



STOCKAGE DE GAZ DE L'AIR CRYOGENIQUES SUR LES SITES DES CLIENTS

IGC Doc 115/12/F

Révision du Doc 115/04

Traduction faite par l'AFGC en décembre 2014

EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION AISBL



AVENUE DES ARTS 3-5 • B-1210 BRUSSELS
Tel : +32 2 217 70 98 • Fax: +32 2 219 85 14
E-mail : info@eiga.eu • Internet : <http://www.eiga.eu>



STOCKAGE DE GAZ DE L'AIR CRYOGENIQUES SUR LES SITES DES CLIENTS

PREPARE PAR :

Hervé BARTHÉLÉMY	Air Liquide
Jean-Louis JOLIVET	Air Liquide
Udo KOHL	Messer Group
Klaus KRINNINGER	IGV
David TEASDALE	The Linde Group
Dies VAN NIEUWENHUYZEN	The Linde Group
Andy WEBB	EIGA
Stuart WILLIAMS	Air Products

Déclaration

Toutes les publications techniques éditées par EIGA ou sous son égide, et notamment ses codes de bonne pratique, les guides de procédures en matière de sécurité et toutes autres informations techniques contenues dans ces publications ont été élaborées avec le plus grand soin et établies avec les connaissances acquises des membres de EIGA ou de tiers à la date de leur publication. Elles n'ont la valeur juridique que de simples recommandations que les membres de EIGA ou les tiers ne sont pas tenus contractuellement de respecter: Elles ne peuvent faire l'objet vis-à-vis de quiconque, d'aucune garantie de la part d'EIGA.

EIGA n'a ni le pouvoir, ni les moyens de vérifier que les codes de bonne pratique et les guides de procédures sont effectivement et correctement interprétés et appliqués par l'utilisateur qui engage seul sa responsabilité à cet égard.

En conséquence, EIGA ne saurait en aucun cas être tenu pour responsable vis-à-vis de quiconque, de l'application par ses membres ou par toute autre personne, de ses codes de bonne pratique et guides de procédure.

Les publications d'EIGA font l'objet de révisions périodiques et il appartient aux utilisateurs de se procurer la dernière édition.

Sommaire

1	Introduction	1
2	Domaine d'application.....	1
3	Définitions	1
3.1	Réservoirs cryogéniques fixes.....	1
3.2	Réservoir intérieur	1
3.3	Enveloppe extérieure.....	1
3.4	Mise en service.....	1
3.5	Personne compétente.....	2
3.6	Personne autorisée.....	2
3.7	PED.....	2
3.8	Utilisateur	2
4	Généralités.....	2
4.1	Propriétés de l'azote, de l'oxygène et de l'argon.....	2
4.2	Précautions.....	2
4.2.1	Sous-oxygénation ou suroxygénation de l'atmosphère	3
4.2.1	Brûlures cryogéniques.....	3
4.2.2	Condensation de l'air.....	3
4.2.3	Huiles, graisses, matériaux combustibles et autres matières étrangères.....	3
4.2.4	Fragilisation des matériaux.....	4
4.2.5	Fumer/travaux par points chauds.....	4
4.2.6	Matériaux d'isolation.....	4
4.3	Codes et réglementation	4
5	Caractéristiques d'implantation et de conception	4
5.1	Généralités	4
5.1.1	Distances de sécurité	4
5.1.2	Localisation de l'installation.....	5
5.1.3	Zone de remplissage de liquide	5
5.1.4	Ventilation des enceintes de pompes	6
5.1.5	Disposition des équipements	6
5.1.6	Vannes d'arrêt	6
5.1.7	Double isolation	6
5.1.8	Déviations des déversements.....	6
5.1.9	Raccords	6
5.1.10	Rétro-contamination.....	6
5.1.11	Clôture	7
5.1.12	Vaporiseurs de liquide	7
5.1.13	Fondation, construction du sol et ancrages.....	7
5.1.14	Autres exigences	8
5.2	Installation dans des locaux	8
5.2.1	Construction	8
5.2.2	Porte(s).....	8
5.2.3	Ventilation.....	8
5.2.4	Caniveaux, fosses, regards, canalisations.....	8
5.2.5	Traversée de l'enceinte par des câbles électriques	8
6	Accès à l'installation.....	8
6.1	Personnel.....	8
6.2	Accès aux commandes de l'installation.....	9
6.3	Notices et instructions.....	9
6.3.1	Précautions générales.....	9
6.3.2	Identification du contenu	10
6.3.3	Lisibilité des notices	10
6.3.4	Instructions d'exploitation et d'urgence	10
7	Essais et réception.....	10

7.1	Essais de l'installation.....	10
7.1.1	Essai sous pression	10
7.1.2	Dispositifs de sécurité de décompression.....	10
7.2	Ajustement des dispositifs de contrôle	11
7.3	Apposition de notices.....	11
7.4	Mise en service.....	11
8	Exploitation et maintenance.....	11
8.1	Exploitation de l'installation	11
8.1.1	Personnel d'exploitation	11
8.1.2	Difficulté en opération ou urgence.....	11
8.2	Inspection périodique et maintenance.....	12
8.2.1	Généralités	12
8.2.2	Réservoir	12
8.2.3	Installation	14
8.2.4	Vaporiseurs	14
8.2.5	Dispositifs de décompression de sécurité.....	14
9	Formation et protection du personnel	14
9.1	Permis de travail.....	14
9.2	Formation du personnel.....	14
9.3	Procédures d'urgence.....	15
10	Références.....	15
	Annexe A: Définition des distances de sécurité.....	16
	Annexe B1: Distances de sécurité minimales pour l'azote et l'argon liquides.....	2
	Annexe B2: Distances de sécurité minimales pour l'oxygène liquide.....	3
	Annexe B3: Diagramme pour la détermination des distance.....	4
	Annexe C: Calcul simplifié de basculement.....	5
	Annexe D : Liste de contrôle avant première mise en service.....	17
	Annexe E : Recommandation en cas de perte de vide sur des récipients cryogéniques.....	18

Amendements au Doc 115/04

Chapitre/Paragraphe	Modifications
	Alignement au manuel du Style EIGA
2	Clarifie qu'il peut s'appliquer aux installations nouvelles comme à celles existantes
3-6	Ajout de la définition des personnes autorisées
5.1.8	Ajout de la déviation des déversements
5.2.3	Clarification des niveaux de ventilation
6.2	Clarification des exigences de point de remplissages déportés
10	Ajout d'un chapitre de Références Addition of référence section
Annexe D	Incorporation de l'alerte de Sécurité 15 à ce document

Note: Les changements techniques par rapport à la précédente édition sont soulignés.

1 Introduction

Le stockage de gaz cryogéniques à l'état liquide, sous pression, sur les sites des clients ne fournit pas seulement un moyen efficace de stocker du gaz mais améliore à sécurité quand il est utilisé avec un système de distribution, en éliminant le besoin de manipulation de bouteilles.

Cependant, les propriétés particulières des gaz cryogéniques rendent nécessaires de prendre des précautions et de suivre des règles.

Pour participer à l'effort permanent pour promouvoir un standard élevé de sécurité ce document remplace les anciens documents Doc IGC 16/85 [1] et 17/85 [2]. Ce document a été révisé en 2012 pour prendre en compte l'expérience récente de l'industrie.

Ce document vise à servir de guide aux personnes directement associées à la conception, à l'exploitation et à la maintenance des installations de stockage liquide en vrac. Il ne prétend pas couvrir complètement le sujet mais donne un avis et devrait être utilisé avec une solide évaluation de conception.

2 Domaine d'application

Ce document EIGA traite des systèmes de réservoirs fixes isolés sous vide installés sur les sites des clients pour stocker l'oxygène liquide, l'azote liquide et l'argon liquide. Les principes s'appliquent aussi pour d'autres gaz cryogéniques.

Ce document couvre les installations de réservoirs ayant une capacité individuelle en eau comprise entre 1000 et 125 000 litres.

Pour les installations excédant 125 000 litres, ce document peut aussi servir de guide mais les réglementations locales applicables peuvent imposer des distances de sécurité différentes.

Ce document s'applique aux nouvelles installations et peut servir de guide pour les installations existantes.

3 Définitions

3.1 Réservoirs cryogéniques fixes

Un réservoir isolé thermiquement pour être utilisé avec un ou plusieurs fluides cryogéniques, est composé d'un réservoir interne, d'une enveloppe extérieure et du système de tuyauteries associé. Ce réservoir fixe n'est pas destiné à être transporté plein. Il peut être transporté d'un emplacement fixe à un autre, vide ou contenant des quantités marginales de fluide cryogénique à moins de 2 Bar effectifs. Ce réservoir cryogénique fixe représente un ensemble fonctionnel complet, prêt à être mis en service.

3.2 Réservoir intérieur

Le récipient sous pression destiné à contenir le fluide cryogénique.

3.3 Enveloppe extérieure

L'enceinte, étanche à l'air, qui supporte le réservoir intérieur, contient l'isolation et permet d'établir le vide.

3.4 Mise en service

L'opération par laquelle le réservoir est préparé pour être mis en service, s'applique soit pour un nouveau réservoir utilisé pour la première fois ou un réservoir qui a été retiré du service et remis en service.

3.5 Personne compétente

Une personne par exemple de la société de gaz qui est expérimentée, formée et désignée pour accomplir la tâche prévue.

3.6 Personne autorisée

Une personne autorisée est quelqu'un qui été approuvé par le propriétaire du réservoir, l'utilisateur ou les autorités pour effectuer des taches ou missions spécifiques.

3.7 PED

Directive 97/23/CE du Parlement Européen et du Conseil du 29 mai 1987 relative au rapprochement des législations des Etats Membres concernant les équipements sous pression.

