

## Chapitre 2 :

3<sup>ème</sup> Séance

### Procédés de séparation et de purification des fluides cryogéniques

---

Le gaz passe ensuite dans une succession d'échangeurs thermiques qui, suite à plusieurs étapes de refroidissement, abaissent sa température jusqu'à  $-160\text{ °C}$  et l'amènent à l'état liquide.

Ces refroidissements sont obtenus par échange thermique avec un ou plusieurs fluides hydrocarbures tournant en circuit fermé.

#### - Le stockage :

Le gaz naturel liquide (GNL) est environ 600 fois moins volumineux que sous forme gazeuse aux conditions ambiantes, tout en conservant les mêmes propriétés il est :

- incolore,
- non toxique,
- ininflammable en absence d'oxygène.

Le **stockage** se fait à pression atmosphérique dans de **grands réservoirs**, dans l'attente de son chargement à bord des **méthaniers**.

Les **usines de liquéfaction** sont situées au plus près des zones de production.

Lorsque le gaz est produit en mer, il est souvent amené à terre par **gazoduc**.

Mais récemment, des systèmes de liquéfaction **offshore** font l'objet de développement.

Les équipements qui permettent de produire le GNL sont appelés **trains de liquéfaction**.

➤ **Condensation fractionnée** : Lors d'une **séparation par condensation fractionnée**, le mélange gazeux est refroidi en plusieurs étapes au cours desquelles les fractions condensées sont retirées. Pour des molécules dont la phase liquide n'est pas stable à pression atmosphérique comme le  $\text{CO}_2$ , la condensation peut être directement sous forme solide et nécessite un grattage régulier du support.

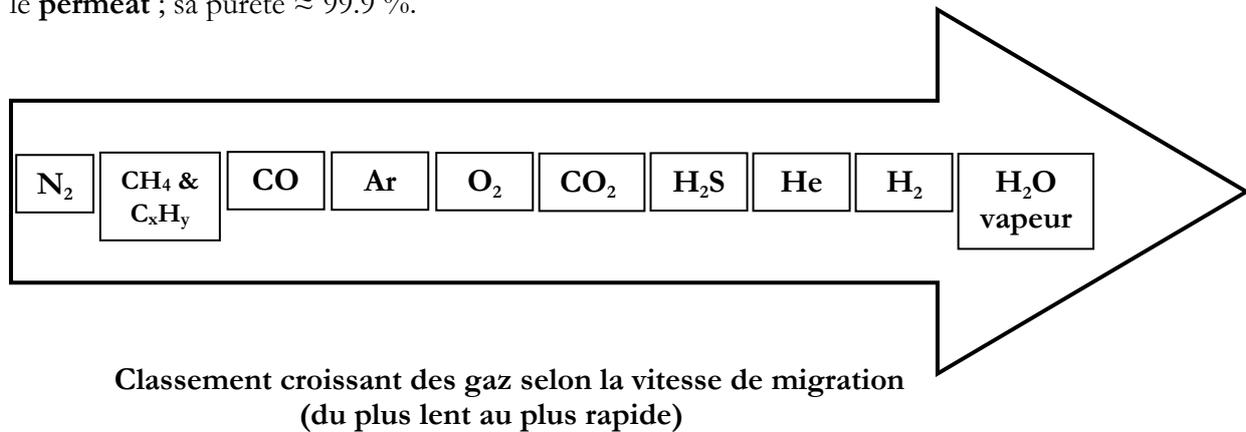
## 2.2. Perméation

La **séparation par perméation** est une technique de **séparation** de gaz **par membrane** dites **semi-perméables** avec la propriété d'être traversées plus facilement par certaines molécules que par d'autres : il s'agit de ce que l'on appelle **perméation sélective**.

