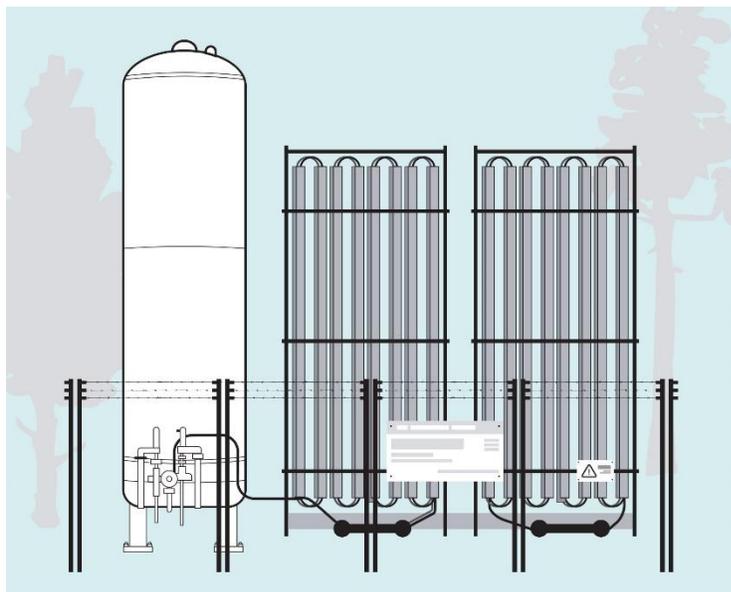


Production et stockage d'oxygène : Système évaporateur isolé sous vide

Résumé technique

Un réservoir de stockage d'oxygène liquide cryogénique est un réservoir isolé composé d'une coque extérieure en acier au carbone et d'un récipient interne en acier inoxydable, avec un espace vide isolant entre les couches pour minimiser l'entrée de chaleur. L'oxygène se liquéfie à -183°C à pression d'une atmosphère et est généralement stocké à pressions plus proches de 23 atmosphères. Avec les vaporiseurs, les vannes, la tuyauterie et un système de contrôle de la pression et de décharge, le réservoir constitue un **évaporateur isolé sous vide (VIE)**, capable d'alimenter un système central de canalisation d'oxygène dans une structure médicale et est souvent pris en location auprès d'un fournisseur de gaz médical. L'oxygène entre dans le système de conduites après évaporation passive dans le vaporiseur et ne nécessite donc pas de source d'énergie. Les systèmes VIE peuvent aussi être configurés pour remplir des bouteilles d'oxygène, sans électricité. Le transport de l'oxygène vers ces réservoirs et son stockage sous forme liquide nécessitent moins d'espace et sont moins coûteux que le transport et stockage sous forme gazeuse. Un litre d'oxygène liquide produit en effet 861 litres d'oxygène gazeux. L'oxygène liquide est économique pour les structures qui l'utilisent en grandes quantités, mais le liquide en vrac est produit dans une unité cryogénique de séparation d'air (ASU) et doit être transporté par camion-citerne vrac de l'ASU au VIE. La manipulation doit être prudente, pour éviter la possibilité d'une rupture accidentelle du réservoir sous pression et les risques de sécurité que cela poserait, en termes de brûlures par le froid et de source d'inflammation, notamment.



Spécifications essentielles

Le bon fonctionnement d'un système VIE doit répondre aux critères essentiels suivants :

- Un réservoir cryogénique d'oxygène liquide doit être installé, en position verticale ou horizontale.
- La capacité varie généralement de 500 à 25 000 litres de stockage d'oxygène liquide pour l'utilisation en structure de santé. Des unités de plus grande capacité peuvent être fabriquées sur mesure, si nécessaire.
- La pression de service maximale admissible varie entre 1 et 37 atmosphères.
- Le temps de rétention (durée entre le remplissage et l'évacuation de l'unité dans l'atmosphère) du réservoir varie entre 10 et 150 jours, suivant les spécifications du fabricant et les conditions ambiantes.

- Les capacités de débit varient entre 150 et 20 000 litres par minute, suivant la conception du vaporiseur et les spécifications.
- Des adaptateurs de remplissage approuvés distincts sont utilisés pour le remplissage de systèmes VIE pour oxygène liquide ou pour azote liquide, afin d'éviter les erreurs de remplissage.

Considérations d'ordre réglementaire

Il convient de confirmer avec un fournisseur que les systèmes VIE considérés sont conformes aux normes de certification ASME pour les chaudières et les appareils à pression. On veillera aussi à confirmer la certification des appareils à pression, de même que la conformité aux exigences ISO 21029 concernant la conception, la fabrication, l'inspection et les essais des systèmes VIE. Les protocoles de gestion de la qualité doivent être conformes à la norme ISO 9001/2000 concernant la constance et les exigences réglementaires applicables. Les systèmes VIE doivent aussi être conformes aux exigences réglementaires suivantes :

