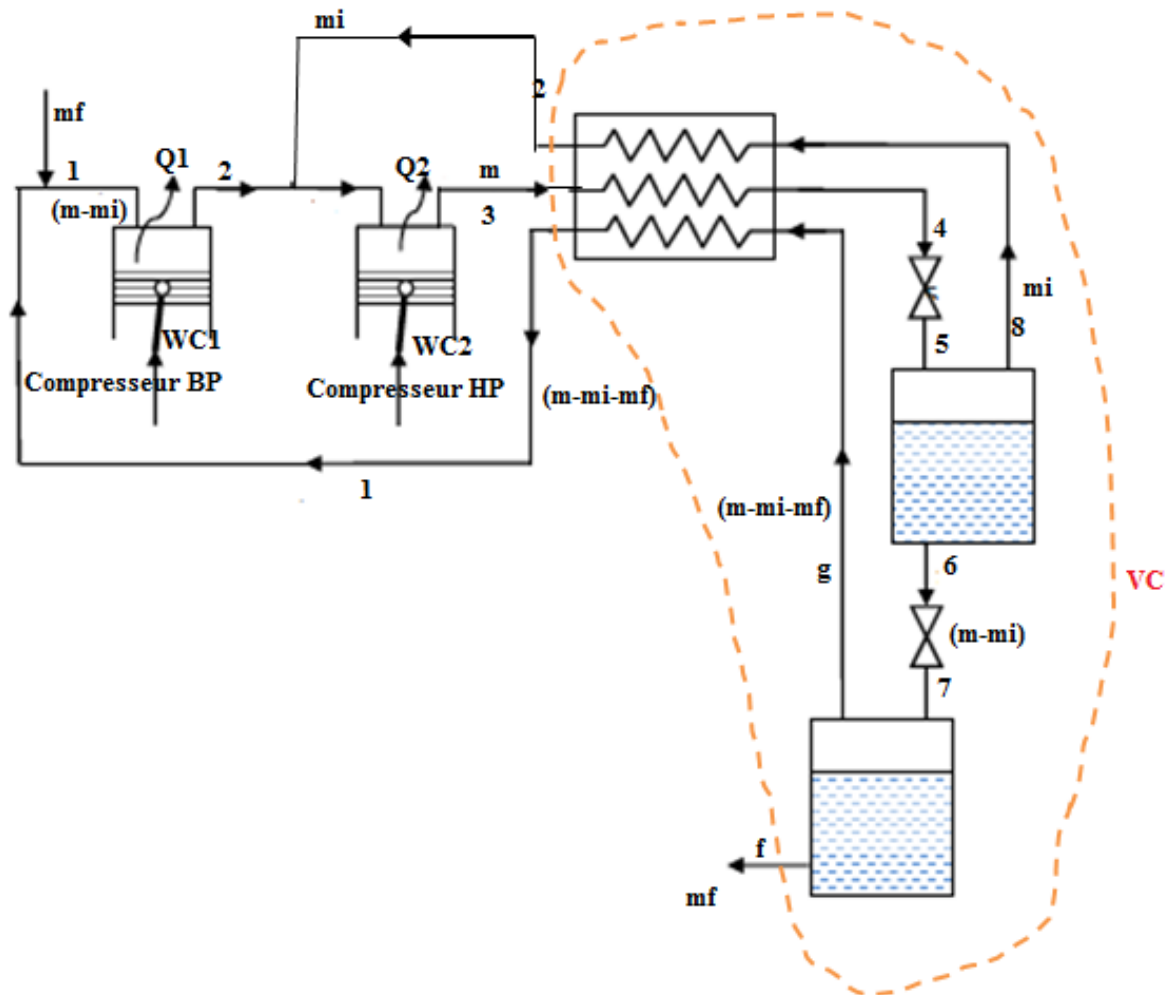


2.2.3. Procédé de Linde à étranglement double (à deux étages de compression)

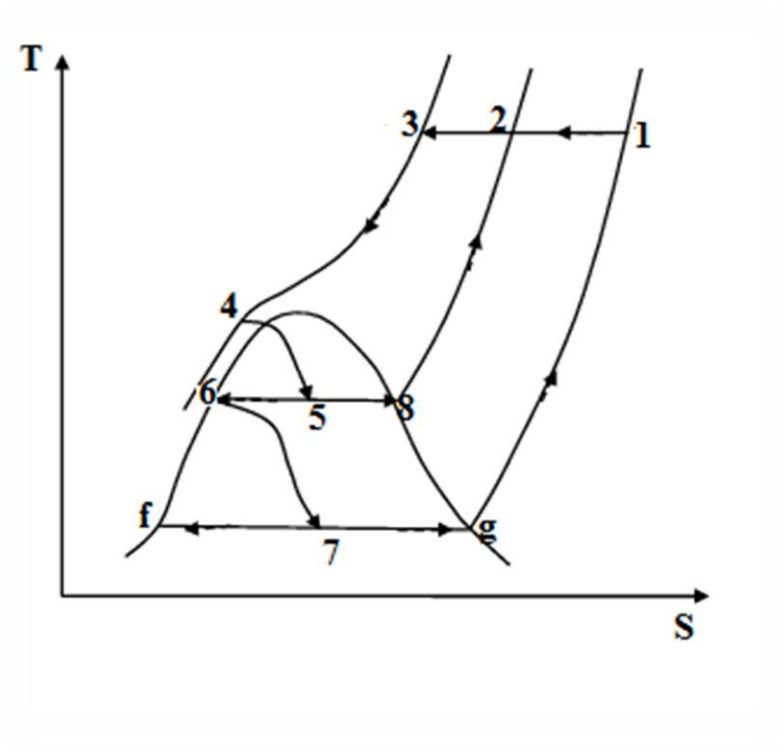
Un autre moyen de réduire le travail dépensé, consiste à utilisé 2 étages de compression tel que l'indique la figure



Le gaz est comprimé à une pression intermédiaire, puis à l'aide d'un deuxième compresseur, il est comprimé à haute pression.

Le gaz, à haute pression, passe par un échangeur à 3 voies puis il est détendu jusqu'à la pression intermédiaire (point 5). Une fraction du gaz est alors liquéfiée.

Après la séparation du mélange la vapeur retourne vers le second compresseur à travers l'échangeur à trois voies. Tandis que le liquide est détendu jusqu'à la basse pression (point 7).



➤ La fraction liquide

Le bilan énergétique appliqué au volume de contrôle donne :

$$\dot{m}h_3 - \dot{m}_i h_2 - \dot{m}_f h_f - (\dot{m} - \dot{m}_i - \dot{m}_f)h_1 = 0$$

Avec :

$\dot{m}$: Débit massique du gaz sortant du second compresseur

$\dot{m}_f$: Débit massique du gaz liquéfié

$\dot{m}_i$: Débit massique du gaz intermédiaire

$$\dot{m}_f(h_1 - h_f) - \dot{m}(h_1 - h_3) + \dot{m}_i(h_1 - h_2) = 0$$

Si nous divisons l'équation par $\dot{m}$ on trouve :

$$\frac{\dot{m}_f}{\dot{m}}(h_1 - h_f) - (h_1 - h_3) + \frac{\dot{m}_i}{\dot{m}}(h_1 - h_2) = 0$$

Posant

$$y = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}} \quad \text{et} \quad i = \frac{\dot{m}_i}{\dot{m}}$$

