 1999. Cependant, une période de transition était prévue: la mise sur le marché d'équipements sous pression et d'ensembles conformément à la réglementation belge qui était d'application avant l'entrée en vigueur de cet arrêté, a été permise jusqu'au 29 mai 2002.

En 2014, une nouvelle directive 'équipements sous pression' ([Directive 2014/68/UE](#)) a été publiée. Les modifications vis-à-vis de la directive précédente concernent principalement la classification des substances selon le règlement de 'Classification, Labelling and Packaging' (CLP). Cette directive a été transposée en droit belge via l'[AR du 11 juillet 2016](#) relatif à la mise à disposition sur le marché des équipements sous pression.

Les directives européennes 'équipements sous pression' (et les arrêtés royaux correspondants) formulent une série d'exigences essentielles de sécurité ainsi que des prescriptions sur le plan de l'approbation des matériaux, l'évaluation de la conformité et le marquage CE.

Pour les équipements sous pression et ensembles, une déclaration UE de conformité et des instructions d'utilisation doivent pouvoir être présentées. Dans la déclaration UE de conformité, il est mentionné qu'il a été démontré qu'il est satisfait aux exigences essentielles de sécurité. En annexe des AR, on trouve un modèle de déclaration UE de conformité.

Les informations suivantes devraient entre autres être reprises dans une telle déclaration:

- le nom et l'adresse du fabricant et, le cas échéant, de son mandataire
- l'identification de l'équipement sous pression ou de l'ensemble permettant sa traçabilité, avec une illustration si nécessaire
- pour les ensembles, une description des équipements sous pression qui les constituent
- la procédure d'évaluation de la conformité appliquée pour l'équipement sous pression ou, dans le cas d'ensembles, pour tous les équipements sous pression qui les constituent
- les normes harmonisées pertinentes appliquées ou d'autres spécifications techniques par rapport auxquelles la conformité est déclarée
- le cas échéant, le nom, l'adresse et le numéro de l'organisme notifié ayant effectué l'évaluation de conformité et le numéro de l'attestation délivrée, et un renvoi à l'attestation d'examen UE de type — type de fabrication, à l'attestation d'examen UE de type — type de conception, à l'attestation d'examen UE de la conception ou au certificat de conformité.

2.1.2 AR du 13 novembre 2011 relatif aux équipements sous pression transportables

Lors de l'utilisation d'hydrogène dans des équipements sous pression transportables, il faut respecter les dispositions reprises dans l'[Arrêté Royal du 13 novembre 2011](#) relatif aux équipements sous pression transportables (AR'11).

Cet AR (AR'11) s'applique:

- aux nouveaux équipements sous pression transportables, qui ne portent pas les marquages de conformité prévus par l'AR du 12 juin 1989 concernant la mise sur le marché de bouteilles à gaz ou l'AR du 14 mars 2002 relatif aux équipements sous pression transportables, aux fins de leur mise à disposition sur le marché;
- aux équipements sous pression transportables qui portent les marquages de conformité prévus par l'AR'11, par l'AR du 12 juin 1989 concernant la mise sur le marché de bouteilles à gaz ou l'AR du 14 mars 2002 relatif aux équipements sous pression transportables, aux fins de leur contrôle périodique, contrôle intermédiaire, contrôle exceptionnel et leur utilisation;
- aux équipements sous pression transportables qui ne portent pas les marquages de conformité prévus par l'AR du 14 mars 2002 relatif aux équipements sous pression transportables, en ce qui concerne la réévaluation de la conformité.

Cet AR (AR'11) NE s'applique PAS:

- aux bouteilles, tubes et récipients cryogéniques mis sur le marché avant le 1^{er} juillet 2001, et qui n'ont pas été soumis à une réévaluation de la conformité
- aux fûts à pression, cadres de bouteilles et citernes mis sur le marché avant le 1^{er} juillet 2003 et qui n'ont pas été soumis à une réévaluation de la conformité.

Dans cet AR (AR'11) sont mentionnées les conditions pour la mise sur le marché d'équipements sous pression transportables, les exigences pour l'évaluation de la conformité, le contrôle périodique, les contrôles intermédiaires, les contrôles exceptionnels et le marquage Pi. Les conditions auxquelles il faut satisfaire selon l'AR'11, sont mentionnées dans les annexes de la [Directive 2008/68/CE](#), directive relative au transport intérieur des marchandises dangereuses (directive ADR).

L'arrêté royal du 14 mars 2002, qui était une transposition de la directive 1999/36/CE (première DEPT) est abrogée par l'AR'11.

Le marquage Pi signifie que l'équipement sous pression transportable est conforme aux prescriptions de l'AR'11 et des annexes de la directive 2008/68/CE.

Le contrôle périodique, le contrôle intermédiaire, le contrôle exceptionnel et les procédures en matière de contrôle périodique des équipements sous pression transportable sont fixées dans les annexes de la directive 2008/68/CE.

2.2 Réglementation flamande

Aperçu

En Flandre, pour certaines activités (établissements dangereux), un permis d'environnement est exigé. La réglementation d'application à ce sujet est reprise dans le décret sur les permis d'environnement et dans les arrêtés d'exécution: décret sur les permis d'environnement (champ d'application, procédures, e.a.), [VLAREM II](#) (liste de classification et conditions générales et sectorielles du permis) et [VLAREM III](#) (conditions générales et sectorielles supplémentaires pour les établissements GPBV). Les établissements dangereux sont décrits dans la liste de classification (VLAREM II, annexe 1). Les rubriques suivantes issues de la liste de classification peuvent être d'application pour des établissements où de l'hydrogène est présent ou traité:

- le stockage de gaz (et donc aussi l'hydrogène) en récipients mobiles (bouteilles): rubrique 17.1.2.1
- le stockage de gaz en réservoirs fixes: rubrique 17.1.2.2
- le traitement physique (compression ou détente) de gaz: 16.3.2
- le remplissage de gaz en récipients mobiles: 16.4.1.

Si la quantité présente d'hydrogène dépasse le seuil bas ou haut Seveso, la rubrique 17.2.1 ou 17.2.2 est aussi d'application.

Les conditions sectorielles environnementales applicables de VLAREM II sont reprises:

- pour les dispositions générales pour le stockage de gaz: dans la sous-section 5.17.3.1
- pour le stockage en récipients mobiles: dans la sous-section 5.17.3.2
- pour le stockage dans un réservoir fixe: dans la sous-section 5.17.3.3
- pour des compresseurs autres que des compresseurs d'air: à l'article 5.16.3.4
- pour une installation de remplissage de bouteilles de gaz: dans les sous-sections 5.16.4.1 et 5.16.4.2.

Dans certaines de ces conditions, il est fait référence à des annexes du Vlarem II qui sont reprises dans une partie séparée.

Les définitions pour le stockage et la distinction entre récipients mobiles et réservoirs fixes sont définies comme suit (Vlarem II définitions art. 1.1.2) :

Lieu de stockage: les espaces ou lieux dans des bâtiments, souterrains ou à l'air libre, où les produits dangereux ou les liquides inflammables, mentionnés dans cet arrêté, sont stockés dans des réservoirs fixes, dans des récipients mobiles ou non emballés en quantité qui dépasse la consommation journalière par 24 heures. On entend par:

- a) réservoirs fixes : les réservoirs qui sont remplis ou réapprovisionnés sur le lieu d'utilisation;
- b) récipients mobiles : les réservoirs qui sont remplis ou réapprovisionnés à un endroit autre que le lieu d'utilisation;

Pour l'interprétation de quelques dispositions, il est de plus nécessaire de connaître la classification des gaz en groupes utilisée dans le Vlarem II. Cette classification est reprise aux art. 5.16.1.1 §4 et 5.17.3.1.1:

Les gaz dangereux sont classés dans un des quatre groupes suivants, où le pictogramme de danger GHS02 a la priorité sur le pictogramme de danger GHS06, les pictogrammes de danger GHS02 et GHS06 ont la priorité sur le pictogramme de danger GHS03 et les pictogrammes de danger GHS02, GHS06 et GHS03 ont la priorité sur tous les autres pictogrammes de danger:

- Groupe 1: gaz caractérisés par le pictogramme de danger GHS02;
- Groupe 2: gaz caractérisés par le pictogramme de danger GHS06;
- Groupe 3: gaz caractérisés par le pictogramme de danger GHS03;
- Groupe 4: les autres gaz, qui ne sont pas mentionnés dans les groupes 1 à 3 y compris.

L'hydrogène est ainsi classé dans le groupe 1 (à cause de GHS02).

Quelques-unes de conditions sectorielles sont expliqués dans ce qui suit.

1) dispositions générales pour le stockage de gaz (sous-section 5.17.3.1)

Cette sous-section contient des prescriptions en ce qui concerne:

- des mesures de précaution pour éviter des réactions dangereuses et la formation et l'ignition d'une atmosphère explosive (avec référence au RGIE et à la réglementation ATEX)
- la construction, les tests d'étanchéité et les dispositifs de sécurité (avec référence à la PED)
- les contrôles périodiques (il y est fait référence à partir des autres sections).

2) stockage de gaz en récipients mobiles (sous-section 5.17.3.2)

Cette sous-section contient des prescriptions en ce qui concerne:

- la construction et l'équipement du lieu de stockage
- les signalisations à apposer
- pour les distances de séparation, il est fait référence au Vlare II annexe 5.17.1 (voir plus loin).

3) stockage de gaz en réservoirs fixes (sous-section 5.17.3.3)

Cette sous-section contient des prescriptions en ce qui concerne:

- la construction des réservoirs
- les signalisations à apposer
- les obligations en matière de contrôle lors de la mise en service et périodique avec référence à l'article 5.17.3.1.8
 - ⇒ concrètement, pour un réservoir fixe avec de l'hydrogène, il faut un contrôle lors de la mise en service et ensuite au moins tous les 5 ans, et ce par un expert en environnement dans la discipline réservoirs de gaz ou de substances dangereuses. Un délai plus court peut être prescrit par l'expert.
- exigences lors du remplissage des réservoirs
- protection contre le feu
- pour les distances de séparation, il est fait référence au Vlare II annexe 5.17.1 (voir plus loin).

4) compresseurs autres que des compresseurs d'air (article 5.16.3.4)

Cet article contient des prescriptions en matière de construction, d'équipements de sécurité et de contrôles. Cet article est applicable selon la nature des gaz, la pression maximale admissible et le volume des éventuels réservoirs sous pression présents ou le diamètre des tuyauteries.

5) remplissage de bouteilles de gaz (sous-sections 5.16.4.1 et 5.16.4.2)

Ces sous-sections contiennent des prescriptions en ce qui concerne:

- la mise en place et le contrôle périodique d'une installation de sprinklage au niveau du réservoir fixe duquel on remplit et sur le lieu de remplissage pour des gaz avec le pictogramme de danger GHS02 (donc aussi pour l'hydrogène)
- une interdiction de remplir les bouteilles au-dessus du taux de remplissage autorisé et de les remplir avec des gaz pour lesquels elles ne sont pas adaptées.

6) distances de séparation (annexe 5.17.1)

Ci-dessous sont reprises les parties pertinentes de l'annexe. Les parties biffées ont été remplacées par [...].

§1. Pour la distance de séparation applicable, on tient compte de tous les tableaux de distances de séparation ci-dessous. La distance de séparation à utiliser entre deux éléments est la plus grande des distances mentionnée dans les tableaux.

§2. Toutes les distances de séparation mentionnées sont exprimées en mètre.

A. Distances de séparation pour les dépôts de stockage d'aérosols

[...]

B. Distances de séparation pour les dépôts de stockage pour des gaz en récipients mobiles

Distance	groupe 1	groupe 2	groupe 3	groupe 4
groupe 1	-	5 / 0 **	1) 2 / 5 *	0
			2) 5	
			3) 7,5	
groupe 2	5 / 0 **	-	0	0
groupe 3	1) 2 / 5 *	0	-	0
	2) 5			
	3) 7,5			
groupe 4	0	0	0	-
limites de la propriété	1) 3	7,5	2	2
	2) 5			
	3) 7,5			
locaux sans interdiction de flamme nue	1) 3	7,5	5	2
	2) 5			
	3) 7,5			
stockage de substances inflammables	5	5/ 2 **	5	2
stockage aérien de liquides inflammables	5	5/ 2**	5	2
stockage aérien de liquides et de solides caractérisés par GHS02	7,5	7,5/ 2**	7,5	2
stockage enterré de liquides et de solides caractérisés par GHS02	2	0	0	0
réservoir d'oxygène liquide	1) 5	2	2	2
	2) 7,5			
	3) 7,5			
réservoir d'azote ou d'argon liquide	2	2	2	2
réservoir d'hydrogène liquide	1) 5	7,5/ 2**	7,5	2
	2) 7,5			
	3) 7,5			

- la distance minimale mentionnée sous 1) est valable pour des capacités de stockage jusque maximum 1.000 .

- la distance minimale mentionnée sous 2) est valable pour des capacités de stockage allant de 1.000 l à 5.000 l
- la distance minimale mentionnée sous 3) est valable pour des capacités de stockage de plus de 5.000 l.

Les capacités de stockage précitées concernent les contenus des récipients de gaz du groupe ou du sous-groupe et pas le total des récipients de gaz stockés.

* La distance de 2 m est valable pour des dépôts de stockage ouverts et la distance de 5 m est valable pour des dépôts de stockage fermés pour des gaz.

** La première distance est valable pour des gaz à toxicité aigüe de la catégorie de danger 1; la deuxième distance est valable pour les autres catégories de danger du groupe 2.

C. Distances de séparation pour des dépôts de stockage pour des réservoirs de gaz fixes, non réfrigérés, autres que pour du gaz propane et du gaz butane liquéfiés commerciaux ou de leurs mélanges

Distance	groupe 1	groupe 2	groupe 3	groupe 4
groupe 1	-	0	1) 5	0
			2) 5	
			3) 7,5	
groupe 2	0	-	0	0
groupe 3	1) 5	0	-	0
	2) 5			
	3) 7,5			
groupe 4	0	0	0	-
limites de la propriété	1) 3	7,5	2	2
	2) 5			
	3) 7,5			
locaux sans interdiction de flamme nue	1) 3	7,5	5	2
	2) 5			
	3) 7,5			
stockage de substances inflammables	5	2	5	2
stockage aérien de liquides inflammables	5	2	5	2
stockage aérien de liquides et de solides caractérisés par GHS02	7,5	2	7,5	2
stockage enterré de liquides et de solides caractérisés par GHS02	2	0	0	0
réservoir d'oxygène liquide	1) 5	2	2	2
	2) 7,5			
	3) 7,5			
réservoir d'azote ou d'argon liquide	2	2	2	2
réservoir d'hydrogène liquide	1) 5	2	7,5	2
	2) 7,5			
	3) 7,5			

- la distance minimale mentionnée sous 1) est valable pour des capacités de stockage jusque maximum 3.000 l
- la distance minimale mentionnée sous 2) est valable pour des capacités de stockage allant de 3.000 l à 10.000 l
- la distance minimale mentionnée sous 3) est valable pour des capacités de stockage de plus de 10.000 l.

Les capacités de stockage précitées concernent les contenus des récipients de gaz du groupe ou du sous-groupe et pas le total des récipients de gaz stockés.

D. Distances de séparation pour le stockage aérien de solides et de liquides dangereux

1. Méthode de travail pour la détermination des distances de séparation mutuelles pour le stockage de liquides et de solides dangereux

[...]

2. Autres distances de séparation

Le stockage de produits dangereux satisfait également aux distances de séparation (exprimées en mètre) dans le tableau ci-dessous:

Tableau des distances pour le stockage de liquides/solides dangereux*

Produit dangereux caractérisé par le pictogramme**	GHS06	GHS09	GHS05	GHS07	GHS01	GHS03	GHS02	GHS08
Réservoir de gaz inerte liquéfié (par ex. N ₂ , Ar, ...)	1	1	1	1	1	1	5 / 3	1
Réservoir d'oxygène liquide	5 / 3	3	3	3	7,5 / 5	1 / 0	5	5 / 3
Stockage de plus de 3.000 l H ₂ dans une batterie	5	3	2 / 1	1	7,5 / 5	7,5 / 5	5	5
Limites de la propriété	5 / 3	3 / 2	2	1	7,5 / 5	7,5 / 2	5	5 / 3

* S'il n'y a pas de différence entre les distances de séparation pour les liquides et les solides, une seule distance est donnée. Si pour les liquides et les solides, des distances de séparation différentes sont valables, alors ces deux distances sont reprises, séparées par une barre oblique (distance de séparation liquides/distance de séparation solides).

** Pour des produits dangereux caractérisés par plusieurs pictogrammes de danger, la distance de séparation à utiliser est la plus grande des distances issues de ce tableau.

2.3 Réglementation bruxelloise

En Région bruxelloise, les dépôts de gaz inflammable sont des installations classées⁽⁴⁾ dont l'exploitation est soumise à l'obtention préalable d'un permis d'environnement.

Les numéros des installations classées sont repris dans le tableau ci-dessous.

N° Rub.	Dénomination	Classe	Mot clé
70-A	Installations et compresseurs destinés à remplir des récipients mobiles quelconques de gaz comprimés liquéfiés ou maintenus dissous sous une pression supérieure à 1kg/cm2 (à l'exception des compresseurs d'air et des installations de remplissage des systèmes d'air-co de véhicules): de 2 à 20 kW (*)	2	Gaz (remplissage)
70-B	Installations et compresseurs destinés à remplir des récipients mobiles quelconques de gaz comprimés liquéfiés ou maintenus dissous sous une pression supérieure à 1kg/cm2 (à l'exception des compresseurs d'air et des installations de remplissage des systèmes d'air-co de véhicules): de plus de 20 kW (*)	1B	Gaz (remplissage)
71-C	Stations de compression de gaz (à l'exception des compresseurs d'air et des installations reprises en rubr 70), Stations de détente de gaz (à l'exception des postes de détente ne nécessitant pas le réchauffage du gaz)	1B	Gaz (traitement physique)
71-D	Installations industrielles pour la séparation, le traitement par des procédés physiques de gaz	1B	Gaz (traitement physique)
72-1A	Gazomètres, dépôts en récipients fixes de gaz comprimés, liquéfiés ou maintenus dissous (à l'exclusion des dépôts de gaz d'extinction) d'une capacité totale sur le site: de 300 à 3.000 litres	2	Gaz (réservoirs fixes)
72-1B	Gazomètres, dépôts en récipients fixes de gaz comprimés, liquéfiés ou maintenus dissous (à l'exclusion des dépôts de gaz d'extinction) d'une capacité totale sur le site de plus de 3.000 litres à 1.000.000 de litres	1B	Gaz (réservoirs fixes)
73-A	Installations fixes pour la production de gaz (à l'exception des cokeries) d'une capacité comprise entre 1 Nm ³ /h et 1.000 Nm ³ /h	1B	Gaz(production)
74-1A	Dépôts de récipients mobiles de gaz comprimés, liquéfiés ou maintenus dissous (à l'exclusion des aérosols) d'une capacité totale sur le site : de 300 à 3.000 litres	2	Gaz (récipients mobiles)
74-1B	Dépôts de récipients mobiles de gaz comprimés, liquéfiés ou maintenus dissous (à l'exclusion des aérosols) d'une capacité totale sur le site de plus de 3.000 litres	1B	Gaz (récipients mobiles)

Via l'Ordonnance concernant les permis d'environnement⁽⁴⁾, des conditions particulières d'exploitation peuvent être imposées à chaque entreprise. Plus d'informations peuvent être obtenues en prenant contact avec Bruxelles Environnement - IBGE, Service permis d'environnement: permit@environnement.brussels.

⁴ [Ordonnance du 5 juin 1997](#) concernant les permis d'environnement (et ses modifications)

2.4 Réglementation wallonne

En Wallonie, les stockages d'hydrogène incriminés dans cet outil font l'objet d'un permis d'environnement. Ce permis est soumis à une série de conditions d'exploiter dont des conditions particulières d'exploitation imposées par la cellule RAM (Risques d'Accidents Majeurs) appartenant à la Direction des risque Industriels, Géologique et Miniers de la DGARNE (Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement).

Pour tout renseignement, veuillez prendre contact avec la cellule RAM (emmanuel.lheureux@spw.wallonie.be – tél. +32 81 33 61 32).



3

Stockage fixe

Stockage fixe chez un utilisateur d'hydrogène gazeux sous la forme d'un réservoir sous pression fixe, tel qu'un réservoir tampon, un tube-trailer dont les roues sous la remorque ont été enlevées ou une batterie fixe de bouteilles qui est remplie chez l'utilisateur d'hydrogène lui-même et qui y reste de façon permanente.

3.1 Construction des réservoirs sous pression fixes

1. Construction des réservoirs sous pression fixes selon une norme de construction

Pour les réservoirs fixes, les tuyauteries et leurs accessoires mis en service après le 29 mai 2002, un certificat CE de conformité avec la directive concernant les équipements sous pression est nécessaire.

Pour les réservoirs fixes, les tuyauteries et leurs accessoires mis en service avant le 29 mai 2002, aucun certificat CE de conformité n'est exigé. Ces réservoirs fixes, tuyauteries et leurs accessoires doivent par contre être construits selon une norme de construction.

2. Dossier de construction des réservoirs sous pression fixes

Le dossier de construction est constitué lors de la conception et de la construction du réservoir sous pression fixe. Le dossier de construction est aussi complété, modifié ou révisé après d'éventuelles modifications. Le dossier mentionne et/ou comprend au minimum:

- *une liste des composants (par exemple tôles d'acier formées, armatures pour vannes et instrumentation,...) avec lesquels le réservoir a été construit*
- *un certificat matériau du fournisseur pour chaque composant. Ce certificat mentionne la conformité avec les normes respectives pour les matériaux de construction et les propriétés mécaniques de l'élément*
- *les raccords par soudure et les contrôles réalisés sur ces raccords après leur exécution*

- *la déclaration UE de conformité pour les réservoirs sous pression fixes tombant sous les directives européennes relatives à la mise sur le marché d'équipements sous pression*
- *les données de conception pour la pression, la température, e.a. ainsi que les calculs des épaisseurs minimales requises de l'enveloppe et la surépaisseur de corrosion utilisée*
- *les résultats de la réalisation de l'essai de résistance à la pression (le plus souvent, il s'agit d'un essai de pression hydrostatique)*
- *une attestation de conformité du réservoir et des accessoires*
- *les données concernant les pressions de conception des différents éléments, tels que les enveloppes, les vannes, les joints, e.a.*

3. Raccords par bride et joints

De préférence, les raccords devront se faire par soudure. Si le stockage fixe se fait à l'aide d'une batterie de bouteilles, on trouve aussi des raccords coniques par filetage, par exemple selon NPT (National Pipe Tapered thread) ou selon BSPT (British Standard Pipe Thread).

