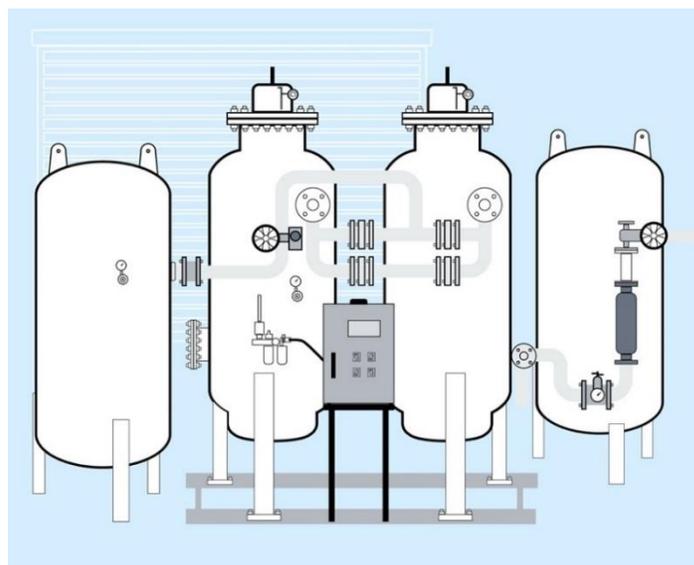


Production et stockage d'oxygène : Installation d'adsorption à pression alternée (PSA) / à variation de vide (VSA)

Résumé technique

La technologie d'adsorption à pression alternée (PSA) permet de produire de l'oxygène, par concentration à partir de l'air ambiant. Dans ce processus, l'air est séché et ses impuretés, comme le dioxyde de carbone, les hydrocarbures et l'eau, sont éliminées. L'air passe dans des cuves d'adsorption sous pression dotées de valves d'interconnexion qui abritent la zéolithe — un minéral poreux contenant des composés d'aluminium et de silicium —, qui adsorbe préférentiellement l'azote et laisse passer l'oxygène. Une fois la zéolithe saturée et l'oxygène recueilli, la pression est réduite dans chaque cuve d'adsorption (passant de haute à basse) et l'azote est libéré pour permettre le traitement d'air supplémentaire et la production d'oxygène à travers le même tamis. Une installation PSA sur site peut fournir de l'oxygène à haute pression à tout un hôpital à travers un système de canalisation central ou par bouteilles remplies sur place.



La technologie d'adsorption à variation de vide (VSA) fait aussi appel à un tamis moléculaire zéolithe pour la séparation de l'oxygène et de l'azote, mais elle utilise un ventilateur à vide plutôt qu'un compresseur d'air et un plus petit nombre de cuves d'adsorption et de vannes. Ces systèmes consomment moins d'énergie, coûtent moins cher à l'emploi et peuvent fonctionner à plus haute altitude sans perte de performance, mais ils représentent généralement un coût d'investissement initial supérieur à celui d'une installation PSA comparable. L'oxygène produit l'est aussi à pression fortement inférieure à celle d'une installation PSA et il est souvent nécessaire d'ajouter un surpresseur d'oxygène à haute pression pour satisfaire aux besoins des réseaux de canalisation des établissements de santé. Indépendamment de la technologie, lors de la sélection d'un système PSA ou VSA, il est fondamental d'inclure dans l'appel d'offres de solides exigences techniques et de performance basées sur l'utilisation et l'emplacement prévus.

Spécifications essentielles

Les installations PSA et VSA peuvent varier en taille et en capacité, mais les spécifications de base comprennent une pureté de production d'oxygène de 93 % \pm 3 % et une pression de sortie continue de 50 à 55 livres par pouce carré au niveau de la jauge (psig) (US NFPA 99 : Health Care Facilities Code) ou de 400 à 500 kilopascals (kPa) (ISO ; tuyauterie seulement). Elles sont conçues pour une durée de vie minimale de 10 ans et doivent être capables de fournir la concentration d'oxygène spécifiée en continu à températures ambiantes de 10 °C à 40 °C, humidité relative de 15 % à 95 % et altitude de 0 à au moins 2 000 mètres. Une installation PSA/VSA doit être dotée d'alarmes sonores et visuelles en cas de panne de courant, de panne du système ou lorsque la concentration en oxygène tombe à moins de 90 % de pureté. Pour un système PSA classique, le débit nominal varie

entre 8 et 2 500 litres par minute (l/min) (0,5 à 150 mètres cubes normaux par heure [Nm³/h]) à 50 psi. Les systèmes VSA peuvent atteindre des débits nominaux de 52 à 3 155 Nm³/h à 5 psig (34,5 kPa).

