

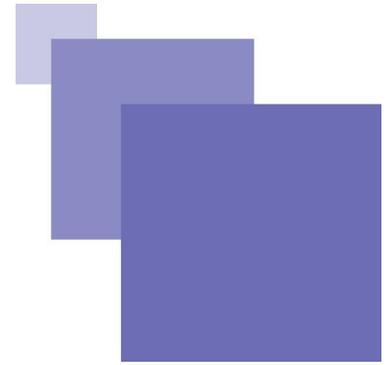
Cryogénie chapitre 2

01

LITOUCHE BILLEL

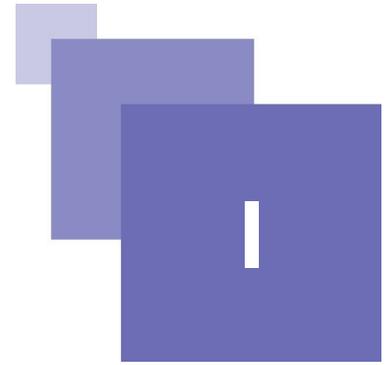


Introduction



La cryogénie est l'art de produire, de maintenir et d'utiliser les basses températures, elle a été découverte vers 1877 lorsque l'oxygène a été liquéfié pour la première fois par Cailletet et Pickel à une température de 90K, donc les premiers essais cryogéniques remontent à la fin du 18ème siècle ; dès ce moment, on avait aussi liquéfié le SO₂ par réfrigération en utilisant la pression. Au début du 19ème siècle « Faraday », en utilisant au même temps la pression et la réfrigération, réussit à liquéfier HBr, HI, SiF₄, C₂H₄. Par contre, les fluides cryogéniques qui sont principalement des gaz, autrefois appelés gaz permanents, les essais de liquéfaction remontent au 1878 par « LINDE HAMPSON », c'était le 1er qui avait liquéfié l'air en 1902 ; il a pu séparer air-liquide, O₂-liquide, et N₂-liquide

Chapitre 2 : Procédés De liquéfaction Des Gaz



A. 1. Importance et utilisation des gaz liquéfiés :

On peut constater trois points d'importance des gaz liquéfiés :

- a- Obtention des gaz purs à partir d'un mélange par le phénomène d'ébullition ou bien condensation à température et pression constantes.
- b- Facilité et économie du transport : le liquide occupe un espace moins que celui occupé par le gaz ce qui permet de faciliter la tâche du transport et économiser leurs moyens.
- c- Usages des basses températures : quelque gaz a des températures de condensation inférieures à la température ambiante ($<0^{\circ}\text{C}$)

B. 2. Liquéfaction par détente Joule-Thomson

La détente de joule - Thomson est une détente adiabatique et Isenthalpique qui s'effectue au-dessous de la température d'inversion (détente avec refroidissement), le système de liquéfaction utilisé se compose de :

Compresseur, Echangeur de chaleur, Vanne, Séparateur de liquide,

On distingue trois cycles de détente Isenthalpique

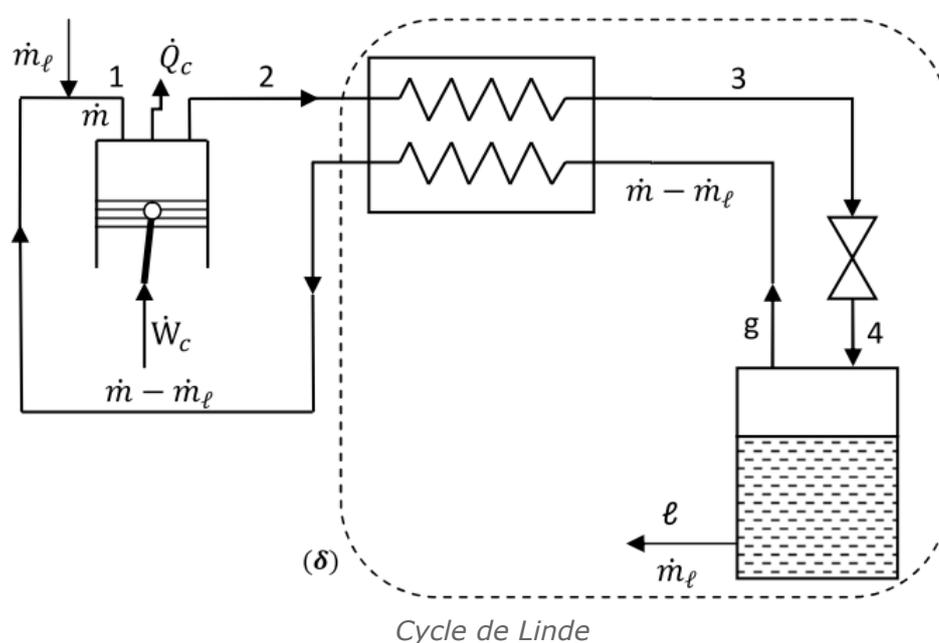
- a. Procédé de Linde simple
- b. Procédé de Linde avec refroidissement préalable du gaz de travail
- c. Procédé de Linde à étranglement double