Si l'on ne peut utiliser en pratique que des raccords par bride, il est important alors que l'étanchéité soit garantie le plus possible. C'est pourquoi, il est recommandé d'utiliser des brides avec face surélevée (« raised face flange »), des brides à languette et rainure ou des brides pour lesquelles des joints annulaires sont utilisés (« ring joint flange »).

Les joints utilisés doivent être adaptés aux températures et pressions présentes, adaptés pour le contact avec l'hydrogène, disposer de la résistance aux fuites nécessaires et être résistants au feu. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser les joints suivants:

- *des joints en composite avec du graphite comme matériau de base peuvent être utilisés pour des basses pressions*
- *des anneaux en métal doux sont recommandés avec des brides à joint annulaire*
- *des joints en spirale remplie de téflon ou de graphite avec des brides à face surélevée*
- *des anneaux en cuivre avec des brides à joint annulaire.*

Lors du choix des raccords par bride et des joints, il faut tenir compte du fait que la plupart des plastiques et certains métaux sont diffus pour l'hydrogène, de sorte que l'hydrogène peut y migrer ou voir même s'en échapper.

Pour éviter les fuites d'hydrogène, l'usage de protecteurs de bride est parfois recommandé. Cependant, ces protecteurs de brides présentent aussi le désavantage que, s'il y a une petite fuite d'hydrogène, ce dernier peut s'accumuler sous le protecteur de bride. De plus, au niveau des protecteurs de bride, il y a un risque plus élevé de corrosion (à cause de l'infiltration possible d'humidité). Vu que les fuites d'hydrogène au niveau des brides sont la plupart du temps de petites fuites, pour des applications à l'air libre, des protecteurs de brides ne doivent pas être choisis. S'il devait quand même se produire une grosse fuite au niveau d'un raccord par bride, on percevra aussi auditivement la libération de l'hydrogène.

4. Manomètres avec verre de sécurité ou "blow-out back"

Dans des manomètres à blow-out back, l'arrière est soufflé lors d'une surpression, à l'opposé des éventuelles personnes qui se trouvent devant le manomètre.

3.2 Signalisation

5. Signalisation des réservoirs fixes sous pression

Signalisation sur chaque réservoir:

- *le numéro du réservoir*
- *la dénomination du produit stocké*
- *les pictogrammes de danger*
- *la capacité du réservoir (en litres).*

6. Signalisation des vannes au niveau du réservoir sous pression fixe

Indication de:

- *la position de la vanne (ouvert / fermé)*
- *éventuellement la fonction de la vanne.*

3.3 Maitrise des déviations de procédé

3.3.1 Surpression dans le réservoir sous pression fixe

Si le réservoir sous pression fixe a une faible pression de conception, une station de détente est prévue entre le tube-trailer et le réservoir sous pression fixe.

L'objectif est que le réservoir sous pression fixe (avec la pression de conception faible) et le détendeur pour le réservoir sous pression fixe soient protégés contre la pression provenant par exemple du tube-trailer.

7. Mesure de pression avec alarme

Spécifications:

- *Le signal d'alarme est donné au niveau du poste de déchargement et dans un lieu où du personnel est présent en permanence (par ex. en salle de contrôle).*
- *La réponse adéquate à l'alarme a été reprise dans une instruction.*
- *La valeur de l'alarme est réglée de manière à avoir suffisamment de temps pour intervenir.*

Inspection:

- *La mesure de pression et l'alarme sont périodiquement contrôlées quant à leur bon fonctionnement.*

8. Interlock en cas de pression élevée (avec une mesure de pression qui est indépendante de la mesure de pression normale)

Cette mesure est d'application s'il ressort de l'analyse de risques qu'à côté de la présence d'une mesure de pression avec alarme et d'une soupape de sécurité, une mesure supplémentaire est nécessaire pour réduire suffisamment le risque.

Cette boucle de sécurité instrumentale stoppe le déchargement d'hydrogène à partir du tube-trailer.

Action:

- *ferme les vannes de remplissage.*

Inspection:

- *La boucle de sécurité instrumentale est contrôlée périodiquement quant à son bon fonctionnement.*

9. Soupape de sécurité

Dimensionnement:

- *La soupape de sécurité (ou un ensemble de plusieurs soupapes de sécurité) a été dimensionnée pour une introduction incontrôlée de l'hydrogène lors du remplissage à partir d'un tube-trailer.*
- *Les calculs donnent:*
 - *la capacité exigée*
 - *la capacité réelle de la soupape de sécurité installée.*

Matériau de construction:

- *Des alliages de cuivre et de l'acier inoxydable sont des matériaux de construction adaptés pour des soupapes de sécurité parce qu'avec ces matériaux, la probabilité*

d'ignition par des particules provenant de la corrosion atmosphérique est minimalisée.

Inspection:

- *L'inspection périodique de la(des) soupape(s) de sécurité est reprise dans un programme d'inspection. L'inspection périodique est au minimum en conformité avec les prescriptions réglementaires.*

Accumulation d'eau dans la ligne d'évent:

- *L'accumulation d'eau peut corroder la soupape. La formation de glace peut empêcher le bon fonctionnement de la soupape de sécurité. Mesures possibles à ce sujet: une protection contre la pluie, un trou de drainage (pas pointé vers le réservoir). Afin d'éviter ces problèmes, un contrôle visuel annuel est recommandé.*
- *Pour éviter l'infiltration d'eau, on peut travailler avec une ligne d'évent verticale constituée de deux tubes concentriques. L'hydrogène est éventé par la plus petite et autour de celle-ci se trouve un tube concentrique qui s'élève un peu plus haut. La pluie ne tombe jamais complètement verticalement du ciel, mais toujours selon un angle déterminé. De ce fait, la pluie aboutit d'abord contre le tube externe et tombe le long de la face interne de ce tube vers le bas. De cette manière, on évite que la pluie ne s'accumule dans la bonne ligne d'évent interne. Ce système de « tube dans un tube » fonctionne bien pour des lignes d'évent avec des diamètres relativement grands. Pour des petits diamètres, il est nécessaire d'incliner quand même un peu la dernière partie de la ligne d'évent pour éviter l'infiltration d'eau.*

Lignes d'évent:

- *Une ligne d'évent individuelle est prévue par soupape de sécurité. Des lignes d'évent communes sont éventuellement aussi possibles (à démontrer par calculs).*

Localisation de la décharge:

- *La décharge de pression se fait:*
 - *à l'air libre (surtout important si le réservoir de stockage se trouve dans un bâtiment)*
 - *dans une direction sûre*
 - *suffisamment haut : lors de la décharge d'hydrogène, il y a une probabilité importante (cette probabilité pourrait même s'élever jusqu'à 99 %) que l'hydrogène s'enflamme par frottement. A cause de la chaleur qui peut alors être dégagée, une hauteur importante de décharge est exigée. La hauteur minimale d'évent est démontrée à l'aide de calculs (en fonction de la pression et du diamètre des tuyauteries).*

Forces de réaction dans le flux d'évent:

- *Les lignes d'évent sont conçues de manière à ce qu'elles ne cèdent pas lors de la décharge.*

Source d'ignition dans la ligne d'évent:

- *Pour éviter les risques spécifiques d'ignition à cause de la rouille, des tuyauteries en alliages de cuivre ou en acier inoxydable sont les plus adaptées comme ligne d'évent.*

Disponibilité:

- *Le morceau de tuyauterie reliant la soupape de sécurité au réservoir ne peut pas être fermé (pas de vanne présente ou usage d'un système de clé).*

3.3.2 Pression élevée provenant du stockage vers le réseau utilisateur

Si le stockage d'hydrogène chez l'utilisateur se fait à l'aide d'un réservoir de stockage fixe conçu pour une pression élevée, un système de détente est prévu entre le réservoir de stockage et l'utilisateur, et l'utilisateur doit être protégé contre une pression élevée provenant du réservoir de stockage fixe. Pour ce faire, les mêmes mesures que pour empêcher une pression élevée à partir d'un tube-trailer vers un réservoir sous pression fixe disposant d'une faible pression de conception, sont nécessaires.

10. Mesure de pression avec alarme

Spécifications:

- *Le signal d'alarme est donné au niveau du poste de déchargement et dans un lieu où du personnel est présent en permanence (par ex. en salle de contrôle).*
- *La réponse adéquate à l'alarme a été reprise dans une instruction.*
- *La valeur de l'alarme est réglée de manière à avoir suffisamment de temps pour intervenir.*

Inspection:

- *La mesure de pression et l'alarme sont périodiquement contrôlées quant à leur bon fonctionnement.*

11. Interlock en cas de pression élevée (avec une mesure de pression qui est indépendante de la mesure de pression normale)

Cette mesure est d'application s'il ressort de l'analyse de risques qu'à côté de la présence d'une mesure de pression avec alarme et d'une soupape de sécurité, une mesure supplémentaire est nécessaire pour réduire suffisamment le risque.

Cette boucle de sécurité instrumentale stoppe l'alimentation en hydrogène à partir du réservoir sous pression fixe vers l'utilisateur.

Action:

- *Ferme les vannes du réservoir de stockage.*

Inspection:

- *La boucle de sécurité instrumentale est contrôlée périodiquement quant à son bon fonctionnement.*

12. Soupape de sécurité

Cette soupape de sécurité a été dimensionnée de manière à ce que celle-ci soit en mesure de protéger contre des surpressions la tuyauterie allant vers l'installation de l'utilisateur et les appareils chez l'utilisateur en cas de défaillance du détenteur.

Les autres conditions (matériel de construction, inspection, accumulation d'eau dans la ligne d'évent, lignes d'évent, localisation de la décharge, forces de réaction dans le flux d'évent, disponibilité) auxquelles la soupape de sécurité doit répondre, sont reprises en détails dans le scénario « surpression dans le réservoir sous pression fixe ». Ces conditions sont valables de manière générale pour tous les endroits où une soupape de sécurité est définie comme mesure.

3.3.3 Présence d'air lors de la mise en service

13. Procédure de rinçage pour éviter la présence d'oxygène

Avant qu'un système destiné à contenir de l'hydrogène ne soit mis en service ou à nouveau remis en service après entretien, le système doit être rincé avec un gaz inerte pour éliminer l'oxygène du système.

La procédure de rinçage est appliquée avant chaque mise en service et a été reprise dans une instruction.

Après le rinçage, il est contrôlé que la concentration résiduelle en oxygène est inférieure à 1%. La mesure de la concentration en oxygène au niveau de la sortie d'évent n'est pas évidente à réaliser parce que les lignes d'évent débouchent souvent très haut. La concentration en oxygène peut aussi être mesurée à d'autres endroits, tels qu'au travers de la connexion d'un manomètre ou via une vanne de purge. C'est pourquoi, il est plus pratique de reprendre dans l'instruction combien de fois on doit mettre sous pression d'azote et la relâcher avant que l'introduction de l'hydrogène puisse commencer.

3.4 Maîtrise de la dégradation

3.4.1 Corrosion atmosphérique du réservoir sous pression fixe

La plupart des réservoirs sous pression fixes (réservoirs tampons) sont faits en acier carbone. Des causes possibles de corrosion externe sont:

- accumulation d'humidité entre les appuis et le réservoir sous pression
- exposition aux conditions atmosphériques.

14. Appuis conçus de manière à éviter l'accumulation d'eau

Pour des réservoirs horizontaux, la plaque de doublage est soudée sur tout le pourtour.

15. Inspections externes de la paroi du réservoir

L'entreprise dispose d'un rapport d'inspection duquel il ressort:

- *qu'un examen a été réalisé sur les formes de corrosion externes pouvant survenir*
- *que le réservoir est encore apte à être utilisé.*

La date limite pour la prochaine inspection externe (mentionnée dans le rapport d'inspection) n'est pas encore dépassée.

Le Vlare II demande un examen périodique tous les 5 ans, à réaliser par un expert en environnement dans la discipline réservoirs de gaz ou de substances dangereuses, au cours duquel le réservoir est contrôlé entre autres selon un code de bonne pratique par rapport à l'état de conservation et à la protection contre la corrosion. Ce contrôle périodique comprend au moins un contrôle externe du réservoir.

3.4.2 Fatigue due aux cycles de pression

16. Réalisation d'une analyse de la fatigue

Une analyse de la fatigue a été réalisée en tenant compte du nombre de cycles de pression auxquels le réservoir sous pression est soumis pendant l'exploitation.

Le nombre maximum de cycles de pression auxquels le réservoir sous pression peut être soumis est donné par le constructeur. Ce nombre maximum est à comparer avec la fréquence de remplissage du réservoir.

3.4.3 Fragilisation à l'hydrogène

17. Enveloppe en matériau résistant à la corrosion

Ci-dessous des mesures pour éviter les risques de fragilisation à l'hydrogène:

- *La fonte n'est pas adaptée comme matériau de construction parce que celle-ci est perméable à l'hydrogène. Les matériaux de construction contenant du fer avec une limite d'élasticité élevée donnent lieu à de la fragilisation à l'hydrogène.*
- *La résistance de l'acier contre la fragilisation à l'hydrogène est augmentée en ajoutant des éléments d'alliage adéquats (par ex. acier CrMo)*
- *Si des impuretés contenant de l'ammoniac sont présentes dans l'hydrogène présent (par ex. à cause de déviations de procédé chez l'utilisateur), l'usage de*

matériaux contenant du cuivre ou du cuivre/zinc n'est pas recommandé dans des tuyauteries et des joints parce que ces matériaux sont attaqués par l'ammoniac.

- *Des zones affectées thermiquement (heat affected zones) autour des soudures sont plus sensibles à la fragilisation à l'hydrogène que le matériel de base lui-même. Pour éviter cela, on peut opter pour un post-traitement thermique après soudage.*

18. Inspections de l'intérieur des réservoirs sous pression fixes en fonction des risques

L'entreprise a identifié les causes possibles pouvant donner lieu à de la fragilisation à l'hydrogène à l'intérieur du réservoir.

En fonction de cela, les méthodes d'inspection ont été fixées.

L'entrée à l'intérieur des réservoirs de stockage est uniquement réalisée pour des objectifs d'inspection si l'application de la(des) technique(s) d'inspection requise(s) le rend nécessaire. Dans la plupart des cas, on ne prévoit pas de pénétration, mais bien un test de mise sous pression ou un contrôle au moyen de caméras « Time of Flight ». Ces caméras sont capables de mettre en images la profondeur à côté de la longueur et de la largeur des fissures. A l'aide de cette méthode d'analyse, on peut réaliser des inspections sur des microfissures.

Le Vlare II demande un examen périodique tous les 5 ans, à réaliser par un expert en environnement dans la discipline réservoirs de gaz ou de substances dangereuses, au cours duquel le réservoir est contrôlé entre autres selon un code de bonne pratique par rapport à l'état de conservation et à la protection contre la corrosion. Le contrôle périodique concerne, à côté d'un examen externe, toujours un examen interne, à moins qu'il ressorte d'une analyse des risques d'un expert en environnement dans la discipline réservoirs de gaz ou de substances dangereuses, que, vu les propriétés du produit stocké, le matériau du réservoir, l'historique d'utilisation du réservoir, les conditions de stockage et d'autres éventuels paramètres pertinents, aucune corrosion interne ne peut survenir.

L'expert en environnement dans la discipline réservoirs de gaz ou de substances dangereuses peut modifier la périodicité de l'examen interne, en fonction des constatations réalisées ou de l'expérience, pour autant que ce soit motivé, toutefois sans que le délai entre deux examens internes successifs ne s'élève à plus de 10 ans lors de l'augmentation du délai. Dans le permis d'environnement, ce délai de 10 ans peut être augmenté à un maximum de 20 ans.

Le Vlare II autorise, en remplacement de l'examen interne, des méthodes de contrôle alternatives offrant les mêmes garanties. Chaque contrôle alternatif est réalisé dans ce cadre selon un code de bonne pratique. La méthode de contrôle alternative précitée et le code de bonne pratique sont approuvés par un expert en environnement dans la discipline réservoirs de gaz ou de substances dangereuses. Lors de l'utilisation d'une méthode de contrôle alternative, la répétition périodique doit être plus courte ou égale au délai fixé par cet arrêté ou dans le permis d'environnement. Ce délai est fixé sur base d'une analyse de risques réalisée par un expert en environnement dans la discipline réservoirs de gaz ou de substances dangereuses.

L'expert en environnement précité établit une attestation signée au sujet de l'approbation de la méthode de contrôle alternative et du code de bonne pratique utilisé, ainsi que de la périodicité obligatoire sur base de l'analyse de risques. L'exploitant tient cette attestation à disposition du fonctionnaire chargé de la surveillance.

3.5 Limitation des fuites accidentelles

3.5.1 Libération du contenu du réservoir sous pression fixe dans le cas d'une fuite dans une tuyauterie

Un réservoir fixe de stockage est installé de préférence à l'extérieur.

19. Détection de gaz à hauteur du réservoir sous pression fixe (s'il est placé dans un bâtiment fermé)

La détection de gaz pour hydrogène à l'air libre est peu efficace et de ce fait, n'est pas une pratique courante recommandée. Si le stockage de l'hydrogène se trouve dans un bâtiment fermé, une détection d'hydrogène est par contre recommandée.

Actions:

- *alarme à un endroit occupé en permanence (valeur guide du réglage de l'alarme: 20 à 25% de la LEL)*
- *fermeture des vannes commandées à distance et arrêt du compresseur (cela peut se faire à une valeur plus élevée de l'alarme, pour l'hydrogène, la valeur guide est de 40% de la LEL).*

Placement des points de mesure et des ouvertures:

- *autour du réservoir sous pression fixe*
- *à des endroits judicieusement choisis*
- *en haut du bâtiment sont prévues des ouvertures au travers desquelles l'hydrogène peut s'échapper.*

Inspection et entretien:

- *test périodique des détecteurs de gaz (valeur guide: mensuel)*
- *calibration périodique des têtes de mesure selon les prescriptions du fabricant (fréquence guide: tous les 6 mois)*
- *test périodique des actions couplées à la détection de gaz (fréquence guide: annuel).*

20. Vannes d'isolation sur toutes les tuyauteries

Aussi bien des vannes manuelles, des vannes commandées à distance ou une combinaison des deux peuvent être prévues comme vannes d'isolation. La préférence va pour des vannes commandées à distance. Ci-dessous sont décrits des points d'attention pour ces vannes d'isolation. Certains points d'attention sont uniquement applicables à des vannes commandées à distance.

Si l'on choisit des vannes d'isolation manuelles, il doit ressortir de l'analyse de risques que ces vannes engendrent la réduction du risque souhaitée et qu'elles peuvent être actionnées d'un endroit sûr en toutes circonstances. La méthode de travail avec des vannes d'isolation manuelles est décrite dans une instruction.

Emplacement:

- *L'entreprise prévoit des vannes manuelles ou commandées à distance sur toutes les tuyauteries (aussi bien sur les tuyauteries vers le réservoir de stockage fixe que sur les tuyauteries vers l'installation de l'utilisateur), placées le plus près possible du réservoir de stockage et qui peuvent être actionnées d'un endroit sûr.*
- *La vanne doit être montée le plus près possible du réservoir de stockage pour réduire au maximum le nombre de points de fuite possibles entre le réservoir de stockage et la vanne. Plus la tuyauterie est longue, plus grande est la chance*

d'avoir une fuite. L'idéal est donc de monter la vanne directement contre le réservoir de stockage.

