

# TD : Systèmes thermodynamiques

## I Pression des pneus

La pression préconisée sur les roues avant d'une Mégane est de 2,2 bars. On règle la pression des pneus un jour froid de cet hiver, par une température extérieure de  $-5^\circ\text{C}$ .

- 1) En supposant que le volume des pneus ne varie pas et qu'il n'y a aucune fuite d'air possible, quelle sera l'indication du manomètre un jour chaud cet été, par une température extérieure de  $30^\circ\text{C}$  ?
- 2) Calculer la variation relative de pression due au changement de température. Que conseillez-vous ?

## II Fuite d'hélium

On considère une bouteille de volume constant  $V = 10\text{ L}$  contenant de l'hélium, modélisé comme un gaz parfait monoatomique, à la pression  $P = 2,1\text{ bars}$  et à la température  $T = 30\text{ K}$ .

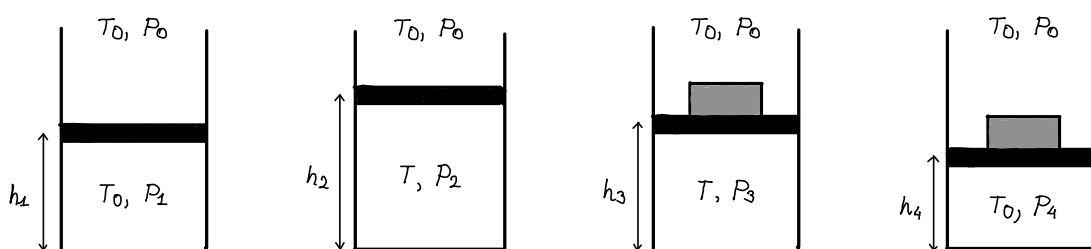
$M(\text{He}) = 4,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $k_B = 1,38 \times 10^{-23}\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ .

- 1) Calculer la masse  $m$  d'hélium dans la bouteille, puis la densité particulaire  $n^*$ , c'est-à-dire le nombre d'atomes par unité de volume.
- 2) Calculer la vitesse quadratique moyenne des atomes.
- 3) À la suite de l'ouverture de la bouteille, la pression passe à  $P' = 1,4\text{ bars}$  et la température à  $T' = 290\text{ K}$ . Calculer la masse  $\Delta m$  de gaz qui s'est échappé de la bouteille.
- 4) On a vite refermé la bouteille. À quelle température  $T''$  faudrait-il porter le gaz pour atteindre à nouveau la pression  $P$  ?

## III Gaz parfait dans une enceinte

Une quantité de matière  $n$  de gaz parfait est enfermée dans une enceinte de surface de section  $S$ . Cette enceinte est fermée par un piston de masse  $m$ , à même de coulisser sans frottement, et permet les transferts thermiques, si bien que lorsqu'on attend suffisamment longtemps le gaz contenu dans l'enceinte est en équilibre thermique avec l'extérieur. Le milieu extérieur se trouve à température et pression constantes  $T_0$  et  $P_0$ . On fait subir au gaz la série de transformations suivante :

