



## Chapitre IV: Stockage et transport des gaz industriels

### IV-1- Introduction

Après la production des gaz industriels, les producteurs sont confrontés à un autre défi dans leur stockage, leur expédition et leur transport, dans lequel la sélection des méthodes appropriées dépend directement des exigences spécifiques des consommateurs, où de nombreuses possibilités peuvent être adoptées à cet effet. A titre d'exemple, les consommateurs peuvent recevoir les gaz industriels soit à l'état gazeux sous forme de gaz comprimés soit à l'état liquide généralement cryogénique. De plus, dans le cas où la quantité requise par le consommateur est inférieure à 10 tonnes par jour, les gaz sont généralement livrés dans des bouteilles, des cylindres ou dans des camions spécialement conçus, dans lesquels différentes tailles sont disponibles à cet effet. En revanche, si la quantité requise est très importante, l'approvisionnement peut être effectué via des installations dédiées ou des systèmes de canalisations.

Le tableau 1 donne un aperçu des possibilités actuellement pertinentes d'approvisionnement en gaz industriel en fonction des connaissances de fabrication industrielle.

Tableau 1. Possibilités d'approvisionnement avec certains gaz industriels

Forme	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Ar	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	He	Ne	Kr	Xe
Gazeux	Bidons de gaz comprimé	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	Bouteilles de gaz comprimé	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	Faisceaux de bouteilles	×	×	×	×	×	×			
	Remorques à gaz comprimé				×	×		×		
	Système de canalisation	× <sup>*(2)</sup>	× <sup>*(2)</sup>		× <sup>*(2)</sup>		× <sup>*(2)</sup>			
Liquide	Pichets cryogéniques	×	×	×	×		×			
	Camion-citerne	×	×	×	×	×	×			
	Wagon-citerne	×	×	×			×			

\*<sup>(1)</sup> Liquéfié sous pression

\*<sup>(2)</sup> Réseaux localement limités

Source : Livre Industrial Gases Processing



## IV-2- Stockage de gaz industriels

### IV-2-1- Stockage liquide

Habituellement, les gaz industriels commandés avec de faibles quantités sont liquéfiés et stockés dans des réservoirs de stockage cryogéniques, d'une manière qui rend possible leur expédition sur la route, ce procédé permet au consommateur de stocker sa quantité sous forme liquide au point d'utilisation jusqu'à ce qu'il en ait besoin, dans lequel le produit liquéfié peut être retiré du stockage et vaporisé, puis utilisé. Cependant, ce procédé nécessitait des navires de haute performance.

Depuis 1896, le récipient de stockage à double paroi a été inventé, par James Dewar, dans lequel il se compose d'un récipient intérieur contenant le produit liquide, en plus d'un récipient extérieur ou enveloppe à vide contenant le vide poussé nécessaire à l'assurance de l'isolation, et la prévention de l'infiltration de vapeur d'eau ou d'air. La figure suivante montre un dessin de la coupe transversale d'un vase de Dewar, dans lequel ses principaux éléments sont présentés.