- *Une vanne qui se trouve à une certaine distance du réservoir de stockage ne pourra pas empêcher qu'un incendie continue à être alimenté à cause d'une défaillance du réseau de tuyauterie qui est exposé immédiatement à l'impact d'un feu.*

Position de sécurité en cas de coupure d'alimentation en air comprimé ou en électricité:

- *Il est clair que, dans le cas des vannes sur les tuyauteries du réservoir de stockage, la position de sécurité est la position fermée. Un principe généralement accepté et appliqué dans la sécurité des procédés est de concevoir les vannes de sorte que, lors de la perte d'air comprimé ou de l'alimentation électrique, ces vannes se mettent en position de sécurité (dans ce cas, en position fermée).*
- *Pour les actionneurs pneumatiques du type "spring return", un ressort repousse la vanne dans une position définie en cas de rupture d'alimentation en air comprimé (c'est la position par défaut de la vanne).*
- *Des vannes avec des actionneurs électriques peuvent aussi être construites de façon à ce qu'elles évoluent automatiquement vers une position de sécurité de la vanne lors de la perte de l'alimentation d'énergie ou du signal de conduite. Ceci est réalisé par un ressort dans l'actionneur qui, lors de la perte d'énergie, ferme la vanne (autrement dit « action fail-safe »).*

Pilotage en cas d'incendie:

- *Pour assurer la fermeture de vannes pneumatiques en cas d'incendie, la façon la plus facile est l'utilisation de petits tuyaux d'air comprimé qui fondent rapidement. Grâce à cela, un fonctionnement automatique est obtenu, indépendamment d'autres systèmes d'activation. Pour un incendie, ailleurs dans l'installation, il est évidemment nécessaire que ces vannes puissent être activées via un bouton d'arrêt d'urgence ou une boucle automatique.*
- *Afin d'assurer la conduite d'une vanne avec un actionneur électrique également en cas d'incendie, il faut satisfaire aux conditions suivantes:*
 - *L'actionneur est lui-même suffisamment résistant au feu afin de ne pas faire défaut lors d'un feu avant que la vanne ne soit fermée.*
 - *Le câble d'alimentation électrique vers l'actionneur est protégé contre le feu de sorte que la résistance au feu est suffisante afin d'assurer l'alimentation jusqu'à ce que la vanne soit fermée.*
 - *Les câbles de signal pour la conduite de la vanne ne sont pas protégés contre le feu de la même manière de sorte qu'ils fondent avant le câble d'alimentation. De cette manière, selon la première condition de cette liste, la vanne devrait aller dans sa position fail-safe avant que le câble d'alimentation ne fasse défaut.*
 - *L'alimentation électrique doit avoir une fiabilité augmentée. Elle ne peut donc être coupée au moindre court-circuit suite à un incendie. Cela peut être solutionné par exemple en alimentant l'actionneur via un système « no-break » ou un réseau d'alimentation de secours.*

Résistance au feu:

- *L'hydrogène ne donne pas lieu à un feu de flaque, pour lequel des vannes sont certifiées, mais bien à un feu de torche pour lequel aucun certificat de résistance au feu n'est délivré. Il est par contre important d'acquérir des vannes spécifiquement destinées à être utilisées pour l'hydrogène.*
- *Il est recommandé de vérifier si la résistance au feu de la vanne ne doit pas être garantie à cause de la présence d'autres produits inflammables dans le voisinage du stockage d'hydrogène.*

Inspection:

- *Les vannes d'isolation doivent être reprises dans un programme d'inspection périodique.*

Indication de position des vannes d'isolation:

- *Les vannes d'isolation disposent d'une indication de position (ouvert/fermé) observable à distance.*

Activation des vannes:

- *par l'arrêt d'urgence au niveau du déchargement*
- *par l'arrêt d'urgence en salle de contrôle (ou dans un autre endroit occupé en permanence)*
- *par la détection d'hydrogène (dans le cas où le réservoir sous pression se trouve dans un bâtiment fermé),*
- *par la mesure de la perte de pression sur la tuyauterie*
- *ou par la détection incendie.*

21. Vannes de limitation du débit

Ces vannes sont placées sur les tuyauteries de sortie.

La fiabilité de telles vannes est cependant limitée. Il n'est pas évident de les tester. Si elles ne sont pas testées, elles ne peuvent pas être prises en compte comme mesure de sécurité. De plus, elles fonctionnent uniquement à partir d'un débit minimal déterminé. C'est pourquoi elles ne constituent pas une alternative équivalente aux vannes de fermeture commandables à distance.

Inspection:

- *Le fonctionnement correct est testé périodiquement.*

Localisation:

- *Le plus près possible contre le réservoir de stockage.*

22. Clapet anti-retour

Ces clapets sont placés sur les tuyauteries d'entrée. Ils ne sont pas une alternative pour les vannes d'isolation manuelles ou automatiques commandées à distance (vu leur fiabilité insuffisante).

Inspection:

- *Le fonctionnement correct est testé périodiquement. Le test périodique d'un clapet anti-retour est la plupart du temps uniquement possible que pour des grands clapets anti-retour. De petits clapets anti-retour sont plutôt remplacés périodiquement.*

Localisation:

- *Le plus près possible contre le réservoir sous pression fixe ou le plus près possible de la connexion.*

3.6 Maîtrise de la dispersion des substances libérées

3.6.1 Formation de nuage explosif dans l'espace contenant le système à hydrogène

23. Garantir une ventilation naturelle suffisante

Si le réservoir sous pression fixe est installé dans un bâtiment, une ventilation naturelle suffisante doit être assurée.

Localisation:

- *Les entrées d'air doivent être situées près du sol, uniquement dans les murs externes.*
- *Les sorties d'air doivent être prévues le plus haut possible dans le local, dans les murs externes ou dans le toit.*

Superficie:

- *Les entrées et les sorties d'air doivent chacune avoir une superficie totale d'au moins $0,003\text{m}^2/\text{m}^3$ de volume du local.*

3.7 Éviter les sources d'ignition

3.7.1 Etincelles des appareils électriques

24. Réalisation sûre du point de vue explosion de l'installation électrique

L'hydrogène est un gaz très facilement inflammable avec une très faible énergie minimale d'ignition (0,02 mJ). Un dixième de l'énergie d'une décharge d'électricité statique, un arc ou une étincelle suffit pour enflammer l'hydrogène. A cause de la faible énergie d'ignition, l'hydrogène est classé pour le zonage comme un gaz du groupe IIC, classe de température T1 (la température d'auto-ignition de l'hydrogène est de 570°C). Des appareils électriques adaptés pour le IIB + hydrogène peuvent aussi être utilisés. C'est entre autres possible pour des chariots élévateurs, de l'éclairage, des walkie-talkies,...

Les installations de stockage et le système de tuyauteries font l'objet d'un dossier de zonage et d'un document relatif à la protection contre les explosions.

L'entreprise dispose d'une attestation de conformité établie par un organisme agréé, rédigée suite à la première mise en service de l'installation électrique ou suite à des modifications importantes ou des extensions significatives.

Cette exigence est reprise à l'article 270 du „RGIE 1981” (valable à partir de l'entrée en vigueur en 1981 jusqu'au 31/05/2020 inclus) et dans le Livre I, chapitre 6.4 du „RGIE 2020” (valable à partir du 1/6/2020).

Quelle que soit la date de construction de l'installation, l'installation basse tension est:

- *contrôlée annuellement pour les installations électriques déplaçables, mobiles ou temporaires (à partir du 1/6/2020 conformément au RGIE 2020)*
- *contrôlée annuellement pour les installations électriques dans des zones à risques d'explosion (à partir du 1/6/2020 conformément au RGIE 2020)*
- *contrôlée tous les 5 ans pour les autres installations électriques.*

Ces délais peuvent encore être raccourcis si c'est mentionné ainsi dans le permis d'environnement ou dans le dernier rapport de contrôle.

Si des infractions sont mentionnées dans le rapport de contrôle périodique, l'exploitant démontre que les réparations ou adaptations nécessaires ont été correctement exécutées (ou que leur exécution est planifiée).

Les zones où une atmosphère explosive peut être présente sont pourvues d'un pictogramme d'avertissement sur lequel c'est indiqué (triangle, lettres noires „EX” et fond jaune).

25. Interdiction d'utiliser des appareils portatifs non-EEX

L'interdiction d'utiliser des appareils portatifs non-EEX est reprise dans le règlement général de sécurité de l'entreprise. Une interdiction d'utilisation de GSM est indiquée:

- *à l'entrée du terrain*
- *au niveau du lieu de stockage.*

26. Appareils portatifs électriques en exécution EEX

Cela concerne les appareils portatifs tels que:

- *GSM*
- *appareils pour radiocommunication*
- *lampes de poche.*

Ces appareils sont repris dans un programme d'inspection. On vérifie périodiquement si les appareils sont encore en bon état: pas de fuite au niveau des batteries, caisson intact, etc.

Si certains appareils électriques portatifs ne peuvent pas être achetés en exécution EX, le risque d'avoir une explosion doit être maîtrisé à l'aide de mesures reprises dans une analyse de risques et en utilisant une détection portable si l'on travaille avec cet appareil.

27. Utilisation d'outillage anti-étincelles

S'il y a un risque d'avoir une fuite d'hydrogène lors de travaux, alors des outils anti-étincelles sont recommandés. Pour des travaux où il n'y a pas de risque de fuite, on peut aussi travailler avec de l'outillage normal, à condition que des mesurages d'hydrogène soient prévues avant et pendant les travaux, via le permis de travail.

28. Aucun câble électrique dans des gouttières ou des canaux contenant des tuyauteries d'hydrogène avec des raccords par bride

Si des tuyauteries contenant de l'hydrogène se trouvent dans la même gouttière ou le même canal que des câbles électriques, la distance entre les deux doit s'élever au minimum à 50 mm, les raccords dans les tuyauteries d'hydrogène doivent être limités et ils doivent être soit soudés ou brasés. Si d'autres tuyauteries se trouvent aussi dans ces gouttières ou canaux, alors les tuyauteries d'hydrogène doivent toujours se trouver au-dessus des autres tuyauteries.

3.7.2 Étincelles électrostatiques

29. Chaussures et vêtements antistatiques

Le port de chaussures et de vêtements antistatiques est obligatoire pour le personnel de l'entreprise et pour les tiers qui effectuent des travaux dans le lieu de stockage ou au système de tuyauteries duquel de l'hydrogène peut se libérer (par ex. l'ouverture de tuyauteries ou d'équipements dans lesquels de l'hydrogène peut être ou est encore présent).

Il y a une interdiction d'enfiler et de retirer des vêtements dans l'installation, car c'est surtout à ce moment-là que se présente le risque d'avoir des étincelles électrostatiques.

30. Mise à la terre des réservoirs de stockage fixes

La fixation solide de la mise à la terre est contrôlée pendant les rondes de contrôle.

3.7.3 Flamme nue

31. Placement de panneaux d'interdiction 'Interdiction de feu, de flamme nue et de fumer'

Le panneau 'Feu, flamme nue interdite et défense de fumer' est représenté dans le livre III, Titre 6 du Code du bien-être au travail (signalisation de sécurité et de santé).

En ce qui concerne la localisation de ces panneaux, le Code impose les conditions suivantes:

- *à une hauteur et selon une position appropriée par rapport à l'angle de vue*
- *à l'accès à une zone où le risque dû à la présence d'une flamme nue existe*
- *dans un endroit bien éclairé et facilement accessible et visible.*

32. Travaux à flamme nue ou avec étincelles soumis à un permis de travail à point chaud

Les travaux avec flamme nue tels que:

- *des travaux de soudure*
- *l'oxycoupage (c'est-à-dire la découpe de métaux par jet d'oxygène pur).*

Des travaux qui peuvent produire des étincelles, tels que:

- *la découpe à l'aide d'outils tels que scie à bande, scie circulaire*
- *le meulage*
- *le ponçage.*

Il est de pratique courante de soumettre également au système de permis de travail à chaud les travaux avec n'importe quel appareil électrique non Eex dans des endroits zonés.

Le permis de travail à point chaud / permis de feu est cosigné par un conseiller en prévention (Livre III, Titre 3, article 28 du Code du bien-être au travail).

33. Distances de sécurité vis-à-vis des lieux avec flamme nue

Pour ce faire, voir les distances de sécurité reprises dans les différents codes (entre autres les références [6] et [11]) et les distances minimales exigées légalement, reprises au chapitre 2.

3.8 Limitation des dommages dus à l'incendie

3.8.1 Extension d'un feu naissant

34. Détection incendie

Pour des réservoirs sous pression à l'air libre, une détection incendie est beaucoup plus utile qu'une détection gaz. Vu que la flamme issue d'un incendie d'hydrogène est pratiquement invisible, une détection incendie sur base de mesures infrarouges est recommandée.

Actions:

- *alarme dans un endroit occupé en permanence*
- *fermeture automatique des vannes commandées à distance et arrêt du compresseur. Ces actions peuvent également être activées par un opérateur présent dans un endroit occupé en permanence.*

Localisation des points de mesurage:

- *autour du réservoir sous pression fixe*
- *à des endroits judicieusement choisis et tout près de la source.*

Inspection et entretien:

- *test périodique des détecteurs incendie*
- *test périodique des actions liées à la détection incendie (fréquence guide: annuel).*

35. Extincteurs portatifs

Les extincteurs portatifs ne sont pas adaptés pour éteindre un feu de gaz. Ils peuvent par contre être utilisés pour éteindre d'autres feux naissants.

Nombre et localisation:

- *facilement accessibles*
- *déterminés en concertation avec le Service Incendie local compétent. Les conclusions figurent dans un rapport (rédigé par le Service Incendie local et/ou l'entreprise).*

Inspection et entretien:

- *Les extincteurs portatifs sont repris dans un programme d'inspection/entretien:*
 - *contrôle visuel périodique de la présence et de l'accessibilité des extincteurs*
 - *inspection annuelle approfondie de chaque extincteur par une personne qualifiée.*

Formation:

- *Les travailleurs reçoivent un entraînement périodique à l'utilisation d'extincteurs portatifs. La participation à ces formations est enregistrée.*

Signalisation:

- *Les extincteurs portatifs sont peints en rouge et clairement signalés.*

3.8.2 Rupture d'un réservoir de stockage à cause d'un feu externe

36. Distance de sécurité entre les réservoirs sous pression fixes et les foyers potentiels d'incendie

Pour ce faire, voir les distances de sécurité reprises dans les différents codes (entre autres les références [6] et [11]) et les distances minimales exigées légalement, reprises au chapitre 2.

37. Elimination périodique de la végétation combustible autour du réservoir de stockage

38. Inspections périodiques sur la présence de déchets combustibles

39. Position par rapport au niveau du sol

- *Le stockage est situé à un niveau plus élevé qu'un stockage de liquides inflammables ou d'oxygène liquéfié (si la distance entre l'hydrogène et les substances des autres catégories est inférieure à 15 m).*
- *Si le stockage est quand même situé à un niveau plus faible que le stockage voisin de liquides inflammables ou d'oxygène liquéfié, alors il faut prendre des mesures de protection pour éviter que des substances dangereuses puissent s'écouler sous les réservoirs de stockage (si la distance entre l'hydrogène et les substances des autres catégories est inférieure à 15 m).*

40. Système fixe d'arrosage d'eau autour du réservoir sous pression fixe

Un feu d'hydrogène ne peut être arrêté de manière sûre qu'en laissant le feu se consommer de manière contrôlée jusqu'à ce que l'alimentation en hydrogène puisse être fermée. Aussi longtemps que l'alimentation en hydrogène n'est pas arrêtée, la probabilité de reprise d'un feu d'hydrogène est élevée. Des systèmes d'arrosage d'eau sont quand même utiles pour refroidir le stockage d'hydrogène (de manière à ce que le débit d'évent soit plus faible), pour éviter des incendies secondaires et pour limiter l'extension de l'incendie.

On entend par systèmes fixes de refroidissement à l'eau:

- *les systèmes de déluge*
- *les lances incendie.*

Lances incendie:

- *sont liées en permanence au réseau d'eau incendie*
- *peuvent atteindre la surface totale*
- *sont accessibles et manipulables en sécurité en cas d'incendie ou sont à activer et à diriger à distance*
- *sont équipées de buses adaptables de manière à pouvoir former aussi bien un jet d'eau que des gouttes d'eau.*
- *ont un débit de dosage de l'ordre de 8.14 l/min.m².*

Systèmes de déluge:

- *Le système peut être activé à partir d'un endroit sûr.*
- *Le système peut être activé par la détection incendie présente.*
- *Le débit de dosage est déterminé selon un code de bonne pratique. Le débit pour pouvoir refroidir un réservoir sous pression fixe devra certainement s'élever à 10l/m.m², ce qui est beaucoup. Mais il faut une capacité de refroidissement élevée*

parce que la température d'un incendie d'hydrogène est relativement élevée et que l'enveloppe métallique du réservoir sous pression fixe perd aussi de la résistance à température élevée.

Alimentation en eau d'extinction:

- *La capacité en eau d'extinction est déterminée sur base du scénario le plus grave (par ex. refroidissement du plus grand réservoir + des réservoirs voisins + capacité de réserve).*
- *Les réserves d'eau sont assurées par:*
 - *une réserve naturelle (canal, fleuve, ...)*
 - *un réservoir d'eau suffisamment grand et un contrôle régulier des réserves d'eau.*
- *L'alimentation en eau d'extinction est aussi assurée en cas de coupure de courant (p.ex. des moteurs à combustion ou un groupe électrogène pour les pompes électriques).*
- *Le réseau d'eau d'extinction est réalisé en boucle et pourvu de vannes de sectionnement.*
- *Le réseau d'eau d'extinction est protégé contre le gel:*
 - *enfouissement à une profondeur suffisante*
 - *chauffé*
 - *système sec.*
- *Le réseau d'eau d'extinction est protégé contre la corrosion:*
 - *matériau résistant à la corrosion*
 - *protection cathodique*
 - *couche de protection.*

Inspection et entretien:

- *Les systèmes fixes d'extinction sont repris dans un programme d'inspection ou d'entretien. Cela comprend au moins:*
 - *un test live des systèmes de déluge et des lances (fréquence guide: annuels)*
 - *une inspection visuelle du bon état des tuyauteries incendie*
 - *un test de la (des) pompe(s) d'eau d'extinction (fréquence guide: mensuel)*
 - *une inspection du réservoir et du réseau d'eau d'extinction.*

41. Appuis en matériau incombustible

Il faut bien tenir compte du fait que des appuis métalliques perdent aussi de la résistance à température élevée; des appuis en béton sont recommandés.

42. Soupape(s) de sécurité

Dimensionnement:

- *La soupape de sécurité (ou un ensemble de plusieurs soupapes de sécurité) a été dimensionnée pour le scénario de « feu externe ». Les calculs donnent:*
 - *la capacité exigée*
 - *la capacité réelle de la soupape de sécurité installée.*
- *Les autres conditions (matériel de construction, inspection, accumulation d'eau dans la ligne d'évent, lignes d'évent, localisation de la décharge, forces de réaction*

dans le flux d'évent, disponibilité) auxquelles la soupape de sécurité doit répondre sont reprises en détails dans le scénario « surpression dans le réservoir sous pression fixe ». Ces conditions sont valables de manière générale pour tous les endroits où une soupape de sécurité est définie comme mesure.

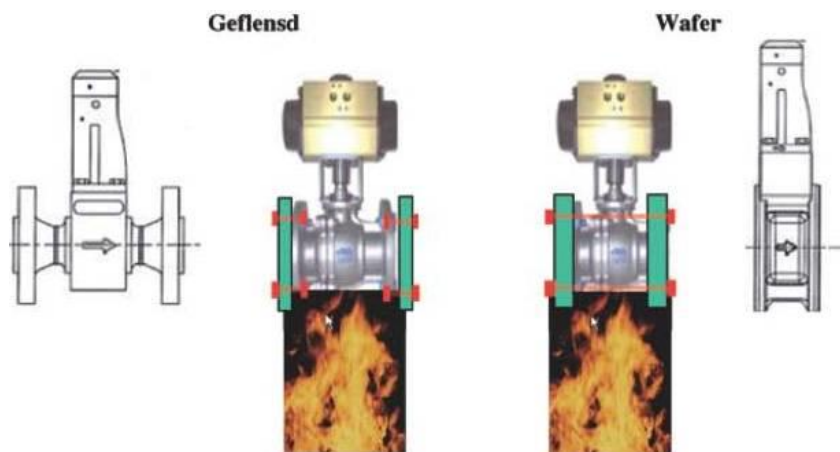
3.8.3 Défaillances des joints dans un feu externe

43. Joints à bride résistant au feu

Pour monter des vannes sur une tuyauterie, on peut utiliser des raccords par brides. Le montage résistant au feu de la vanne est alors garanti en plaçant un joint résistant au feu entre les brides de la vanne et de la tuyauterie.

La seule garantie qu'un joint soit effectivement résistant au feu est un certificat de test. Bien qu'aucune norme spécifique n'existe à ce sujet, un joint peut être testé selon les principes de la méthode d'évaluation des vannes résistantes au feu. En pratique, différents joints sont disponibles sur le marché ayant un certificat de résistance au feu selon les normes pour les vannes résistantes au feu décrites ci-dessus.

Cependant, il existe une manière spécifique pour montrer des vannes où l'on n'utilise pas de raccords par brides, mais où l'on utilise des tiges filetées le long du côté extérieur des vannes. Ce montage appelé montage "wafer" est illustré ci-dessous.



On peut mettre en doute le fait que les vis de serrage non protégées placées sur toute la longueur de la vanne dans le montage en "wafer" puissent résister longtemps à un incendie. Si on ne peut pas démontrer que les vis de serrage sont suffisamment protégées contre l'incendie (au moins une résistance au feu d'une demi-heure), les vannes montées de cette manière ne sont pas considérées par les services belges d'inspection Seveso, comme suffisamment résistantes au feu.

Pour les types de joints acceptés, voir mesure 3.

3.8.4 Incendie dans un bâtiment contenant un système d'hydrogène

44. Résistance au feu du local et du bâtiment conforme à la réglementation

Selon l'article 52 du RGPT, les locaux avec des gaz comprimés combustibles en quantité supérieure ou égale à 300 l sont classés dans le groupe 1.

3.9 Limitation des dommages dus à des explosions

45. Mur faible dans un local

Dans le cas d'un réservoir sous pression situé dans un bâtiment séparé, au minimum un des murs extérieurs doit être construit en matériau léger ou en panneaux se détachant lors d'une surpression interne (normalement, un bâtiment peut résister à une surpression de 50 mbar).

L'explosion doit être détournée d'un endroit où des personnes ou autres appareils peuvent être atteints.

3.10 Intervention

46. Stratégie d'intervention

Des éléments typiques concernant une fuite d'hydrogène et un incendie d'hydrogène sont:

- *Il faut essayer d'arrêter la fuite d'hydrogène, sinon il existe un risque de ré-ignition ou d'explosion.*
- *Les appareils voisins sont aspergés avec des grandes quantités d'eau (préférence pour un jet d'eau pulvérisée) pour les refroidir, éviter qu'ils ne soient pris dans l'incendie et pour éviter le risque de ré-ignition par contact avec des surfaces voisines chaudes.*
- *Si l'incendie est éteint et si le flux de gaz se poursuit, on augmente la ventilation pour éviter qu'une atmosphère explosive ne puisse survenir. On peut utiliser un rideau d'eau pour augmenter le brassage d'air.*

47. Accessibilité pour intervention et évacuation

Accès:

- *L'accès à l'entreprise, aux réservoirs de stockage et aux postes de (dé)chargement est déterminé en concertation avec les services d'incendie. L'accès est suffisamment large pour permettre le passage de véhicules d'intervention (6 m pour une circulation dans les deux sens ou 4 m pour une circulation en sens unique).*
- *Le site dispose, de préférence, d'au moins deux accès indépendants et éloignés autant que possible l'un de l'autre (afin de garantir l'accès quelle que soit la direction du vent).*
- *Il y a une hauteur libre d'au moins 4,20 m (par ex. en dessous des pipe racks).*

Passages:

- *Chaque réservoir de stockage a de préférence un côté libre qui permet l'accès à partir d'un chemin, donc deux réservoirs de stockage maximum côte à côte par rangée. Pour des groupes de petits réservoirs, une exception peut être faite.*

Indication de la direction du vent:

- *manche à air ou girouette par exemple*
- *visible de la station de (dé)chargement et du lieu de stockage.*



4

Stockage mobile

Ce chapitre concerne le stockage mobile chez les utilisateurs d'hydrogène. On entend par stockage mobile le fait que le remplissage du réservoir de stockage n'a pas lieu chez l'utilisateur d'hydrogène, mais bien chez le fournisseur d'hydrogène. Les tube-trailers et les (batteries de) bouteilles qui sont remplies chez le fournisseur tombent sous la définition de stockage mobile. Chez l'utilisateur d'hydrogène, les tubes-trailers et/ou les (batteries de) bouteilles vides sont remplacés par des tubes-trailers et/ou des (batteries de) bouteilles pleines.

