

DM de physique n° 22

Exercice : Étude d'une pompe à vide à piston

On envisage le dispositif dont le schéma est donné dans la figure 1. Une enceinte de volume V (à gauche de KK') est reliée par un raccord (entre KK' et LL') de volume v_m à une pompe à piston (à droite de LL'). Le volume total maximum du corps de la pompe avec son raccord est V_M (entre KK' et NN'). Le piston de la pompe et le raccord sont munis de clapets anti-retour (CR en KK' et CP en MM') qui ne laissent passer le gaz que de la gauche vers la droite. **Ces clapets, parfaitement étanches lorsqu'ils sont fermés, s'ouvrent dès que la pression à leur gauche est plus élevée qu'à leur droite, ils se referment dès que les pressions sont plus faibles du côté gauche.** Au niveau de la partie droite de la pompe (en NN'), le passage de la tige du piston n'est pas étanche et de ce fait, **la pression à droite du piston est toujours égale à la pression atmosphérique P_0 .** Avec cette disposition des clapets, cette pompe permet d'abaisser la pression dans l'enceinte. On suppose évidemment que le contact entre le piston et le corps de la pompe est parfaitement étanche. On admettra que l'air de l'atmosphère peut être considéré comme un gaz parfait isotherme et que même si les pressions changent dans l'enceinte et dans la pompe, la température du gaz reste constante et égale à celle de l'air ambiant.

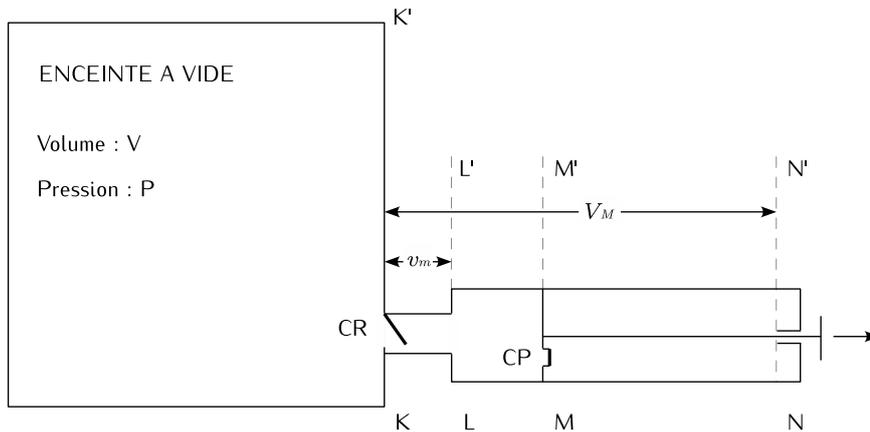


FIGURE 1 : Schéma de principe de la pompe à piston raccordée à l'enceinte.
Attention, sur ce schéma, les proportions ne sont pas respectées.

Données numériques : $V/V_M = V_M/v_m = 20$

1. Au départ, l'enceinte est à la pression atmosphérique P_0 et on donne un premier coup de pompe (un aller et retour avec le piston $LL' \rightarrow NN'$ puis $NN' \rightarrow LL'$). Au début, lorsque le piston est en LL' , les deux clapets sont ouverts et la pression dans le raccord est aussi P_0 ; le clapet CP se ferme dès que le piston se déplace vers NN' , tandis que le clapet CR reste ouvert puisque la pression diminue dans le compartiment de droite. Expliquer le fonctionnement des clapets lorsqu'on inverse le mouvement du piston une fois arrivé en NN' . Montrer que la pression dans la pompe finit toujours par atteindre P_0 avant que le piston revienne en LL' et donner la valeur P_1 de la nouvelle pression dans l'enceinte après ce premier coup de pompe.
2. On considère un nombre $N \geq 1$ quelconque de coups de pompes. Déterminer une relation entre les pressions P_{N+1} et P_N . En déduire l'expression de la pression minimale P_L que l'on peut atteindre dans l'enceinte.
3. On admet que $\forall N \geq 1 : P_N = b^N P_0 + (1 - b^N) P_L$, avec $b = \frac{V}{V+V_M}$. Calculer le nombre de coups de pompe N nécessaires pour que le rapport $\frac{P_N - P_L}{P_0 - P_L}$ devienne égal à 10^{-3} .