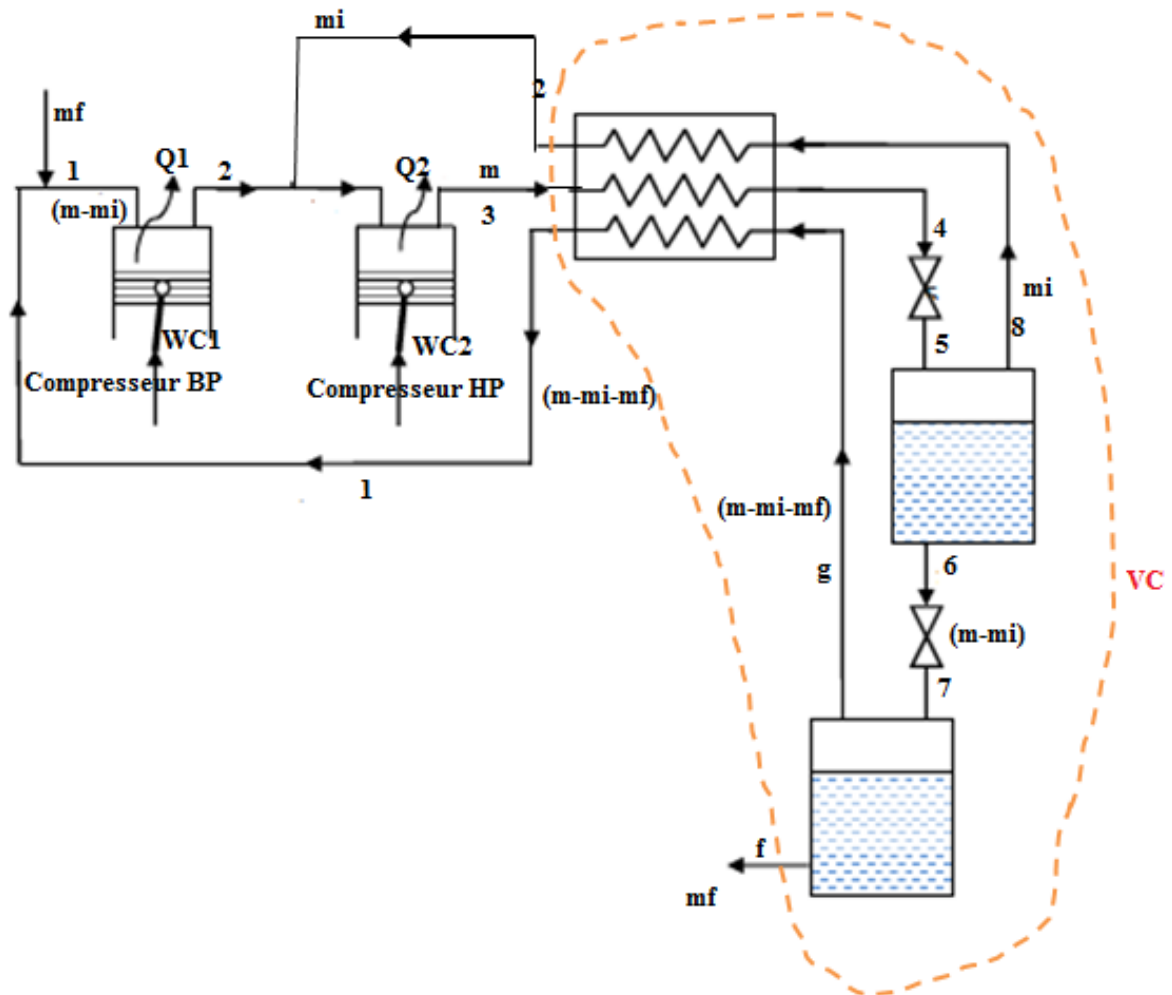


### 1.2.3 Procédé de Linde à étranglement double (à deux étages de compression)

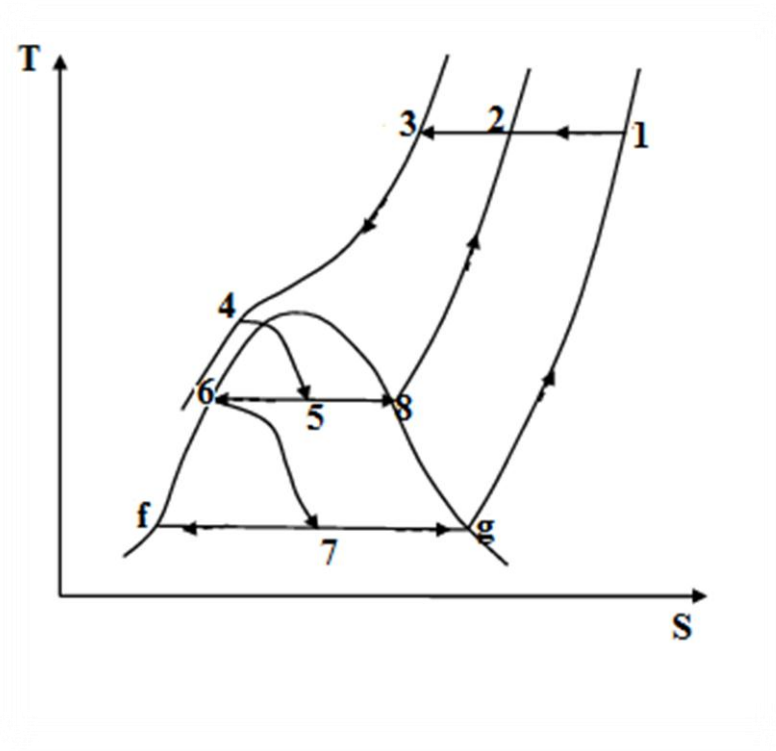
Un autre moyen de réduire le travail dépensé, consiste à utiliser 2 étages de compression tel que l'indique la figure



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

Travail du compresseur à basse pression

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

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

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

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  $T = 300\text{K}$ .

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

Déterminer :

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