4.1 Construction des tube-trailers et des (batteries de) bouteilles

48. Construction des tube-trailers et des (batteries de) bouteilles réalisée selon une norme de construction

Les réservoirs sous pression mobiles, tels que les tube-trailers et les (batteries de) bouteilles doivent satisfaire aux exigences de la directive en matière d'équipements sous pression transportables. Les directives spécifiques auxquelles la construction de tube-trailers et de batteries de bouteilles doivent satisfaire sont reprises en annexe de la directive 2008/68/CE (directive relative au transport intérieur des marchandises dangereuses).

Pour les tube-trailers et les batteries de bouteilles, le marquage Pi et la marque de l'instance notifiée indiquent que cet équipement sous pression transportable est conforme à la directive équipements sous pression transportables.

49. Dossier de construction de tube-trailers et de (batteries de) bouteilles disponible

Le dossier de construction de tube-trailers et de (batteries de) bouteilles traite non seulement des bouteilles elles-mêmes mais aussi des accessoires et du montage. Les accessoires tels que les robinets et les raccords sont la plupart du temps réalisés en matériau standard, de sorte que l'information la plus importante dans le dossier de construction se ramène principalement à la construction des bouteilles elles-mêmes.

4.2 Signalisation

50. Signalisation des réservoirs de stockage mobiles

Indication sur chaque contenant:

- *du numéro du contenant*
- *du nom du gaz stocké: hydrogène*
- *des symboles de danger (conformément à la réglementation ADR)*
- *la capacité*
- *la marquage Pi.*

4.3 Maîtrise des déviations de procédé

4.3.1 Pression élevée provenant du stockage vers le réseau utilisateur

Si le stockage d'hydrogène chez l'utilisateur se fait à l'aide d'un réservoir de stockage mobile, un système de détente de pression est prévu entre ces réservoirs de stockage mobiles et l'utilisateur, et l'utilisateur doit être protégé contre des pressions élevées en provenant du réservoir de stockage mobile.

Le système de protection contre la pression contient au moins un système de détente avec un détendeur, une vanne d'isolation entre le tube-trailer ou les (la batterie de) bouteilles et le système de détente, une soupape de sécurité et éventuellement une boucle de sécurité instrumentale.

51. Mesure de pression avec alarme

Spécifications:

- *Le signal d'alarme est donné au niveau du poste de déchargement et dans un lieu où du personnel est présent en permanence (par ex. en salle de contrôle).*
- *La réponse adéquate à l'alarme a été reprise dans une instruction.*
- *La valeur de l'alarme est réglée de sorte à avoir suffisamment de temps pour intervenir.*

Inspection:

- *La mesure de pression et l'alarme sont périodiquement contrôlées quant à leur bon fonctionnement.*

52. Interlock en cas de pression élevée (avec une mesure de pression qui est indépendante de la mesure de pression normale)

Cette mesure est d'application s'il ressort de l'analyse de risques qu'à côté de la présence d'une mesure de pression avec alarme et d'une soupape de sécurité, une mesure supplémentaire est nécessaire pour réduire suffisamment le risque

Cette boucle de sécurité instrumentale stoppe l'alimentation en hydrogène à partir du tube-trailer ou des (de la batterie de) bouteilles vers l'utilisateur.

Action:

- *L'interlock ferme les vannes d'arrêt.*

Inspection:

- *La boucle de sécurité instrumentale est contrôlée périodiquement quant à son bon fonctionnement.*

53. Soupape de sécurité

Cette soupape de sécurité a été dimensionnée de manière à ce qu'en cas de défaillance du détendeur, elle soit en mesure de protéger la tuyauterie contre des surpressions allant vers l'installation de l'utilisateur et vers les appareils chez l'utilisateur.

Les autres conditions (matériel de construction, inspection, accumulation d'eau dans la ligne d'évent, lignes d'évent, localisation de la décharge, forces de réaction dans le flux d'évent, disponibilité) auxquelles la soupape de sécurité doit répondre sont reprises en détails dans le scénario « surpression dans le réservoir sous pression fixe ». Ces conditions sont valables de manière générale pour tous les endroits où une soupape de sécurité est définie comme mesure.

4.3.2 Présence d'air lors de la mise en service

54. Procédure de rinçage pour éviter la présence d'oxygène

Avant qu'un système destiné à contenir de l'hydrogène ne soit mis en service ou à nouveau remis en service après entretien, le système doit être rincé avec un gaz inerte pour éliminer l'oxygène du système.

La procédure de rinçage est appliquée avant chaque mise en service et a été reprise dans une instruction.

Après le rinçage, il est contrôlé que la concentration résiduelle en oxygène est inférieure à 1%. La mesure de la concentration en oxygène à la sortie d'évent n'est pas évidente à réaliser parce que les lignes d'évent débouchent souvent aussi très haut. La concentration en oxygène peut aussi être mesurée à d'autres endroits, tels qu'au travers de la connexion du manomètre ou via une vanne de purge. Cela se fait sur des tube-trailers pas après un entretien normal du tube-trailer, mais bien après la réalisation de travaux de soudage sur les tubes ou après la réalisation de tests périodiques. On rince d'abord le tube-trailer avec de l'azote, après quoi on le rince avec de l'hydrogène.

4.4 Maîtrise de la dégradation

4.4.1 Corrosion atmosphérique des tube-trailers ou des (batteries de) bouteilles

Les tubes-trailers et les (batteries de) bouteilles ne sont pas faites en acier inoxydable. La corrosion atmosphérique externe est donc un phénomène de corrosion pertinent.

55. Appuis conçus pour éviter l'accumulation d'eau

4.4.2 Fatigue due aux cycles de pression

56. Réalisation d'une analyse de la fatigue

Pour des tube-trailers et des (batteries de) bouteilles, on a tenu compte explicitement de la fatigue due aux cycles de pression lors de la détermination des contrôles périodiques légaux.

4.4.3 Fragilisation à l'hydrogène

57. Enveloppe en matériau résistant à la corrosion

Ci-dessous des mesures pour éviter les risques de fragilisation à l'hydrogène:

- *La fonte n'est pas adaptée comme matériau de construction parce que celle-ci est perméable à l'hydrogène. Les matériaux de construction contenant du fer avec une limité d'élasticité élevée donnent lieu à de la fragilisation à l'hydrogène.*
- *La résistance de l'acier contre la fragilisation à l'hydrogène est augmentée en ajoutant des éléments d'alliage adéquats (par ex. acier CrMo).*
- *Si des impuretés contenant de l'ammoniac sont présentes dans l'hydrogène présent (par ex. à cause de déviations de procédé chez l'utilisateur), l'usage de matériaux contenant du cuivre ou du cuivre/zinc n'est pas recommandé dans des tuyauteries et des joints parce que ces matériaux sont attaqués par l'ammoniac.*
- *Des zones affectées thermiquement (heat affected zones) autour des soudures sont plus sensibles à la fragilisation à l'hydrogène que le matériel de base lui-même. Pour éviter cela, on peut opter pour un post-traitement thermique après soudage.*

58. Inspections de l'intérieur des tube-trailers et des (batteries de) bouteilles en fonction des risques

L'exploitant a analysé les causes possibles pouvant donner lieu à de la fragilisation à l'hydrogène à l'intérieur des tube-trailers et des (batteries de) bouteilles. En fonction de cela, les méthodes d'inspection ont été fixées.

Les bouteilles métalliques des batteries de bouteilles ou des tube-trailers sont contrôlées à nouveau tous les 10 ans. La fréquence d'inspection des bouteilles en composite est déterminée entre le constructeur et un organisme notifié (organisme de contrôle). Des bouteilles en composite de type II subissent un examen au cours duquel une inspection a lieu à l'aide d'un échantillon de quelques bouteilles. Après 10 ans, toutes les bouteilles en composite sont alors inspectées. Pour des tube-trailers, toutes les bouteilles sont complètement démontées après 10 ans pour inspection.

Sur toutes les bouteilles, aussi bien des (batteries de) bouteilles que des tube-trailers, le marquage Pi est apposé, ainsi que la date du contrôle périodique et la marque de l'organisme de contrôle.

4.5 Limitation des fuites accidentelles

4.5.1 Libération du contenu du tube-trailer ou (de la batterie de) des bouteilles dans le cas d'une fuite dans une tuyauterie vers l'installation de l'utilisateur

De préférence, l'installation d'un stockage mobile se fait à l'extérieur.

59. Arrêt d'urgence ferme la vanne commandée à distance

Les trailers sont équipés d'une vanne automatique qui est pilotée par de l'air comprimé. En cas de coupure en air comprimé, l'alimentation vers le client s'arrête. Cela reste aussi valable lorsque le tube-trailer reste à l'arrêt chez le client.

La vanne peut aussi être commandée par un arrêt d'urgence à l'avant du trailer.

60. Détection de gaz au niveau des (batteries de) bouteilles (si placées dans un bâtiment fermé)

La détection de gaz pour hydrogène à l'air libre est peu efficace et de ce fait, n'est pas une pratique courante recommandée.

Si le stockage mobile de l'hydrogène se trouve dans un bâtiment fermé, une détection d'hydrogène est par contre recommandée.

Actions:

- *alarme à un endroit occupé en permanence (valeur guide du réglage de l'alarme: 20 à 25% de la LEL)*
- *fermeture des vannes commandées à distance et arrêt du compresseur (cela peut se faire à une valeur plus élevée de l'alarme, pour l'hydrogène, la valeur guide est de 40% de la LEL).*

Placement des points de mesure et des ouvertures:

- *autour des réservoirs sous pression mobiles*
- *à des endroits judicieusement choisis*
- *en haut du bâtiment sont prévues des ouvertures au travers desquelles l'hydrogène peut s'échapper.*

Inspection et entretien:

- *test périodique des détecteurs de gaz (valeur guide: mensuel)*
- *calibration périodique des têtes de mesure selon les prescriptions du fabricant (fréquence guide: tous les 6 mois)*
- *test périodique des actions couplées à la détection de gaz (fréquence guide: annuel).*

61. Vannes d'isolation sur toutes les tuyauteries vers l'utilisateur

Aussi bien des vannes manuelles, des vannes commandées à distance ou une combinaison des deux peuvent être prévues comme vannes d'isolation. La préférence va pour des vannes commandées à distance. Ci-dessous sont décrits des points d'attention pour ces vannes d'isolation. Certains points d'attention sont uniquement applicables à des vannes commandées à distance.

Si l'on choisit des vannes d'isolation manuelles, il doit ressortir de l'analyse de risques que ces vannes engendrent la réduction du risque souhaitée et qu'elles peuvent être

actionnées d'un endroit sûr en toutes circonstances. La méthode de travail avec des vannes d'isolation manuelles est décrite dans une instruction.

Emplacement:

- L'entreprise prévoit des vannes manuelles ou commandées à distance sur toutes les tuyauteries, placées le plus près possible du réservoir de stockage mobile et qui peuvent être actionnées d'un endroit sûr.
- La vanne doit être montée le plus près possible du réservoir de stockage mobile pour réduire au maximum le nombre de points de fuite possibles entre le réservoir de stockage et la vanne. Plus la tuyauterie est longue, plus grande est la chance d'avoir une fuite. L'idéal est donc de monter la vanne directement contre le réservoir de stockage. Une vanne qui se trouve à une certaine distance du réservoir de stockage mobile, ne pourra pas empêcher qu'un incendie continue à être alimenté à cause d'une défaillance du réseau de tuyauterie qui est exposé immédiatement à l'impact d'un feu.
- Dans le cas où un tube-trailer est utilisé comme réservoir de stockage mobile chez un utilisateur d'hydrogène, alors des vannes automatiques se fermant en cas de coupure d'air comprimé sont prévues.

Position de sécurité en cas de coupure d'alimentation en air comprimé ou en électricité:

- Il est clair que, dans le cas des vannes sur les tuyauteries du réservoir de stockage, la position de sécurité est la position fermée. Un principe généralement accepté et appliqué dans la sécurité des procédés est de concevoir les vannes de sorte que, lors de la perte d'air comprimé ou de l'alimentation électrique, ces vannes se mettent en position de sécurité (dans ce cas, en position fermée).
- Pour les actionneurs pneumatiques du type "spring return", un ressort repousse la vanne dans une position définie en cas de rupture d'alimentation en air comprimé (c'est la position par défaut de la vanne).
- Des vannes avec des actionneurs électriques peuvent aussi être construites de façon à ce qu'elles évoluent automatiquement vers une position de sécurité de la vanne lors de la perte de l'alimentation d'énergie ou du signal de conduite. Ceci est réalisé par un ressort dans l'actionneur qui, lors de la perte d'énergie, ferme la vanne (autrement dit action fail-safe).

Pilotage en cas d'incendie:

- Pour assurer la fermeture de vannes pneumatiques en cas d'incendie, la façon la plus facile est l'utilisation de petits tuyaux d'air comprimé qui fondent rapidement. Grâce à cela, un fonctionnement automatique est obtenu, indépendamment d'autres systèmes d'activation. Pour un incendie, ailleurs dans l'installation, il est évidemment nécessaire que ces vannes puissent être activées via un bouton d'arrêt d'urgence ou une boucle automatique.
- Afin d'assurer la conduite d'une vanne avec un actionneur électrique également en cas d'incendie, il faut satisfaire aux conditions suivantes:
 - l'actionneur est lui-même suffisamment résistant au feu afin de ne pas faire défaut lors d'un feu avant que la vanne ne soit fermée.
 - le câble d'alimentation électrique vers l'actionneur est protégé contre le feu de sorte que la résistance au feu est suffisante afin d'assurer l'alimentation jusqu'à ce que la vanne soit fermée.
 - les câbles de signal pour la conduite de la vanne ne sont pas protégés contre le feu de la même manière de sorte qu'ils fondent avant le câble d'alimentation. De cette manière, selon la première condition de cette liste, la vanne devrait aller dans sa position fail-safe avant que le câble d'alimentation ne fasse défaut.
 - l'alimentation électrique doit avoir une fiabilité augmentée. Elle ne peut donc être coupée au moindre court-circuit suite à un incendie. Cela peut être solutionné par exemple en alimentant l'actionneur via un système no-break ou un réseau d'alimentation de secours.

Résistance au feu:

- *L'hydrogène ne donne pas lieu à un feu de flaque, pour lequel des vannes sont certifiées, mais bien à un feu de torche, pour lequel aucun certificat de résistance au feu n'est délivré. Il est par contre important d'acquérir des vannes spécifiquement destinées à être utilisées pour l'hydrogène.*
- *Il est recommandé de vérifier si la résistance au feu de la vanne ne doit pas être garantie à cause de la présence d'autres produits inflammables dans le voisinage du stockage d'hydrogène.*

Inspection:

- *Les vannes de fermeture doivent être reprises dans un programme d'inspection périodique.*

Indication de position des vannes de fermeture:

- *Les vannes d'isolation disposent d'une indication de position (ouvert/fermé) observable à distance.*

Activation des vannes:

- *par l'arrêt d'urgence au niveau du déchargement*
- *par l'arrêt d'urgence en salle de contrôle (ou dans un autre endroit occupé en permanence)*
- *par la détection d'hydrogène (dans le cas où le réservoir sous pression mobile se trouve dans un bâtiment fermé),*
- *par la mesure de la perte de pression sur la tuyauterie*
- *ou par la détection incendie.*

62. Vannes de limitation du débit

Ces vannes sont placées sur les tuyauteries de sortie.

La fiabilité de telles vannes est cependant limitée. Il n'est pas évident de les tester. Si elles ne sont pas testées, elles ne peuvent pas être prises en compte comme mesure de sécurité. De plus, elles fonctionnent uniquement à partir d'un débit minimal déterminé. C'est pourquoi elles ne constituent pas une alternative équivalente aux vannes d'isolation manuelles ou commandables à distance.

Inspection:

- *Le fonctionnement correct est testé périodiquement.*

Localisation:

- *Le plus près possible contre le réservoir sous pression mobile.*

63. Clapet anti-retour

Ces clapets sont placés sur les tuyauteries d'entrée. Ils ne sont pas une alternative pour les vannes d'isolation manuelles ou automatiques commandées à distance (vu leur fiabilité insuffisante).

Inspection:

- *Le fonctionnement correct est testé périodiquement. Le test périodique d'un clapet anti-retour est la plupart du temps uniquement possible que pour des grands clapets anti-retour. De petits clapets anti-retour sont plutôt remplacés périodiquement.*

Localisation:

- *Le plus près possible contre le réservoir sous pression mobile ou le plus près possible de la connexion.*

4.6 Maîtrise de la dispersion des substances libérées

4.6.1 Formation d'un nuage explosif dans l'espace contenant le système d'hydrogène

64. Garantir une ventilation naturelle suffisante

Si les (la batterie de) bouteilles sont(est) installées(ée) dans un bâtiment, une ventilation naturelle suffisante doit être assurée.

Localisation:

- o Les entrées d'air doivent être situées près du sol, uniquement dans les murs externes.*
- o Les sorties d'air doivent être prévues le plus haut possible dans le local, dans les murs externes ou dans le toit.*

Superficie:

- o Les entrées et les sorties d'air doivent chacune avoir une superficie totale d'au moins $0,003\text{m}^2/\text{m}^3$ de volume du local.*

4.7 Éviter les sources d'ignition

4.7.1 Étincelles des appareils électriques

65. Réalisation sûre du point de vue explosion de l'installation électrique

L'hydrogène est un gaz très facilement inflammable avec une très faible énergie minimale d'ignition (0,02 mJ). Un dixième de l'énergie d'une décharge d'électricité statique, un arc ou une étincelle suffit pour enflammer l'hydrogène. A cause de la faible énergie d'ignition, l'hydrogène est classé pour le zonage comme un gaz du groupe IIC, classe de température T1 (la température d'auto-ignition de l'hydrogène est de 570°C). Des appareils électriques adaptés pour le groupe IIB + hydrogène peuvent aussi être utilisés. C'est entre autres possible pour des chariots élévateurs, de l'éclairage, des walkie-talkies,...

Les installations de stockage et le système de tuyauteries font l'objet d'un dossier de zonage et d'un document relatif à la protection contre les explosions.

L'entreprise dispose d'une attestation de conformité établie par un organisme agréé, rédigée suite à la première mise en service de l'installation électrique ou suite à des modifications importantes ou des extensions significatives.

Cette exigence est reprise à l'article 270 du „RGIE 1981“ (valable à partir de l'entrée en vigueur en 1981 jusqu'au 31/05/2020 inclus) et dans le Livre I, chapitre 6.4 du „RGIE 2020“ (valable à partir du 1/6/2020).

Quelque soit la date de construction de l'installation, l'installation basse tension est:

- *contrôlée annuellement pour les installations électriques déplaçables, mobiles ou temporaires (à partir du 1/6/2020 conformément au RGIE 2020)*
- *contrôlée annuellement pour les installations électriques dans des zones à risques d'explosion (à partir du 1/6/2020 conformément au RGIE 2020)*
- *contrôlée tous les 5 ans pour les autres installations électriques.*

Ces délais peuvent encore être raccourcis si c'est mentionné ainsi dans le permis d'environnement ou dans le dernier rapport de contrôle.

Si des infractions sont mentionnées dans le rapport de contrôle périodique, l'exploitant démontre que les réparations ou adaptations nécessaires ont été correctement exécutées (ou que leur exécution est planifiée).

Les zones où une atmosphère explosive peut être présente, sont pourvues d'un pictogramme d'avertissement sur lequel c'est indiqué (triangle, lettres noires „EX“ et fond jaune).

Sur les trailers, seul l'ADR est d'application, car ceux-ci sont équipés de raccords intrinsèquement sûrs.

Si un entretien doit avoir lieu au niveau d'un tube-trailer, une zone Ex temporaire est mise en œuvre pour ce faire.

66. Interdiction d'utiliser des appareils portatifs non-EEX

L'interdiction d'utiliser des appareils portatifs non-EEX est reprise dans le règlement général de sécurité de l'entreprise. Une interdiction d'utilisation de GSM est indiquée:

- *à l'entrée du terrain*
- *au niveau du lieu de stockage.*

67. Appareils portatifs électriques en exécution EEX

Cela concerne les appareils portatifs tels que :

- GSM
- appareils pour radiocommunication
- lampes de poche.

Ces appareils sont repris dans un programme d'inspection. On vérifie périodiquement si les appareils sont encore en bon état: pas de fuite au niveau des batteries, caisson intact, etc.

Si certains appareils électriques portatifs ne peuvent pas être achetés en exécution EEX, le risque d'avoir une explosion doit être maîtrisé à l'aide de mesures reprises dans une analyse de risques et/ou en utilisant une détection portable si l'on travaille avec cet appareil.

68. Utilisation d'outillage anti-étincelles

S'il y a un risque d'avoir une fuite d'hydrogène lors de travaux, alors des outils anti-étincelles sont recommandés. Pour des travaux où il n'y a pas de risque de fuite, on peut aussi travailler avec de l'outillage normal, à condition que des mesurages d'hydrogène soient prévues avant et pendant les travaux, via le permis de travail.

