

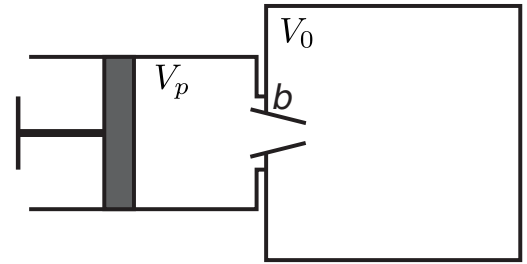
DM – Façon optimale de pomper

On s'intéresse à nouveau au gonflage d'un pneu de vélo à l'aide d'une pompe manuelle. On s'intéresse ici uniquement au premier coup de pompe, décrit ci-contre, pendant lequel la soupape (b) reste toujours ouverte.

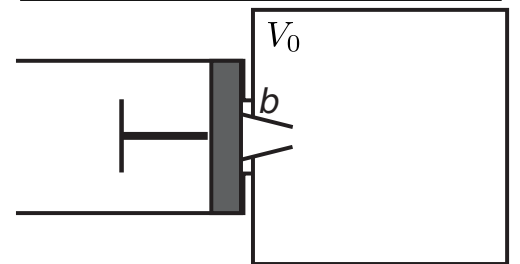
Le volume de la pompe est $V_p = 2,0\text{ L}$, celui de la chambre à air est $V_0 = 5,0\text{ L}$ (constant), et l'ensemble est à $T_0 = 300\text{ K}$.

On note 2 l'état final. On envisage deux moyens de réaliser cette compression :

- Soit de façon très lente. Dans ce cas les échanges thermiques ont le temps de s'établir et la température reste constante égale à T_0 .
- Soit de façon brutale. Dans ce cas la température du gaz va augmenter et il faudra, après la compression, attendre qu'elle redescende à T_0 .



état 1, volume $V_1 = V_0 + V_p$



état 2, volume $V_2 = V_0$

On suppose dans les deux cas la transformation mécaniquement réversible, et le gaz est modélisé par un gaz parfait d'indice adiabatique $\gamma = 1,4$.

- 1 - Dans le premier cas, que valent la température et le volume final? Donner ensuite l'expression de la pression finale p_2 en fonction de p_0 et $\alpha = V_p/V_0$, et sa valeur.
- 2 - Faire de même dans le cas 2. (indice : justifier que c'est identique au cas 1)
- 3 - Dans le cas 1 : donner l'expression du travail à fournir au gaz pour le comprimer en fonction de p_0 , V_1 et $\alpha = V_p/V_0$.
- 4 - Dans le cas 2 il faut décomposer la transformation en deux : de l'état 1 à un état 1' il s'agit de la compression où le volume passe de $V_1 = V_0 + V_p$ à $V_{1'} = V_0$; puis de l'état 1' à l'état 2 le volume ne change plus et le gaz se refroidit jusqu'à T_0 .
 - a - Expliquer pourquoi l'étape $1 \rightarrow 1'$ peut être supposée adiabatique et réversible.
 - b - Calculer la température atteinte en 1' (utiliser Laplace sous la forme $TV^{\gamma-1} = \text{cst}$).
 - c - Calculer le travail à fournir au gaz durant l'évolution $1 \rightarrow 1'$, puis durant $1' \rightarrow 2$.
- 5 - Tracer sur un même diagramme $p-V$ les deux cas. Pouvait-on prédire le fait que le travail à fournir est plus grand pour une des deux compressions? À quoi a servi le surplus de travail fourni dans la compression qui en nécessite le plus?

En conclusion, vaut-il mieux être brutal ou lent ?

Ce qui précède a des conséquences pratiques importantes à l'échelle industrielle. Il existe en effet des stations qui stockent de l'air comprimé dans d'immenses réservoirs (souvent des cavités géologiques) et qui réutilisent ensuite cet air pour faire tourner une turbine et produire de l'électricité. La phase de compression de l'air doit consommer le moins possible d'énergie, et ce qui précède montre donc qu'elle a intérêt à être proche de l'isotherme réversible. Cf par exemple <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/caes-stockage-par-air-comprime>.