$$y = \frac{(h_1 - h_3)}{(h_1 - h_f)} - i \frac{(h_1 - h_2)}{(h_1 - h_f)}$$

On remarque que la relation donnant y contient un signe (-) cela est dû au fait que la fraction du liquide produite est réduite du fait que une partie du gaz ($\dot{m}_i$) participe uniquement à la réfrigération du système.

➤ Le travail des compresseurs $\dot{W}$

Travail du compresseur à basse pression

$$\dot{W}_1 = (\dot{m} - \dot{m}_i)[T(s_1 - s_2) - (h_1 - h_2)]$$

Travail du compresseur à haute pression

$$\dot{W}_2 = (\dot{m})[T(s_2 - s_3) - (h_2 - h_3)]$$

$$\dot{W} = \dot{W}_1 + \dot{W}_2$$

$$\dot{W} = \dot{m}[T(s_1 - s_3) - (h_1 - h_3)] - \dot{m}_i[T(s_1 - s_2) - (h_1 - h_2)]$$

On divise par $\dot{m}$ on trouve :

$$w = [T(s_1 - s_3) - (h_1 - h_3)] - \frac{\dot{m}_i}{\dot{m}} [T(s_1 - s_2) - (h_1 - h_2)]$$

$$w = [T(s_1 - s_3) - (h_1 - h_3)] - i[T(s_1 - s_2) - (h_1 - h_2)]$$

On remarque d'après cette équation que le travail dépensé par rapport au procédé simple de Linde est réduit du second terme. Cette réduction compense la réduction dans la production du liquide.

Exercice

Un procédé de Linde avec deux étages de compression fonctionne entre (1atm et 200 atm) et $T = 300K$.

Le compresseur intermédiaire fonctionne entre (1atm et 20atm) à la température $T = 300K$, le fluide du travail est le Nitrogène .On donne $i=0.8$

Déterminer :

- la fraction liquide.
- le travail spécifique.
- le facteur de mérite.