

# Devoir surveillé de Thermodynamique

Vendredi 23 novembre 2018

**Durée : 2 h. Sans document.**

## Exercice 1

Dans un petit compresseur à air, un piston comprime lentement et sans frottement une masse fixe d'air. Le cylindre est muni d'aubes, qui permettent de dissiper de la chaleur. Ainsi, la compression se fait à énergie interne constante. On dépense, pour la compression de l'air, un travail massique de  $150 \text{ kJ kg}^{-1}$ . L'air sera modélisé comme un gaz parfait.

Q1) Quel est la quantité de chaleur massique échangée par l'air pendant la compression ?

Q2) Dire si le travail et la quantité de chaleur ont été reçus ou cédés par l'air et préciser leurs signes.

Q3) Avant de commencer la compression, l'air est à pression et masse volumique atmosphériques ( $p = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ ;  $\rho = 1,2 \text{ kg m}^{-3}$ ). Le diamètre du cylindre est de 5 cm et sa profondeur intérieure est de 15 cm. Quelle est la masse d'air incluse dans le cylindre ?

Q4) Que peut on dire de la température de l'air dans le compresseur ?

Q5) Calculer le volume et la pression de l'air à la fin de la compression.

## Exercice 2

On se propose d'étudier un cycle moteur relatif à une masse d'air  $m = 1,2 \text{ g}$ . L'air sera assimilé à un gaz parfait de caractéristiques  $r = 287 \text{ J/(kg K)}$ ,  $c_V = 713 \text{ J/(kg K)}$  et  $c_P = 1000 \text{ J/(kg K)}$ . Le volume maximum du cylindre est noté  $V$ .

Le cycle est un cycle de Beau de Rochas, correspondant à un moteur à combustion interne (moteur à essence). Il est composé des évolutions suivantes :

- compression adiabatique de l'état 1 à 2 ;
- échauffement isochore (combustion) de l'état 2 à 3 ;
- détente adiabatique de l'état 3 à 4 ;
- refroidissement isochore de l'état 4 à 1.

Toutes ces transformations sont mécaniquement réversibles.

Les données relatives aux différents états du cycle sont résumées dans le tableau suivant.

Etat $i$	1	2	3	4
Volume $V_i$	$V$	$V/10$	$V/10$	$V$
Pression $P_i$	$10^5$ Pa		$5 \cdot 10^6$ Pa	
Température $T_i$	293 K		1465 K	

On notera  $W_{i \rightarrow j}$  et  $Q_{i \rightarrow j}$  les travaux et quantités de chaleur échangés par le moteur avec l'extérieur durant la transformation de l'état  $i$  à l'état  $j$ .

Q1) Tracer le graphique du cycle dans le plan volume-pression et préciser le sens dans lequel il doit être parcouru.

Q2) Calculer le volume  $V$ .

Q3) Calculer les températures des états 2 et 4.

Q4) Calculer les travaux  $W_{i \rightarrow j}$  et quantités de chaleur  $Q_{i \rightarrow j}$  échangés avec l'extérieur pour chacune des transformations.

Q5) Déduire des résultats précédents : le travail total échangé avec l'extérieur, la quantité de chaleur  $Q_C$  reçue par le moteur. En déduire le rendement du cycle.

Q6) Ce moteur travaille entre une source chaude à la température  $T_C$  et une source froide à la température  $T_F$ . Identifier  $T_C$  et  $T_F$  et préciser leurs valeurs.

Q7) En prenant ces valeurs de  $T_C$  et de  $T_F$ , calculer le rendement d'un cycle de Carnot opérant entre les mêmes températures. Pourquoi est-il supérieur à celui du cycle de Beau de Rochas ?

### Exercice 3

Les deux lois de Joule définissant le comportement d'une masse  $m$  de gaz parfait sont données par :  $dU = m c_V dT$  et  $dH = m c_P dT$ , où  $U$  représente l'énergie interne du gaz,  $H = U + PV$  son enthalpie et  $T$  sa température.

Q1) Sachant que  $c_V$  et  $c_P$  sont constantes, déduire des deux lois de Joule l'équation d'état des gaz parfaits.