3.8 Utilisateur

Dans ce document l'utilisateur est considéré être le client qui utilise le produit contenu dans le réservoir cryogénique pour son processus.

4 Généralités

L'oxygène, l'azote et l'argon sont incolores, inodores et sans saveur. L'azote et l'argon ne sont pas toxiques mais asphyxiants. L'oxygène n'est pas toxique, il est légèrement plus dense que l'air. Il n'est pas inflammable, mais favorise violemment la combustion. Respirer de l'oxygène pur n'est pas dangereux bien que l'exposition pendant plusieurs heures peut causer des désordres fonctionnels temporaires des poumons.

Les publications EIGA suivantes doivent être prises en considération :

Doc. 04 Fire hazards of oxygen and oxygen enriched atmospheres [3] (Risque d'incendie dans l'oxygène ou les atmosphères suroxygénées)

Doc. 44 Hazards of inert gases and oxygen depletion [4] (Danger des gaz inertes et de la sous-oxygénation)

SL 01 Dangers of Asphyxiation [5]

4.1 Propriétés de l'azote, de l'oxygène et de l'argon

Les propriétés physiques de l'azote de l'oxygène et de l'argon sont :

		Azote	Oxygène	Argon
Contenu dans l'air	Vol %	78.1	21	0.9
Densité du gaz à 1,013bara et 15°C	kg/m ³	1,19	1,35	1,69
Température d'ébullition à 1,013bara	°C	-196	-183	-186
Densité du liquide à 1,013bara et à la température d'ébullition	kg/m ³	805	1140	1405
Volume en gaz du liquide dans les conditions ambiantes	$\rho_{\text{liquide}}/\rho_{\text{gaz}}$	679	842	831

Les vapeurs froides d'oxygène d'azote et d'argon sont plus lourdes que l'air et peuvent s'accumuler des fosses et caniveaux.

4.2 Précautions

Les propriétés de l'oxygène, de l'azote et de l'argon justifient les précautions spéciales ci-après :

4.2.1 Sous-oxygénation ou suroxygénation de l'atmosphère

L'atmosphère contient normalement 21% en volume d'oxygène. L'enrichissement par exemple à seulement 25% peut augmenter le taux de combustion de manière significative. L'azote et l'argon agissent comme asphyxiants par déplacement de l'oxygène de l'atmosphère. Beaucoup de matériaux, y compris certains métaux communs qui ne brûlent pas dans l'air peuvent brûler dans l'oxygène lorsqu'ils sont enflammés. Les dangers de la suroxygénation ou de la sous-oxygénation sont expliqués dans les publications EIGA, voir [3], [4] et [5].

Il faut toujours assurer une bonne ventilation dans les endroits où des gaz cryogéniques liquéfiés sont stockés et/ou transférés.

4.2.1 Brûlures cryogéniques

De graves dommages à la peau peuvent être causés par le contact avec des gaz cryogéniques liquides ou leurs vapeurs froides ou par de tuyauteries non isolées ou par des récipients contenant des gaz cryogéniques liquides. Pour cette raison, il faut porter des gants et des protections oculaires pour manipuler des équipements en service avec des gaz cryogéniques liquides.

4.2.2 Condensation de l'air

L'air ambiant peut condenser sur les tuyauteries et les récipients non isolés contenant de l'azote liquide à une pression inférieure à 1,5 barg provoquant un enrichissement local en oxygène de l'atmosphère.

4.2.3 Huiles, graisses, matériaux combustibles et autres matières étrangères

La plupart des huiles, graisses et matières organiques constituent un danger d'incendie, ou d'explosion, dans les atmosphères suroxygénées et ne doivent en aucun cas être utilisées sur des équipements prévus pour l'utilisation en oxygène. Seuls des matériaux approuvés pour le service particulier en oxygène doivent être utilisés.

Tout équipement pour le service en oxygène doit être spécifiquement étudié et préparé.

Avant de mettre l'équipement en service à l'oxygène, que ce soit pour la première fois ou après une maintenance, il est essentiel que toutes les surfaces qui pourraient entrer en contact avec un environnement suroxygéné soient « nettoyées pour le service oxygène », ce qui veut dire sec et libre de tout constituant libre ou pratiquement libre, tels que la saleté, la rouille, les résidus de soudage, matériaux de sablage et complètement libres de d'hydrocarbures ou autres matériaux incompatibles avec l'oxygène.

La maintenance et l'assemblage des équipements pour l'oxygène doivent être effectués dans des conditions de propreté et d'absence de corps gras. Tous les outils et les vêtements de protection (tels les combinaisons, gants et chaussures) doivent être propres et sans huile ni graisse, lorsque l'on n'utilise pas de gants il est essentiel d'avoir les mains propres.

Le dégraissage d'une installation ou d'une de ses parties requiert l'usage d'un agent de dégraissage qui satisfasse les exigences suivantes :

- non ou faiblement toxique (faible tension de vapeur pour garder une concentration de vapeur inférieure au seuil limite) ;
- matériau compatible avec l'oxygène.

Il est important que toutes traces de l'agent de dégraissage soient enlevées du système avant la mise en service en oxygène. Certains agents, tels que les solvants halogénés, peuvent être ininflammables dans l'air mais peuvent exploser dans les atmosphères suroxygénées ou dans l'oxygène liquide.

Un bon nettoyage est nécessaire pour empêcher la contamination par des débris libres ou des combustibles.

Ni l'azote, ni l'argon ne réagiront avec les huiles et les graisses, les bonnes pratiques sont d'appliquer un bon standard de propreté, bien que l'on n'ait pas besoin d'être aussi exigeant que pour l'oxygène.

Des indications pour le nettoyage peuvent être trouvées dans le document EIGA Doc 33 [6]. Les normes d'inspection du nettoyage pour l'oxygène sont trouvées dans EN12300 [7]

4.2.4 Fragilisation des matériaux

Beaucoup de matériaux, comme certains aciers au carbone et matière plastiques deviennent fragiles aux basses températures et il est essentiel d'utiliser les matériaux appropriés aux conditions de service prévues. La protection des tuyauteries et réservoirs en aval doit être prise en compte si ils peuvent être soumis aux basses températures, voir EIGA Doc 133 [8].

4.2.5 Fumer/travaux par points chauds

Fumer, travailler par point chaud (à moins que des mesures spéciales ne soient prises) et l'apport de flammes nues doit être interdit dans la distance minimale de sécurité spécifiée dans les Annexes A et B.

4.2.6 Matériaux d'isolation

Les composants utilisés pour l'isolation des tuyauteries d'oxygène liquide devraient être tels que le produit fini soit compatible avec le service en oxygène.

4.3 Codes et réglementation

Les installations de stockage de liquides cryogéniques devraient être conformes à ce document qui décrit les exigences minimales. Les réglementations nationales ou locales doivent être respectées.

5 Caractéristiques d'implantation et de conception

5.1 Généralités

L'adhésion stricte à un code de construction des récipients à pression et de leurs équipements attachés est la meilleure garantie pour la prévention de fuites dangereuses.

L'installation doit être positionnée de manière à minimiser les risques pour le personnel, la population locale, et les biens. Il faudrait prendre en compte l'emplacement au voisinage du processus potentiellement dangereux qui pourrait compromettre l'intégrité de l'installation de stockage.

5.1.1 Distances de sécurité

Les distances données visent à protéger l'installation de stockage aussi bien que l'environnement.

Elles sont considérées comme protection contre les risques encourus pendant le service normal des installations de stockage de liquide cryogénique, conformément à l'expérience pratique.

Les distances indiquées à l'Annexe B correspondent à des pratiques bien établies et sont issues de l'expérience opérationnelle en Europe et aux USA. Elles se rapportent à plus de 300 000 réservoirs années d'exploitation. Si toute preuve apparaît montrant qu'une révision est nécessaire alors cette révision sera effectuée.

Les distances de sécurité données à l'Annexe B sont les distances de sécurité minimales recommandées mesurées sur plan depuis, soit l'enveloppe externe du réservoir de liquide cryogénique, soit tout point de l'installation permanente où des fuites peuvent se produire pendant l'exploitation normale, telles que les postes de remplissage et les soupapes de sécurité.

5.1.2 Localisation de l'installation

L'installation devrait être localisée en plein air, dans un endroit où il n'y a pas de risque de dommage dû à la circulation de véhicules.

L'installation ne doit pas être faite en dessous du niveau du sol à moins qu'une étude de danger n'ait été faite et que toutes les mesures correctives aient été prises.

Le réservoir de stockage devrait être placé au même niveau que l'aire de parking des camions citernes pour permettre à l'opérateur/chauffeur de contrôler les opérations de transvasement.

5.1.2.1 Protection contre les dangers électriques

L'emplacement doit être choisi de telle sorte que qu'il ne puisse se produire de dommages à l'installation par des arcs électriques de câbles situés au dessus ou à proximité. Toutes les parties de l'installation doivent être correctement mises à la terre et protégées contre la foudre conformément aux législations locales.

Pour les réservoirs d'oxygène, l'équipement électrique installé dans la distance spécifiée pour les sources d'ignition de l'Annexe B, doit être de la classe de protection IP54 ou meilleure suivant la norme EN 60529 [9].

5.1.2.2 Niveau et pente de l'installation

Lorsque qu'il y a exigence d'installer les réservoirs cryogéniques à un niveau élevé, ils doivent être supportés par des structures conçues pour cela et qui devraient résister aux, ou être protégées des, dommages dus aux épanchements cryogéniques.

La pente du sol doit être suffisante pour permettre l'écoulement normal des eaux de ruissellement.

