

## **Chapitre 3 La liquéfaction des gaz**

### **La liquéfaction des gaz**

La réfrigération d'un système consiste à en extraire de l'énergie, cette énergie peut être reçue de l'extérieur au dissipation dans le système. On opère souvent dans ce cas à température constante. Par contre, la liquéfaction Consiste à lui retirer de l'énergie afin de le refroidir de puis la température ambiante jusqu'à son point de rosée, puis à condenser la vapeur saturée.

La liquéfaction des gaz concerne la réfrigération à des températures inférieures à  $-100\text{ C}$ . La réfrigération à ces basses températures présente beaucoup d'intérêt dans les secteurs alimentaire, médical, vétérinaire, industriel et de la physique.

Importance et utilisation des gaz liquéfiés L'obtention et l'utilisation des gaz liquéfiés répondent à trois besoins essentiels: -obtention de gaz purs à partir d'un mélange de gaz - facilité et économie de transport des gaz -usage des basses températures

Obtention des gaz purs : Le but initial de la liquéfaction des gaz était la séparation des mélanges gazeux et l'obtention de gaz pur. Les travaux des premiers chercheurs s'appliquaient à la séparation des fractions gazeuses de l'industrie chimique, par ailleurs, ils cherchaient également à séparer les composants de l'air (oxygène, azote, gaz rares)

### **Historique :**

Joule tentait, avec la détente de Joule-Gay Lussac, de refroidir les gaz, avec pour but ultime de les liquéfier. La méthode s'avéra peu efficace : l'effet était trop faible. William Thomson (lord Kelvin) proposa à Joule de modifier son système de détente pour lui permettre de fonctionner en régime permanent ; il devenait

possible de réinjecter en amont de l'appareil le gaz issu de l'une des détente, pour lui en faire subir une autre et cumuler ainsi les effets.

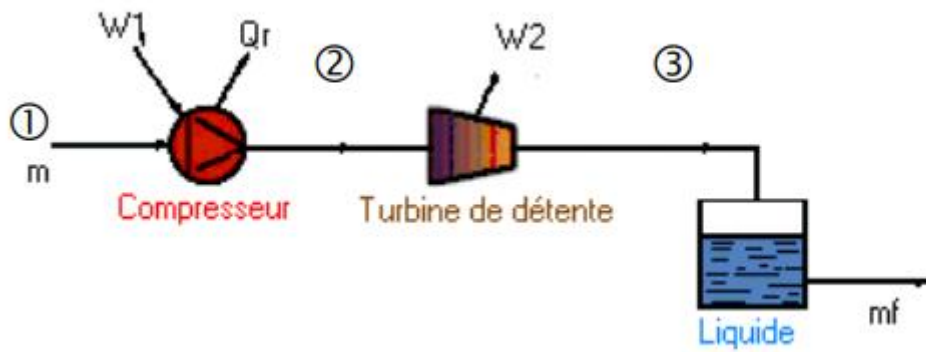
1852	Joule et Thomson (Angl.) parviennent à refroidir du $CO_2$ par détente de 2 bars à 1 bar pour atteindre une température de $-0,26^\circ C$	$-0,26^\circ C$
1883	Olszewski (Pologne) obtient quelques $cm^3$ de diazote et de dioxygène liquéfiés, 10 ans après la découverte de l'équation d'état de Van der Waals.	$77,3 K$
1898	Sir James Dewar (Londres, Angl.) liquéfie du dihydrogène à $-253^\circ C$ .	$20,4 K$
1908	Kamerlingh Onnes (Leyde, Pays-Bas) obtient de l'hélium liquide à $-269^\circ C$	$4,2 K$

### Historique de la liquéfaction des gaz

#### Les différents types de systèmes de liquéfaction

##### Cycle idéal de liquéfaction :

Un cycle idéal de liquéfaction sera idéal s'il réalise la production de liquide avec le maximum de rendement, c'est -à -dire le minimum de consommation d'énergie extérieure. Un tel cycle devra donc pour cela faire appel à certaines transformations qui caractérisant le cycle de Carnot. La différence avec celui -ci est qu'il s'agira d'un cycle ouvert, car le liquide produit est supposé être retiré du système en continu.