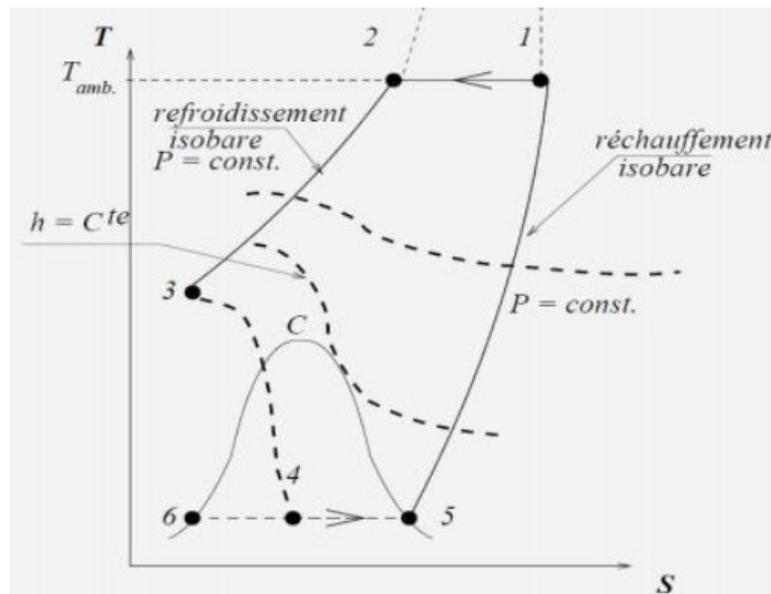
C. 2. 1. Procédé de LINDE simple :

Dans ce processus, le gaz comprimé à haute pression dans le compresseur à température constante (température ambiante) compression isotherme, Le réfrigérant comprimé est refroidi dans un échangeur de chaleur à contre-courant à pression constante, puis à travers une vanne de détente le gaz subit un deuxième abaissement de température (Détente de J-T) dans la zone de saturation, ce qui permet de liquéfier partiellement le fluide dans le réservoir de séparation du liquide, le reste du gaz saturé non liquéfié subi un réchauffement isobare dans l'échangeur de chaleur (contre-courant) avant son retour vers le compresseur.

Le gaz à liquéfié s'évoluer dans le cycle selon les transformations suivantes :

- 1-2 : Compression isotherme.
- 2-3 : Refroidissement Isobare du fluide.
- 3-4 : Détente isenthalpique dans la vanne.
- 4-5 : Vapeur saturée.
- 5-1 : Réchauffage Isobare du fluide (gaz) dans l'échangeur.





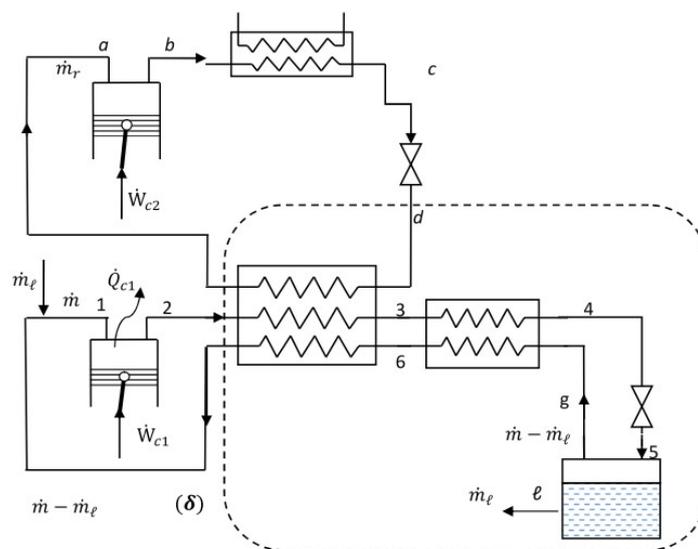
Représentation du cycle de Linde simple sur Diag TS

D. 2 .2. Procédé de LINDE avec refroidissement préalable du gaz (Pré-refroidissement):

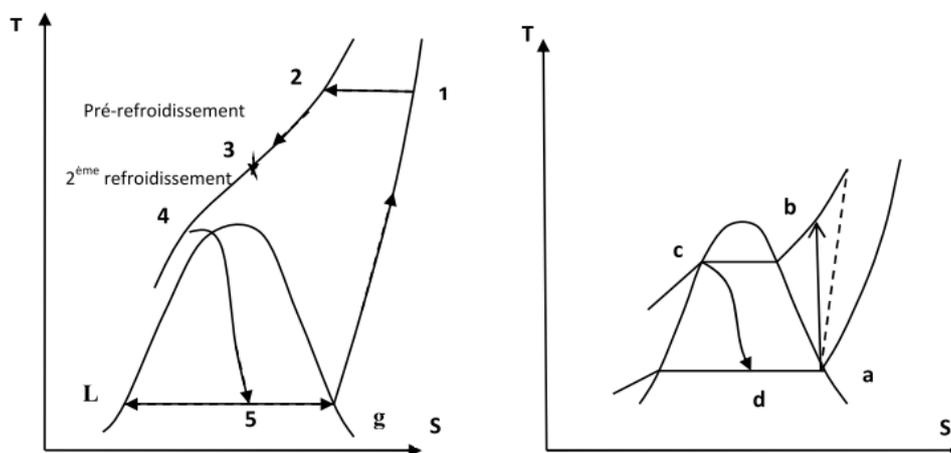
Pour améliorer la performance du cycle du Linde il est nécessaire d'augmenter le taux de liquéfaction et assurer que le gaz à la sortie de l'échangeur soit à une température ambiante.