Pour l'oxygène il faut aussi prendre en compte la prévention contre les écoulements des matières dangereuses, telles que l'huile, vers l'installation d'oxygène.

5.1.2.3 Position des événements de gaz

Les événements, y compris ceux des dispositifs de décompression de sécurité, doivent être mis à l'air dans un endroit sûr à l'extérieur, de manière à ne pas affecter le personnel, les bâtiments occupés et les structures métalliques.

Les événements d'oxygène doivent être positionnés de manière à ce que leur débit ne puisse se mélanger avec celui de gaz ou liquides inflammables.

Il faut prendre en compte la prévention contre l'accumulation d'eau, inclus celle de la condensation dans les sorties d'événements.

5.1.2.4 Nuages de vapeur

Lors de la localisation de l'installation, il faut prendre en considération la possibilité des déplacements de nuages de vapeur, provenant de déversements ou mises à l'air, qui peuvent être un danger (visibilité réduite, suroxygénation/sous-oxygénation). La direction des vents dominants et la topographie doivent être prises en compte.

5.1.3 Zone de remplissage de liquide

La zone de remplissage de liquide doit être classée comme zone de « STATIONNEMENT INTERDIT ».

Un camion ou wagon citerne, lorsqu'il est en position pour remplir à partir de l'installation ou vidanger vers l'installation, doit être à l'air libre et non pas dans une enceinte protégée de murs dans laquelle

l'échappement de liquide ou de vapeur lourde est restreint. Les citernes doivent avoir accès facile vers et hors de l'installation à tout moment.

La zone de remplissage de liquide devrait toujours être adjacente au portail d'entrée de la clôture de l'installation et être installée et orientée de telle sorte que la sortie directe de la citerne soit facilitée en cas d'urgence.

Le transfert de liquide sur la voie publique n'est pas recommandé. Cependant lorsque c'est nécessaire, la zone de danger doit être clairement définie au moyen d'avis adaptés pendant la période de transfert. L'accès à cette zone doit être strictement contrôlé.

La zone de transfert du camion-citerne doit être faite de béton ou tout autre matériau non poreux et non-combustible avec l'oxygène.

5.1.4 Ventilation des enceintes de pompes

Lorsque les pompes et/ou les équipements sont situés dans des enceintes, elles doivent être correctement ventilées. Les ouvertures utilisées pour les accès et/ou la ventilation forcée ou naturelle doivent conduire à un emplacement où il y a un libre échappement pour les vapeurs froides et dans le cas de l'oxygène là où il n'y aura pas d'accumulation de matières combustibles susceptibles de créer un danger.

5.1.5 Disposition des équipements

L'équipement doit être installé de manière à permettre un accès et une maintenance faciles.

5.1.6 Vannes d'arrêt

Il faut envisager la protection des vannes d'arrêt des dommages externes.

5.1.7 Double isolation

Il faut envisager d'assurer un second moyen d'isolement des lignes de diamètre nominal supérieur à 9mm émanant de la phase liquide en dessous du niveau normal de liquide et qui n'ont seulement qu'un moyen de fermeture entre le réservoir et l'atmosphère (telles que les vannes de remplissage liquide), pour éviter tout grand déversement de liquide dans le cas où la première vanne d'isolement viendrait à être défectueuse,

Ce moyen secondaire d'isolement, lorsqu'il est présent, peut être effectué par exemple par l'installation d'une seconde vanne, d'un clapet anti-retour, ou un bouchon fixe ou démontable à l'extrémité ouverte d'une tuyauterie.

Des moyens convenables doivent être installés pour éviter les surpressions de tout liquide piégé.

5.1.8 Déviation des déversements

Lorsque des déversements du réservoir peuvent se produire, des mesures préventives devraient être mise en place pour diriger tout déversement vers la zone la plus sûre possible.

5.1.9 Raccords

Les raccords utilisés pour le transfert du gaz liquide ne doivent pas être interchangeables avec ceux utilisés pour d'autres produits.

5.1.10 Rétro-contamination

Lorsqu'une rétro-contamination (retour de débit) de l'utilisateur au réservoir est possible des mesures de prévention doivent être mises en place.

5.1.11 Clôture

Des clôtures doivent être utilisées pour empêcher l'accès des personnes non autorisées, lorsque d'autres moyens ne sont pas disponibles. Sur les sites d'accès contrôlé, avec une supervision suffisante, la clôture n'est pas nécessaire.

Lorsqu'une clôture est installée l'espace minimum entre la clôture et l'installation doit être de 0,6m pour permettre le libre accès et les issues de secours dans l'enceinte. La clôture ne doit pas restreindre la ventilation.

Les distances de sécurité données à l'Annexe B s'appliquent quelque soit la position de la clôture. La hauteur de la clôture doit être d'environ 1,8 m.

Le bois ou autre matériau combustible ne doit pas être utilisé pour la clôture.

Les portes doivent s'ouvrir à l'extérieur assez largement pour permettre un accès et une sortie facile du personnel, et doivent être verrouillés pendant l'exploitation normale.

Il faut envisager l'installation d'une sortie d'urgence.

Dans le cas d'une installation de stockage d'oxygène tous murs parefeu ou murs de partitions doivent être fait en brique, en béton ou en tout autre matériau adapté non combustible.

Il faut envisager un éclairage si des livraisons ont lieu la nuit.

5.1.12 Vaporiseurs de liquide

Il faut prendre des mesures pour empêcher à température du système de descendre en dessous de sa valeur minimale autorisée (voir 4.2.4).

5.1.13 Fondation, construction du sol et ancrages

La fondation du réservoir doit être calculée pour supporter en sécurité le poids du réservoir, de son contenu et des autres charges possibles pouvant s'appliquer par le vent, la neige etc. et dépend des conditions du sol. Le sol sur lequel est installé l'équipement doit être fait de béton ou autre matériau compatible, non inflammable, et non poreux. Dans le cas de l'oxygène, le sol sur lequel l'équipement est installé et la surface dans un rayon de 1m au minimum des raccords des flexible de remplissage, doivent être en béton ou tout autre matériau compatible, ininflammable et non poreux. Les matériaux de joints d'expansion doivent être compatibles pour l'utilisation avec l'oxygène liquide. L'accumulation d'eau doit être évitée. Il faut envisager de protéger les zones de fondation sous les événements de purge de gaz et liquides. Comme aucun matériau de joint de dilatation n'est totalement compatible avec l'oxygène la conception doit éviter ces joints à moins de 1 m des raccords de flexibles de remplissage.

Plusieurs facteurs déterminent si un réservoir doit être ancré. Les facteurs suivants doivent être pris en compte.

- Activité sismique
- La charge au vent comprenant :
 - La vitesse du vent
 - La topographie (nature du terrain alentour)
 - Dureté du sol (ouvert ou protection fournie)
 - Facteur de forme du réservoir (Ratio H/D, accessoires du réservoir)

Pour des informations complémentaires et des calculs voir les normes EN 1991-4 [10] pour les charges du vent et EN 1998-4 [11] pour la conception sismique.

5.1.14 Autres exigences

Le site choisi pour l'installation doit être acceptable pour le fournisseur de gaz et doit être réservé pour le stockage de liquides cryogéniques.

L'équipement doit être installé, testé, mis en service, maintenu et modifié en stricte conformité avec le code applicable à la conception, la législation nationale et en accord avec le propriétaire du réservoir.

5.2 Installation dans des locaux

L'installation à l'intérieur de locaux ou dans des espaces confinés n'est pas recommandée, mais si cette option est utilisée une analyse de risques spécifique doit être effectuée. Si l'installation à l'intérieur est nécessaire, ce doit être dans un bâtiment conçu à cet usage ou dans un bâtiment existant à condition que les conditions ci-après soient respectées.

5.2.1 Construction

L'installation doit être logée dans un bâtiment séparé construit en matériau non combustible. Pour l'oxygène ce doit être un matériau imperméable.

Lorsqu'elle est incluse dans un bâtiment existant, des précautions doivent être prises pour assurer l'isolation complète de l'installation de liquide cryogénique des installations adjacentes au moyen d'un mur plein de partition continu. Au moins deux des murs de l'enceinte doivent être des murs extérieurs du bâtiment existant.

Il faut envisager la mise en place une issue de secours.

5.2.2 Porte(s)

La ou les portes doivent être placées dans un mur extérieur et ouvrir sur l'extérieur.

La ou les portes doivent être verrouillées lorsque l'installation est sans surveillance.

5.2.3 Ventilation

Il faut assurer une ventilation adéquate, naturelle ou mécanique vers l'extérieur pour assurer que la teneur en oxygène reste entre 19% et 23,5%.

5.2.4 Caniveaux, fosses, regards, canalisations

Les caniveaux, les fosses, les regards ou les canalisations ne sont pas autorisés dans l'enceinte.

5.2.5 Traversée de l'enceinte par des câbles électriques

Aucun câble électrique ne doit être permis dans ou au dessus de l'enceinte ou là où ils peuvent être affectés par des déversements de liquide à l'exception de ceux qui sont nécessaires l'exploitation de l'installation.

6 Accès à l'installation

6.1 Personnel

L'installation doit être conçue de telle sorte que les personnes autorisées aient accès pour entrer et sortir de l'installation n'importe quand.

L'accès de l'installation doit être interdit à toute personne non autorisée. Des affiches d'avertissement doivent indiquer cela.

6.2 Accès aux commandes de l'installation

Les raccords de remplissage et les équipements de contrôle doivent être positionnés de telle sorte que leur accès soit dégagé.

Les raccords de remplissage et les commandes des équipements devraient être positionnés à proximité l'un de l'autre et de telle sorte qu'ils soient, ainsi que les contrôles du réservoir, visibles et d'accès facile depuis la position de l'opérateur. On doit garder en mémoire que la longueur des flexibles de raccordement est normalement de 3 à 4 mètres.