- ISO 20421-1 concernant les récipients cryogéniques – Récipients transportables isolés sous vide de grande contenance – Partie 1 : Conception, fabrication, inspection et essais
- ISO 21009-1 concernant les récipients cryogéniques – Récipients statiques isolés sous vide de grande contenance – Partie 1 : Conception, fabrication, inspection et essais
- ISO 21010 concernant les récipients cryogéniques — Compatibilité gaz/matériaux
- ISO 21013-1 concernant les récipients cryogéniques — Dispositifs de sécurité pour le service cryogénique – Partie 1 : Soupapes de sûreté pour service cryogénique
- ISO 23208 concernant les récipients cryogéniques — Propreté en service cryogénique

Besoins en infrastructure

Si l'évaporateur VIE en soi n'a pas besoin d'électricité pour fonctionner, tel n'est pas le cas de ses pompes de remplissage, ses systèmes de surveillance, ses alarmes et autres dispositifs de sécurité. Le VIE et son infrastructure doivent être installés dans une enceinte sécurisée, clôturée, bien ventilée, sans lignes électriques aériennes ni autres sources potentielles d'inflammation telles que des générateurs diesel. Il doit être strictement interdit d'y stationner et d'y fumer. La zone clôturée doit afficher la signalisation de sécurité prescrite dans les directives internationales de sécurité. Le réservoir doit être accessible aux gros camions-citernes cryogéniques vrac pour le remplissage. Un système central de distribution par canalisation avec vaporisateurs est requis, ainsi que des vannes d'arrêt, des détendeurs de pression et des soupapes de sécurité auxiliaires et des régulateurs de pression. Si un vaporiseur à air ambiant est utilisé, il doit y avoir un flux d'air adéquat pour absorber suffisamment de chaleur et éviter le givrage. Un vaporiseur à chauffage électrique est disponible pour les climats plus froids. Le vaporiseur doit aussi être dimensionné correctement pour satisfaire au débit maximum requis par l'établissement médical. Un second vaporiseur est généralement installé pour minimiser le givrage et permettre un service continu par cycles de huit heures.

Délais de livraison

Concernant le VIE : Des réservoirs isolés sous vide et vaporiseurs préfabriqués peuvent être commandés auprès d'un fabricant et, suivant la région, peuvent être livrés en l'espace d'environ un mois. La préparation du site, y compris l'excavation, le nivellement, le coulage du béton et les autres activités éventuellement requises pour l'installation du VIE, doit être assurée à l'avance. L'installation, du système VIE et de la tuyauterie associée, peut prendre cinq à sept jours suivant l'unité, la proximité du site et la disponibilité de techniciens. Généralement, un grand fabricant et fournisseur de gaz dispose d'une gamme de réservoirs VIE de différentes tailles qui peuvent être déployés au service des structures médicales, réduisant ainsi les délais de fabrication. Si l'infrastructure disponible est suffisante, un délai de trois à six mois entre la commande et la livraison d'un VIE doit être prévu. Pour les applications urgentes, toutefois, un VIE peut être installé et mis en service en l'espace de quatre

semaines pour une structure médicale. Les délais de transport dépendent de la distance, de l'état des routes et de la disponibilité de camions (tels que plateaux) appropriés.

Concernant l'oxygène produit : L'oxygène liquide stocké dans un VIE est produit commercialement dans le cadre d'un processus continu au départ d'une unité ASU. Une entreprise d'oxygène en vrac peut aussi recourir à un système VIE à des fins de stockage intermédiaire (lors de l'importation d'oxygène liquide dans le pays, par exemple). Après vaporisation de l'oxygène liquide, un surpresseur peut être utilisé pour remplir des bouteilles destinées à la distribution locale aux hôpitaux. Certains VIE permettent le remplissage de bouteilles de liquide à gaz sans passer par un compresseur. De plus, les VIE installés dans le cadre d'un conteneur de transport standard peuvent être utilisés comme sources mobiles d'approvisionnement en oxygène pour les hôpitaux de campagne (« réservoirs ISO-Tank »). Les expéditions d'oxygène liquide par camion-citerne cryogénique doivent être conformes aux réglementations locales du pays en matière de transport et différentes options de réseau sont utilisées par les entreprises pour optimiser la livraison. La structure du réseau d'une entreprise peut déterminer les délais de livraison d'un fournisseur.

Autre matériel requis

Les accessoires suivants sont nécessaires au fonctionnement d'un VIE au service d'un hôpital :

- Vaporiseur pour la conversion de l'oxygène liquide en oxygène gazeux.
- Tuyauterie d'acheminement de l'oxygène gazeux vers/dans la structure.
- VIE configuré pour remplir directement les bouteilles, là où le remplissage de bouteilles est requis.
- Contrôles de pression et systèmes de décharge de pression pour la sécurité de l'utilisation et du fonctionnement.
- Alarmes système et de fonctionnement.

Entretien

L'entretien d'un VIE exige l'intervention de techniciens ou d'ingénieurs hautement qualifiés. Comme il s'agit d'un équipement loué aux structures médicales et entretenu par le fournisseur de gaz, ces techniciens et ingénieurs sont prévus dans le cadre d'un contrat de fourniture de gaz.