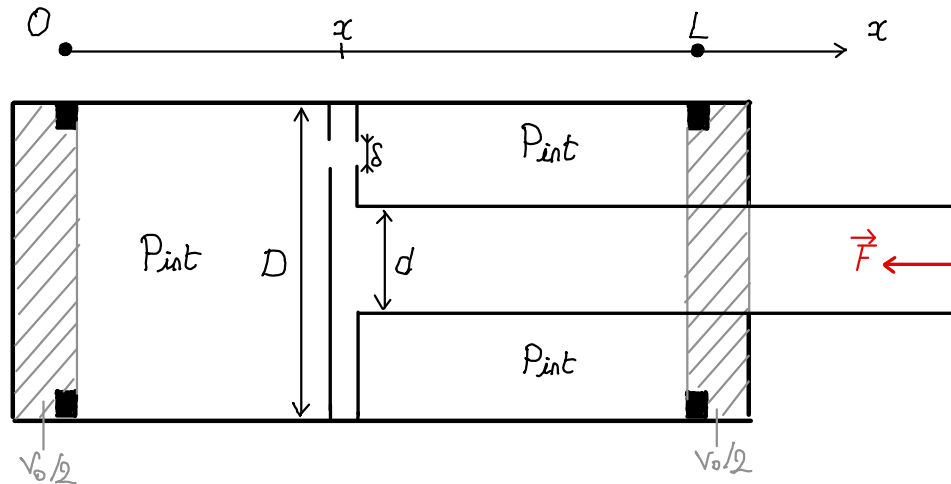
- ① Initialement, dans l'état (1), le système est au repos depuis suffisamment longtemps pour avoir atteint l'équilibre thermique et mécanique ;
- ② État (2) : le gaz est chauffé jusqu'à ce qu'il atteigne la température  $T > T_0$  ;
- ③ État (3) : on place brusquement une masse supplémentaire  $M$  sur le piston, l'équilibre thermique n'est pas atteint ;
- ④ État (4) : l'équilibre thermique est atteint.



- 1) Exprimer les hauteurs  $h_1$  à  $h_4$  du piston dans chaque état.

## IV Ressort à gaz

Les sièges de bureaux sont souvent montés sur un vérin cylindrique permettant d'en ajuster la hauteur. On décrit ce vérin cylindrique à air comprimé, supposé parfait, par le schéma ci-dessous.

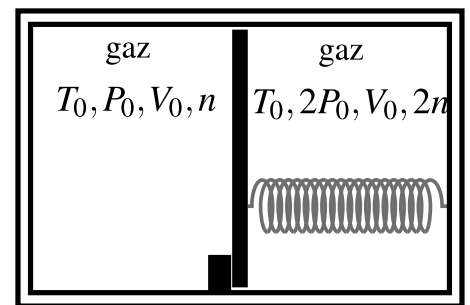


Le piston a une épaisseur nulle, et on pourra négliger la section de l'orifice de communication de diamètre  $\delta$  devant les autres sections. On note  $V_0$  l'ensemble des deux volumes morts que le piston ne peut atteindre, situés en  $x < 0$  et  $x > L$ . On prendra également  $D = 2d$ . On supposera que l'équilibre thermique du gaz avec l'air extérieur de température  $T_0$  est réalisé pour toute position du piston, et on note  $P_0$  la pression extérieure.

- 1) Exprimer le volume  $V(x)$  disponible pour le gaz dans le vérin en fonction de  $L$ ,  $x$  et  $d$ .
- 2) Donnez l'expression de  $p_{\text{int}}(x)$  en fonction de  $V(x)$ .
- 3) On suppose le système à l'équilibre mécanique avec le piston à la position  $x$ . Une personne s'assoie sur le siège, exerçant une force  $\vec{F}$ . Exprimer la force  $\vec{F}'$  qu'exerce la tige sur le système extérieur.

## V Recherche d'un état final

Une enceinte indéformable aux parois calorifugées<sup>1</sup> est séparée en deux compartiments par une cloison étanche de surface  $S$ , mobile, diathermane<sup>2</sup> et reliée à un ressort de constante de raideur  $k$ . Les deux compartiments contiennent chacun un gaz parfait. Dans l'état initial, le gaz du compartiment 1 est dans l'état  $(T_0, V_0, P_0, n)$ , le gaz du compartiment 2 dans l'état  $(T_0, V_0, 2P_0, 2n)$ , une cale bloque la cloison mobile et la longueur du ressort est égale à sa longueur à vide. On enlève la cale et on laisse le système atteindre un état d'équilibre.



- 1) Décrire qualitativement l'évolution du système.
- 2) Écrire cinq relations faisant intervenir certaines des six variables d'état :  $V_1$  et  $V_2$  les volumes finaux de chaque compartiment,  $P_1$  et  $P_2$  leurs pressions, et  $T_1$  et  $T_2$  leurs températures.

1. Qui ne laisse pas passer la chaleur.

2. Qui laisse passer la chaleur.