

CONCOURS D'ENTRÉE 2000

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

FILIERE PHYSIQUE CHIMIE

DURÉE : 3 heures.

N.B. : Ce sujet comporte 4 pages de texte

Si au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

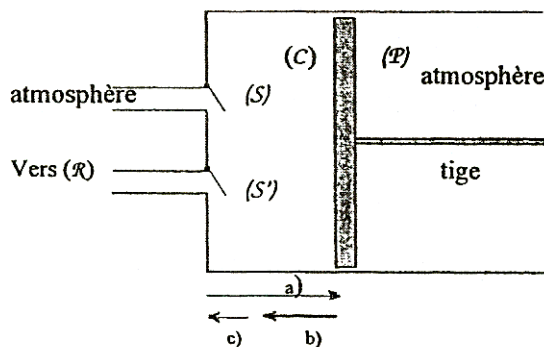


EXERCICE A

I Etude simplifiée d'un compresseur :

Un compresseur est constitué par un cylindre horizontal, muni

- d'un piston (P), mobile sans frottement, en contact permanent à droite avec l'atmosphère (pression P_0 , température T_0) ; une tige fixée au piston permet à un opérateur de déplacer l'ensemble tige-piston.
- de 2 soupapes (S) et (S'), assurant au volume effectif du cylindre (C) d'être en contact, soit avec l'atmosphère, soit avec le réservoir (\mathcal{R}) dans lequel doit être stocké l'air comprimé.



Le mouvement du piston est décomposé en 3 phases :

- Phase d'admission** : de l'air est prélevé, progressivement, à pression P_0 et température T_0 constantes ; (S) ouverte et (S') fermée. Au début de cette phase a), le volume de (C) est nul.
- Phase de compression** : l'air est comprimé isentropiquement jusqu'à la pression P ; (S) et (S') sont fermées ; la température de l'air est alors notée T .
- Phase de refoulement** : l'air est refoulé dans (\mathcal{R}), à pression P et température T constantes ; (S) fermée et (S') ouverte.

En régime permanent, le compresseur fournit un débit massique noté D_m . L'air est considéré comme un gaz parfait.

Valeurs numériques : $P_o = 1 \text{ bar}$ $D_m = 50 \text{ kg/h}$ $T_o = 280 \text{ K}$ $T = 545 \text{ K}$
 $\gamma = (\text{rapport des capacités thermiques à P et à V constants}) = C_p/C_v = 1,4$
 $R = (\text{constante des gaz parfaits}) = 8,31 \text{ J/K/mole}$ $M = (\text{masse molaire de l'air}) = 29 \text{ g}$

1. En fonction d'un paramètre à définir, tracer qualitativement la courbe traduisant les variations de la pression de l'air dans (C), pendant un cycle. On indiquera sur ce schéma qualitatif, les phases a), b) et c).
2. Quelle est l'expression de la pression P ? Quelle est sa valeur numérique ?
3. On admet que l'opérateur déplace (P) réversiblement. Déterminer pour les 3 phases, les travaux W_a , W_b et W_c fournis par l'opérateur. On utilisera les divers paramètres cités et on introduira les volumes V_o , volume d'air dans (C) en fin de phase a) et V_f , volume d'air dans (C) en fin de phase b).
4. En déduire l'expression du travail fourni par l'opérateur pendant un cycle : on l'exprimera en fonction de n (nombre de moles d'air transvasées), R, T et T_o .
Vérifier que l'expression de ce travail représente la variation d'une fonction d'état du gaz à préciser.
5. Quelle est, en régime permanent, la puissance fournie par l'opérateur ?
6. En fait, la compression de l'air n'est pas adiabatique : la température, en fin de compression vaut $T' = 500 \text{ K}$; on admet que la puissance thermique perdue par l'air, pendant cette phase vaut $\mathcal{P}_{th} = -209 \text{ W}$.
 - a) En étudiant, à nouveau, le travail fourni par l'opérateur pendant un cycle, montrer que les grandeurs \mathcal{P}'_{op} , \mathcal{P}_{th} , D_m et Δh sont liées par une relation simple.
 \mathcal{P}'_{op} : puissance fournie par l'opérateur
 Δh : variation d'enthalpie massique de l'air transvasé
 - b) Quelle est la nouvelle puissance fournie ? Comparer à la valeur obtenue en 5.

II Utilisation d'air comprimé :

1. Citer, sans commentaires, un appareil simple, utilisant un compresseur (autre que celui suggéré dans les questions suivantes !).
2. Au moyen d'air comprimé, stocké dans un réservoir (R), de volume $V = 300 \text{ L}$, on souhaite gonfler, à température constante $T_o = 300 \text{ K}$, un pneumatique (P) de volume $v = 60 \text{ L}$, constant.
La pression initiale, dans (R) est $P_o = 15 \text{ bars}$; celle dans (P) est considéré comme négligeable vis à vis de la pression finale $P'_f = 2,5 \text{ bars}$.
 - a) Quelle est la valeur de la pression P_f dans (R) à la fin du gonflage du 1^{er} pneumatique ?
 - b) Combien peut-on gonfler de pneumatiques identiques, sans recharger le réservoir ?
3. On modélise le débit massique du gonfleur par :

$$D_m(t) = \beta [P(t) - P'(t)] \quad \text{où}$$

$P(t)$: pression instantanée dans (R) $P'(t)$: pression instantanée dans (P)
 β : coefficient numérique = $5 \times 10^{-9} \text{ kg.s}^{-1} . \text{Pa}^{-1}$

- a) Etablir dans les variables P' et t, l'équation différentielle, à coefficients numériques, liée au gonflage du 1^{er} pneumatique.

- b) En déduire, dans cette modélisation, la durée de gonflage de ce pneumatique. On donne

$$\int_{x=0}^{x=2,5} \frac{dx}{75 - 6x} = 0,037$$

- c) Représenter, qualitativement, après une brève justification, sur un même diagramme, les courbes $P'(t)$ pour le gonflage du 1^{er}, du 2^{ème} et du dernier pneumatique.