69. Aucun câble électrique dans des gouttières ou des canaux contenant des tuyauteries d'hydrogène avec des raccords par bride

Si des tuyauteries contenant de l'hydrogène se trouvent dans la même gouttière ou le même canal que des câbles électriques, la distance entre les deux doit s'élever au minimum à 50 mm, les raccords dans les tuyauteries d'hydrogène doivent être limités et ils doivent être soit soudés ou brasés. Si d'autres tuyauteries se trouvent aussi dans ces gouttières ou canaux, alors les tuyauteries d'hydrogène doivent toujours se trouver au-dessus des autres tuyauteries.

4.7.2 Étincelles électrostatiques

70. Chaussures et vêtements antistatiques

Le port de chaussures et de vêtements antistatiques est obligatoire pour le personnel de l'entreprise et pour les tiers qui effectuent des travaux dans le lieu de stockage ou au système de tuyauteries duquel de l'hydrogène peut se libérer (par ex. l'ouverture de tuyauteries ou d'équipements dans lesquels de l'hydrogène peut encore être ou est présent).

Il y a une interdiction d'enfiler et de retirer des vêtements dans l'installation car c'est surtout à ce moment-là que se présente le risque d'avoir des étincelles électrostatiques.

71. Liaisons équipotentielles sur les tube-trailers/batteries de bouteilles

Il y a une indication (par ex. à l'aide d'une lampe) que la mise à la terre a été ou non bien connectée.

4.7.3 Flamme nue

72. Placement de panneaux d'interdiction 'Interdiction de feu, de flamme nue et de fumer'

Le panneau 'Feu, flamme nue interdite et défense de fumer' est représenté dans le livre III, Titre 6 du Code du bien-être au travail (signalisation de sécurité et de santé).

En ce qui concerne la localisation de ces panneaux, le Code impose les conditions suivantes:

- *à une hauteur et selon une position appropriée par rapport à l'angle de vue*
- *à l'accès à une zone où le risque dû à la présence d'une flamme nue existe*
- *dans un endroit bien éclairé et facilement accessible et visible.*

73. Travaux à flamme nue ou avec étincelles soumis à un permis de travail à point chaud

Les travaux avec flamme nue tels que:

- *des travaux de soudure*
- *l'oxycoupage (c'est-à-dire la découpe de métaux par jet d'oxygène pur).*

Des travaux qui peuvent produire des étincelles, tels que:

- *la découpe à l'aide d'outils tels que scie à bande, scie circulaire*
- *le meulage*
- *le ponçage.*

Il est de pratique courante de soumettre également au système de permis de travail à chaud les travaux avec n'importe quel appareil électrique non Eex dans des endroits zonés.

Le permis de travail à point chaud / permis de feu est cosigné par un conseiller en prévention (Livre III, Titre 3, article 28 du Code du bien-être au travail).

74. Distances de sécurité vis à vis des lieux avec flamme nue

Pour ce faire, voir les distances de sécurité reprises dans les différents codes (entre autres les références [6] et [11]) et les distances minimales exigées légalement, reprises au chapitre 2.

4.8 Limitation des dommages dus à l'incendie

4.8.1 Extension d'un feu naissant

75. Détection incendie

Pour des tube-trailers et des (batteries de) bouteilles à l'air libre, une détection incendie est beaucoup plus utile qu'une détection gaz. Vu que la flamme issue d'un incendie d'hydrogène est pratiquement invisible, une détection incendie sur base de mesures infrarouges est recommandée.

Surtout si l'installation est commandée à distance.

Actions:

- *alarme dans un endroit occupé en permanence*
- *fermeture automatique des vannes commandées à distance et arrêt du compresseur. Ces actions peuvent également être activées par un opérateur présent dans un endroit occupé en permanence.*

Localisation des points de mesurage:

- *autour du réservoir sous pression mobile*
- *à des endroits judicieusement choisis et tout près de la source.*

Inspection et entretien:

- *test périodique des détecteurs incendie*
- *test périodique des actions liées à la détection incendie (fréquence guide: annuel).*

76. Extincteurs portatifs

Les extincteurs portatifs ne sont pas adaptés pour éteindre un feu de gaz. Ils peuvent par contre être utilisés pour éteindre d'autres feux naissants.

Nombre et localisation:

- *facilement accessibles*
- *déterminés en concertation avec le Service Incendie local compétent. Les conclusions figurent dans un rapport (rédigé par le Service Incendie local et/ou l'entreprise).*

Inspection et entretien:

- *Les extincteurs portatifs sont repris dans un programme d'inspection/entretien:*
 - *contrôle visuel périodique de la présence et de l'accessibilité des extincteurs*
 - *inspection annuelle approfondie de chaque extincteur par une personne qualifiée.*

Formation:

- *Les travailleurs reçoivent un entraînement périodique à l'utilisation d'extincteurs portatifs. La participation à ces formations est enregistrée.*

Signalisation:

- *Les extincteurs portatifs sont peints en rouge et clairement signalés.*

4.8.2 Rupture d'un tube-trailer ou (d'une batterie) de bouteilles par un feu externe

77. Distance de sécurité entre les tube-trailers et (batteries de) bouteilles et les foyers potentiels d'incendie

Pour ce faire, voir les distances de sécurité reprises dans les différents codes (entre autres les références [6] et [11]) et les distances minimales exigées légalement, reprises au chapitre 2.

78. Elimination périodique de la végétation combustible autour du tube-trailer ou de la (batterie de) bouteilles

79. Inspections périodiques sur la présence de déchets combustibles

80. Position par rapport au niveau du sol

- *Le stockage est situé à un niveau plus élevé qu'un stockage de liquides inflammables ou d'oxygène liquéfié (si la distance entre l'hydrogène et les substances des autres catégories est inférieure à 15 m).*
- *Si le stockage est quand même situé à un niveau plus faible que le stockage voisin de liquides inflammables ou d'oxygène liquéfié, alors il faut prendre des mesures de protection pour éviter que des substances dangereuses puissent s'écouler sous les réservoirs de stockage (si la distance entre l'hydrogène et les substances des autres catégories est inférieure à 15 m).*

81. Systèmes fixes d'arrosage d'eau autour du tube-trailer ou de la (batterie de) bouteilles

Un feu d'hydrogène ne peut être arrêté de manière sûre qu'en laissant le feu se consommer de manière contrôlée jusqu'à ce que l'alimentation en hydrogène puisse être fermée. Aussi longtemps que l'alimentation en hydrogène n'est pas arrêtée, la probabilité de reprise d'un feu d'hydrogène est élevée. Des systèmes d'arrosage d'eau sont quand même utiles pour refroidir le stockage d'hydrogène (de manière à ce que le débit d'évent soit plus faible), pour éviter des incendies secondaires et pour limiter l'extension de l'incendie.

On entend par systèmes fixes de refroidissement à l'eau:

- *les systèmes de déluge*
- *les lances incendie.*

Lances incendie:

- *liées en permanence au réseau d'eau incendie*
- *peuvent atteindre la surface totale*
- *accessibles et manipulables en sécurité en cas d'incendie ou à activer et à diriger à distance*
- *équipées de buses adaptables de manière à pouvoir former aussi bien un jet d'eau que des gouttes d'eau*
- *disposent d'un débit de dosage de l'ordre de 8.14 l/min.m².*

Systèmes de déluge:

- *Le système peut être activé à partir d'un endroit sûr.*
- *Le système peut être activé par la détection incendie présente.*

- *Le débit de dosage est déterminé selon un code de bonne pratique. Le débit pour pouvoir refroidir un réservoir sous pression fixe devra certainement s'élever à 10/l/m.m², ce qui est beaucoup. Mais une capacité de refroidissement élevée est nécessaire, parce que la température d'un incendie d'hydrogène est relativement élevée et que l'enveloppe métallique du réservoir sous pression fixe perd aussi de la résistance à température élevée.*

Alimentation en eau d'extinction:

- *La capacité en eau d'extinction est déterminée sur base du scénario le plus grave (par ex. refroidissement du plus grand réservoir + des réservoirs voisins + capacité de réserve).*
- *Les réserves d'eau sont assurées par:*
 - *une réserve naturelle (canal, fleuve, ...)*
 - *un réservoir d'eau suffisamment grand et un contrôle régulier des réserves d'eau.*
- *L'alimentation en eau d'extinction est aussi assurée en cas de coupure de courant (p.ex. des moteurs à combustion ou un groupe électrogène pour les pompes électriques).*
- *Le réseau d'eau d'extinction est réalisé en boucle et pourvu de vannes de sectionnement.*
- *Le réseau d'eau d'extinction est protégé contre le gel:*
 - *enfouissement à une profondeur suffisante*
 - *chauffé*
 - *système sec.*
- *Le réseau d'eau d'extinction est protégé contre la corrosion:*
 - *matériau résistant à la corrosion*
 - *protection cathodique*
 - *couche de protection.*

Inspection et entretien:

- *Les systèmes fixes d'extinction sont repris dans un programme d'inspection ou d'entretien. Cela comprend au moins:*
 - *un test live des systèmes de déluge et des lances (fréquence guide: annuel)*
 - *une inspection visuelle du bon état des tuyauteries incendie*
 - *un test de la (des) pompe(s) d'eau d'extinction (fréquence guide: mensuel)*
 - *une inspection du réservoir et du réseau d'eau d'extinction.*

82. Appuis en matériau incombustible

Il faut bien tenir compte du fait que des appuis métalliques perdent aussi de la résistance à température élevée, des appuis en béton sont recommandés.

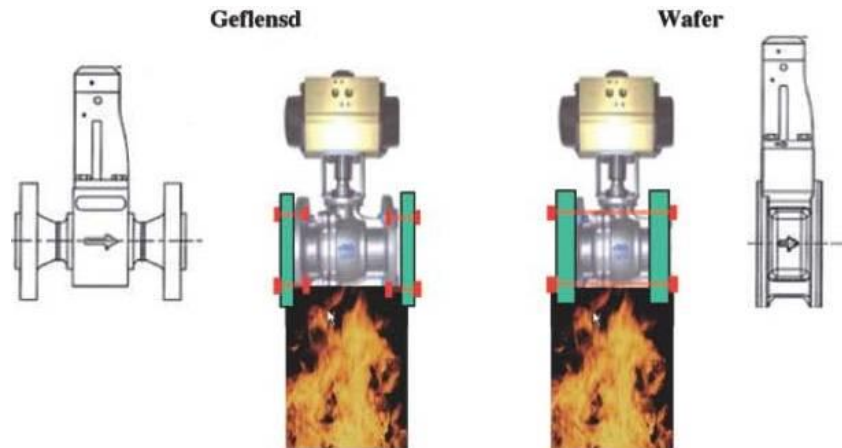
4.8.3 Défaillance des joints dans un feu externe

83. Joints à bride résistant au feu

Pour monter des vannes sur une tuyauterie, on peut utiliser des raccords par brides. Le montage résistant au feu de la vanne est alors garanti en plaçant un joint résistant au feu entre les brides de la vanne et de la tuyauterie.

La seule garantie qu'un joint soit effectivement résistant au feu est un certificat de test. Bien qu'aucune norme spécifique n'existe à ce sujet, un joint peut être testé selon les principes de la méthode d'évaluation des vannes résistantes au feu. En pratique, différents joints sont disponibles sur le marché ayant un certificat de résistance au feu selon les normes pour les vannes résistantes au feu décrites ci-dessus.

Cependant, il existe une manière spécifique pour montrer des vannes où l'on n'utilise pas de raccords par brides, mais où l'on utilise des tiges filetées le long du côté extérieur des vannes. Ce montage appelé montage "wafer" est illustré ci-dessous.



On peut mettre en doute le fait que les vis de serrage non protégées placées sur toute la longueur de la vanne dans le montage en "wafer" puissent résister longtemps à un incendie. Si on ne peut pas démontrer que les vis de serrage sont suffisamment protégées contre l'incendie (au moins une résistance au feu d'une demi-heure), les vannes montées de cette manière ne sont pas considérées par les services belges d'inspection Seveso, comme suffisamment résistantes au feu.

Pour les types de joints acceptés, voir question 3.

4.8.4 Incendie dans un bâtiment avec un système d'hydrogène

84. Résistance au feu du local et du bâtiment conforme à la réglementation

Selon l'article 52 du RGPT, les locaux avec des gaz comprimés combustibles en quantité supérieure ou égale à 300 l, sont classés dans le groupe 1.

4.9 Limitation des dommages dus aux explosions

85. Mur faible dans un local

Dans le cas (d'une batterie) de bouteilles situées(ée) dans un bâtiment séparé, au minimum un des murs extérieurs doit être construit en matériau léger ou en panneaux se détachant lors d'une surpression interne (normalement, un bâtiment peut résister à une surpression de 50 mbar).

L'explosion doit être détournée d'un endroit où des personnes ou autres appareils peuvent être atteints.

4.10 Intervention

86. Stratégie d'intervention

Des éléments typiques concernant une fuite d'hydrogène et un incendie d'hydrogène sont:

- *Il faut essayer d'arrêter la fuite d'hydrogène, sinon il existe un risque de ré-ignition ou d'explosion.*
- *Les appareils voisins sont aspergés avec de grandes quantités d'eau (préférence pour un jet d'eau pulvérisée) pour les refroidir, éviter qu'ils ne soient pris dans l'incendie et pour éviter le risque de ré-ignition par contact avec des surfaces voisines chaudes.*
- *Si l'incendie est éteint et si le flux de gaz se poursuit, la ventilation est augmentée pour éviter qu'une atmosphère explosive ne puisse survenir. On peut utiliser un rideau d'eau pour augmenter le brassage d'air.*

87. Accessibilité pour intervention et évacuation

Accès:

- *L'accès à l'entreprise, aux réservoirs de stockage et aux postes de (dé)chargement est déterminé en concertation avec les services d'incendie. L'accès est suffisamment large pour permettre le passage de véhicules d'intervention (6 m pour une circulation dans les deux sens ou 4 m pour une circulation en sens unique).*
- *Le site dispose, de préférence, d'au moins deux accès indépendants et éloignés autant que possible l'un de l'autre (afin de garantir l'accès quelle que soit la direction du vent).*
- *Il y a une hauteur libre d'au moins 4,20 m (par ex. en dessous des pipe racks).*

Passages:

- *Chaque réservoir de stockage mobile a de préférence un côté libre qui permet l'accès à partir d'un chemin, donc deux réservoirs de stockage mobiles maximum côte à côte par rangée.*

Indication de la direction du vent:

- *manche à air ou girouette par exemple*
- *visible de la station de (dé)chargement et du lieu de stockage.*



5

Tuyauteries

5.1 Construction de tuyauteries

88. Construction des tuyauteries fixes réalisée selon une norme de construction

Pour des tuyauteries et les accessoires mis en service après le 29 mai 2002, un marquage CE est nécessaire conformément à la directive équipements sous pression.

89. Dossier de construction des tuyauteries disponible

Le dossier de construction est constitué lors de la conception et de la construction des tuyauteries. Le dossier de construction est aussi complété, modifié ou révisé après d'éventuelles modifications. Le dossier mentionne et/ou comprend au minimum :

- *une liste des composants (par exemple tôles d'acier formées, armatures pour vannes et instrumentation,...) avec lesquels les tuyauteries ont été construits*
- *un certificat matériau du fournisseur pour chaque composant. Ce certificat mentionne la conformité avec les normes respectives pour les matériaux de construction et les propriétés mécaniques de l'élément*
- *les raccords par soudure et les contrôles réalisés sur ces raccords après leur exécution*
- *la déclaration UE de conformité pour les tuyauteries tombant sous les directives européennes relatives à la mise sur le marché d'équipements sous pression*
- *les données de conception pour la pression, la température, e. a. ainsi que les calculs des épaisseurs minimales requises de l'enveloppe et la surépaisseur de corrosion utilisée*
- *les résultats de la réalisation de l'essai de résistance à la pression (le plus souvent, il s'agit d'un essai de pression hydrostatique)*
- *une attestation de conformité des tuyauteries et des accessoires*
- *les données concernant les pressions de conception des différents éléments, tels que les enveloppes, les vannes, les joints, e. a.*

90. Tuyauteries enterrées

Pour éviter l'endommagement des tuyauteries enterrées, il est prévu ce qui suit:

- *Les tuyauteries enterrées contiennent uniquement des raccords soudés et ont été construites en conformité avec un code de construction. Si ce n'est pas possible autrement et qu'il faut quand même utiliser des raccords par bride, il faut prévoir des chambres de visite, de manière à pouvoir contrôler l'état des raccords par brides.*
- *Elles sont protégées contre les conditions corrosives par un coating externe et équipées d'une protection cathodique.*
- *Les tuyauteries sont enterrées suffisamment en profondeur pour les protéger contre le gel, contre les charges aériennes temporaires, et contre tout déplacement dû à un sol instable.*
- *Il faut éviter la conductibilité électrique entre les tuyauteries enterrées et les aériennes.*

91. Raccords par bride et joints

De préférence, les raccords devront se faire par soudure. Si le stockage fixe se fait à l'aide d'une batterie de bouteilles, on trouve aussi des raccords coniques par filetage, par exemple selon NPT (National Pipe Tapered thread) ou selon BSPT (British Standard Pipe Thread).

Si en pratique, on ne peut utiliser que des raccords par bride, il est important alors que l'étanchéité soit garantie le plus possible. C'est pourquoi, il est recommandé d'utiliser des brides avec face surélevée (« raised face flange »), des brides à languette et rainure ou des brides pour lesquelles des joints annulaires sont utilisés (« ring joint flange »).

Les joints utilisés doivent être adaptés aux températures et pressions présentes, adaptés pour le contact avec l'hydrogène, disposer de la résistance aux fuites nécessaires et être résistants au feu. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser les joints suivants:

- *des joints en composite avec du graphite comme matériau de base peuvent être utilisés pour des basses pressions*
- *des anneaux en métal doux sont recommandés avec des brides à joint annulaire*
- *des joints en spirale remplie de téflon ou de graphite avec des brides à face surélevée*
- *des anneaux en cuivre avec des brides à joint annulaire.*

Lors du choix des raccords par bride et des joints, il faut tenir compte du fait que la plupart des plastiques et certains métaux sont diffus pour l'hydrogène, de sorte que l'hydrogène peut y migrer ou voir même s'en échapper.

Pour éviter les fuites d'hydrogène, l'usage de protecteurs de bride est parfois recommandé. Cependant, ces protecteurs de brides présentent aussi le désavantage que s'il y a une petite fuite d'hydrogène, ce dernier peut s'accumuler sous le protecteur de bride. De plus, au niveau des protecteurs de bride, il y a un risque plus élevé de corrosion (à cause de l'infiltration possible d'humidité). Vu que les fuites d'hydrogène au niveau des brides sont la plupart du temps de petites fuites, pour des applications à l'air libre, des protecteurs de brides ne doivent pas être choisis. S'il devait quand même se produire une grosse fuite au niveau d'un raccord par bride, on percevra aussi auditivement la libération de l'hydrogène.

5.2 Signalisation

92. Signalisation des tuyauteries

Indication de:

- *la direction du flux*
- *la substance présente: hydrogène.*

Cette signalisation est placée à des endroits judicieusement choisis, comme à hauteur des vannes, des pompes et sur de longs morceaux de tuyauteries.

5.3 Maîtrise de la dégradation

5.3.1 Fragilisation à l'hydrogène

93. Enveloppe en matériau résistant à la corrosion

Ci-dessous des mesures pour éviter les risques de fragilisation à l'hydrogène:

- *La fonte n'est pas adaptée comme matériau de construction parce que celle-ci est perméable à l'hydrogène. Les matériaux de construction contenant du fer avec une limite d'élasticité élevée donnent lieu à de la fragilisation à l'hydrogène.*
- *La résistance de l'acier contre la fragilisation à l'hydrogène est augmentée en ajoutant des éléments d'alliage adéquats (par ex. acier CrMo).*
- *Si des impuretés contenant de l'ammoniac sont présentes dans l'hydrogène (par ex. à cause de déviations de procédé chez l'utilisateur), l'usage de matériaux contenant du cuivre ou du cuivre/zinc n'est pas recommandé dans des tuyauteries et des joints parce que ces matériaux sont attaqués par l'ammoniac.*
- *Des zones affectées thermiquement (heat affected zones) autour des soudures sont plus sensibles à la fragilisation à l'hydrogène que le matériel de base lui-même. Pour éviter cela, on peut opter pour un post-traitement thermique après soudage.*

5.3.2 Corrosion atmosphérique de tuyauteries

94. Enveloppe en matériau résistant à la corrosion

Les tuyauteries d'hydrogène dans les installations sont souvent faites en acier inoxydable. Pour ces tuyauteries, une couche de peinture de protection n'est pas nécessaire.

Les pipelines transportant l'hydrogène sont la plupart du temps faits en acier au carbone, avec lequel une couche de peinture de protection est par contre nécessaire.

Les tuyauteries et les pipelines contenant de l'hydrogène ne sont normalement pas pourvus d'une isolation.

95. Rondes de contrôle régulières

Ces rondes de contrôle sont enregistrées. Un formulaire indique les endroits et les items à contrôler (par ex. l'état de la couche de peinture).

Vu que l'hydrogène est plus sensible aux fuites que d'autres gaz, il est important de mener des rondes de contrôle régulières le long des tuyauteries d'hydrogène à l'aide d'un détecteur d'hydrogène. Il est recommandé de contrôler les pipelines de cette manière 1 à 4 fois par an, en fonction de la densité de population. A cette occasion, une attention particulière doit être portée aux raccords par bride, aux vannes et aux joints comprimés.

96. Inspection des tuyauteries aériennes

L'entreprise dispose d'un rapport d'inspection d'où il ressort que:

- *un examen du bon état des tuyauteries a été réalisé*
- *des mesures d'épaisseur ont été réalisées (en fonction des risques)*
- *les résultats des mesures d'épaisseur ont été comparés à l'épaisseur minimale de paroi exigée*
- *les tuyauteries sont adéquates pour l'usage*
- *la date ultime pour la prochaine inspection n'est pas encore dépassée.*

La nécessité de réaliser des mesures d'épaisseur est évaluée par l'entreprise en fonction des risques de corrosion et d'érosion.

