

# TD n°4bis Diagrammes P-h

ENCPB - Pierre-Gilles de Gennes

## Résumé

- ★ Exercice de niveau CCP
- Exercice de niveau Centrale/Mines
- ◇ Exercice nécessitant un sens physique particulier.

## 1. Utilisation des diagrammes P-h

On donne le diagramme ( $P, h$ ) de l'air entre 0, 1 et 200 bar (cf annexe).

1. Reconnaître sur le diagramme les isobares, les isochores, les isothermes, les isentropiques, les isenthalpes.
2. L'air vérifie-t-il l'équation d'état d'un gaz parfait dans les conditions ambiantes (point A sur le diagramme)?
3. Sur le diagramme ( $P, h$ ), les isenthalpes sont-elles conformes aux propriétés d'un gaz parfait? Qu'en est-il au voisinage du point A?
4. Evaluer la capacité thermique massique à pression constante  $c_p$  au voisinage du point A à l'aide de deux isothermes. En déduire le coefficient  $\gamma$  en adoptant le modèle du gaz parfait.

## 2. Détendeur



Pour pratiquer la plongée sous-marine, l'air est stocké dans des bouteilles à la pression  $P_e \approx 200$  bar. La respiration du plongeur se faisant à la pression  $P_s \approx 1$  bar, il est nécessaire de munir la bouteille d'un détendeur assurant la chute de pression lorsque l'air est soutiré (on parle de perte de charge).

On suppose que l'écoulement dans le détendeur se fait de manière adiabatique et qu'il n'y a aucun échange de travail.

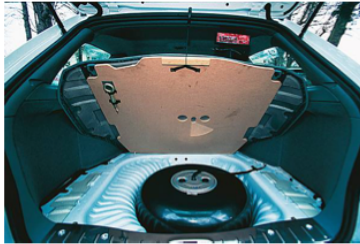
1. Appliquer le premier principe. Comment peut-on qualifier la transformation?
2. En considérant le diagramme  $P-h$  de l'air, déterminer la température de sortie de l'air du détendeur lorsque celui-ci passe de 200 bar à 1 bar, l'air comprimé étant initialement stocké à  $20^\circ\text{C}$ .
3. Pourquoi faut-il impérativement éliminer toute trace d'eau dans l'air avec un tel dispositif?
4. Le dispositif réel de détente est en pratique un peu plus complexe :
  - (a) Un détendeur primaire, placé sur la bouteille, assure la détente de la haute pression (200 bar) vers une moyenne pression (10 bar). Cette détente est accompagnée d'une baisse importante de température.
  - (b) L'air se réchauffe ensuite en circulant de manière isobare dans le tuyau arrivant jusqu'à un deuxième détendeur.
  - (c) Le détendeur secondaire, placé au niveau de la bouche du plongeur, assure la détente vers la basse pression (1 bar).

Représenter le processus sur le diagramme  $P-h$ . Quelle est la température finale de l'air détendu?

### 3. Stockage d'un fluide diphasé : le GPL

Le GPL (gaz de pétrole liquéfié est un mélange de propane et de butane utilisé comme carburant par certains véhicules. Le GPL est stocké sous la forme d'un mélange liquide-gaz dans le réservoir.

Pour simplifier, nous allons assimiler le GPL à du propane pur initialement stocké à 20°C avec le titre en vapeur  $x = 0,2$ .

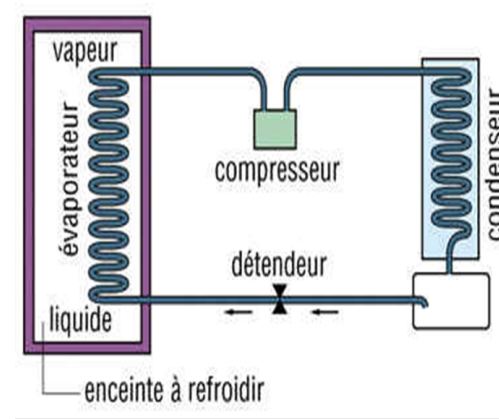


1. Quelle pression règne-t-il dans le réservoir ? Pour un réservoir de 50 L, quelle masse de propane est-elle stockée ? Le volume massique du liquide saturant étant égal à  $2.10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  ( $x = 0$ ) à la même température, quelle est la capacité maximale du réservoir ?
2. Le réservoir est éprouvé pour résister à une pression de 30 bar. En cas d'incendie ou d'échauffement accidentel, à quelle température y a-t-il risque d'explosion ?

### 4. Machine frigorifique

On considère un fluide frigorigène, le R717, circulant dans un circuit comportant :

- un compresseur dans lequel le fluide passe lentement d'un état  $A$  à un état  $B$  en recevant un travail massique  $w_{comp}$  mais sans échange thermique,
- un condenseur dans lequel il est en contact avec la source chaude (air de la cuisine) à laquelle il cède du transfert thermique  $q_c$  par liquéfaction (état  $B$  à état  $C$ ),
- un détendeur  $D$  dans lequel il ne reçoit ni travail, ni transfert thermique (état  $C$  à état  $D$ ),
- un évaporateur dans lequel il est en contact avec la source froide (intérieur du réfrigérateur) de laquelle il reçoit du transfert thermique  $q_f$  en s'évaporant (état  $D$  à état  $A$ ).



Source : Internet Yahoo encyclopédie

Dans toute la suite, on considère comme système thermodynamique **1 kg de fluide**. Le diagramme de la machine frigorifique est représenté sur le document ci-après.

1. Retracer la courbe de saturation, et identifier les phases liquides, gazeuses et mélange liquide-gaz sur le diagramme.
2. Placer les points A, B, C et D. Indiquer pour chaque étape la nature de la transformation ainsi que l'organe de la machine traverse. En particulier, justifier la nature de la transformation dans le compresseur et dans le détendeur.
3. Quelle est la valeur du travail massique échangé dans le compresseur ? Quel est son signe ? est-ce cohérent ?
4. Quelle est la valeur du transfert thermique échangé dans le condenseur ? Quel est son signe ? est-ce cohérent ?
5. Quelle est la valeur du transfert thermique échangé dans l'évaporateur ? Quel est son signe ? est-ce cohérent ?
6. Rappeler l'expression de l'efficacité d'une telle machine. Calculer sa valeur. Comparer cette efficacité avec celle d'une machine idéale fonctionnant entre les deux températures extrêmes du cycle.