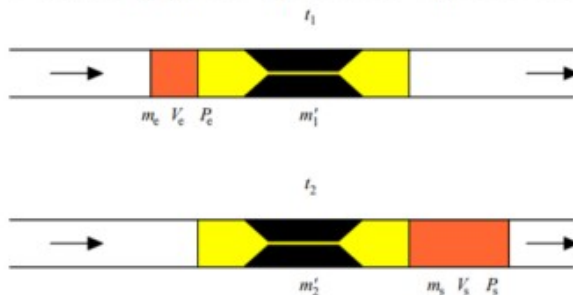


**Colle 10 : Premier principe industriel
(premier principe appliqué à un système ouvert dans le cas d'un écoulement stationnaire)**

Exercice n°1 : Détendeur de plongée

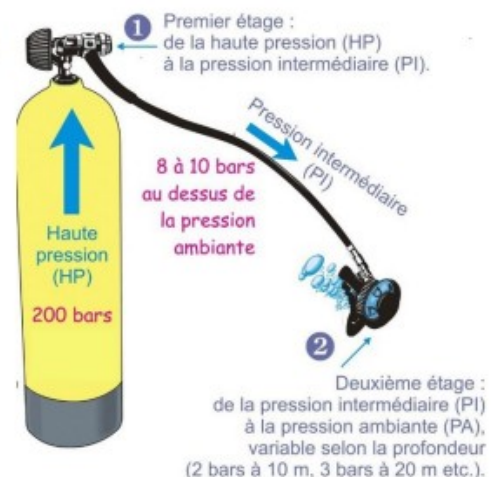
Pour pratiquer la plongée sous-marine, l'air est stocké dans des bouteilles à la pression $P_e \approx 200$ bar. La respiration du plongeur se faisant à la pression $P_s \approx 1$ bar, il est nécessaire de munir la bouteille d'un détendeur assurant la chute de pression lorsque l'air est soutiré (on parle de perte de charge). A l'aide d'un système complexe de membrane déformable et de ressort que nous ne décrivons pas, le détendeur fait circuler l'air à travers un mince étranglement. A cause de la viscosité du fluide, cet écoulement s'accompagne de la perte de charge souhaitée.



- 1) *Montrez que le passage de l'air dans le détendeur est à enthalpie constante
- 2) Pour de l'air stocké à la température $T_e = 20^\circ\text{C}$, déterminer la température de sortie T_s à l'aide du diagramme (P, h).
- 3) Peut-on dire que l'air se comporte comme un gaz parfait ? Justifier votre réponse. Déterminez le rapport des volumes massiques v_s/v_e .
- 4) Expliquer alors la nécessité d'éliminer toute trace d'eau lors du remplissage de la bouteille pour éviter la formation de glace pouvant bloquer le détendeur.

Le dispositif réel de détente est en pratique un peu plus complexe. Un détendeur primaire, placé sur la bouteille, assure la détente de la haute pression (200 bar) vers une moyenne pression (10 bar). Un détendeur secondaire, placé au niveau de la bouche du plongeur, assure la détente vers la basse pression (1 bar). La première détente est accompagnée d'une baisse importante de température. L'air se réchauffe ensuite en circulant dans le tuyau arrivant jusqu'au deuxième détendeur. La deuxième détente est pratiquement isotherme.

- 5) Expliquer alors pourquoi, dans ces conditions, le plongeur ne ressent pas une sensation d'air froid lors de l'inspiration, on s'aidera du deuxième diagramme (P,h)



Exercice n°2 : GPL dans un réservoir d'automobile

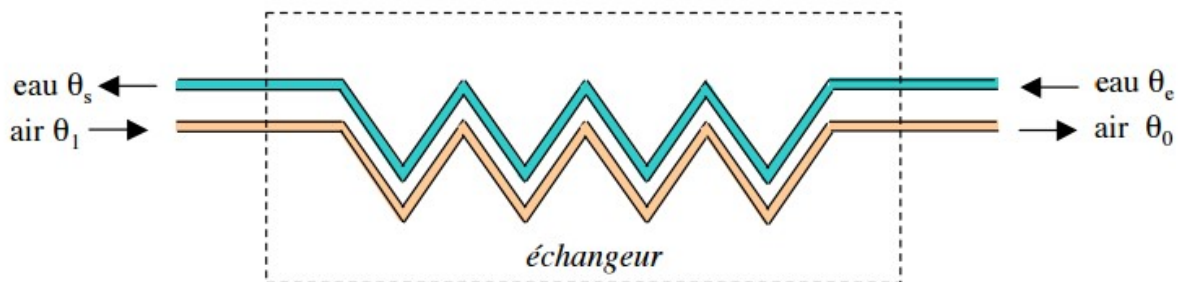
Le GPL (gaz de pétrole liquéfié) est un mélange de propane et de butane utilisé comme carburant par certains véhicules. Le GPL est stocké sous la forme d'un mélange liquide-gaz dans le réservoir. Pour simplifier, nous allons assimiler le GPL au propane pur initialement stocké à 20°C avec le titre en vapeur $x = 0,2$.

Questions

- 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 $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, quelle est la capacité maximale du réservoir ?
- 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 ?
- Depuis 2001, les réservoirs GPL sont munis d'une soupape permettant d'évacuer le fluide dès que la pression dépasse 25 bar. Expliquer l'intérêt de cette soupape.
- Entre la sortie du réservoir et les injecteurs du moteur, le GPL circule dans un vapo-détendeur où il subit une détente isenthalpique. Comment évoluent la température et la composition du

Exercice n°3 : Echangeur thermique

De l'air sortant d'un compresseur à la pression $P_1 = 5 \text{ bar}$ et à la température $\theta_1 = 246^\circ\text{C}$ est refroidi de façon isobare jusqu'à la température $\theta_0 = 27^\circ\text{C}$ dans un **échangeur parfaitement calorifugé**. Le fluide réfrigérant est de l'eau qui entre à la température $\theta_e = 12^\circ\text{C}$ et ressort à la température θ_s .



Un régime permanent est établi avec les débits massiques $D_m = 6,8 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$ de l'air et $D_m = 100 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$ de l'eau.

L'air est assimilé à un gaz parfait de masse molaire $M = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et de coefficient $g = 1,4$

L'eau a pour capacité thermique massique $c = 4,2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

On admettra que

- les énergies cinétiques macroscopiques liés aux écoulements ainsi que les énergies potentielles de pesanteur sont négligées.

- 1) Énoncer le premier principe appliqué à un système ouvert en terme de puissance en précisant la signification de chacun des termes
- 2) Effectuer un bilan de puissance en introduisant les enthalpies massiques des fluides,
 - de la transformation de l'eau entre l'entrée et la sortie de la canalisation
 - de la transformation de l'air entre l'entrée et la sortie de la canalisation d'air
- 3) En déduire la température θ_s de sortie de l'eau