Les extensions de raccords de remplissage devraient être limitées à 10 m de distance dégagée. Des distances plus grandes ou des distances d'où l'instrumentation des réservoirs n'est pas visible de la citerne nécessitent des moyens spéciaux, tels que deux hommes pour le remplissage ou une répétition de l'instrumentation des réservoirs ou robinets aux ponts de remplissage ?

6.3 Notices et instructions

6.3.1 Précautions générales

Des notices doivent être affichées clairement, être toujours visibles sur le réservoir ou à proximité et particulièrement aux points d'accès et indiquer ce qui suit :

- AZOTE/ARGON/OXYGENE
- DEFENSE DE FUMER*
- PAS DE TRAVAUX PAR POINT CHAUDS*
- PAS DE STOCKAGE DE MATIERES COMBUSTIBLES*
- ACCES RESERVE AUX PERSONNES AUTORISEES
- NE PAS ENTRER EN CAS DE NUAGE DE VAPEUR

En plus pour les installations d'oxygène :

- FLAMMES NUES INTERDITES
- DE STOCKAGE D'HUILE, DE GRAISSE OU DE MATIERES COMBUSTIBLES

Des pictogrammes devraient être utilisés plutôt de des avis écrits, p.ex.



* Bien que l'azote et l'argon soient des gaz inertes, il est recommandé que fumer et apporter des flammes nues soient interdits pour éviter les risques d'incendie.

De manière à faciliter la maîtrise d'une situation d'urgence, un panneau doit être affiché indiquant :

- Le nom du fournisseur* de gaz et son adresse locale
- Le numéro de téléphone local du fournisseur de gaz
- Le numéro de téléphone des services d'urgence locaux

*Ou la société responsable du réservoir.

Cette indication devrait aussi être disponible à un point de contrôle.

6.3.2 Identification du contenu

Le réservoir devrait être clairement identifié « AZOTE LIQUIDE » « ARGON LIQUIDE » ou « OXYGENE LIQUIDE » suivant le cas.

Les raccords de connexion d'installation à réservoirs multiples ou avec extension de lignes de remplissage doivent être correctement marquées du nom du gaz pour éviter toute confusion (voir aussi 5.1.9).

6.3.3 Lisibilité des notices

Tous les notices doivent être gardées lisibles et à jour.

6.3.4 Instructions d'exploitation et d'urgence

Des instructions d'exploitation et d'urgence doit être disponibles sur le site. Ces instructions doivent être gardées lisibles et tenues à jour.

7 Essais et réception

7.1 Essais de l'installation

Avant la réception les essais suivants doivent être effectués par le fournisseur ou son représentant conformément à des procédures formalisées.

7.1.1 Essai sous pression

Les essais sous pression des équipements ne sont normalement pas exigés par la plupart des législations nationales, mais l'essai sous pression peut être exigé pour les canalisations construites sur site. Lorsque l'essai en pression est requis, des moyens adaptés de mesurage de la pression doivent être installés avant l'essai. Des précautions doivent être prises pour éviter des pressions excessives dans le système pendant l'essai. Si un essai pneumatique est requis, la pression d'essai ne doit pas dépasser 1,1 fois la pression de service. A la suite de tout essai hydraulique le système ou équipement doit être purgé et minutieusement séché et contrôlé.

Lorsqu'un essai pneumatique est spécifié, l'air sec ou l'azote sont les fluides d'essai préférés. La pression dans le système doit augmentée graduellement jusqu'à la pression d'essai. Tout défaut trouvé pendant l'essai doit être rectifié d'une manière approuvée et le système doit être testé à nouveau. Le système doit être décomprimé avant de commencer les travaux.

Les essais de pression doivent contrôlés par une personne responsable et un certificat d'épreuve doit être signé et émis. De tels certificats doivent être conservés comme référence pour le futur.

Les instruments, les indicateurs, etc. de l'installation ne sont pas normalement montés pendant les essais en pression mais doivent être remontés avant la pressurisation pour contrôler les fuites (l'essai de fuites consiste à contrôler les fuites aux joints et est normalement effectué à une pression inférieure à la pression maximale en service).

7.1.2 Dispositifs de sécurité de décompression

Un essai doit être effectué pour s'assurer que tous les dispositifs de blocage pour le transport ont bien été retirés des dispositifs de décompression de sécurité du réservoir intérieur, de l'enveloppe extérieure et des tuyauteries et que les dispositifs n'ont pas été endommagés et sont en ordre de marche.

La pression de tarage du dispositif de décompression (marquée ou étiquetée sur chaque dispositif) doit être contrôlée pour voir si elle est conforme avec la pression maximale en service du système.

Si une vanne à trois voies est installée pour permettre à deux dispositifs de décompression d'opérer soit simultanément soit alternativement dans ce cas la conception doit être telle qu'au moins un des dispositifs est sous la pression du réservoir quelque soit la position commande de la vanne trois voies.

* Les réservoirs et récipients sous pression de l'installation auront déjà été testés conformément à la régulation dans les ateliers des fabricants avant la première installation. Des essais complémentaires ne doivent pas être effectués sur le réservoir sans l'accord du fabricant. Les essais hydrauliques doivent être évités, faites référence au document EIGA Doc 119 Inspection périodiques des réservoirs cryogéniques [12].

7.2 Ajustement des dispositifs de contrôle

Les dispositifs de contrôle doivent être ajustés aux conditions de services requises du système et être soumis à un essai de fonctionnement réussi.

7.3 Apposition de notices

Les notices (voir en 6.3) doivent être apposées avant la mise en service de l'installation.

7.4 Mise en service

La mise en service doit être effectuée par du personnel autorisé conformément à une procédure formalisée et à la législation nationale (si cela s'applique).

Les essais avant mise en service doivent être effectués. L'Annexe C peut être utilisée comme guide pour préparer une liste de contrôle.

8 Exploitation et maintenance

8.1 Exploitation de l'installation

8.1.1 Personnel d'exploitation

Seules des personnes autorisées peuvent conduire l'installation. Des modes opératoires doivent être fournis au personnel d'exploitation.

Pour la commodité de l'opérateur, le fournisseur peut appliquer des codes de couleur ou autres moyens d'identification les volants des vannes qui doivent être fermées en cas d'urgence. Ces vannes doivent normalement être :

- Vanne d'alimentation et de retour du vaporiseur de mise en pression
- Vanne d'alimentation du vaporiseur de produit
- Vanne d'arrêt de la ligne d'alimentation du client
- Toutes les vannes de soutirage

Le nombre de vannes varie en fonction du type de l'installation.

8.1.2 Difficulté en opération ou urgence

Toute difficulté dans l'opération ou urgence concernant l'installation doit être signalée au fournisseur de gaz.

L'équipement du fournisseur ne doit pas être modifié par le client.

Toute modification proposée d'une installation appartenant au client ou d'un système lié doit être discutée et avoir l'accord du fournisseur de gaz.

8.2 Inspection périodique et maintenance

8.2.1 Généralités

L'inspection de routine et la maintenance de l'équipement doit être effectuée de façon planifiée et enregistrée de manière adéquate.

L'installation doit être inspectée régulièrement et doit être maintenue dans une condition appropriée et que les distances de sécurité sont conservées.

8.2.2 Réservoir

Lorsqu'un réservoir est mis hors service pour modification ou maintenance, il doit être maintenu sec et en gaz inerte. Les zones accessibles du réservoir devraient être examinées par une personne compétente avant remise en service.

8.2.2.1 Réservoir intérieur

L'inspection périodique du réservoir intérieur n'est pas nécessaire parce que :

- La surface interne du réservoir intérieur ne souffre pas de la corrosion de fluides de processus (conditions sèches)
- La surface externe du réservoir intérieur est protégée de la corrosion ambiante par l'enveloppe extérieure et le vide.
- Les propriétés des matériaux du réservoir intérieur sont conformes pour les basses températures

L'inspection doit comprendre :

- une inspection visuelle du réservoir et des équipements pour s'assurer que le vide entre le réservoir intérieur et l'enveloppe externe est maintenu ;
- un essai fonctionnel des vannes ;
- un test de fuites dans les conditions d'opération ; et
- une évaluation de tout changement des conditions de service de l'installation et son environnement.

8.2.2.2 Contrôle régulier de l'installation par l'utilisateur final

Les utilisateurs de réservoirs de stockage isolés sous vide ont le devoir de soin d'assurer que l'équipement est exploité en sécurité sur leur site. Pour des informations détaillées l'utilisateur devrait consulter le manuel d'exploitation.

En plus de la documentation du fabricant, lorsque c'est nécessaire, le réservoir cryogénique doit être accompagné par les documents spécifiques du réservoir et les instructions pour tous les éléments comprenant :

- l'exploitation ;
- les équipements auxiliaires ; et
- les enregistrements des inspections.

Ces documents doivent être conservés par le propriétaire ou par l'utilisateur du récipient.

L'utilisateur doit avoir des modes opératoires disponibles. Ces instructions peuvent être fixées sur le réservoir de manière permanente.

C'est aussi la responsabilité de l'utilisateur final de s'assurer que cette formation et cette conscience sont continues et à jour.

Des contrôles journaliers devraient être effectués par l'utilisateur même si le réservoir est contrôlé par le chauffeur de livraison au moment du remplissage.