5.3.3 Corrosion de tuyauteries enterrées

97. Isolation électrique des tuyauteries enterrées

La corrosion peut être évitée en isolant électriquement la tuyauterie avec le sol. Une isolation électrique directe est obtenue en prévoyant un coating externe pour la tuyauterie. Une isolation électrique indirecte est obtenue en prévoyant des brides d'isolation là où la tuyauterie enterrée est raccordée à une tuyauterie aérienne.

98. Protection cathodique des tuyauteries enterrées

Le fonctionnement correct de la protection cathodique est contrôlé périodiquement.

L'entreprise dispose d'un rapport d'inspection d'où il ressort que la protection cathodique offre une protection suffisante.

99. Inspections complémentaires sur les tuyauteries enterrées

Des inspections complémentaires sur les tuyauteries enterrées sont réalisées tous les 5 à 10 ans afin de suivre le bon état du coating. Si le coating est endommagé, cela peut réduire l'efficacité de la protection cathodique.

5.3.4 Étincelles électrostatiques

100. Conductibilité électrique de tuyauteries contenant de l'hydrogène

Il faut faire attention à ce que toutes les tuyauteries aériennes contenant de l'hydrogène soient conductrices électriquement au niveau de tous les raccords et qu'elles soient mises à la terre à des intervalles adaptés. Cette méthode de travail protège les tuyauteries et leur contenu contre les effets de la foudre et de l'électricité statique.

La résistance électrique du pipeline ne peut pas s'élever à plus de 10 ohm pour protéger le personnel contre les chocs électriques.

Des raccords par bride sont normalement suffisamment conducteurs électriquement aussi longtemps que les boulons ne sont pas recouverts d'un coating en matériau diélectrique, ou ne sont pas peints ou rouillés.

Une conductibilité électrique suffisante entre deux raccords par bride peut aussi être réalisée en reliant les brides à l'aide d'une tresse conductrice ou en utilisant des joints suffisamment conducteurs (par ex. des joints en spirale en acier).



6

Postes de déchargement d'hydrogène gazeux chez les utilisateurs d'hydrogène

Lors du déchargement d'hydrogène gazeux chez les utilisateurs d'hydrogène, la plupart du temps on n'utilise pas un compresseur. Pendant l'opération de déchargement, on atteint une pression d'équilibre entre le système d'hydrogène du fournisseur et le système d'hydrogène de l'utilisateur.

6.1 Contrôle d'accès

101. Contrôle d'accès pour chauffeurs

Le contrôle d'accès implique soit que l'on s'annonce toujours physiquement lors de l'entrée sur le terrain de l'entreprise, soit que l'on utilise un badge d'accès personnel.

102. Formation des chauffeurs (en fonction des manipulations attendues)

Si le chauffeur est supposé réaliser lui-même le déchargement ou l'assister:

- *il reçoit pour ce faire une formation spécifique*
- *des instructions de déchargement sont affichées sur place.*

Cette formation contient au moins les informations suivantes:

- *comment manœuvrer l'installation*
- *que faire en cas de situation d'urgence*
- *les règles générales de sécurité dans l'entreprise.*

La formation est rappelée avec une certaine fréquence (cette formation peut être donnée à la même fréquence que celle pour le permis ADR, pour lequel la durée de validité est actuellement de 5 ans).

6.2 Maîtrise des déviations de procédé

6.2.1 Mouvement du tube-trailer connecté pendant le déchargement vers un réservoir fixe

103. Chauffeurs obligés d'utiliser le frein à main

L'obligation d'utiliser le frein à main est reprise dans l'instruction de déchargement du tube-trailer.

L'usage du frein à main ne peut cependant pas être contrôlé sans entrer dans la cabine du camion.

104. Cales de roues

L'usage de cales de roue est une autre manière (complémentaire) d'immobiliser le tube-trailer, et qui est par contre facile à contrôler.

105. Interlock entre le système de freins et la boîte avec les connexions

Certains tube-trailers (plus récents) sont équipés d'un système qui active automatiquement les freins lorsque le tube-trailer est connecté.

Il y a un interlock qui relie le système de freins du tube-trailer et la boîte avec les connexions et qui est activé par le chauffeur/opérateur lorsque ce dernier veut avoir accès aux connexions de déchargement.

Cet interlock:

- *bloque l'ouverture des portes de la boîte et/ou*
- *bloque l'accès aux connexions de déchargement et/ou*
- *est activé si les portes de la boîte de déchargement (sur le tube-trailer) sont ouvertes.*

L'interlock active les freins ou empêche que les freins ne soient lâchés aussi longtemps que les connexions de déchargement sont présentes. A la fin de l'opération, le chauffeur/opérateur doit d'abord déconnecter le flexible avant que l'interlock ne puisse être désactivé. La désactivation de l'interlock lâche les freins, ou permet que les freins soient lâchés afin de laisser partir le tube-trailer.

106. Interlock entre une barrière devant le camion (tube-trailer) et l'utilisation du flexible de déchargement.

Cette mesure est une alternative à un interlock entre le système de freinage du trailer et la boîte avec les connexions.

Cette barrière est activée par un interrupteur spécial, placé sur le soutien du flexible de déchargement. A partir du moment où le flexible est enlevé de son point de soutien, la barrière se ferme automatiquement.

6.2.2 Déconnexion de flexibles remplis

107. Vidange de la liaison temporaire avant la déconnexion

La vidange par soufflage de la liaison de déchargement est reprise dans l'instruction de déchargement. La liaison de déchargement n'est jamais soufflée avec de l'air comprimé afin d'éviter la formation d'une atmosphère explosive dans la tuyauterie.

6.3 Maitrise de la dégradation

6.3.1 Fatigue due aux cycles de pression

108. Réalisation d'une analyse de la fatigue

Une analyse de la fatigue a été réalisée en tenant compte des cycles de pression auxquels le flexible est soumis pendant l'exploitation.

Pour des applications au cours desquelles les flexibles sont utilisés fréquemment, on peut limiter le nombre de cycles de pression en remplaçant périodiquement les flexibles (selon les indications du fournisseur). Pour des applications au cours desquelles les flexibles ne sont pas utilisés souvent, on peut consigner le nombre de cycles et ainsi on peut allonger les délais pour le remplacement des flexibles.

6.3.2 Usure des flexibles due à l'usage et au stockage

109. Dispositif pour stocker les flexibles de manière propre et sécurisée

L'usage de ce dispositif est repris dans les instructions de déchargement.

110. Flexibles soutenus selon les directives du fabricant

Un des critères est le rayon minimal de courbure selon lequel le flexible peut être plié. Si le flexible est plié selon une courbure plus petite, il peut être endommagé. Les flexibles que l'on laisse pendre librement ou avec un support inadapté peuvent être pliés trop fort.

Le poids du flexible rempli peut aussi être trop important pour le laisser pendre librement.

Dans de tels cas, un support adapté est alors nécessaire. Le fabricant du flexible doit donner des directives à ce sujet dans sa notice.

111. Contrôle visuel avant chaque utilisation

L'obligation du contrôle visuel avant chaque utilisation est reprise dans les instructions de déchargement.

112. Test de fuite avant chaque utilisation

Au niveau des postes de déchargement chez les utilisateurs, un test de fuite est généralement réalisé par le chauffeur, en aspergeant une sorte de solution savonneuse sur le flexible et en examinant si des bulles de gaz sont formées.

La réalisation du test de fuite sur le flexible est reprise dans les instructions de déchargement.

113. Tests périodiques de mise sous pression des flexibles

Les tests de mise sous pression ont lieu au moins à la pression nominale de fonctionnement des flexibles. Les tests de mise sous pression ont lieu selon les directives du fabricant. Ces directives sont (normalement) reprises dans la notice que le fabricant doit livrer avec le flexible. La fréquence habituelle pour le test des flexibles est d'une fois par an.

L'inspection des flexibles comprend aussi le contrôle de la conductivité électrique. Des attestations relatives à l'exécution des inspections sont présentes.

Si l'on utilise les flexibles d'un tiers, des accords sont convenus avec le tiers pour que les attestations des inspections les plus récentes soient toujours à disposition. Des contrôles par sondage ont lieu sur ces documents.

114. Programme de remplacement préventif

Une mesure alternative pour un programme de remplacement préventif est un programme des tests de mise sous pression.

Il existe un programme de remplacement pour les flexibles (en fonction de leur usage et des prescriptions du fabricant).

Délai déterminé sur base du nombre de cycles.

6.4 Limitation des fuites accidentelles

6.4.1 Libération du contenu d'un tube-trailer lors de la rupture ou de la fuite du flexible de déchargement pendant le remplissage du réservoir de stockage fixe

Si l'utilisateur d'hydrogène travaille avec un réservoir sous pression fixe ou un réservoir tampon, alors une borne de déchargement est prévue au niveau du poste de déchargement. Un flexible à partir du tube-trailer assure la liaison avec la borne de déchargement. A partir de la borne de déchargement, une liaison est faite avec le réservoir sous pression fixe ou le réservoir tampon à l'aide d'une tuyauterie fixe.

115. Surveillance permanente sur place

Pendant le déchargement, quelqu'un reste présent au poste de (dé)chargement. Cette personne est capable d'intervenir en cas d'incident (en activant un arrêt d'urgence, en déclenchant l'alarme par ex.). Pour ce faire, il a reçu les explications nécessaires et il connaît l'installation.

Le déchargement d'un tube-trailer, au cours duquel un équilibre de pression est établi entre le tube-trailer et le réservoir sous pression fixe ou le réservoir tampon, dure environ une demi-heure.

116. Arrêts d'urgence pour le déchargement de tube-trailer

En cas d'activation d'un bouton d'arrêt d'urgence du poste de déchargement:

- *l'installation fixe est verrouillée à l'aide d'une vanne commandée à distance, située à proximité de la connexion du flexible avec l'installation fixe.*
- *le tube-trailer est isolé :*
 - *par la vanne d'arrêt automatique sur le tube-trailer. Cela sous-entend une liaison entre l'arrêt d'urgence de l'installation fixe et le tube-trailer, sinon cet arrêt d'urgence ne fonctionne pas.*
 - *ou via une vanne commandée à distance qui est placée sur le flexible à proximité de la connexion avec le tube-trailer.*
- *un signal d'alarme est donné vers un poste occupé (un endroit où une personne pouvant intervenir est présente en permanence (ex: salle de contrôle); la réponse adaptée est reprise dans une instruction).*

Localisation des boutons d'arrêt d'urgence:

- *Les boutons d'arrêt d'urgence sont disposés stratégiquement à proximité des voies d'évacuation du poste de déchargement.*

Inspection:

- *Le bon fonctionnement des boutons d'arrêt d'urgence est testé périodiquement. Ces tests sont enregistrés.*

Activation de l'arrêt d'urgence sur le tube-trailer:

- *Sur les tube-trailers eux-mêmes, 2 arrêts d'urgence sont aussi toujours placés: un arrêt d'urgence du côté de la connexion avec l'installation fixe et un arrêt d'urgence de l'autre côté du tube-trailer. L'activation de ces arrêts d'urgence isole le tube-trailer de l'installation fixe.*

6.5 Éviter les sources d'ignition

6.5.1 Présence d'une atmosphère explosive

117. Soufflage des flexibles

Lors de chaque remplissage d'un réservoir de stockage chez l'utilisateur, il est nécessaire de d'abord chasser tout l'air hors du flexible de connexion.

6.5.2 Déchargement électrostatique lors du déchargement

118. Liaison équipotentielle

Le tube-trailer et l'installation fixe (y compris les réservoirs, les tuyauteries et autres accessoires y attenants) doivent être mis au même potentiel. La résistance de cette liaison équipotentielle s'élève au maximum à 10 Ω .

Le placement obligatoire de la liaison équipotentielle peut être garantie selon les manières suivantes:

- *une indication (par ex. signal lumineux) que la mise à la terre est assurée*
- *OU un verrouillage qui empêche le démarrage du déchargement aussi longtemps que la résistance de la liaison équipotentielle est trop élevée. Chez la plupart des utilisateurs d'hydrogène, il n'y a pas de verrouillage prévu comme condition de démarrage afin de pouvoir commencer le déchargement.*
- *ET le placement de la liaison équipotentielle est reprise dans l'instruction de déchargement.*

Les connexions équipotentielles, le bon fonctionnement du verrouillage et/ou de l'indication d'une bonne liaison équipotentielle sont testés périodiquement suivant un programme d'inspection. La fixation solide des connexions équipotentielles fixes est contrôlée périodiquement pendant les rondes de contrôle.

119. Les flexibles de déchargement sont suffisamment conducteurs

Des charges électriques seront déposées sur le flexible de déchargement par l'écoulement de l'hydrogène gazeux à travers ce flexible. Si ces charges peuvent s'accumuler, le flexible se charge électrostatiquement et une étincelle peut survenir lors de la décharge.

C'est pourquoi il est nécessaire que le flexible de déchargement soit suffisamment conducteur. La résistance de ce flexible s'élève au maximum à 10⁶ Ω /m. Les charges seront en principe évacuées via la masse à laquelle le flexible de déchargement est relié.

La résistance électrique des flexibles de déchargement est contrôlée périodiquement.

6.5.3 Étincelles d'appareils électriques

120. Réalisation sûre du point de vue explosion de l'installation électrique au niveau du poste de déchargement

L'hydrogène est un gaz très facilement inflammable avec une très faible énergie minimale d'ignition (0,02 mJ). Un dixième de l'énergie d'une décharge d'électricité statique, un arc ou une étincelle suffit pour enflammer l'hydrogène. À cause de la faible énergie d'ignition, l'hydrogène est classé pour le zonage comme un gaz du groupe IIC (ce qui est également possible, c'est une méthode de protection adaptée pour le groupe IIB + hydrogène, possible par exemple pour des chariots élévateurs et des talkie-walkies), classe de température T1 (la température d'auto-ignition de l'hydrogène est de 570°C).

Les postes de déchargement font l'objet d'un dossier de zonage et d'un document relatif à la protection contre les explosions.

L'entreprise dispose d'une attestation de conformité établie par un organisme agréé, rédigée suite à la première mise en service de l'installation électrique ou suite à des modifications importantes ou des extensions significatives.

Cette exigence est reprise à l'article 270 du „RGIE 1981“ (valable à partir de l'entrée en vigueur en 1981 jusqu'au 31/05/2020 inclus) et dans le Livre I, chapitre 6.4 du „RGIE 2020“ (valable à partir du 1/6/2020).

Quelle soit la date de construction de l'installation, l'installation basse tension est:

- *contrôlée annuellement pour les installations électriques déplaçables, mobiles ou temporaires (à partir du 1/6/2020 conformément au RGIE 2020)*
- *contrôlée annuellement pour les installations électriques dans des zones à risques d'explosion (à partir du 1/6/2020 conformément au RGIE 2020)*
- *contrôlée tous les 5 ans pour les autres installations électriques.*

Ces délais peuvent encore être raccourcis si c'est mentionné ainsi dans le permis d'environnement ou dans le dernier rapport de contrôle.

Si des infractions sont mentionnées dans le rapport de contrôle périodique, l'exploitant démontre que les réparations ou adaptations nécessaires ont été correctement exécutées (ou que leur exécution est planifiée).

Les zones où une atmosphère explosive peut être présente, sont pourvues d'un pictogramme d'avertissement sur lequel c'est indiqué (triangle, lettres noires „EX“ et fond jaune).

121. Interdiction d'utiliser des appareils portatifs non-EEX

L'interdiction d'utiliser des appareils portatifs non-EEX est reprise dans le règlement général de sécurité de l'entreprise. Une interdiction d'utilisation de GSM est indiquée:

- *à l'entrée du terrain*
- *au niveau de la station de déchargement.*

122. Appareils portatifs électriques en exécution EEX

Cela concerne les appareils portatifs tels que:

- *GSM*
- *appareils pour radiocommunication*
- *lampes de poche.*

Ces appareils sont repris dans un programme d'inspection. On vérifie périodiquement si les appareils sont encore en bon état: pas de fuite au niveau des batteries, caisson intact, etc.

Si certains appareils électriques portatifs ne peuvent pas être achetés en exécution EEX, le risque d'avoir une explosion doit être maîtrisé à l'aide de mesures reprises dans une analyse de risques et/ou en utilisant une détection portable si l'on travaille avec cet appareil.

123. Utilisation d'outillage anti-étincelles

S'il y a un risque d'avoir une fuite d'hydrogène lors de travaux, alors des outils anti-étincelles sont recommandés. Pour des travaux où il n'y a pas de risque de fuite, on peut aussi travailler avec de l'outillage normal, à condition que des mesurages d'hydrogène soient prévues avant et pendant les travaux, via le permis de travail.

Aujourd'hui, les robinets d'arrêt sur les tube-trailers sont serrés à la main, de sorte que l'usage d'outillage anti-étincelles n'est pas nécessaire.

124. Aucun câble électrique dans des gouttières ou des canaux contenant des tuyauteries d'hydrogène avec des raccords par bride

Si des tuyauteries contenant de l'hydrogène se trouvent dans la même gouttière ou le même canal que des câbles électriques, la distance entre les deux doit s'élever au minimum à 50 mm, les raccords dans les tuyauteries d'hydrogène doivent être limités et ils doivent être soit soudés ou brasés. Si d'autres tuyauteries se trouvent aussi dans ces gouttières ou canaux, alors les tuyauteries d'hydrogène doivent toujours se trouver au-dessus des autres tuyauteries.

6.5.4 Etincelles électrostatique dues aux vêtements

125. Chaussures et vêtements antistatiques pour les opérateurs de déchargement

Le port de chaussures et de vêtements antistatiques est obligatoire pour le personnel de l'entreprise et pour les tiers qui réalisent le déchargement des tube-trailers.

Il y a une interdiction d'enfiler et de retirer des vêtements dans l'installation, car c'est surtout à ce moment-là que se présente le risque d'avoir des étincelles électrostatiques.

6.5.5 Flamme nue

126. Placement de panneaux d'interdiction 'Interdiction de feu, de flamme nue et de fumer'

Le panneau 'Feu, flamme nue interdite et défense de fumer' est représenté dans le livre III, Titre 6 du Code du bien-être au travail (signalisation de sécurité et de santé).

En ce qui concerne la localisation de ces panneaux, le Code impose les conditions suivantes:

- *à une hauteur et selon une position appropriée par rapport à l'angle de vue*
- *à l'accès à une zone où le risque dû à la présence d'une flamme nue existe*
- *dans un endroit bien éclairé et facilement accessible et visible.*

127. Travaux à flamme nue ou avec étincelles soumis à un permis de travail à point chaud

Les travaux avec flamme nue tels que:

- *des travaux de soudure*
- *l'oxycoupage (c'est-à-dire la découpe de métaux par jet d'oxygène pur).*

Des travaux qui peuvent produire des étincelles, tels que:

- *la découpe à l'aide d'outils tels que scie à bande, scie circulaire*
- *le meulage*
- *le ponçage.*

Il est de pratique courante de soumettre également au système de permis de travail à chaud les travaux avec n'importe quel appareil électrique non Eex dans des endroits zonés.

Le permis de travail à point chaud / permis de feu est cosigné par un conseiller en prévention (Livre III, Titre 3, article 28 du Code du bien-être au travail).

128. Distances de sécurité vis-à-vis des lieux avec flamme nue

Pour ce faire, voir les distances de sécurité reprises dans les différents codes (entre autres les références [6] et [11]) et les distances minimales exigées légalement, reprises au chapitre 2.

6.6 Limitation des dommages dus au feu

6.6.1 Extension d'un feu naissant

129. Détection incendie

Pour des postes de déchargement à l'air libre, une détection incendie est beaucoup plus utile qu'une détection gaz. Vu que la flamme issue d'un incendie d'hydrogène est pratiquement invisible, une détection incendie sur base de mesures infrarouges est recommandée.

Surtout si l'installation est commandée à distance.

Actions:

- *alarme dans un endroit occupé en permanence*
- *fermeture automatique des vannes commandées à distance et arrêt du compresseur. Ces actions peuvent également être activées par un opérateur présent dans un endroit occupé en permanence*

Localisation des points de mesurage:

- *autour du réservoir sous pression fixe*
- *a des endroits judicieusement choisis et tout près de la source.*

Inspection et entretien:

- *test périodique des détecteurs incendie.*
- *test périodique des actions liées à la détection incendie (fréquence guide: annuel).*

130. Extincteurs portatifs au niveau des postes de déchargement

Les extincteurs portatifs ne sont pas adaptés pour éteindre un feu de gaz. Ils peuvent par contre être utilisés pour éteindre d'autres feux naissants.

Nombre et localisation:

- *facilement accessibles*
- *déterminés en concertation avec le Service Incendie local compétent. Les conclusions figurent dans un rapport (rédigé par le Service Incendie local et/ou l'entreprise).*

Inspection et entretien:

- *Les extincteurs portatifs sont repris dans un programme d'inspection/entretien:*
 - *contrôle visuel périodique de la présence et de l'accessibilité des extincteurs*
 - *inspection annuelle approfondie de chaque extincteur par une personne qualifiée.*

Formation:

- *Les travailleurs reçoivent un entraînement périodique à l'utilisation d'extincteurs portatifs. La participation à ces formations est enregistrée.*

Signalisation:

- *Les extincteurs portatifs sont peints en rouge et clairement signalés.*

131. Inspections périodiques sur la présence de déchets combustibles

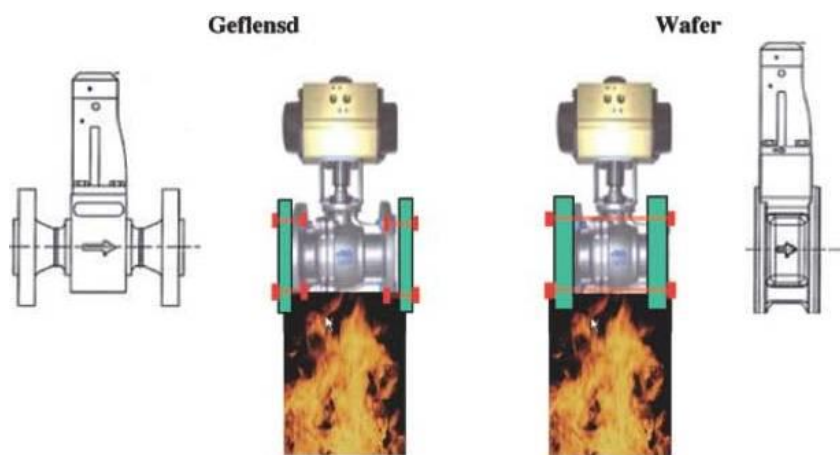
6.6.2 Défaillance des joints dans un feu externe

132. Joints à bride résistant au feu

Pour monter des vannes sur une tuyauterie, on peut utiliser des raccords par brides. Le montage résistant au feu de la vanne est alors garanti en plaçant un joint résistant au feu entre les brides de la vanne et de la tuyauterie.