Les tâches **préventives** (planifiées) comprennent, entre autres, le nettoyage de la graisse et de l'huile accumulées sur les composants métalliques à l'aide d'un solvant de nettoyage approprié (tel que le trichloréthylène), le maintien du VIE en bon état de fonctionnement et l'inspection régulière des principaux composants du système. Les tâches d'inspection et d'entretien suivantes (variables suivant le fabricant de l'équipement d'origine et les réglementations locales) sont généralement recommandées : contrôle trimestriel des vannes et des raccords pour détecter les fuites et autres problèmes de fonctionnement, inspection annuelle des jauges de niveau et de pression, contrôle des soupapes de décharge et de leurs réglages tous les deux ans et remplacement des disques de rupture du VIE (si installés) tous les deux ans.

Pour les interventions **correctives**, la plomberie doit être ramenée à température ambiante avant de procéder à toute réparation. Les VIE doivent être ventilés ou vidés comme spécifié avant de procéder au remplacement de tous composants exposés à la pression ou au liquide cryogénique.

Coût

Suivant la taille du VIE, l'installation, avec toute l'infrastructure requise (tuyauterie, vaporiseur, enceinte, emplacement ombragé, etc.) peut coûter entre 10 000 et 100 000 dollars américains. Les structures concluent généralement un contrat de location avec un prestataire. Le coût de la location et de l'entretien/service opérationnel peut représenter jusque 40 % du coût du VIE sur base annuelle. Ainsi, un système VIE de 100 000 dollars peut représenter un paiement mensuel de 3 330 dollars. Il convient peut-être aussi de considérer les coûts d'installation des technologies d'acheminement telles que les conduites de transfert dans l'hôpital ou une centrale de remplissage de bouteilles. Outre les coûts d'acquisition et de

transport du réservoir de stockage d'oxygène liquide, les coûts d'exploitation comprennent l'entretien/maintenance et la main-d'œuvre.

Considérations ayant trait à la COVID-19

Dans le contexte d'une pandémie mondiale telle que la COVID-19, d'autres considérations doivent être prises en compte. Notamment :

- L'oxygène liquide offre, en termes de coût par litre, la solution de livraison d'oxygène la plus abordable aux structures à forte demande et convient aux grands hôpitaux de référence à charges de patients élevées du fait de la COVID-19 ou du syndrome de détresse respiratoire aiguë. Cet avantage de coût est réalisé lorsque les structures se trouvent à proximité d'une usine de production ou d'un centre de stockage en gros d'oxygène liquide, suivant le modèle de distribution.
- La forte demande d'oxygène liquide et la fréquence accrue des recharges de VIE qui en découle exigent des considérations logistiques pour garantir un service ininterrompu. De plus, lorsqu'ils répondent à une demande de pointe ou qu'ils la dépassent — comme cela peut arriver pendant la pandémie —, les vaporiseurs qui convertissent l'oxygène de l'état liquide à l'état gazeux peuvent nécessiter une surveillance supplémentaire. Les volumes de débit accrus, en particulier en milieu humide, provoquent une accumulation de glace sur le vaporiseur. (Le problème peut être atténué en augmentant la taille, par jumelage, par dégivrage à l'eau ou par chauffage.)

Remerciements

Ce document fait partie d'une plus large série sur les technologies et les équipements de *Production et stockage d'oxygène*. Cette série se veut une introduction concise, à l'intention des décideurs chargés de gouverner, de diriger, de soutenir et de gérer les systèmes de santé. Elle leur offre un point de départ qui les aide à comprendre les solutions possibles à leur besoin d'oxygène médical et à son acheminement.

Cette série repose sur les données d'une recherche financée par la Fondation Bill et Melinda Gates. Les observations et les conclusions exprimées sont celles des auteurs. Elles ne reflètent pas nécessairement les positions ni les politiques de la Fondation Bill et Melinda Gates.

La série a été élaborée par PATH et la Clinton Health Access Initiative (CHAI) dans le cadre du projet COVID-19 Respiratory Care Response Coordination — un partenariat entre les organisations PATH, CHAI et Every Breath Counts Coalition formé pour soutenir les décideurs nationaux dans la mise au point et l'exécution d'un plan de soins respiratoires complet apte à faire face aux défis de la COVID-19. Le projet poursuit par ailleurs des stratégies qui aident à prioriser et améliorer l'accès à l'oxygénothérapie et aux autres équipements essentiels entrant en jeu dans les soins respiratoires, en tant que partie intégrante du renforcement des systèmes de santé, au-delà de la riposte à la pandémie.

Scott Knackstedt, Alex Rothkopf, Stassney Obregon et Alec Wollen, chez PATH, ont assuré la rédaction de la série avec l'aide de Jason Houdek, de Martha Gartley et de Tayo Olaleye, chez CHAI. Les auteurs tiennent à remercier, pour leur précieux retour, Lisa Smith, Andy Gouws, Evan Spark-DePass, Elena Pantjushenko, Carrie Hemminger et Conner House.

Renseignements complémentaires

path.org/programs/market-dynamics/covid-19-and-oxygen-resource-library