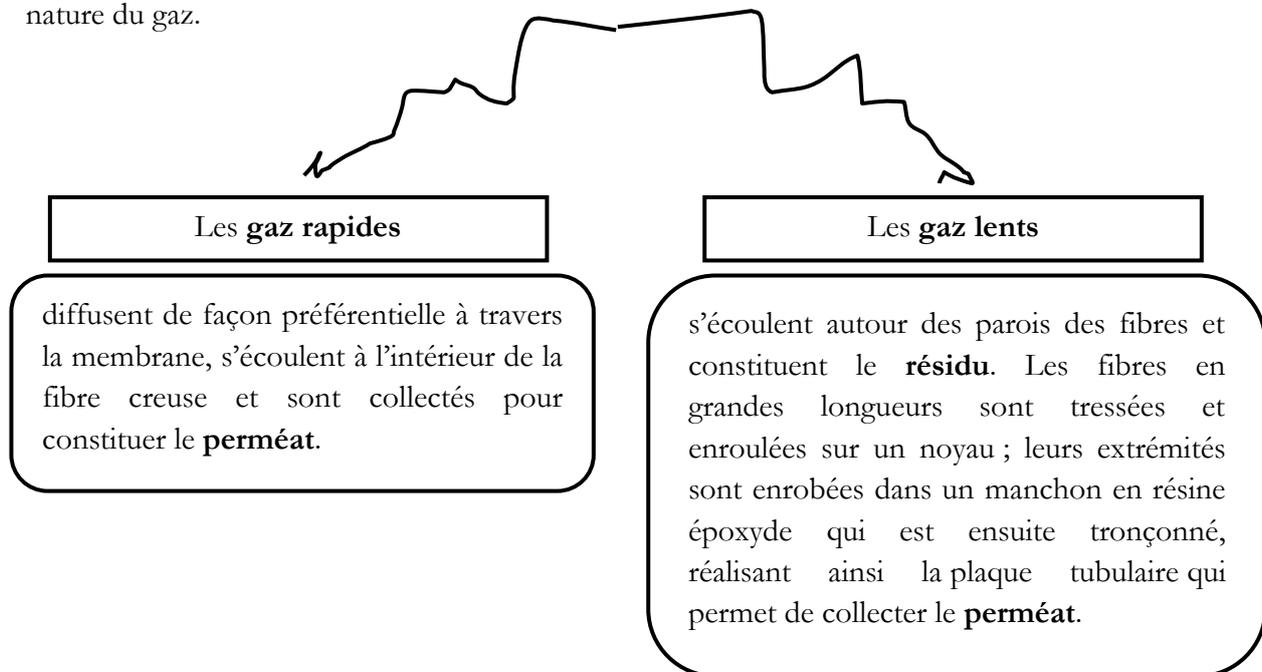
La **sélectivité de la membrane** est assurée par une peau très fine supportée par une sous couche de même nature mais plus poreuse, ou de nature différente (membrane composite) qui assure la résistance mécanique de l'ensemble.

L'épaisseur de la peau =  $1/100\text{ }\mu\text{m} \div 1\text{ }\mu\text{m}$ , pour une épaisseur totale de la membrane =  $25 \div 250\text{ }\mu\text{m}$ .

La **sélectivité** n'est pas uniquement fonction de la taille des molécules, qui joue cependant un rôle majeur quand les tailles sont très différentes : cas de l'obtention d'hydrogène pur à partir de mélanges contenant  $N_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $Ar$ , etc. L'hydrogène qui a traversé la membrane constitue le **perméat** ; sa pureté  $\approx 99.9\%$ .



Les **gaz** ont la tendance à migrer au travers des membranes avec une vitesse qui dépend de la nature du gaz.



Les **membranes de perméation** sont denses et exclusivement polymériques\* (élastomères, plastomères vitreux, polymères semi-cristallins ou polymères semi rigides).

La **perméation gazeuse** est une bonne technique pour concentrer un produit mais elle est moins adaptée à l'obtention de puretés importantes.

\* Les **polymères** constituent une classe de matériaux. D'un point de vue chimique, un **polymère** est un ensemble constitué de plusieurs macromolécules (molécule constituée de la répétition de nombreuses sous-unités). Les polymères les plus connus sont : les fibres naturelles, les matières plastiques, les caoutchoucs naturels (latex) et artificiels, les colles, les peintures, les résines, ...

(Ref : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Polym%C3%A8re>)

Les principales applications industrielles sont :

- La récupération d'hydrogène de gaz de purge de production d'ammoniac ou de raffinage.
- La déshydratation de l'air.
- La déshydratation d'hydrocarbures.
- La purification de gaz naturel (GN).
- La préparation d'air enrichi en oxygène.

La perméation gazeuse présente :

- Une faible consommation énergétique.
- Un appareillage compact  facile à installer.
- Une automatisation facile  installation de petites unités décentralisées.
- Une grande sécurité de fonctionnement.