Considérations d'ordre réglementaire

Les installations PSA et VSA doivent avoir obtenu la certification européenne (marquage CE) ou l'approbation d'une autre autorité réglementaire rigoureuse. Les directives pertinentes comprennent les normes ISO 7396-1 et/ou de conformité à la pharmacopée des États-Unis/de l'Union européenne concernant l'oxygène à pureté de production de 93 %. L'enregistrement auprès des autorités sanitaires locales peut être requis en cas de distribution de bouteilles en dehors de l'établissement.

Besoins en infrastructure

Les systèmes PSA/VSA exigent tous une source d'électricité et un débit d'air ambiant suffisant. En ce qui concerne l'électricité, une source continue et fiable, idéalement de 230 V monophasé (VSA et vannes) et de 380 V–400 V triphasé 50 Hz (PSA et compresseur/sécheur), est nécessaire. Malgré de notables variations possibles, une installation PSA classique requiert environ 1,2 kilowattheure (kWh) par Nm³ produit à 65 psig, suivant l'efficacité du système et la pression de service de l'oxygène. Pour une installation VSA, environ 0,39 kWh par Nm³ de débit total à 2,7 psig est nécessaire, suivant l'efficacité du système. La consommation d'énergie augmente pour les pressions de service plus élevées et si le remplissage de bouteilles est requis.

Sur le plan opérationnel, certaines conditions environnementales doivent être remplies, concernant notamment la climatisation, la toiture et un système de ventilation adéquat qui assure l'admission d'air pur propre à la respiration ; aucun produit inflammable ne doit par ailleurs être présent dans la zone désignée. L'équipement génère une chaleur considérable et nécessite une climatisation adéquate pour le refroidissement. Monté sur patin (skid), un système PSA doit être installé dans une enceinte bien ventilée, à l'abri des intempéries.

On notera que les installations PSA/VSA sont aussi souvent configurées avec des conduites d'oxygène médical. Les systèmes de canalisation des hôpitaux délivrent généralement l'oxygène à pression plus élevée aux équipements tels que les appareils d'anesthésie et les ventilateurs. Ces systèmes éliminent la nécessité de transporter de lourdes bouteilles entre les différents services de l'hôpital ; ils doivent répondre à la norme de tubes en cuivre de type L et raccords en cuivre brasés. Un approvisionnement d'appoint (en bouteilles, par exemple) doit être prévu pour maintenir le débit d'oxygène en cas de panne de courant ou de problème mécanique. Plutôt que de recourir à la canalisation, certains hôpitaux utilisent un compresseur et remplissent leurs propres bouteilles pour usage local.

Délais de livraison

Suivant la taille, la personnalisation du système et la capacité du fournisseur, les délais de production varient de deux à 24 semaines. Selon le port d'origine et la destination finale, il faut en outre ajouter deux à 12 semaines de délai d'expédition. L'installation exige une approche logistique complexe, devant assurer l'expédition de plusieurs conteneurs du port d'entrée à la destination finale, sans compter le temps nécessaire à la préparation du site d'installation (qui peut être effectuée en parallèle). Les systèmes peuvent être assemblés sur place ou sont disponibles préassemblés, sur skid ou en conteneur d'expédition. Il faut aussi prévoir, pour l'entretien ordinaire et les réparations, un approvisionnement en pièces de rechange. Il est souvent conseillé de constituer un stock de pièces recommandées par le fabricant pour éviter les interruptions prolongées.