### Schéma de principe D'un cycle idéal

Le cycle idéal comprendra donc deux phases :

- de 1 en 2 : une compression isotherme réversible.
- de 2 en 3 : une détente isentropique ;

le point 2 sera choisi de telle sorte qu'en 3 le palier de liquéfaction correspondant à la pression la plus basse possible (celle du point 1, c'est -à - dire la pression atmosphérique) soit atteint.

On obtiendra ainsi la liquéfaction à 100% du gaz comprimé en 1-2, le travail nécessaire à la liquéfaction est représenté par l'aire 1- 2- 3- 4.

#### Remarque :

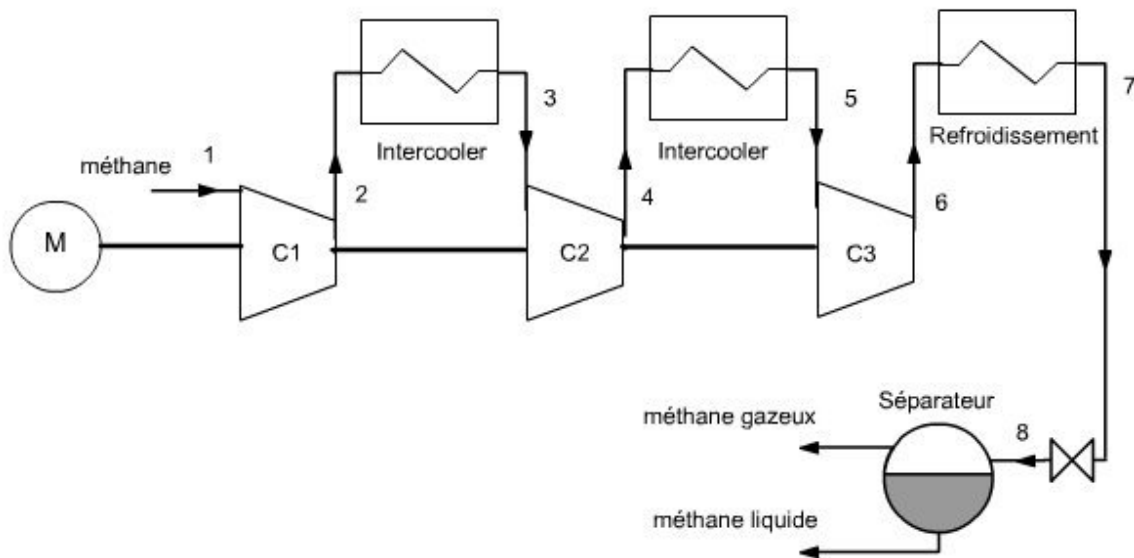
on notera que cette aire se décompose en aire 1- 1' - 4 , chaleur (ou travail ) nécessaire pour refroidir le gaz à la température de liquéfaction  $T_3$  et en 1',2,3,4 travail proprement dit de liquéfaction . En cryogénie, l'écart important entre la source chaude et la source froide, ne permet pas d'envisager pratiquement la réalisation du cycle de Carnot, qui demeure un cycle idéal, de référence seulement.

## Cycle de base de liquéfaction du méthane

Pour liquéfier du gaz naturel, on comprime à 100 bars du méthane pris à 1 bar et 280 K, puis on le refroidit jusqu'à 210K (on suppose dans cet exemple que l'on dispose d'un cycle de réfrigération permettant de le faire).

La compression est supposée isentropique, mais le rapport de compression très élevé nécessite le recours à plusieurs compresseurs (3 dans cet exemple) avec refroidissement intermédiaire à 280 K. Les pressions intermédiaires sont égales à 5 et 25 bars.

Le gaz refroidi à 210 K est détendu isenthalpiquement de 100 bars à 1 bar, et ses phases liquide et gazeuse séparées. Comme le montre le schéma de l'installation de la figure ci-dessous, le méthane entre dans la partie supérieure gauche, et les fractions liquide et gazeuse sortent en bas à droite.



Cycle de liquéfaction simple