L'utilisateur devrait contrôler :

- La sécurité de l'installation
- Que l'installation est propre, nette et libre de toute obstruction ou matériaux qui pourraient affecter sa sécurité
- Que la zone de livraison de la citerne n'est pas bloquée
- L'absence de signes de dommages au réservoir ou à la tuyauterie
- Que la quantité de glace sur les tuyauteries ou sur le vaporiseur n'est pas excessive (plus de 75% de couverture de glace ou de la glace s'étendant jusqu'à toucher le sol)
- L'alimentation électrique de l'installation comme exigé par la réglementation locale

Une attention particulière doit être portée à tout signe de perte de vide du réservoir (plaques de glace sur l'enveloppe extérieure). Pour plus d'informations voir l'Annexe D

La sécurité peut être compromise lorsque ces contrôles ne sont pas effectués régulièrement pouvant conduire à des défaillances potentielles de l'équipement et des blessures possibles au personnel.

L'utilisateur doit immédiatement informer le propriétaire de l'installation de stockage de tout problème concernant les points énumérés ci-dessus.

8.2.2.3 Inspection au moment du remplissage

L'installation doit être inspectée juste avant le remplissage. L'inspection doit être effectuée conformément à une procédure formalisée.

L'inspection doit comprendre :

- la revue des modes opératoires ;
- la vérification de la conformité du raccord avec le produit ;
- une inspection visuelle des conditions du raccordement (ni endommagé, ni sale, ni excessivement gelé) ;
- une inspection visuelle des vannes et dispositifs de sécurité ;
- une inspection visuelle de la ligne de remplissage pour absence de fuites dans les conditions de service ; et
- Evaluer tout changement des conditions opérationnelles de l'installation et de son environnement, par exemple des stockages occasionnels ou des arbres/branches pendant au dessus.
- L'inspection visuelle consiste en :
 - Une inspection visuelle du réservoir et de ses équipements pour s'assurer que le vide entre le réservoir intérieur et la double enveloppe est intacte, voir Annexe D comme guide. Si le réservoir a perdu le vide, le propriétaire du réservoir doit immédiatement faire une investigation des causes de la perte de vide.
 - Lorsque la perte de vide est estimée être associée à une défaillance d'une tuyauterie interne, par exemple si de la vapeur s'échappe du (des) dispositif(s) de sécurité du vide, alors le réservoir doit être sécurisé en réduisant immédiatement la pression à celle de l'atmosphère et en vidant tout le liquide cryogénique d'une manière sûre. La réduction de la pression est l'action la plus significative pour réduire le niveau de danger.

Le chauffeur ne doit pas remplir le réservoir s'il y a un défaut qui peut compromettre la sécurité du réservoir.

L'inspection peut être enregistrée. Le chauffeur doit faire un rapport de tout défaut à la personne responsable dans l'organisation du propriétaire du réservoir. Pendant le remplissage le chauffeur doit maintenir la pression de service du réservoir nécessaire.

8.2.3 Installation

La maintenance périodique et planifiée de l'équipement installé doit être effectuée.

Une inspection visuelle externe annuelle est recommandée pour confirmer les conditions de l'enveloppe de vide, des tuyauteries visibles et des commandes. Celle-ci peut être effectuée par l'utilisateur ou par le chauffeur pendant la livraison.

8.2.4 Vaporiseurs

Des contrôles réguliers doivent être effectués pour la formation de neige et de glace qui doivent être enlevées au besoin des éléments des vaporiseurs pour maintenir leur bon fonctionnement. Si la glace a besoin d'être retirée des équipements, de l'eau chaude ou de la vapeur est préférable pour éviter les dommages mécaniques aux équipements.

Lorsqu'un vaporiseur à la vapeur ou à liquide chauffé est utilisé, il est recommandé d'effectuer régulièrement un examen visuel de l'enveloppe et de l'extérieur des tubes ainsi qu'un essai d'étanchéité pneumatique du faisceau.

8.2.5 Dispositifs de décompression de sécurité

Des inspections visuelles régulières des dispositifs doivent être effectuées pendant l'exploitation normale.

Un essai régulier de chaque soupape de sécurité doit être effectué pour démontrer leur aptitude à continuer une nouvelle période de service. Les soupapes de sécurité doivent être testées conformément à EIGA Doc 21 Vacuum insulated cryogenic storage tank pressure protection devices [13] (Dispositifs de protection de la pression des réservoirs de stockage cryogéniques isolés sous vide) à moins que les règlements nationaux ou des conditions de service inhabituelles réclament des exigences plus sévères.

Les éléments des disques de rupture peuvent se détériorer dans le temps avec comme résultat un abaissement de leur pression de tarage. Pour cela il peut être nécessaire de les remplacer de temps en temps.

9 Formation et protection du personnel

9.1 Permis de travail

. Avant d'effectuer la maintenance de l'installation (travaux à froid, par point chaud, entrée dans le réservoir, travaux électriques, etc.) un permis de travail « écrit » pour le travail particulier doit être émis par une personne autorisée pour la/les personne(s) effectuant le travail. Une auto-autorisation est permise pour des travaux mineurs.

9.2 Formation du personnel

Toute personne directement impliquée dans la mise en service, l'exploitation et la maintenance de système de stockage de liquides cryogéniques, doit être complètement informée des risques liés aux gaz cryogéniques et correctement formée suivant le cas pour exploiter ou maintenir l'équipement.

La formation doit être organisée pour couvrir les aspects et dangers potentiels que l'opérateur particulier est susceptible de rencontrer.

Pour toutes les personnes elle doit couvrir les sujets suivant, mais ne doit pas nécessairement y être limité :

- dangers potentiels des gaz ;
- règlement de sécurité du site ;
- procédures d'urgence ;
- utilisation des appareils et vêtements de protection, y compris les appareils respiratoires si c'est applicable ;
- traitement de premier secours pour les brûlures cryogéniques ; et
- les équipements de lutte contre l'incendie

En plus les individus doivent recevoir une formation spécifique pour les activités pour lesquels ils sont employés.

Il est recommandé que la formation soit effectuée dans un système formalisé et que les formations données soient enregistrées et, lorsque c'est possible, donner une indication des résultats obtenus, de manière à montrer quelle formation future peut être nécessaire.

Le programme de formation doit prévoir des cours de rafraîchissement périodiques.

9.3 Procédures d'urgence

Des procédures d'urgence doivent être préparées pour couvrir le cas d'un déversement de liquide cryogénique de manière à ce que les personnes susceptibles d'être affectées sachent quelles actions sont requises pour minimiser les effets défavorables d'un tel déversement.

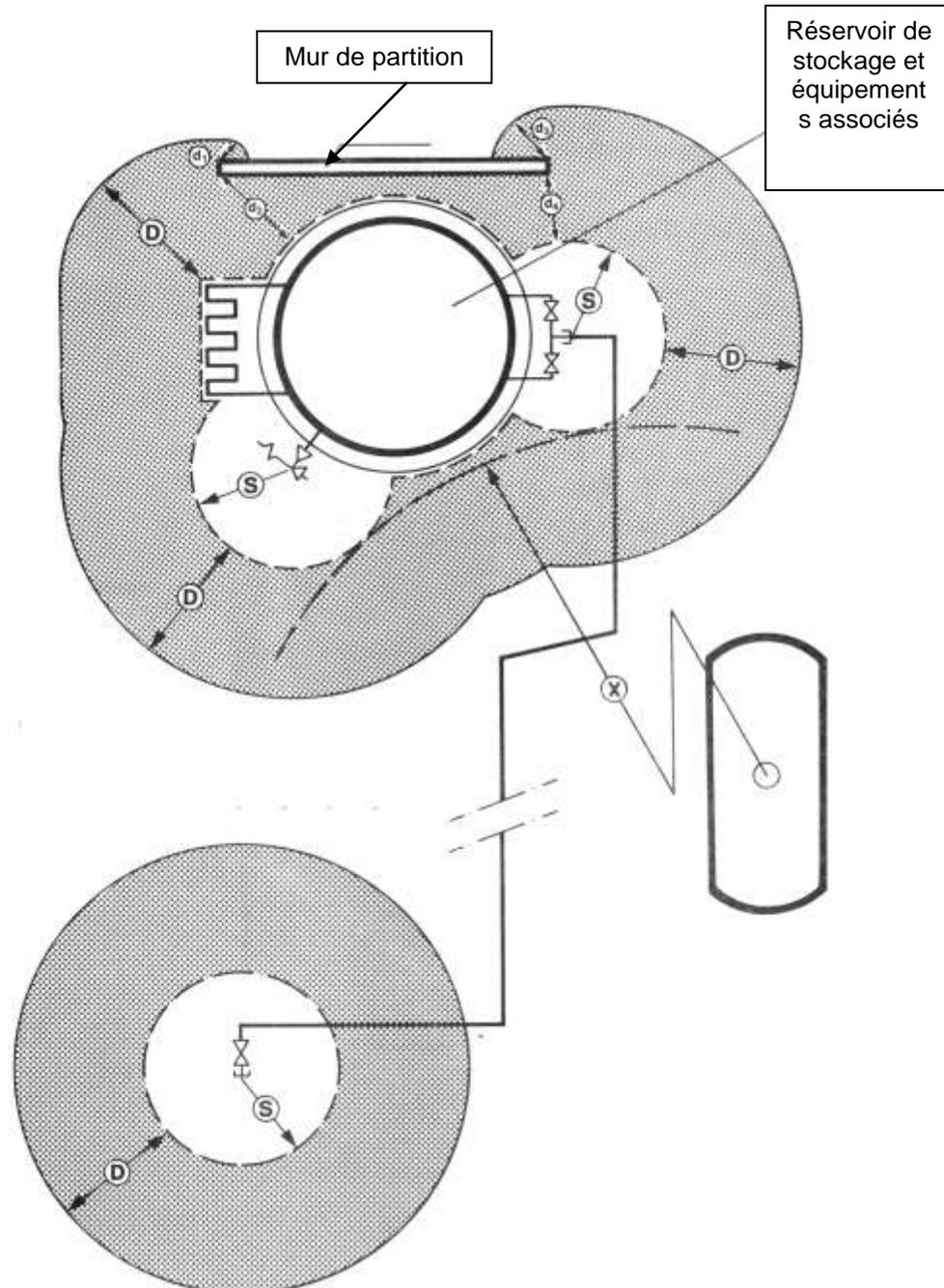
Ce qui suit sont est un guide qui peut être utilisé pour la formulation des procédures d'urgence :

- donner l'alarme ;
- demander de l'aide et les services d'urgence ;
- isoler la source de gaz, si c'est approprié et lorsque c'est possible en sécurité ;
- faire évacuer toutes les personnes présentes de la zone de danger et l'isoler ;
- alerter le public du danger possible de nuages de vapeur et évacuer si c'est nécessaire ; et
- aviser le fournisseur de gaz.