Autre matériel requis

Suivant les recommandations du fabricant, un réservoir d'air comprimé et/ou un réservoir d'oxygène, un compresseur d'air et un filtre/assécheur pour le compresseur d'air peuvent être requis. Dans ce cas, il n'est pas rare que les fabricants de PSA/VSA proposent les modèles ou spécifications recommandés, avec équipements supplémentaires sous forme de « package ». Pour les canalisations, des débitmètres et des régulateurs sont nécessaires. Un compresseur d'oxygène à haute pression peut aussi être requis, dans le cas des systèmes PSA/VSA également destinés au remplissage de bouteilles.

Entretien

Pour l'entretien **préventif** (planifié), un acheteur/propriétaire peut conclure avec le fabricant un contrat couvrant les opérations qui nécessitent l'intervention de techniciens et d'ingénieurs hautement qualifiés. Par exemple : le nettoyage ou le remplacement des filtres, la vidange des pièges à eau ou à huile, le remplacement des lubrifiants et l'étalonnage des capteurs de pression et d'oxygène. Une ventilation et un refroidissement adéquats doivent aussi être maintenus dans l'environnement de fonctionnement du système. Bien que courant, ce type de contrat d'entretien n'est pas toujours faisable, auquel cas les acheteurs doivent évaluer la disponibilité de techniciens formés ou de tiers qualifiés aptes à assurer l'entretien du système.

Pour l'entretien **correctif**, il peut être nécessaire de reconstruire une vanne ou un compresseur défaillant. Les tamis doivent aussi être rechargés périodiquement en cas de réduction de la capacité de production d'oxygène ou de la pureté.

Coût

Les coûts d'investissement dans un système PSA ou VSA dépendent de la taille, de la fonctionnalité, de l'équipement, de l'achat éventuel d'accessoires (ou d'autres produits) et de la conteneurisation du produit (qui réduit les coûts d'enceinte du système). Les systèmes PSA requièrent généralement des dépenses d'investissement inférieures à celles des systèmes VSA, dont les coûts initiaux peuvent être de 10 % à 20 % supérieurs, et qui peuvent nécessiter un compresseur pour l'alimentation d'un système canalisé. La plus grande efficacité des systèmes VSA peut cependant donner lieu à des coûts de fonctionnement nettement inférieurs, susceptibles d'amortir rapidement les coûts initiaux. À titre de référence, pour un grand hôpital (plus de 1 000 lits) d'Afrique de l'Est nécessitant une capacité totale d'oxygène pur à 93 % de 4 114 kg par jour, on estime à 800 000 dollars américains le coût d'une solution PSA, plus frais de fonctionnement (électricité, service et entretien) mensuels prévus à 1 900 dollars. Pour ce même hôpital, à volume journalier et pureté égaux, le coût d'un système VSA est estimé à environ 880 000 dollars, plus frais de fonctionnement mensuels prévus de 1 000 dollars. Pour les structures sanitaires de moindre envergure (150 à 200 lits), un système produisant des volumes adéquats coûterait plus près de 100 000 à 110 000 dollars. Les prix peuvent varier considérablement suivant le fabricant, le volume de production, le niveau de pureté et d'autres facteurs. En général, le marquage CE ou l'indication d'une autre homologation réglementaire rigoureuse majorent d'environ 5 % le prix d'un système neuf. Il importe d'étudier la demande de production locale et de bien comprendre les exigences fonctionnelles et les coûts associés de l'équipement envisagé.

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 :

- Les systèmes PSA et VSA peuvent être adaptés aux besoins de volume de production. Les petits systèmes peuvent être montés sur skid et livrés aux établissements de santé pour une production assurée sur place. Les installations permanentes de grande envergure peuvent être construites à une certaine distance et l'oxygène produit peut y être stocké en bouteilles livrées par camions de transport. Les installations PSA et VSA peuvent du reste être configurées à double usage, au service d'un établissement de santé doté d'un système de canalisation directe de l'oxygène, avec surpresseur pour le remplissage et la distribution de bouteilles à d'autres structures proches.
- Les petits systèmes locaux sont largement autonomes et ne requièrent pas l'implication constante d'un technicien, mais la présence d'un personnel qualifié est nécessaire pour éviter les problèmes.
- Les systèmes PSA/VSA sur site doivent veiller à la pratique de mesures de contrôle des infections adaptées au système de canalisation qui achemine l'oxygène de la centrale aux chambres des patients.

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