

Avertissement :

Le diagramme de travail proposé a été établi en 1940 et utilise des unités hors Système International.

Pour simplifier l'étude,

- On admettra que $1 \text{ atm} = 1 \text{ bar}$
- On rappelle que $T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$ et $1 \text{ cal/g} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Deux diagrammes sont fournis. L'un servira aux essais du candidat et **l'autre sera rendu avec la copie.**

Le problème traite de procédés mis en œuvre lors de la regazéification du méthane dans les terminaux pétroliers, où il est stocké liquide, sous le nom de GNL (Gaz Naturel Liquéfié).

Le stockage s'effectue en légère surpression sous 1,1 bar à -160°C , considéré comme l'équilibre.

La pression d'émission du GNL regazéifié est en général de 80 bars et il est alors échauffé jusqu'à 0°C .

La regazéification du méthane peut être effectuée par deux procédés

- Gazéification à basse pression, puis compression du gaz (gazéification BP)
- Compression du GNL puis gazéification (gazéification HP).

1 Compression en phase gazeuse (Figure -A-)

1.1 Le GNL est à l'état 1 sous pression $p_1 = 1,1 \text{ bar}$ et à sa température d'équilibre $T_1 = -60^{\circ}\text{C}$. Placer le point 1 sur le diagramme (p, h) ci-joint. Donner par lecture l'enthalpie h_1 de ce point.

1.2 Le GNL est gazéifié sous pression constante jusqu'à l'état de vapeur saturée, noté 2'.

La chaleur est apportée par l'eau de mer dans un regazéifieur à ruissellement d'eau de mer, énergie considérée comme « gratuite » dans les terminaux.

Placer le point 2' sur le diagramme. Donner l'enthalpie h_2 .

Déterminer la quantité de chaleur massique Q_{12} , échangée lors de cette regazéification.

1.3 Le gaz méthane subit ensuite une compression isentropique jusqu'à 80 bars. Cet état est noté 3'. Placer le point 3' sur le diagramme. Donner par lecture l'enthalpie h_3 .

On donne $\gamma = C_P/C_V = 1,34$. Calculer la température t_3 , atteinte.

1.4 Déterminer le travail massique, W_{BP} , nécessaire à la compression.

1.5 Le gaz est enfin réfrigéré de 3' en 3 pour se trouver dans les conditions d'émission, sous **80 bars à 0°C** .

Placer le point 3 sur le diagramme. Donner par lecture l'enthalpie de ce point, h_3 .

Déterminer la quantité de chaleur massique $Q_{3'3}$ échangée lors de ce refroidissement isobare.

2 Pompage en phase liquide (Figure -B-)

2.1 Le GNL, dans l'état 1 est mis sous pression de **80 bars** dans une transformation **1-2** considérée comme isentropique.

On donne $\rho = 900 \text{ kg.m}^{-3}$, masse volumique du GNL, considérée comme constante.

Calculer le travail massique W_{12} échangé par le fluide en phase liquide.

En déduire alors l'enthalpie h_2 .

Placer le point **2** sur le diagramme.

2.2 La pompe GNL a un rendement $r = 0,7$. Calculer le travail W_{HP} dépensé lors du pompage.

2.3 Le GNL sous pression est enfin gazéifié dans un échangeur fluide - eau de mer à pression constante pour se trouver dans l'état 3, dans les conditions d'émission.

Déterminer la quantité de chaleur massique Q_{23} échangée lors de cette gazéification.

3 Comparaison des deux procédés.

3.1 Recopier dans un tableau les valeurs trouvées. Donner pour chaque transformation W et Q . Conclure sur l'intérêt du deuxième procédé.

3.2 Le débit de GNL (liquide) d'un terminal méthanier est de $1\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

On compare W_{BP} et W_{HP} - Calculer la puissance économisée par un terminal équipé du deuxième procédé sur celui de même production équipé du premier.

FIGURE A COMPRESSION EN PHASE GAZEUSE

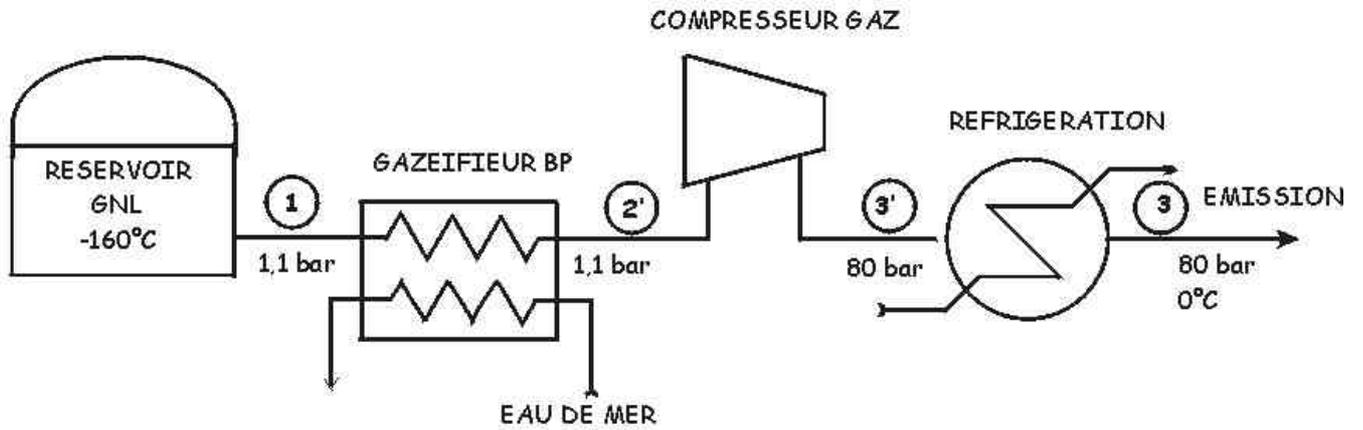


FIGURE B POMPAGE EN PHASE LIQUIDE