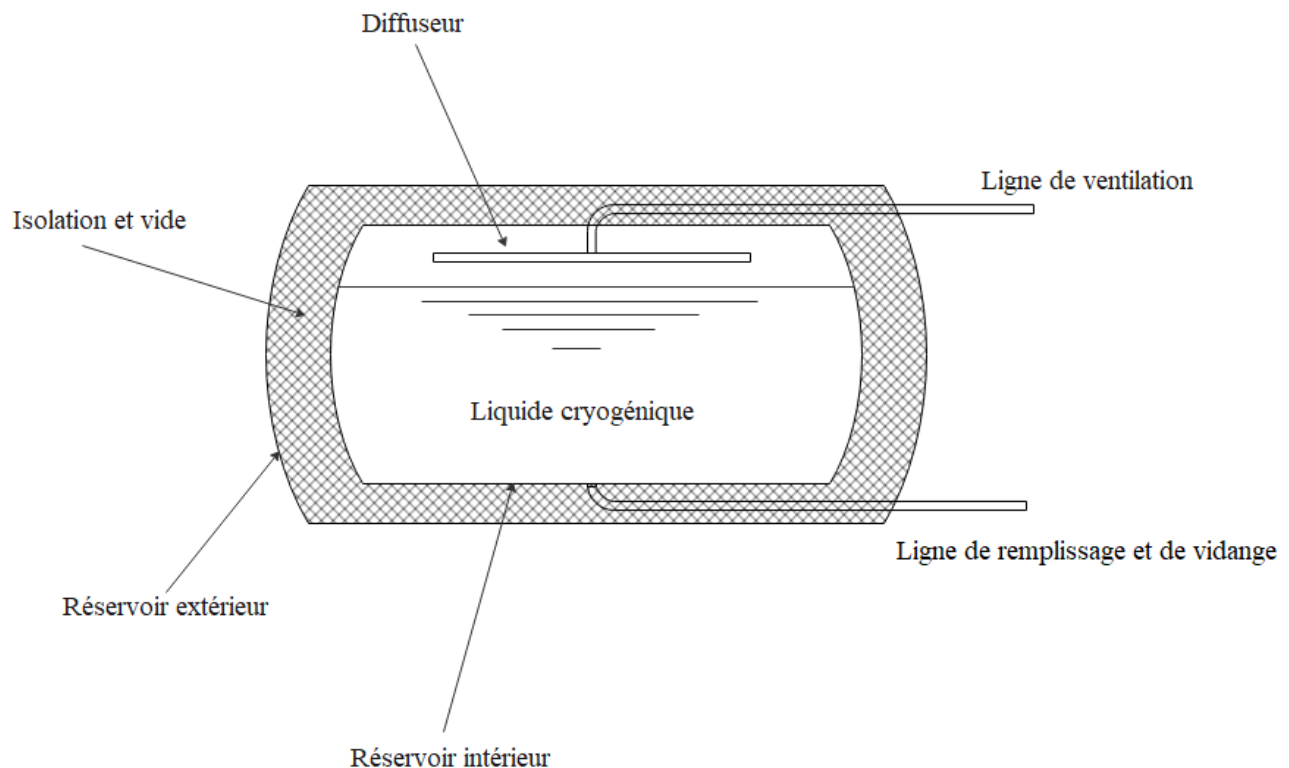


Figure 1. Coupe transversale d'un vase de Dewar



Comme le montre la figure, la ligne de remplissage et de vidange est placée au fond du réservoir, comme moyen de transfert de fluide dans et hors du réservoir. Le liquide peut être éliminé par un procédé de pressurisation supplémentaire utilisant un gaz de pressurisation ou une pompe à liquide. De plus, la ligne d'évent de vapeur est située presque dans la partie supérieure du réservoir, afin de permettre l'évacuation de la vapeur qui peut se former à partir des fuites de chaleur. Cette ligne peut également être utilisée pour le procédé de pressurisation expliqué à l'étape précédente afin de forcer le liquide hors du réservoir. De plus, un diffuseur est inclus dans le but de répartir le gaz de pressurisation dans la vapeur, un procédé conduit à la prévention de la condensation indésirable du gaz de pressurisation chaud par la surface froide du liquide.

De plus, selon la littérature, il existe différents produits d'isolation pouvant être utilisés, à titre d'exemple ;

- Pour les gaz dont la température d'ébullition est supérieure à 70 K (ex. N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ar) ; généralement, une isolation sous vide de poudre de perlite est utilisée.
- Pour les gaz dont le point d'ébullition est inférieur à 70 K (par exemple H<sub>2</sub>, He, Ne) ; la super-isolation s'est imposée. Celui-ci se compose d'un certain nombre de doubles couches de feuille d'aluminium et de feuille d'isolation dans le vide poussé.

Remarque : la conception spécifique des réservoirs cryogéniques leur permettait d'être remplis de liquide jusqu'à 90% de leur volume, les 10% restants étant dédiés à l'espace vapeur pour permettre l'évaporation due aux fuites de chaleur.

#### **IV-2-2- Vaporisation**

Comme mentionné précédemment, les gaz industriels sont liquéfiés pour être expédiés aux consommateurs et stockés, mais pour presque toutes les applications, les produits demandés doivent être à l'état gazeux, et pour résoudre ce problème, l'utilisation de vaporisateurs a lieu, comme moyen de dissimulant l'état des produits du liquide au gaz, ces vaporisateurs sont des échangeurs de chaleur de conception



spéciale, dans lesquels ils exploitent l'air atmosphérique ou la vapeur ou une autre source de chaleur appropriée au liquide du côté opposé.

