

Cours Cryogénie

2- Procédés de liquéfaction des gaz permanents

Introduction

La liquéfaction est un changement d'état qui fait passer un corps de l'état gazeux à l'état liquide. Elle est la transformation inverse de la vaporisation. Bien qu'incorrect selon la terminologie de la thermodynamique, le terme condensation(liquide) est couramment utilisé à la place. Elle peut se produire par compression ou refroidissement d'un gaz. La première industrialisation du procédé est due à Carl Von Linde. La liquéfaction des gaz a lieu:

- Pour réduire leur volume et donc mieux les stocker et les transporter.
- Pour les utiliser dans les différents domaines de la cryogénie.

a- La liquéfaction par compression

Un gaz liquéfié par compression est un gaz qui existe à l'état liquide à la température normale lorsqu'il est conservé dans des bouteilles sous pression; ses phases « liquide et vapeur » sont alors à l'équilibre. On peut, par compression suffisante, liquéfier, par exemple à la température ordinaire, tous les gaz dont la température critique est supérieure à la température de l'expérience. Par exemple le gaz carbonique, CO_2 , a une température critique, $T_C=31^\circ\text{C}$. Pourvu que la pression soit suffisante, on peut le liquéfier à 20°C .

b- La liquéfaction par refroidissement

L'ammoniac, par exemple, peut être liquéfié pourvu que sa température soit amenée en dessous de sa température critique ($T_C(\text{NH}_3)=130^\circ\text{C}$). Ce sera le cas lorsque l'on plonge ce gaz dans un bain de neige carbonique (-79°C).

c- Liquéfaction par combinaison de compression et de refroidissement

La liquéfaction des gaz concerne la réfrigération à des températures inférieures à -100°C . La réfrigération à ces basses températures présente beaucoup d'intérêt dans les secteurs alimentaire, médical, vétérinaire, industriel et de la physique. 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 détentes, pour lui en faire subir une autre et cumuler ainsi les effets.

On peut distinguer trois grandes familles de procédés thermodynamiques cryogéniques ($T < 125\text{K}$) :

1. Les procédés à détente isenthalpique de Joule-Thomson
2. Les cycles inverses de Brayton à détente isentropique
3. Les procédés mixtes associant une détente isenthalpique et une détente isentropique (cycle de Claude)