La seule garantie qu'un joint soit effectivement résistant au feu est un certificat de test. Bien qu'aucune norme spécifique n'existe à ce sujet, un joint peut être testé selon les principes de la méthode d'évaluation des vannes résistantes au feu. En pratique, différents joints sont disponibles sur le marché ayant un certificat de résistance au feu selon les normes pour les vannes résistantes au feu décrites ci-dessus.

Cependant, il existe une manière spécifique pour monter des vannes où l'on n'utilise pas de raccords par brides, mais où l'on utilise des tiges filetées le long du côté extérieur des vannes. Ce montage appelé montage "wafer" est illustré ci-dessous.



On peut mettre en doute le fait que les vis de serrage non protégées placées sur toute la longueur de la vanne dans le montage en "wafer" puissent résister longtemps à un incendie. Si on ne peut pas démontrer que les vis de serrage sont suffisamment protégées contre l'incendie (au moins une résistance au feu d'une demi-heure), les vannes montées de cette manière ne sont pas considérées par les services belges d'inspection Seveso, comme suffisamment résistantes au feu.

Pour les types de joints acceptés, voir question 3.

6.6.3 Brûlures du personnel

133. Vêtements retardateurs de flamme pour les opérateurs de déchargement

Des vêtements retardateurs de flamme offrent à la personne qui les porte une protection contre le feu et le rayonnement de chaleur.

De tels vêtements respectent la norme NBN EN ISO 11612 « Vêtements de protection - Vêtements de protection contre la chaleur et les flammes ».



7

Stations de remplissage pour (batteries de) bouteilles

7.1 Signalisation

134. Signalisation des points de connexion pour (batteries de) bouteilles

Indication de:

- *Le produit qui y est rempli (hydrogène gazeux)*
- *L'état de la vanne (ouvert ou fermé)*
- *la direction du flux.*

Les instructions pour le remplissage sont affichées sur place.

7.2 Contrôle d'accès

135. Contrôle d'accès pour chauffeurs

Le contrôle d'accès implique soit que l'on s'annonce toujours physiquement lors de l'entrée sur le terrain de l'entreprise, soit que l'on utilise un badge d'accès personnel.

136. Formation des chauffeurs (en fonction des manipulations attendues)

Si le chauffeur est supposé réaliser lui-même le déchargement ou l'assister:

- *il reçoit pour ce faire une formation spécifique*
- *des instructions de remplissage sont affichées sur place.*

Cette formation contient au moins:

- *comment manœuvrer l'installation*
- *que faire en cas de situation d'urgence*
- *les règles générales de sécurité dans l'entreprise.*

La formation est rappelée avec une certaine fréquence (cette formation peut être donnée avec la même fréquence que celle pour le permis de conduire ADR, pour lequel la durée de validité est actuellement de 5 ans).

7.3 Maîtrise des déviations de procédé

7.3.1 Surremplissage des bouteilles d'hydrogène

137. La bouteille d'hydrogène est conçue de manière à ce qu'elle résiste à la pression maximale du compresseur

138. Mesure de la pression dans la tuyauterie d'alimentation avec alarme à pression élevée

Le signal d'alarme est donné dans un lieu où des travailleurs sont présents. La valeur de l'alarme est déterminée de sorte à avoir encore suffisamment de temps pour intervenir.

La réaction à une alarme est décrite dans une instruction.

7.3.2 Déconnexion de flexibles remplis

139. Vidange de la liaison temporaire avant déconnexion

Cela sous-entend la présence d'une vanne reliée à l'air libre afin de vider en soufflant la liaison temporaire. Un manomètre permet de constater quand la liaison n'est plus sous pression.

Pour la vidange par soufflage du flexible, on utilise un gaz inerte.

La vidange par soufflage ou aspiration de la liaison de remplissage a été reprise dans l'instruction de remplissage.

7.3.3 Vanne d'arrêt sur le col de la bouteille

140. Vérification de l'étanchéité après le remplissage

Ce contrôle est repris dans la procédure de remplissage.

7.3.4 Remplissage avec de l'hydrogène ayant un contenu en oxygène trop élevé

141. Analyse ou mesurage d'oxygène

S'il n'y a pas d'analyse d'oxygène prévue au niveau du compresseur, un mesurage d'oxygène au niveau de l'alimentation principale vers l'installation de remplissage est recommandé.

7.3.5 Surpression dans le système de vide

142. Système de décharge de pression (disque de rupture) protégeant le système de vide

Lors du remplissage de bouteilles, il est parfois nécessaire de relâcher la pression résiduelle dans la bouteille avant de pouvoir remplir à nouveau la bouteille. Normalement, il y a une dépressurisation (purge) jusqu'à une pression juste au-dessus de la pression atmosphérique, afin d'éviter que le contenu de la bouteille ne soit contaminé par l'atmosphère (oxygène, humidité).

Dans certains cas, surtout si des exigences de qualité élevées sont prévues pour le produit, il est nécessaire d'éliminer de la bouteille tous les gaz restants à l'aide d'un système de vide. Si l'on utilise un système de vide, il est nécessaire de prévoir un système de décharge de pression adéquat afin de protéger le système de vide contre la surpression dans le système de remplissage des bouteilles.

7.4 Maîtrise de la dégradation

7.4.1 Usure des flexibles due à l'usage et au stockage

143. Dispositif pour stocker les flexibles de manière propre et sécurisée

L'usage du dispositif de stockage est repris dans l'instruction de remplissage.

144. Inspection visuelle avant chaque utilisation

L'obligation du contrôle visuel avant chaque utilisation est reprise dans les instructions de remplissage.

145. Test de fuite du flexible avant chaque utilisation

146. Tests périodiques de mise sous pression des flexibles

Les tests périodiques de mise sous pression ont lieu au moins à la pression nominale de fonctionnement des flexibles. Les tests périodiques de mise sous pression ont lieu selon les directives du fabricant. Ces directives sont (normalement) reprises dans la notice que le fabricant doit livrer avec le flexible. La fréquence habituelle pour le test des flexibles est d'une fois par an.

L'inspection des flexibles comprend aussi le contrôle de la conductivité électrique. Des attestations relatives à l'exécution des inspections sont présentes.

Si l'on utilise les flexibles d'un tiers, des accords sont convenus avec le tiers pour que les attestations des inspections les plus récentes de ces flexibles soient toujours à disposition. Des contrôles par sondage ont lieu sur ces documents.

147. Programme de remplacement préventif

Une alternative pour les tests périodiques de mise sous pression est un programme de remplacement préventif. Les flexibles sont remplacés périodiquement (selon les directives du fournisseur). La périodicité est déterminée par le nombre de cycles.

148. Bon état des bouteilles de gaz et des cadres de bouteilles

Un examen systématique de l'état des bouteilles et des cadres de bouteilles à remplir est prévu. Cet examen comprend un contrôle:

- *de la présence de défauts visuels (aspérités, bosses, fissures, rouille);*
- *du non dépassement de la date de réépreuve.*

Des bouteilles en mauvais état ou avec une date de réépreuve dépassée sont écartées.

7.5 Limitation des fuites accidentelles

7.5.1 Perte de pression dans des bouteilles dans le cas d'une fuite pendant le remplissage

149. Surveillance permanente sur place

150. Vannes d'isolation

Aussi bien des vannes manuelles, des vannes commandées à distance ou une combinaison des deux peuvent être prévues comme vannes d'isolation. La préférence va pour des vannes commandées à distance. Ci-dessous sont décrits des points d'attention pour ces vannes d'isolation. Certains points d'attention sont uniquement applicables à des vannes commandées à distance.

Si l'on choisit des vannes d'isolation manuelles, il doit ressortir de l'analyse de risques que ces vannes engendrent la réduction du risque souhaitée et qu'elles peuvent être actionnées d'un endroit sûr en toutes circonstances. La méthode de travail avec des vannes d'isolation manuelles est décrite dans une instruction.

Localisation:

- *sur la tuyauterie d'alimentation vers la station de remplissage.*

Position de sécurité en cas de coupure d'alimentation en air comprimé ou en électricité:

- *Il est clair que, dans le cas des vannes sur les tuyauteries d'alimentation vers la station de remplissage, la position de sécurité est la position fermée. Un principe généralement accepté et appliqué dans la sécurité des procédés est de concevoir les vannes de sorte que, lors de la perte d'air comprimé ou de l'alimentation électrique, ces vannes se mettent en position de sécurité (dans ce cas, en position fermée).*
- *Pour les actionneurs pneumatiques du type "spring return", un ressort repousse la vanne dans une position définie en cas de rupture d'alimentation en air comprimé (c'est la position par défaut de la vanne).*
- *Des vannes avec des actionneurs électriques peuvent aussi être construites de façon à ce qu'elles évoluent automatiquement vers une position de sécurité de la vanne lors de la perte de l'alimentation d'énergie ou du signal de conduite. Ceci est réalisé par un ressort dans l'actionneur qui, lors de la perte d'énergie, ferme la vanne (autrement dit « action fail-safe »).*

Pilotage en cas d'incendie:

- *Pour assurer la fermeture de vannes pneumatiques en cas d'incendie, la façon la plus facile est l'utilisation de petits tuyaux d'air comprimé qui fondent rapidement. Grâce à cela, un fonctionnement automatique est obtenu, indépendamment d'autres systèmes d'activation. Pour un incendie, ailleurs dans l'installation, il est évidemment nécessaire que ces vannes puissent être activées via un bouton d'arrêt d'urgence ou une boucle automatique.*
- *Afin d'assurer la conduite d'une vanne avec un actionneur électrique également en cas d'incendie, il faut satisfaire aux conditions suivantes:*
 - *L'actionneur est lui-même suffisamment résistant au feu afin de ne pas faire défaut lors d'un feu avant que la vanne ne soit fermée*
 - *Le câble d'alimentation électrique vers l'actionneur est protégé contre le feu de sorte que la résistance au feu est suffisante afin d'assurer l'alimentation jusqu'à ce que la vanne soit fermée.*
 - *Les câbles de signal pour la conduite de la vanne ne sont pas protégés contre le feu de la même manière de sorte qu'ils fondent avant le câble*

d'alimentation. De cette manière, selon la première condition de cette liste, la vanne devrait aller dans sa position fail-safe avant que le câble d'alimentation ne fasse défaut.

- *L'alimentation électrique doit avoir une fiabilité augmentée. Elle ne peut donc être coupée au moindre court-circuit suite à un incendie. Cela peut être solutionné par exemple en alimentant l'actuateur via un système no-break ou un réseau d'alimentation de secours.*

Résistance au feu:

- *L'hydrogène ne donne pas lieu à un feu de flaque, pour lequel des vannes sont certifiées, mais bien à un feu de torche, pour lequel aucun certificat de résistance au feu n'est délivré. Il est par contre important d'acquérir des vannes spécifiquement destinées à être utilisées pour l'hydrogène.*

Inspection:

- *Les vannes de fermeture doivent être reprises dans un programme d'inspection périodique.*

Indication de position des vannes de fermeture:

- *Les vannes d'isolation disposent d'une indication de position (ouvert/fermé) observable à distance.*

151. Clapet anti-retour dans la tuyauterie de déchargement

- *du côté de l'installation fixe*
- *repris dans un programme d'inspection périodique.*

152. Clapet anti-retour au niveau de la connexion du flexible vers le remplissage des bouteilles

- *situé au niveau de la connexion du flexible avec la station de remplissage*
- *Il ne s'agit pas d'une alternative pour les vannes d'isolation commandées à distance (à cause de sa fiabilité insuffisante).*

153. Arrêt d'urgence du remplissage

En cas d'activation d'un arrêt d'urgence:

- *les vannes commandées à distance au niveau de l'installation de remplissage se ferment automatiquement*
- *les compresseurs s'arrêtent automatiquement*
- *un signal d'alarme est donné vers un poste occupé (un endroit où une personne pouvant intervenir est présente en permanence (ex: salle de contrôle); la réponse adaptée est reprise dans une instruction).*

Localisation des boutons d'arrêt d'urgence:

- *Les boutons d'arrêt d'urgence sont disposés stratégiquement à proximité des voies d'évacuation de l'installation de remplissage.*

Inspection:

- *Les arrêts d'urgence sont testés périodiquement. Ces tests sont enregistrés.*

154. Détection de gaz au niveau du poste de remplissage (si situé dans un bâtiment fermé)

La détection de gaz pour hydrogène à l'air libre est peu efficace et de ce fait, n'est pas recommandée. Si la station de remplissage pour bouteilles d'hydrogène se trouve dans un bâtiment fermé, une détection d'hydrogène est par contre recommandée.

Actions:

- *alarme à un endroit occupé en permanence (valeur guide du réglage de l'alarme: 20 à 25% de la LEL)*
- *fermeture des vannes commandées à distance et arrêt du compresseur (cela peut se faire à une valeur plus élevée de l'alarme, pour l'hydrogène, la valeur guide est de 40% de la LEL).*

Placement des points de mesure et des ouvertures:

- *autour de la station de remplissage pour (batteries de) bouteilles*
- *à des endroits judicieusement choisis*
- *en haut du bâtiment sont prévues des ouvertures au travers desquelles l'hydrogène peut s'échapper.*

Inspection et entretien:

- *test périodique des détecteurs de gaz (valeur guide: mensuel)*
- *calibration périodique des têtes de mesure selon les prescriptions du fabricant (fréquence guide: tous les 6 mois)*
- *test périodique des actions couplées à la détection de gaz (fréquence guide: annuel).*

155. Flexible attaché à intervalles réguliers ou utilisation d'un câble de sécurité

- *Afin d'éviter que le flexible fouette dans toutes les directions en cas de rupture.*
- *Si un câble de sécurité est utilisé, celui-ci empêche qu'un flexible ne fouette dans tous les sens, lorsqu'il se détache.*

7.6 Maîtrise de la dispersion des substances libérées

156. Eviter la propagation d'un nuage explosif vers une zone sûre

On doit prévoir des mesures pour éviter que l'hydrogène ne s'introduise dans certains endroits (cages d'escaliers, ...) qui sont reliés à des locaux définis comme étant sûrs (donc en-dehors des zones dangereuses).

157. Garantir suffisamment de ventilation

Ventilation naturelle ou forcée:

- *Une ventilation naturelle est uniquement possible s'il peut être démontré que celle-ci est adaptée.*
- *La capacité de la ventilation forcée s'élève à minimum 0,304 m/min.*

Localisation:

- *Les entrées d'air doivent être situées près du sol, uniquement dans les murs externes.*
- *Les sorties d'air doivent être prévues le plus haut possible dans le local, dans les murs externes ou dans le toit.*
- *Les sorties d'air du système de ventilation se trouvent au moins à 15 m de l'installation de traitement de l'air ou d'air conditionné la plus proche (ou ces installations sont mises à l'arrêt en cas de détection d'hydrogène).*

Superficie:

- *Les entrées et les sorties d'air doivent chacune avoir une superficie totale d'au moins 0,003 m²/m³ de volume du local.*

7.7 Éviter les sources d'ignition

7.7.1 Présence d'une atmosphère explosive

158. Soufflage des flexibles et des points de connexion

Avant le début du remplissage, il faut prévoir un nettoyage avec un gaz inerte, suivi de plusieurs rinçages avec de l'hydrogène. Pour réaliser cela, il doit y avoir une vanne qui réalise une liaison avec l'air libre pour pouvoir faire la connexion et rendre possible le soufflage des tuyauteries entre les bouteilles et la vanne d'accès.

La concentration en oxygène doit être inférieure à 1% avant que l'hydrogène ne soit introduit dans le système de remplissage.

La purge des flexibles est reprise dans l'instruction de remplissage.

159. Vérification de la pression résiduelle dans la bouteille

S'il n'y a pas de pression résiduelle ou si le robinet de fermeture est préalablement ouvert, la bouteille est écartée de la bande transporteuse de la station de remplissage. En principe, il y a toujours une pression résiduelle présente dans une bouteille de gaz, même si la vanne de la bouteille est ouverte. Ceci est dû au fait qu'une vanne RPV (« residual pressure valve ») est intégrée dans la bouteille.

Cette mesure est reprise dans l'instruction pour le remplissage des bouteilles d'hydrogène.

7.7.2 Déchargements électrostatiques lors du remplissage de bouteilles

160. Mise à la terre de la station de remplissage pour bouteilles

Les (batteries de) bouteilles et l'installation fixe (y compris les réservoirs, les tuyauteries et autres accessoires y attendant) doivent être mis au même potentiel. La résistance de cette liaison équipotentielle s'élève au maximum à 10 Ω .

Instructions:

- *L'installation obligatoire de la liaison équipotentielle est repris dans l'instruction de remplissage.*

Verrouillage de la liaison équipotentielle:

- *Le verrouillage empêche le remplissage tant que la résistance de la liaison équipotentielle est trop élevée.*

Indication d'une bonne liaison équipotentielle:

- *Cette mesure peut être acceptée lors du remplissage comme alternative pour le verrouillage de la liaison équipotentielle avec l'installation de remplissage et peut par exemple être réalisée en plaçant un témoin lumineux.*

Inspection:

- *Les connexions équipotentielles, le bon fonctionnement du verrouillage et/ou de l'indication d'une bonne liaison équipotentielle sont testés périodiquement suivant un programme d'inspection. La fixation solide des connexions équipotentielles fixes est contrôlée périodiquement pendant les rondes de contrôle.*

161. Les flexibles de remplissage sont suffisamment conducteurs

Des charges électriques seront déposées sur le flexible par l'écoulement de l'hydrogène gazeux à travers ce flexible. Si ces charges peuvent s'accumuler, le flexible se charge électrostatiquement et une étincelle peut survenir lors de la décharge.

C'est pourquoi il est nécessaire que le flexible soit suffisamment conducteur. La résistance s'élève au maximum à $10^6 \Omega/m$. Les charges seront en principe évacuées via la masse à laquelle le flexible de déchargement est relié.

La conductibilité électrique des flexibles est contrôlée périodiquement.

7.7.3 Étincelles dues à des appareils électriques

162. Réalisation sûre du point de vue explosion de l'installation électrique au niveau des postes de remplissage

Les postes de remplissage font l'objet d'un dossier de zonage et d'un document relatif à la protection contre les explosions.

L'entreprise dispose d'une attestation de conformité établie par un organisme agréé, rédigée suite à la première mise en service de l'installation électrique ou suite à des modifications importantes ou des extensions significatives.

Cette exigence est reprise à l'article 270 du „RGIE 1981" (valable à partir de l'entrée en vigueur en 1981 jusqu'au 31/05/2020 inclus) et dans le Livre I, chapitre 6.4 du „RGIE 2020" (valable à partir du 1/6/2020).

Quelque soit la date de construction de l'installation, l'installation basse tension est:

- *contrôlée annuellement pour les installations électriques déplaçables, mobiles ou temporaires (à partir du 1/6/2020 conformément au RGIE 2020)*
- *contrôlée annuellement pour les installations électriques dans des zones à risques d'explosion (à partir du 1/6/2020 conformément au RGIE 2020)*
- *contrôlée tous les 5 ans pour les autres installations électriques.*

Ces délais peuvent encore être raccourcis si c'est mentionné ainsi dans le permis d'environnement ou dans le dernier rapport de contrôle.

Si des infractions sont mentionnées dans le rapport de contrôle périodique, l'exploitant démontre que les réparations ou adaptations nécessaires ont été correctement exécutées (ou que leur exécution est planifiée).

Les zones où une atmosphère explosive peut être présente, sont pourvues d'un panneau d'avertissement sur lequel c'est indiqué (triangle, lettres noires „EX" et fond jaune).

163. Interdiction d'utiliser des appareils portatifs non EEX

L'interdiction est reprise dans le règlement général de sécurité de l'entreprise. Une interdiction d'utilisation de GSM est indiquée:

- *à l'entrée du terrain*
- *au niveau de l'installation de remplissage.*

164. Appareils électriques portatifs en exécution EEX

Cela concerne les appareils portatifs tels que:

- *GSM*
- *appareils pour radiocommunication*

- lampes de poche.

Ces appareils sont repris dans un programme d'inspection. On vérifie périodiquement si les appareils sont encore en bon état: pas de fuite au niveau des batteries, caisson intact, etc.

Si certains appareils électriques portatifs ne peuvent pas être achetés en exécution EEX, le risque d'avoir une explosion doit être maîtrisé à l'aide de mesures reprises dans une analyse de risques et/ou en utilisant une détection portable si l'on travaille avec cet appareil.

165. Utilisation d'outillage anti-étincelles

S'il y a un risque d'avoir une fuite d'hydrogène lors de travaux, alors des outils anti-étincelles sont recommandés. Pour des travaux où il n'y a pas de risque de fuite, on peut aussi travailler avec de l'outillage normal, à condition que des mesurages d'hydrogène soient prévues avant et pendant les travaux, via le permis de travail.

7.7.4 Etincelles électrostatiques dues aux vêtements ou au revêtement de sol

166. Chaussures et vêtements antistatiques pour les opérateurs du remplissage

Le port de chaussures et de vêtements antistatiques est obligatoire pour le personnel de l'entreprise et pour les tiers qui sont présents au niveau de la station de remplissage.