La figure suivante illustre un schéma d'un système de stockage cryogénique, comprenant un vaporisateur et des contrôles de débit.

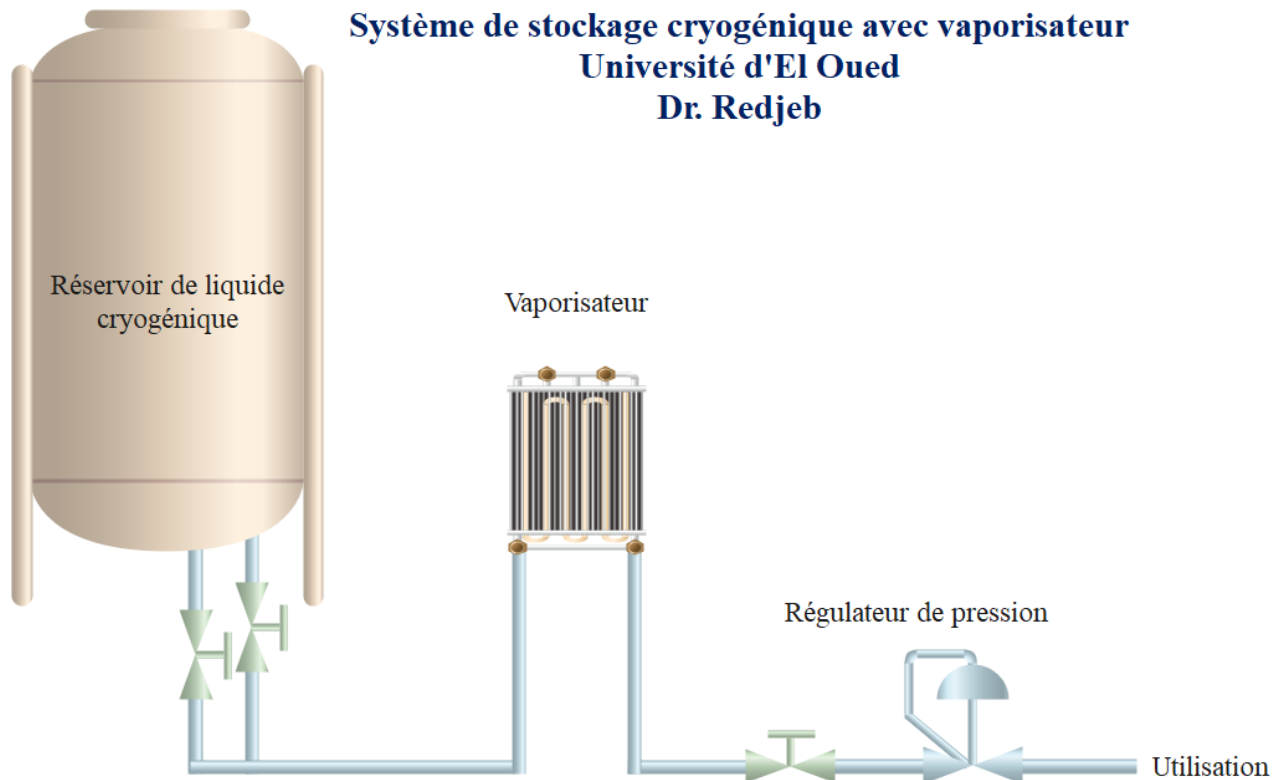


Figure 2. Système de stockage cryogénique, comprenant un vaporisateur

Selon la figure 2, le remplissage du réservoir de stockage peut s'effectuer soit par le haut soit par le bas, tandis que la vidange peut s'effectuer par le bas à l'aide d'une patte d'étanchéité qui empêche l'infiltration de la vapeur dans le réservoir. De plus, pour le vaporisateur, il s'agit d'un échangeur de chaleur de type tube à ailettes en serpentin, il utilise l'air ambiant comme moyen de vaporiser le produit liquide froid, il comprend une vanne de contrôle de température comme moyen d'assurer que la vaporisation complète du le produit. De plus, un contrôleur de contre-pression est utilisé pour maintenir une pression de refoulement constante, la figure