Ce système comporte un autre cycle de refroidissement (cycle frigorifique) pour abaisser plus la température au point 3, et assurer une quantité du gaz liquéfiée plus importante. Donc le gaz comprimé est refroidi à la première fois dans l'échangeur de chaleur du cycle frigorifique avant de pénétrer dans celui du premier cycle.

- Le gaz à liquéfier par le système de liquéfaction est appelé fluide primaire.
- Le fluide frigorigène dans le système de pré-refroidissement est un fluide secondaire.
- La limite de pré-refroidissement du cycle de pré-refroidissement est régie par le point d'ébullition de réfrigérant, à sa pression d'aspiration.



cycle de linde avec un pré-refroidissement



représentation du cycle de LINDE pré- refroidissement sur Diag TS

E. 2 .3. Procédé de LINDE à étranglement double :

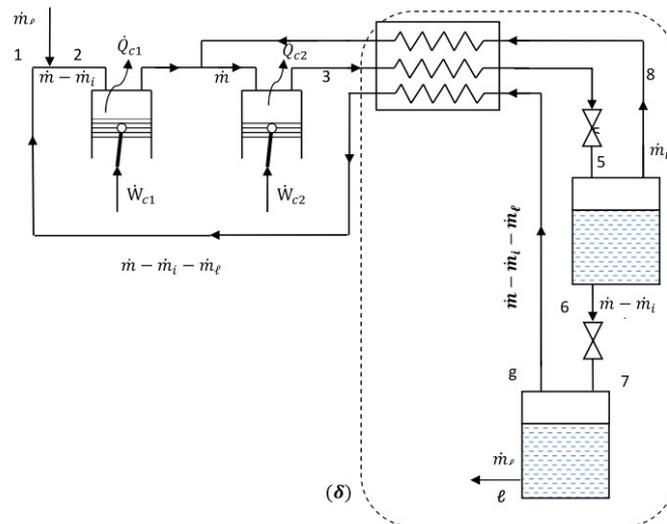
le système de LINDE à étranglement double contient :

deux compresseurs

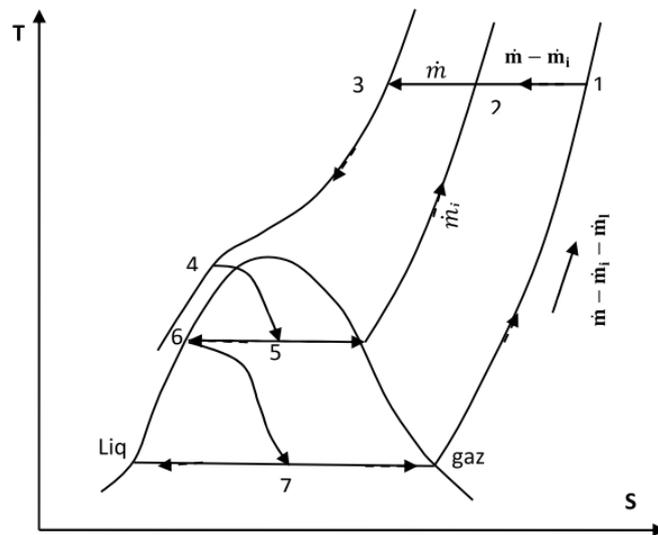
deux vannes d'étranglement

deux réservoirs

un échangeur de chaleur à contre courant

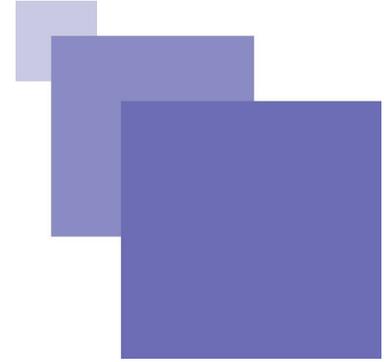


Cycle de Linde à double étranglement



Représentation du cycle de LINDE à double étranglement sur Diag TS

Bibliographie



[Références] - PIERRE PETIT : *Séparation et liquéfaction des gaz. Technique de l'ingénieur. J3600* ; - OLIVIER PERROT : *Cours des machines frigorifiques* -. I.U.T. DE SAINT OMER DUNKERQUE. *Département Génie thermique et énergie. 2010 – 2011.* - *CRYOGENIC ENGINEERING Second Edition Revised and Expanded* THOMAS M. FLYNN CRYOCO, INC. LOUISVILLE, COLORADO, U.S.A.2005.