10 Références

- [1] IGC Doc 16/85 (retiré) Liquid oxygen storage installations at users' premises
- [2] IGC Doc 17/85 (retiré) Liquid nitrogen and liquid argon storage installations at users' premises
- [3] EIGA Doc. 04 Fire hazards of oxygen and oxygen enriched atmospheres
- [4] EIGA Doc. 44 Hazards of inert gases and oxygen depletion
- [5] AFGC DP0503 Risques d'asphyxie des gaz inertes - EIGA SL 01-03
- [6] EIGA Doc 33 Cleaning Equipment for Oxygen Service
- [7] EN12300 Récipients cryogéniques - Propreté
- [8] EIGA Doc 133 Cryogenic vaporisation systems – Prevention of brittle fracture of equipment and piping
- [9] EN 60529 Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP) - [10] EN 1991-4 Eurocode 1 : actions sur les structures - Partie 4 : silos et réservoirs
- [11] EN 1998-4 Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 4 : silos, réservoirs
- [12] EIGA document 119 Periodic Inspection of Static Cryogenic Vessels
- [13] EIGA Doc. 24 Vacuum insulated cryogenic storage tank pressure protection devices

Annexe A: Définition des distances de sécurité

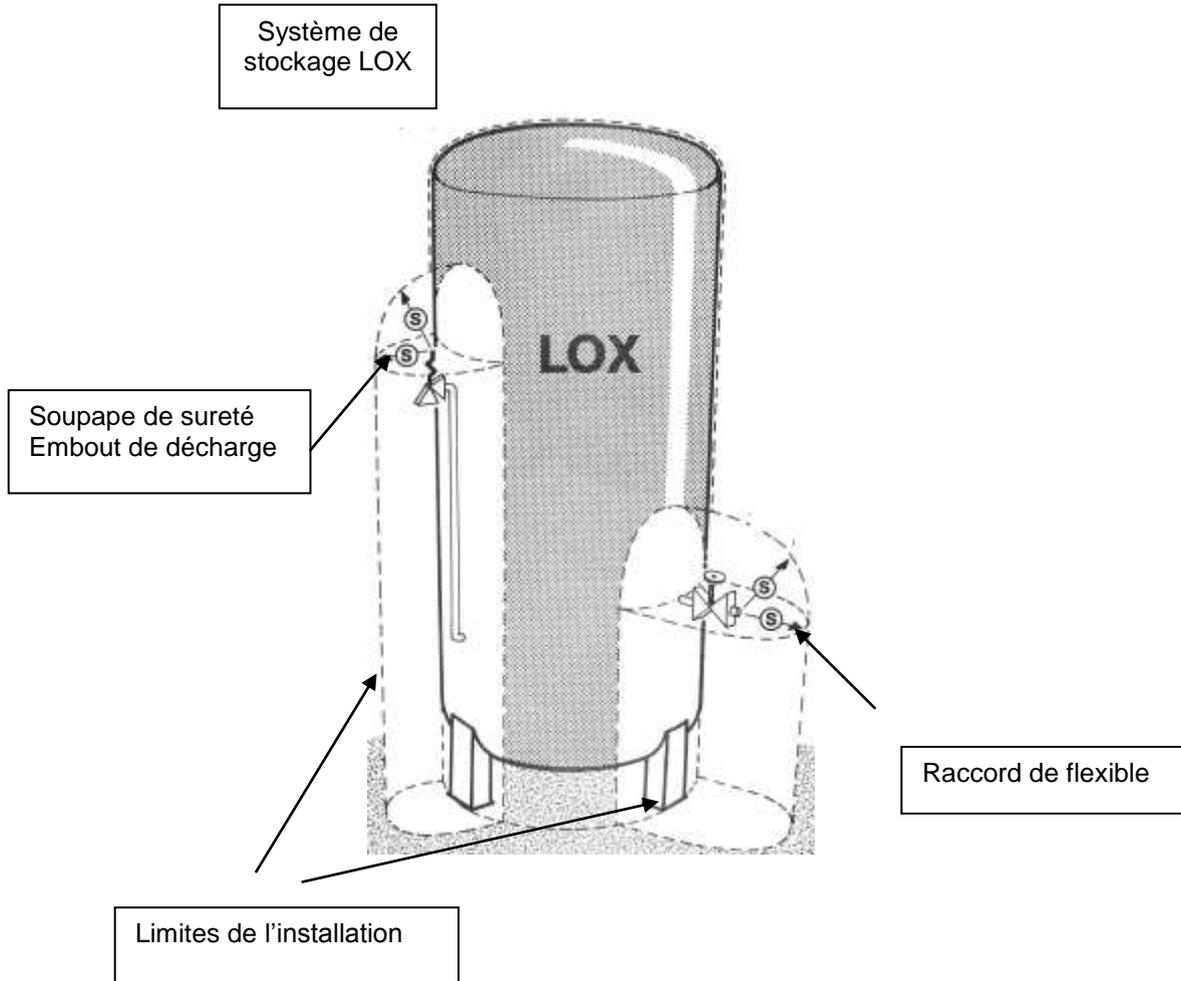


$d_1 + d_2 = d_3 + d_4 = D$ (longueur et localisation du mur de partition définissent les distances d_1, d_2, d_3, d_4).

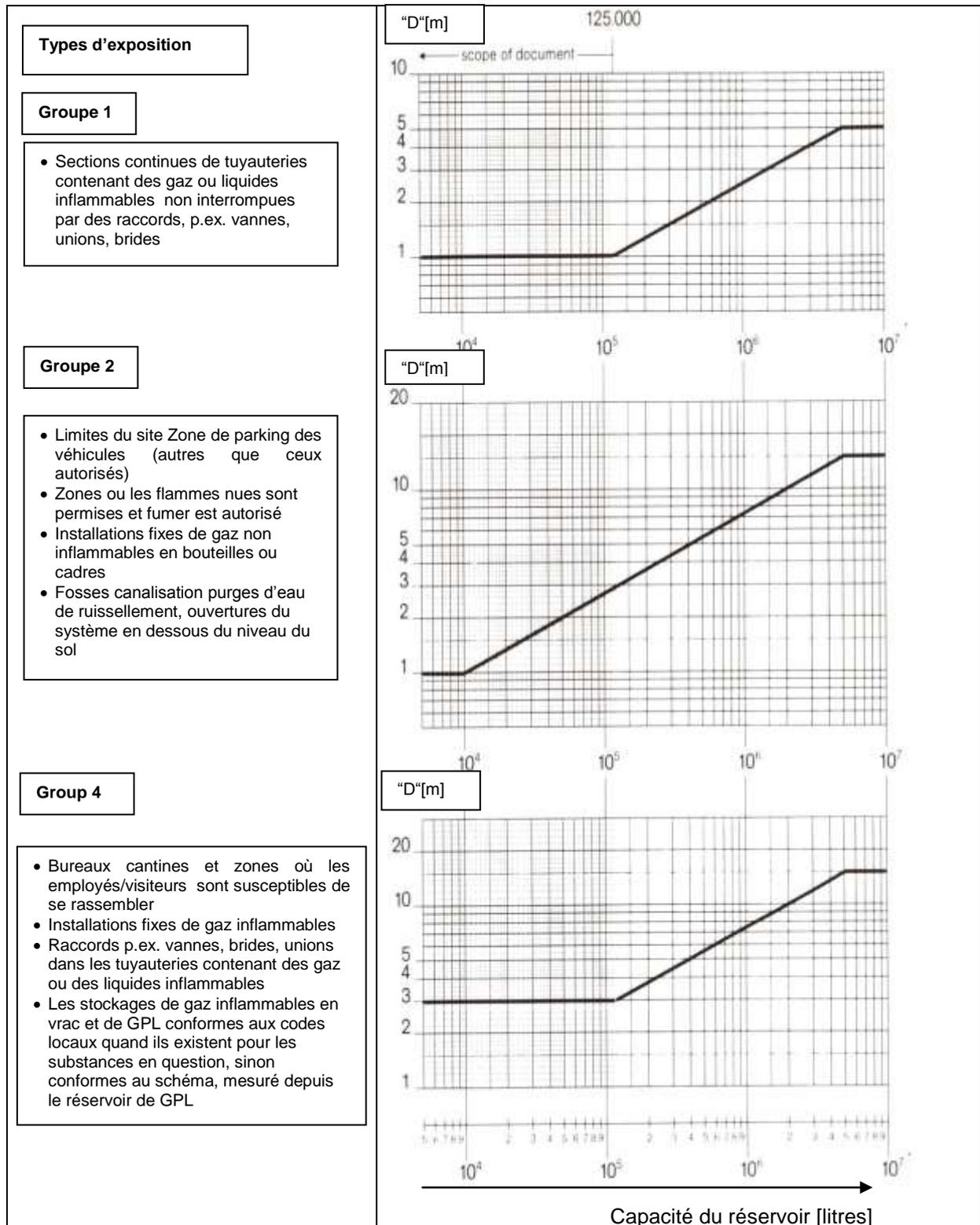
--- = limite de l'installation d'où la distance D est mesurée

- "D" = distance de sécurité d'après la clause 5.1.1 mesurée depuis la limite de l'installation
- "S" = d'après l'exposition au Groupe 1 Annexe B2 à mesurer de tous les points du système où des écoulements peuvent se produire en service normal. Pour l'azote et l'argon $S=0$.
- "X" = Distance pour le stockage en vrac de liquides inflammables d'après l'Annexe B Groupe 4 ou la réglementation locale.