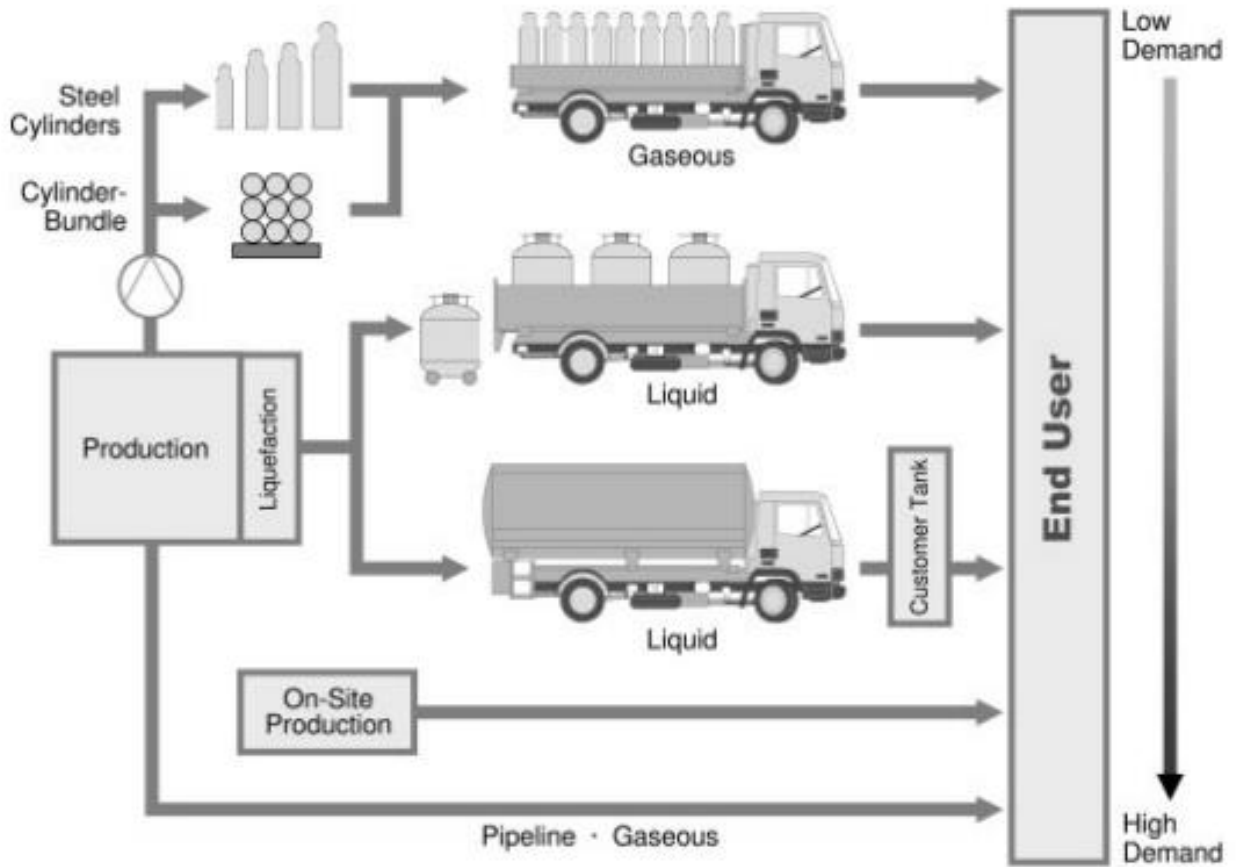
suivante montre une vraie photo pour des réservoirs de stockage cryogéniques et des vaporisateurs atmosphériques.



Figure 3. Stockage cryogénique et vaporisateurs

### IV-3- Transport de gaz industriels

En se référant au tableau 1, il est clair qu'il existe de nombreuses méthodes et techniques pouvant être utilisées pour le transport des gaz industriels, ces méthodes peuvent être divisées en deux sections selon leur nature, la première est le transport routier, tandis que le second est le transport par canalisation, la figure suivante donne un aperçu général des méthodes de transport.