(Ref : <http://processs.free.fr/Pages/VersionWeb.php?page=3110#menuright>)

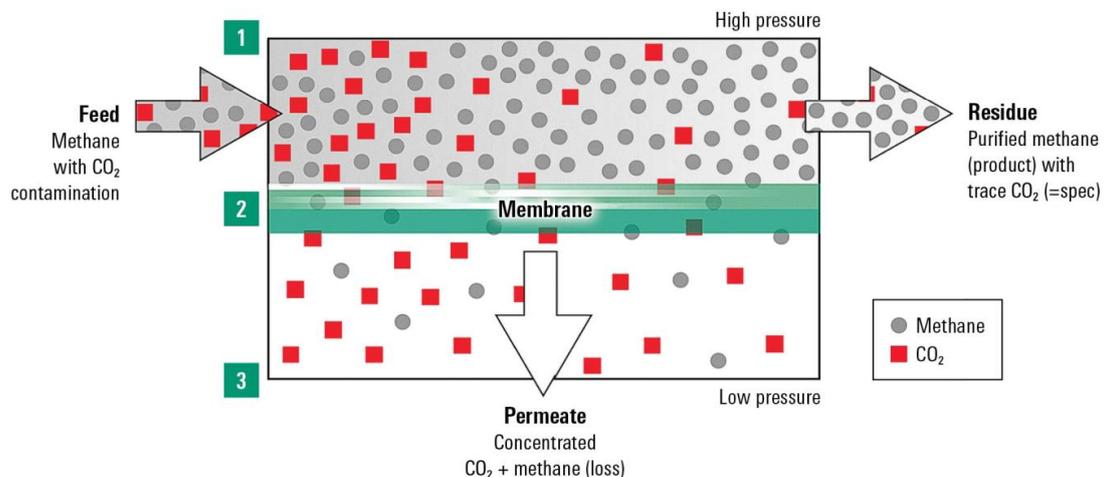
Sur la figure ci-dessous :

Le gaz d'alimentation (ex : CH<sub>4</sub>) pénètre par le côté de la membrane enroulée en spirale, permettant aux plus petites molécules (ex : CO<sub>2</sub>) de traverser les multiples couches de manière transversale.

Elles pénètrent ensuite dans le tube central perforé à plus basse pression.

Le flux de gaz à haute pression (High pressure) non perméable, riche en hydrocarbures et épuisé en CO<sub>2</sub>, s'écoule vers la section suivante des modules à membranes pour répéter ce processus jusqu'à ce que les spécifications nécessaires du gaz produit soient respectées.

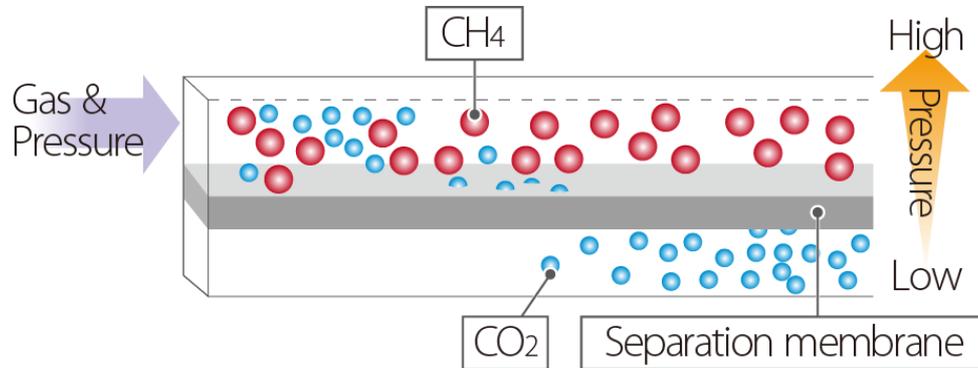
Le flux de perméat riche en CO<sub>2</sub> à basse pression (Low pressure) est collecté dans le tube perforé central et acheminé vers l'emplacement souhaité en tant que flux de déchets.



(Ref : [https://www.slb.com/-/media/images/osf/gas-treatment/apura\\_max.ashx?h=958&w=2068&la=en&hash=F83D251BEACE69B124E28B6B5A6F432D](https://www.slb.com/-/media/images/osf/gas-treatment/apura_max.ashx?h=958&w=2068&la=en&hash=F83D251BEACE69B124E28B6B5A6F432D))

Sur la figure ci-dessous :

Lors d'une **purification des gaz** à l'aide d'une membrane de séparation, la différence de pression partielle à travers la membrane provoque une **perméation** du gaz tout en ne laissant passer que le gaz cible.



(Ref : [http://fujifilm.in/Documents/Innovation/Landing/Technology/separation\\_of\\_gases/img/index/1/pic\\_02.png](http://fujifilm.in/Documents/Innovation/Landing/Technology/separation_of_gases/img/index/1/pic_02.png))