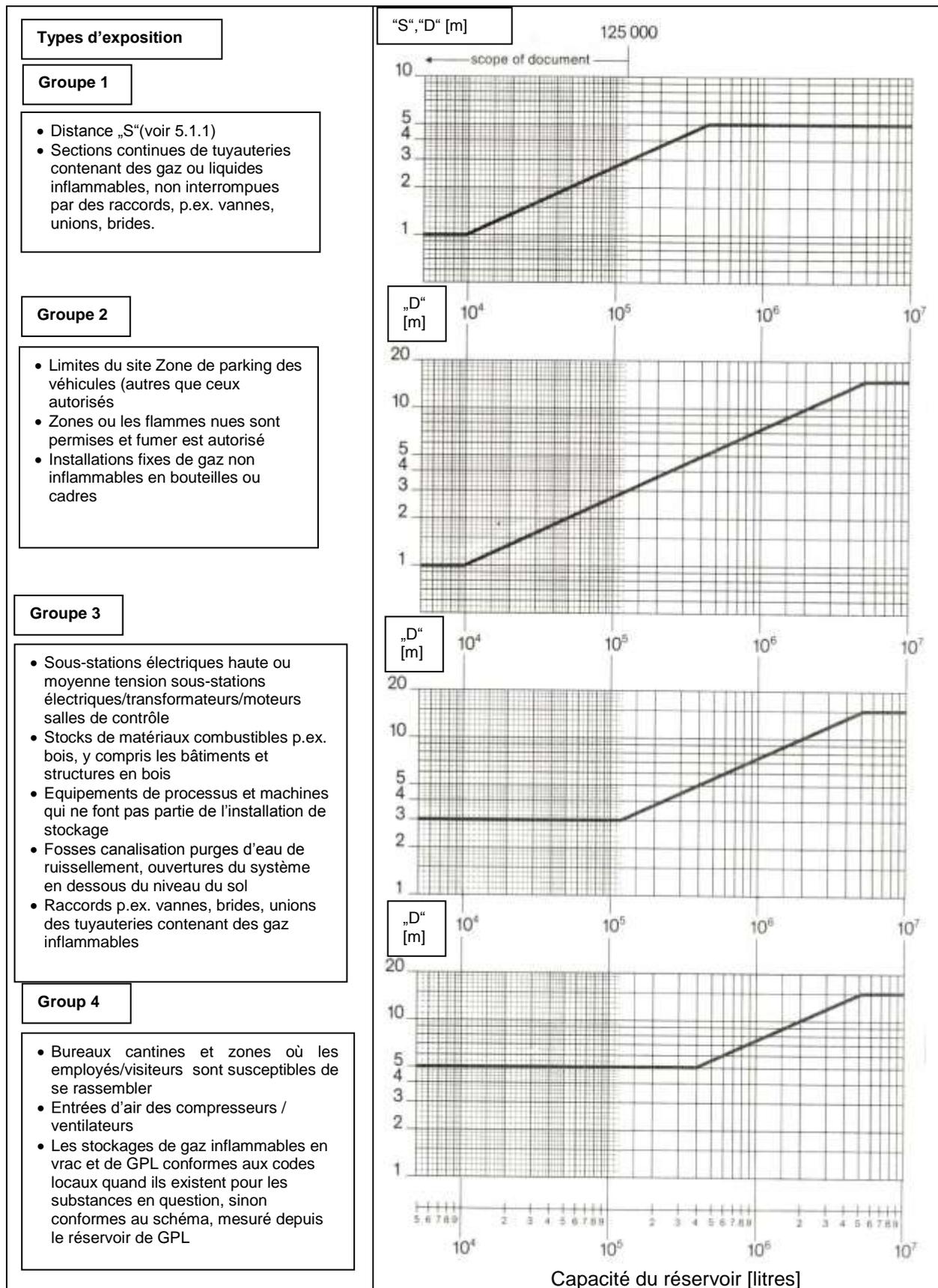
Illustration de la limite d'installation autour des ouvertures du système ou de épanchements d'oxygène liquide peuvent se produire en service normal



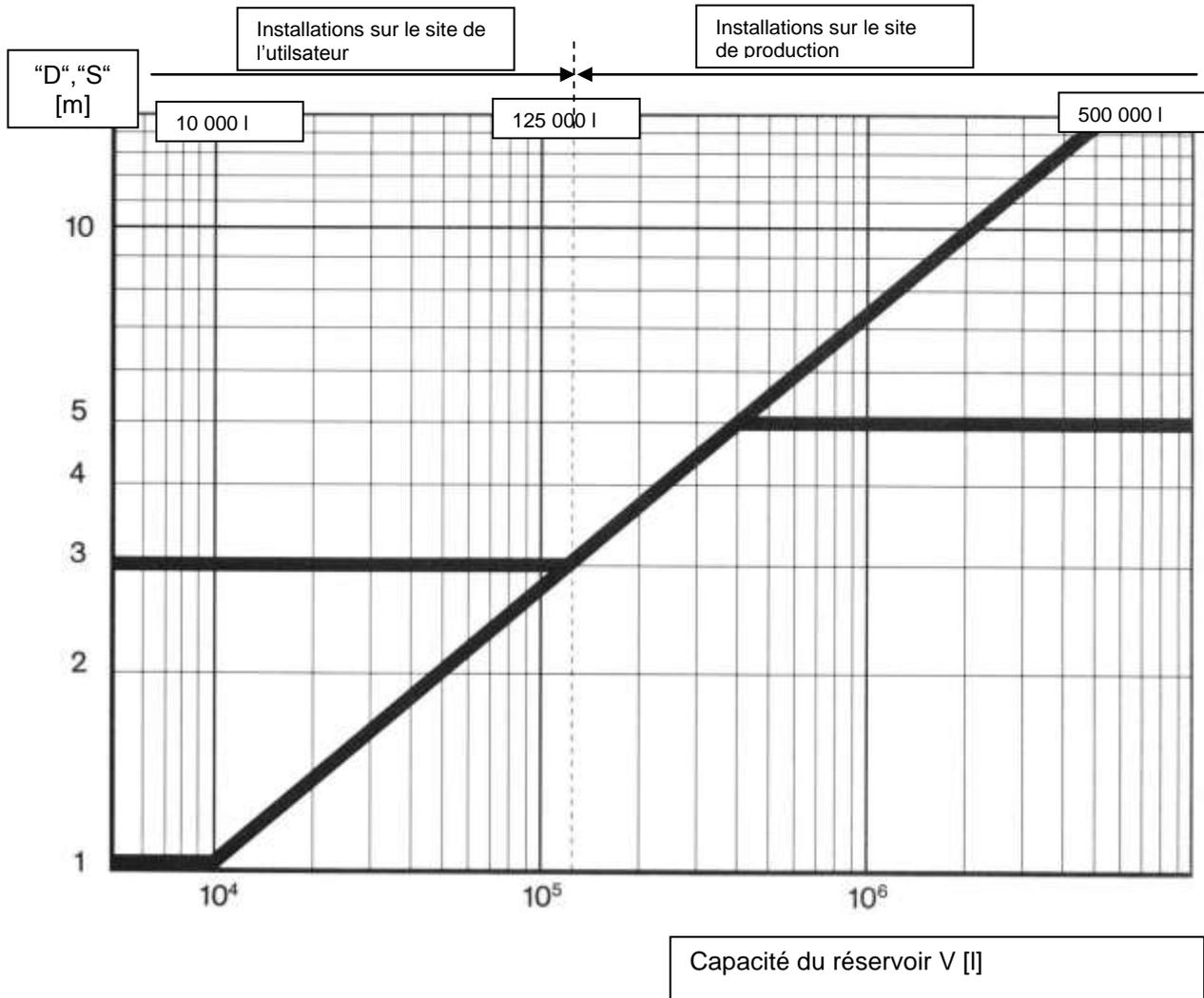
Annexe B1: Distances de sécurité minimales pour l'azote et l'argon liquides