Product	Oxygen O <sub>2</sub>	Nitrogen N <sub>2</sub>	Argon Ar	Neon Krypton Xenon	Ne Kr Xe	Hydrogen H <sub>2</sub>	Helium He	Carbo- hydrides
Logistic gas			×	×				
Liquid	 	 	 	×		 	 	×

Figure 5. Logistique d'approvisionnement en gaz industriels



### IV-3-1- Transport routier

Habituellement, le transport routier des gaz industriels se fait par l'utilisation de camions ou de wagons, comme par exemple, dans le cas où de petites quantités sont nécessaires, le gaz industriel peut être transporté en utilisant les bouteilles, les cylindres de gaz sous pression, tandis qu'en cas de plus grande quantité est nécessaire, il existe de nombreux types de réservoirs pouvant être utilisés à cette fin, tels que le wagon-citerne monobloc, les wagons-citernes multi-unités et d'autres réservoirs spécifiques (Cargo), dans lesquels presque tous sont basés sur les procédés cryogéniques, où ces réservoirs sont dans le sorte de grands réservoirs isolés sous vide montés sur roues. La figure suivante montre plusieurs types de réservoirs utilisés pour le transport routier des gaz industriels



a. Bouteilles et cylindres



b. Wagon-citerne



c. Camions citernes

Figure 6. Types de transport routier de gaz industriels



Cependant, il convient de mentionner que l'expédition des gaz industriels liquéfiés par camions et leur stockage dans des réservoirs cryogéniques jusqu'à leur utilisation sur le site du client n'est pratique que pour des quantités de produit relativement faibles, dans lesquelles une quantité maximale de 10 tonnes par jour est recommandé d'un point de vue économique, là où la fourniture directe de produits gazeux pour de plus grandes quantités est préférable d'un point de vue économique pour les consommateurs.

De plus, bien que les méthodes mentionnées soient connues pour leur haute sécurité, mais il faut mentionner que le transport routier implique inévitablement un certain degré de risque, dans lequel le risque d'incident est présent, un problème peut conduire à un rejet imprévu du produit. Ce qui, à son tour, entraîne des risques graves tels qu'un incendie ou une explosion.

#### **IV-3-2- Transport par canalisation**

Comme mentionné précédemment, d'un point de vue économique, pour de grandes quantités, le transport par canalisation peut être considéré comme le mode d'approvisionnement le plus rentable et le plus fiable, dans lequel cette méthode présente de nombreux avantages, tels que la possibilité d'augmenter le volume requis, le raccordement de multiples sources de gaz, outre la rapidité de livraison par rapport au transport routier.

Cependant, malgré les divers avantages qui peuvent être obtenus en utilisant le transport par canalisation, mais il est nécessaire de mentionner que cette méthode peut être associée à plusieurs risques ; par exemple :

- Risque de perte de confinement : dans lequel la diffusion dans l'environnement et l'atmosphère de produits toxiques est possible, ce qui est très dangereux pour l'environnement voire inflammable.
- Risque d'explosion : dans lequel le risque de rupture de l'équipement est toujours présent.
- Risque d'incendie : dans lequel la possibilité de perte de confinement est présente, et il peut s'agir d'un fluide inflammable.





Ces risques peuvent être une cause directe de blessures mortelles notamment pour les opérateurs et les personnes se trouvant à proximité, ainsi que des dommages aux équipements et aux installations utilisées pour le procédé.

Dr. Redjeb



## References

Heinz-Wolfgang Häring, Christine Ahner, Aldo Belloni - Industrial Gases Processing, 2008, Wiley-VCH, ISBN: 978-3-527-31685-4

Harold H. Gunardson - Industrial Gases in Petrochemical Processes-CRC Press (1998)

Handbook of Compressed Gases, Third Edition, Compressed Gas Association, (1990) Van Nostrand Reinhold, New York.

Air Products, Transporting cylinder gases by road 'tell me more', A guide to the regulations which implement ADR in Great Britain, as they apply to the transport of gas cylinders by road, 2012.

Pour les autres chapitres ou plus d'informations, merci d'utiliser le code QR