Il y a une interdiction d'enfiler et de retirer des vêtements dans l'installation car c'est surtout à ce moment-là que se présente le risque d'avoir des étincelles électrostatiques.

7.7.5 Flamme nue

167. Placement de panneaux d'interdiction 'Interdiction de feu, de flamme nue et de fumer'

Le panneau 'Feu, flamme nue interdite et défense de fumer' est représenté dans le livre III, Titre 6 du Code du bien-être au travail (signalisation de sécurité et de santé).

En ce qui concerne la localisation de ces panneaux, le Code impose les conditions suivantes:

- à une hauteur et selon une position appropriée par rapport à l'angle de vue
- à l'accès à une zone où le risque dû à la présence d'une flamme nue existe
- dans un endroit bien éclairé et facilement accessible et visible.

7.8 Limitation des dommages dus au feu

7.8.1 Déchirure de bouteille d'hydrogène due à un feu externe

168. Distance de sécurité entre la station de remplissage et des foyers potentiels d'incendie

Pour ce faire, voir les distances de sécurité reprises dans les différents codes (entre autres les références [6] et [11]) et les distances minimales exigées légalement, reprises au chapitre 2.

7.8.2 Extension d'un feu naissant

169. Distances de sécurité vis à vis du stockage de bouteilles

Dans le standard NFPA 55 'Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code', les distances de sécurité suivantes sont recommandées:

- *entre des bouteilles avec des gaz inflammables (e.a. hydrogène) et des bouteilles avec des gaz oxydants, pyrophores et toxiques: 6,1 m.*
- *entre des bouteilles et des matériaux combustibles: 3,1 m.*

Ces distances peuvent être diminuées en plaçant un écran coupe-feu.

A l'annexe 5.17.1.B du Vlare II, des distances de sécurité pour des lieux de stockage pour gaz en récipients transportables sont également reprises. Le tableau avec des distances est repris dans la partie 2.2 'Réglementation flamande'.

170. Résistance au feu du bâtiment avec l'installation de remplissage

Selon l'article 52 du RGPT, les locaux avec des gaz comprimés combustibles en quantité supérieure ou égale à 300 l sont classés dans le groupe 1.

171. Résistance au feu du bâtiment avec le stockage de bouteilles

La résistance au feu est conforme à l'article 52 du RGPT et (si d'application) à l'annexe 6 de l'Arrêté Royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion auxquels les bâtiments nouveaux doivent satisfaire.

172. Extincteurs portatifs au niveau des stations de remplissage pour (batteries de) bouteilles

Les extincteurs portatifs ne sont pas adaptés pour éteindre un feu de gaz. Ils peuvent par contre être utilisés pour éteindre d'autres feux naissants.

Nombre et localisation:

- *facilement accessibles*
- *déterminés en concertation avec le Service Incendie local compétent. Les conclusions figurent dans un rapport (rédigé par le Service Incendie local et/ou l'entreprise).*

Inspection et entretien:

- *Les extincteurs portatifs sont repris dans un programme d'inspection/entretien:*
 - *contrôle visuel périodique de la présence et de l'accessibilité des extincteurs*

- *inspection annuelle approfondie de chaque extincteur par une personne qualifiée.*

Formation:

- *Les travailleurs reçoivent un entraînement périodique à l'utilisation d'extincteurs portatifs. La participation à ces formations est enregistrée.*

Signalisation:

- *Les extincteurs portatifs sont peints en rouge et clairement signalés.*

173. Détection incendie

Vu que la flamme issue d'un incendie d'hydrogène est pratiquement invisible, une détection incendie sur base de mesures infrarouges est recommandée.

Actions:

- *alarme dans un endroit occupé en permanence*
- *fermeture automatique des vannes commandées à distance et arrêt du compresseur ou ces actions sont activées par un opérateur présent dans un endroit occupé en permanence.*

Localisation des points de mesure:

- *autour de l'installation de remplissage*
- *à des endroits judicieusement choisis et tout près de la source.*

Inspection et entretien:

- *test périodique des détecteurs incendie*
- *test périodique des actions liées à la détection incendie (fréquence guide: annuel).*

Surtout si l'installation est commandée à distance.

174. Vêtements retardateurs de flamme pour le personnel qui remplit les bouteilles

Des vêtements retardateurs de flamme offrent à la personne qui les porte une protection contre le feu et le rayonnement de chaleur.

De tels vêtements respectent la norme NBN EN ISO 11612 « Vêtements de protection - Vêtements de protection contre la chaleur et les flammes ».

175. Deux voies d'évacuation minimum hors de l'installation de remplissage

Les voies d'évacuation sont:

- *libres de tout obstacle et suffisamment larges*
- *indiquées à l'aide d'une signalisation de sécurité.*

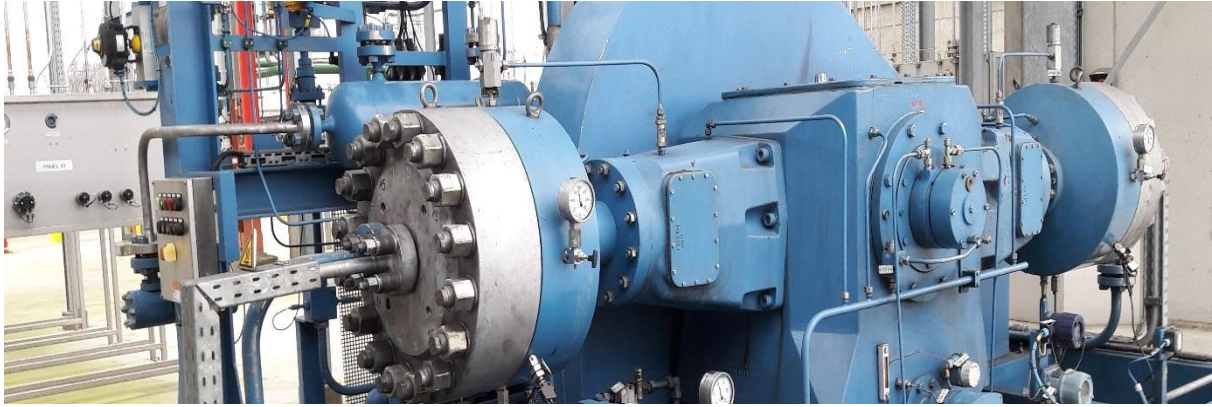
Les personnes présentes dans le centre de remplissage doivent pouvoir quitter le bâtiment rapidement et sans risque de chute. Un chemin de fuite qui implique que l'on doit ramper au-dessus ou en-dessous de bandes transporteuses remplies de bouteilles est bien entendu inacceptable. Les chemins de fuite sont clairement indiqués et visibles depuis chaque emplacement dans le centre de remplissage.

7.9 Limitation des dommages dus aux explosions

176. Mur faible

Dans le cas d'une station de remplissage de bouteilles située dans un bâtiment séparé, au minimum un des murs extérieurs doit être construit en matériau léger ou en panneaux se détachant lors d'une surpression interne de maximum 13.3 kPa/m² (sauf si l'on utilise seulement de petites quantités d'hydrogène).

L'explosion doit être détournée d'un endroit où des personnes ou autres appareils peuvent être atteints.



8

Compresseurs d'hydrogène

8.1 Construction des compresseurs

177. Construction du compresseur selon des normes de construction

Les compresseurs d'hydrogène doivent être construits en conformité avec les différents directives européennes (e.a. directive équipements sous pression, directive machines, directive ATEX, directive CEM,...)

178. Dossier de construction d'un compresseur

8.2 Maîtrise des déviations de procédé

8.2.1 Surpression dans le compresseur

179. Interlock à pression haute

La pression après le dernier étage de compression est mesurée par un capteur. Lorsque la pression devient trop élevée, à une valeur plus faible que la pression d'évent des soupapes de sécurité, les actions suivantes peuvent être prévues:

- *arrêt automatique du compresseur*
- *recyclage sur le compresseur.*

180. Soupape(s) de sécurité après chaque étage de compression

Dimensionnement:

- *La soupape de sécurité (ou un ensemble de plusieurs soupapes de sécurité) après chaque étage de compression a été dimensionnée pour le scénario 'vanne de sortie du compresseur fermée ou bouchons dans la tuyauterie de sortie du compresseur'. Les calculs donnent:*
 - *la capacité exigée*
 - *la capacité réelle de la soupape de sécurité installée.*

Les autres conditions (matériel de construction, inspection, accumulation d'eau dans la ligne d'évent, lignes d'évent, localisation de la décharge, forces de réaction dans le flux d'évent, disponibilité) auxquelles la soupape de sécurité doit répondre sont reprises en détails dans le scénario « surpression dans le réservoir sous pression fixe ». Ces conditions sont valables de manière générale pour tous les endroits où une soupape de sécurité est définie comme mesure.

Il faut tenir compte de l'effet de « back pressure » sur les soupapes de sécurité si les lignes d'évent sont longues et/ou si deux soupapes de sécurité avec une pression de tarage différente sont reliées à la même ligne d'évent.

8.2.2 Surpression dans l'(les) refroidisseur(s) à eau

181. Soupape(s) de sécurité du côté eau du(des) refroidisseur(s) à eau

Si le circuit d'eau de refroidissement est constitué d'un système à eau fermé, chaque refroidisseur doit être protégé contre une surpression du côté de l'eau provenant de fuites ou d'une défaillance du refroidisseur le long du côté gaz (côté de l'hydrogène).

8.2.3 Température élevée dans le compresseur

182. Interlock à température élevée arrête le compresseur

Un tel interlock :

- *est situé après chaque étage de compression (ou après le refroidissement entre 2 étages de compression)*
- *arrête le compresseur si une température maximale réglée au préalable est atteinte.*

183. Interlock sur l'eau de refroidissement après chaque étage de compression

Un tel interlock :

- *donne une alarme sur la pression ou le débit de l'eau dans le système de refroidissement.*
- *arrête automatiquement le compresseur en cas de pression trop faible ou de débit trop faible.*

8.3 Maîtrise de la dégradation

8.3.1 Usure du compresseur due à son utilisation

184. Programme d'entretien préventif et d'inspection

Une approche systématique pour l'entretien des systèmes contenant de l'hydrogène est nécessaire afin d'en garantir une utilisation sûre et correcte.

Les instructions pour l'entretien et les réparations des systèmes contenant de l'hydrogène doivent être basées sur des codes de bonnes pratiques avec des prescriptions supplémentaires pour les zones à risques.

Points d'attention:

- *dépressuriser le compresseur*
- *purger le compresseur*
- *réaliser des travaux en utilisant un système de permis de travail*
- *les heures de fonctionnement du compresseur sont consignées et notées périodiquement (par ex. tous les mois)*
- *entretien sur base des instructions d'entretien du fabricant*
- *conservation des rapports d'entretien et d'inspection.*

8.4 Limitation des fuites accidentelles

8.4.1 Fuite au niveau du compresseur

185. Vanne de fermeture au niveau du refoulement du compresseur

La vanne de fermeture est fermée si une pression trop faible est mesurée du côté refoulement du compresseur ou si l'arrêt d'urgence en salle de contrôle est activé. Dans ce dernier cas, le compresseur lui-même s'arrête aussi. Les grands compresseurs sont pourvus d'un bypass du compresseur, avec lequel le refroidissement reste activé lors de la fermeture de la vanne d'isolement après le compresseur. Avec des petits compresseurs, le compresseur est simplement arrêté.

Le fonctionnement de l'arrêt d'urgence est testé périodiquement. Ces tests sont enregistrés.

186. Détection d'hydrogène au niveau du compresseur

Une détection d'hydrogène au niveau des compresseurs est pertinente si ceux-ci se trouvent dans un bâtiment. C'est la plupart du temps le cas pour des grands compresseurs afin de limiter le bruit issu des compresseurs dans l'environnement.

Si un compresseur d'hydrogène se trouve à l'air libre, la détection d'hydrogène est moins pertinente.

Actions:

- *alarme à un endroit occupé en permanence (valeur guide du réglage de l'alarme: 20 à 25% de la LEL).*
- *fermeture des vannes commandées à distance et arrêt du compresseur (cela peut se faire à une valeur plus élevée de l'alarme, pour l'hydrogène, la valeur guide est de 40% de la LEL).*

Placement des points de mesurage et des ouvertures:

- *autour du compresseur*
- *à des endroits judicieusement choisis*
- *en haut du bâtiment sont prévues des ouvertures à travers lesquelles l'hydrogène peut s'échapper.*

Inspection et entretien:

- *test périodique des détecteurs de gaz (valeur guide: mensuel)*
- *calibration périodique des têtes de mesure selon les prescriptions du fabricant (fréquence guide: tous les 6 mois)*
- *test périodique des actions couplées à la détection de gaz (fréquence guide: annuel).*

187. Clapet anti-retour au refoulement du compresseur

Ce clapet est placé sur la tuyauterie de sortie après le compresseur. Ce n'est pas une alternative aux vannes de fermeture d'urgence commandées à distance (à cause de sa fiabilité insuffisante).

Inspection:

- *Le fonctionnement correct est testé périodiquement*
- *Le clapet anti-retour est remplacé périodiquement (valeur guide tous les 10 ans).*

Localisation:

- *Le plus près possible contre le compresseur.*

8.4.2 Fuite au niveau du carter

188. Interlock sur pression faible/ débit faible de gaz inerte au niveau du carter du compresseur

Si le carter du compresseur est maintenu sous une pression de gaz inerte (par ex. de l'azote), on reçoit une alarme si la pression de gaz inerte ou le débit de gaz inerte est trop faible, après quoi le compresseur est automatiquement mis à l'arrêt.

8.5 Maîtrise de la dispersion des substances libérées

8.5.1 Formation d'un nuage explosif dans l'espace avec le système à hydrogène

189. Garantir une ventilation naturelle suffisante

Si le compresseur est installé dans un bâtiment, une ventilation naturelle suffisante doit être assurée.

Localisation:

- *Les entrées d'air doivent être situées près du sol, uniquement dans les murs externes.*
- *Les sorties d'air doivent être prévues le plus haut possible dans le local, dans les murs externes ou dans le toit.*

Superficie:

- *Les entrées et les sorties d'air doivent chacune avoir une superficie totale d'au moins $0,003\text{m}^2/\text{m}^3$ de volume du local.*

8.6 Éviter les sources d'ignition

8.6.1 Présence d'une atmosphère explosive dans le compresseur

190. Rinçage préalable du compresseur avant ouverture et démarrage du compresseur

Pour éviter la présence préalable d'oxygène et d'air avant d'introduire l'hydrogène, il faut prévoir un rinçage à l'aide d'un gaz inerte, suivi d'un rinçage à l'hydrogène. Il doit y avoir deux vannes de purge afin de permettre la purge de l'équipement. Une première vanne de purge se situe entre la vanne d'arrêt du côté aspiration du compresseur et le compresseur lui-même, une deuxième vanne de purge se situe entre le compresseur et la vanne d'arrêt du côté refoulement du compresseur.

La pression d'azote appliquée dépend de la pression de fonctionnement normale du compresseur. Il est recommandé que la pression d'azote ne soit pas inférieure à la moitié de la pression de conception à l'aspiration. C'est surtout important pour des compresseurs fonctionnant à basse pression.

Le compresseur doit au moins tourner pendant 10 minutes et lorsque que le contenu en oxygène dans le gaz de purge est inférieur à 1% pendant un minimum de 2 minutes, le rinçage peut être arrêté.

L'alimentation en azote est fermée et la vanne d'arrêt du côté aspiration est ouverte.

L'hydrogène comprimé est encore soufflé jusqu'à ce que la concentration en gaz inerte soit réduite à un niveau acceptable.

191. Mesure de la concentration en oxygène dans l'hydrogène

C'est uniquement d'application si l'hydrogène provient d'une source à basse pression ou s'il existe la possibilité qu'il y ait une contamination par de l'oxygène.

Le compresseur est arrêté automatiquement dès que la concentration en oxygène s'élève à 1 vol %.

La détection d'oxygène se trouve de préférence juste avant l'aspiration.

192. Interlock sur pression faible à l'aspiration

La pression à l'aspiration du compresseur est mesurée par un capteur/switch de pression pour éviter le vide dans la tuyauterie d'entrée et l'entrée d'oxygène dans le système. Le switch de pression assure que le compresseur s'arrête avant que la pression à l'aspiration n'ait atteint la pression atmosphérique.

A une pression d'aspiration trop faible, on ne peut pas démarrer le compresseur.

193. Interlock sur pression faible/débit faible de gaz inerte au niveau du moteur électrique si l'on utilise un moteur non ATEX

Si le moteur électrique et d'autres équipements auxiliaires du compresseur sont maintenus sous une pression de gaz inerte (par ex. à l'aide d'azote), on reçoit une alarme si la pression de gaz inerte ou le débit de gaz inerte est trop faible, après quoi le moteur et les équipements auxiliaires sont automatiquement arrêtés.

8.7 Limitation des dommages dus au feu

8.7.1 Extension d'un feu naissant

194. Détection incendie

Vu que la flamme issue d'un incendie d'hydrogène est pratiquement invisible, une détection incendie sur base de mesures infrarouges est recommandée.

Actions:

- *alarme dans un endroit occupé en permanence*
- *fermeture automatique des vannes commandées à distance et arrêt du compresseur. Ces actions peuvent être activées par un opérateur présent dans un endroit occupé en permanence.*

Localisation des points de mesurage:

- *autour du compresseur*
- *à des endroits judicieusement choisis et tout près de la source.*

Inspection et entretien:

- *test périodique des détecteurs incendie*
- *test périodique des actions liées à la détection incendie (fréquence guide: annuel).*

195. Extincteurs portatifs au niveau du compresseur

Les extincteurs portatifs ne sont pas adaptés pour éteindre un feu de gaz. Ils peuvent par contre être utilisés pour éteindre d'autres feux naissants.

Nombre et localisation:

- *facilement accessibles*
- *déterminés en concertation avec le Service Incendie local compétent. Les conclusions figurent dans un rapport (rédigé par le Service Incendie local et/ou l'entreprise).*

Inspection et entretien:

- *Les extincteurs portatifs sont repris dans un programme d'inspection/entretien:*
 - *contrôle visuel périodique de la présence et de l'accessibilité des extincteurs*
 - *inspection annuelle approfondie de chaque extincteur par une personne qualifiée.*

Formation:

- *Les travailleurs reçoivent un entraînement périodique à l'utilisation d'extincteurs portatifs. La participation à ces formations est enregistrée.*

Signalisation:

- *Les extincteurs portatifs sont peints en rouge et clairement signalés.*

8.7.2 Brûlures du personnel

196. Vêtements retardateurs de flamme pour le personnel opérationnel

Des vêtements retardateurs de flamme offrent à la personne qui les porte une protection contre le feu et le rayonnement de chaleur.

De tels vêtements respectent la norme NBN EN ISO 11612 « Vêtements de protection - Vêtements de protection contre la chaleur et les flammes ».

9

Références

- [1] **BCGA CP 33 The Bulk Storage of Gaseous Hydrogen at Users' Premises**, British Compressed Gas Association, Inc, 2012
- [2] **BCGA CP 4 Industrial Gas Cylinder Manifolds and Gas Distribution Pipework (excluding Acetylene)**, British Compressed Gas Association, Inc, 2012
- [3] **Braker, William and Allen L. Mossman, Matheson Gas Data Book (Sixth Edition)**, Lyndhurst, NJ: Matheson, 1980
- [4] **Safetygram – 4 Gaseous Hydrogen**, Air Products and Chemicals, Inc. 2000
- [5] **IGC Doc 121/14 – Hydrogen Pipeline Systems**, European Industrial Gases Association, AISBL, 2014
- [6] **IGC Doc 15/06/E – Gaseous Hydrogen Stations**, European Industrial Gases Association AISBL, 2006
- [7] **IGC Doc 63/14/E – Prevention of Tow-Away Incidents**, European Industrial Gases Association, AISBL, 2014
- [8] **IGC Doc 75/07/E – Determination of Safety Distances**, European Industrial Gases Association, AISBL, 2007
- [9] **IGC Doc 100/11/E – Hydrogen Cylinders and Transport Vessels**, European Industrial Gases Association, AISBL, 2011
- [10] **IGC Doc 64/16 – Use of Residual Stress Valves**, European Industrial Gases Association, AISBL, 2016

- [11] **NFPA 55** – Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code, edition 2016
- [12] **Safety of machinery - Guidance and recommendations for the avoidance of hazards due to static electricity**, Report R044-001:1999, European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), TC 44X, 1999
- [13] **PGS 14: Handboek brandbestrijdingssystemen**, Nederlands Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Directie Externe Veiligheid, 2005
- [14] **Leidraad voor het opstellen van het explosieveiligheidsdocument**, Ingeborg Beernaert, FOD Werkgelegenheid Arbeid en Sociaal Overleg, Algemene Directie Toezicht op het Welzijn op het Werk, Afdeling van het toezicht op de chemische risico's, april 2006
- [15] **Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning and Stray Currents**, API Recommended Practice 2003, Sixth Edition, API, september 1998
- [16] **Europese norm NEN-EN 1127-1:2011** "Plaatsen waar explosiegevaar kan heersen - Explosiepreventie en -bescherming"
- [17] **Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems**, API Recommended Practice 521, 4th Ed., March 1997
- [18] **Fire Test for Soft-Seated Quarter-Turn Valves**, API Standard 607, 4th Ed., May 1993
- [19] **Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route** (Europees verdrag betreffende het internationaal vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg), ADR, 2010
- [20] **Arrêté Royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire** (M.B. 26 avril 1995) **et errata** (M.B. 19 mars 1996)
- [21] **Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry**, API 571, 2nd Ed., April 2011
- [22] **NSS 1740.16: National Aeronautics and Space Administration Safety Standard for Hydrogen and Hydrogen Systems: Guidelines for Hydrogen System Design, Materials, Operation, Storage and Transportation**, Office of Safety and Mission Assurance, Washington, DC 20546
- [23] **Spontaneous ignition of hydrogen**, Health and Safety Laboratory for the Health and Safety Executive 2008