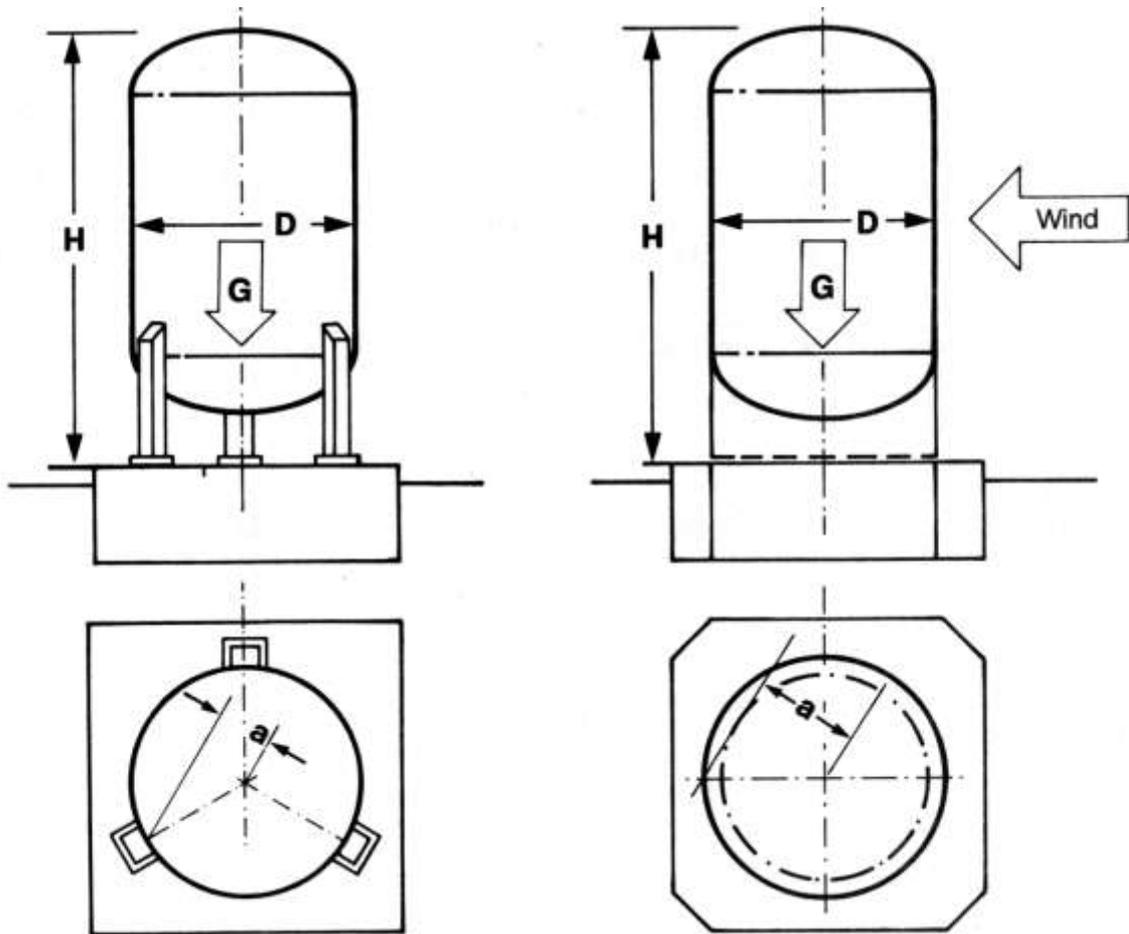
Annexe B2: Distances de sécurité minimales pour l'oxygène liquide



Annexe B3: Diagramme pour la détermination des distance



Annexe C: Calcul simplifié de basculement

Données de calcul :

H	hauteur hors tout	[m]
D	diamètre hors tout	[m]
G	pois minimum du réservoir vide	[kN]
	D'après les spécifications techniques, moins 10%	[kN]
a	longueur du moment	[m]
v	vitesse donnée du vent	[m/sec]
c_f	facteur aérodynamique = 0.7	[-]
q	pression dynamique ¹⁾	[kN/m ²]

¹⁾ $q = (1/2) \cdot \rho \cdot v^2$ pour une densité d'air de 1.25kg/m³, the accélération due à la gravité
 $g = 9.81 \cdot 10^{-3}$ kN, devient

$$q = (1/2) \cdot (1.25/9.81) [\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^3 \cdot \text{m}] \cdot 9.81 \cdot 10^{-3} [\text{kN}/\text{kg}] \cdot v^2 [\text{m}^2/\text{sec}^2]$$

$$q = 0.625 \cdot 10^{-3} \cdot v^2 [\text{kN}/\text{m}^2]$$

$$q = v^2/1600 [\text{kN}/\text{m}^2]$$

Exemples de calculs :

(Toutes les valeurs sont seulement pour exemple, les valeurs réelles doivent être déterminées en effectuant les calculs)

		Tank 1	Tank 2
Hauteur	H [m]	3.03	7.03
Diamètre	D [m]	1.3	1.8
Distance	a [m]	0.314	0.433
Pois mini	G [kN]	10.8	34.20
Vitesse de calcul du vent ²⁾	v [m/sec]	27.8	27.8
Pression dynamique	$q=v^2/1600$ [kN/m ²]	0.48	0.48
Force du vent	$w=0.7*q*D*H$ [kN]	1.33	4.25
Moment du vent	$M= w*(H/2)$ [kNm]	2.01	14.94
Moment statique	$M_s= G/a$ [kNm]	3.39	14.81
Facteur de basculement ³⁾	$F_t=M_s/M$	1.69	0.99
Scellement nécessaire		non	oui

²⁾ f.e. 27.8 m/s = 100 km/h

= vitesse locale maxi du vent, adaptée à la situation locale par les facteurs topographiques et la dureté du sol

³⁾ Si $F_t < 1.2$, le réservoir doit être scellé au sol

Annexe D : Liste de contrôle avant première mise en service

	OUI	NON	Observations
Accès facile pour le personnel et les camions-citernes			
Distances de sécurité suffisantes			
Fondation correcte			
Réservoir scellé au sol			
Installation conforme au plan synoptique			
Vannes d'arrêt principale installée			
Enregistrements complets et corrects			
Instructions disponibles			
Instructions à jour			
Courbes correctes de remplissage disponibles			
Les notices sont conformes au produit			
Personne responsable locale désignée			
Installation correcte des dispositifs de sécurité			

Annexe E : Recommandation en cas de perte de vide sur des récipients cryogéniques

Manque de perlite

La plupart des réservoirs cryogéniques sont isolés avec de la perlite qui est une fine poudre blanche faite à partir de cendres volcaniques. La perlite est utilisée pour minimiser le transfert de chaleur par radiation du réservoir intérieur et remplit l'espace entre les récipients internes et externes. Après plusieurs années de service la Perlite devient compacte et se dépose. Ceci laisse un manque de perlite ou le transfert de chaleur par radiation peut se produire entre les récipients internes et externes même si le vide est encore à la valeur recommandée. Là où le transfert de chaleur par radiation se produit le récipient aura souvent une zone de moisissure verte ou une plaque de givre. La plaque de givre peut apparaître seulement pendant les périodes de froid (plus basse que le gel)

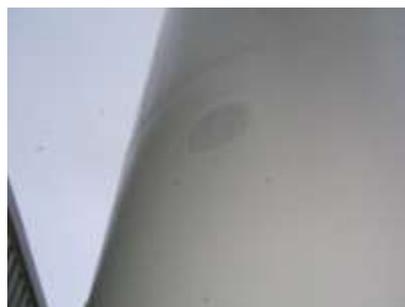
Les manques de Perlite surviennent normalement, mais pas toujours, dans le quart supérieur du réservoir, et du côté opposé à celui où le réservoir repose à l'horizontale pendant le stockage et le transport. Les manques de perlite normalement ont une forme caractéristique d'un demi-cercle ou d'une demi-ellipse. Quelques exemples sont montrés ci-dessous :



Les manques de perlite augmenteront légèrement le ratio d'ébullition naturelle mais comme le vide n'est demeuré le même cela n'affecte pas la sécurité de l'installation.

Spots de givre dus aux supports du récipient interne

Le récipient intérieur est supporté par un nombre de bandes et de supports qui gardent le récipient centré dans l'enveloppe externe. Les supports sont conçus pour minimiser le transfert de chaleur, cependant, occasionnellement les supports conduiront à une petite tache de moisissure ou de givre en saison froide. Ceux-ci sont normalement de forme circulaire. Quelques exemples sont indiqués ci-dessous.



Ces spots de givre n'affectent pas le service du réservoir ou la sécurité de l'installation car le vide reste en place.

Perte de vide à l'atmosphère :

La perte de vide se produit rarement. Lorsqu'elle se produit s'est normalement dû à la perte d'étanchéité des joints de fermeture des dispositifs de vide (port de tirage au vide ou port de prise de vide) ou alors une fissure dans les soudures des tuyauteries internes. La perte de vide se produit typiquement sur un temps très long.

Les pertes de vide se reconnaissent précocement par un ratio élevé de gaz mis à l'air par le système de mise à l'air du récipient intérieur ou par la montée en pression à la pression de tarage de la soupape de sureté du réservoir alors que le réservoir fonctionne normalement à une pression inférieure.

Lorsqu'une perte de vide significative se produit du givre peut apparaitre (mais pas toujours) sur une large partie du réservoir avec un givre plus près des supports ou les anneaux de renforcement sont situés. Un exemple est montré ci-dessous :



Lorsque l'on suspecte une perte significative de vide le propriétaire du récipient doit en être averti aussi vite que possible. Le propriétaire du récipient doit contrôler le vide et rectifier tout défaut de vide dès que cela est possible.

Perte de vide par le gaz du récipient intérieur

Des fissures dans la tuyauterie de l'inter espace ou dans le récipient interne créeront une fuite de liquide ou de gaz froid dans l'espace annulaire avec une perte correspondante de vide. Cela se produit très rarement. La perte de vide sera normalement très rapide et mener à une perte totale du vide. Cela peut être identifié par une grande zone de givre et qui est différente de celles indiquées plu haut et aussi peut être par un dégagement de vapeur froide par l'orifice d'évent de décompression de l'enveloppe externe.

Des exemples sont montrés ci-dessous :



Lorsqu'il se produit une perte totale de vide par le récipient interne, le réservoir doit être retiré du service aussi vite que possible. Le réservoir doit être sécurisé en le décomprimant à l'atmosphère quelle que soit la quantité de liquide restant dans le réservoir. La perte de vide par le récipient interne

doit être signalée immédiatement au propriétaire du réservoir. Le liquide doit être retiré du réservoir par une personne autorisée seulement après que la pression a été abaissée à la pression atmosphérique.