

## TD 4 : Second principe de la thermodynamique - - cycles moteurs

### Exercice 1 : Cycle de Carnot (rappels)

On se propose d'étudier un cycle relatif à  $1\text{ kg}$  d'air en évolution réversible entre une source chaude à la température  $T_C = 823\text{ K}$  et une source froide à la température  $T_F = 288\text{ K}$ . L'état initial confondu avec l'état final a comme caractéristiques  $P_1 = 10^5\text{ Pa}$  et  $T_1 = T_F$ .

L'air est assimilé à un gaz parfait de caractéristiques :  $r = 287\text{ J/(kg K)}$  et  $C_V = 713\text{ J/(kg K)}$ .

Le cycle de Carnot est composé des évolutions suivantes :

- isotherme à la température  $T_F$  de l'état 1 à l'état 2,
- isentropique de l'état 2 à l'état 3 défini par  $P_3 = 6 \cdot 10^6\text{ Pa}$  et  $T_3 = T_C$ ,
- isotherme à la température  $T_C$  de l'état 3 à l'état 4,
- isentropique de l'état 4 à l'état 1.

(a) Calculer les pressions et volumes massiques en chaque point du cycle.

(b) Calculer les divers travaux et quantités de chaleur échangés avec l'extérieur. En déduire le rendement thermodynamique.

### Exercice 2 : Cycle de Sabathe

On néglige tous les phénomènes de combustion et on admet un cylindre théorique contenant  $1\text{ kg}$  d'air, assimilé à un gaz parfait ; ici on prendra  $r = 287\text{ J/(kg K)}$ ,  $C_V = 713\text{ J/(kg K)}$ . Le cycle est défini comme suit :

- de 1 à 2 compression adiabatique,
- échauffement isochore de 2 à 3,
- échauffement isobare de 3 à 4,
- de 4 à 5 détente adiabatique jusqu'à  $V_5 = V_1$ ,
- retour à l'état initial.

Les pressions, températures et volumes sont donnés dans le tableau suivant, à compléter.

	Pression ( $Pa$ )	Température ( $K$ )	Volume ( $m^3$ )
Etat 1	$10^5$		0,927
Etat 2		787	
Etat 3		1603	
Etat 4		2473	
Etat 5		1208	0,927

Calculer les divers travaux et quantités de chaleur échangés avec l'extérieur. En déduire le rendement thermodynamique. Comparer ce dernier au rendement du moteur de Carnot.

### Exercice 3 : Cycle d'Ericsson

Un moteur contient  $1\text{ kg}$  d'air assimilé à un gaz parfait de caractéristiques :  $r = 287\text{ J/(kg K)}$  ,  $C_V = 713\text{ J/(kg K)}$  et  $C_P = 1000\text{ J/(kg K)}$ . L'air parcourt un cycle d'Ericsson constitué des quatre transformations réversibles suivantes :

- $1 \rightarrow 2$  : une isobare à la pression basse  $P_B = 1 \text{ bar}$ ,
- $2 \rightarrow 3$  : une isotherme à la température de la source froide  $T_F = 288 \text{ K}$ ,
- $3 \rightarrow 4$  : une isobare à la pression haute  $P_H = 10 \text{ bar}$ ,
- $4 \rightarrow 1$  : une isotherme à la température de la source chaude  $T_C = 873 \text{ K}$ .

(a) Représenter le cycle dans le plan  $(P, V)$ . Justifier que c'est un cycle moteur.

(b) Calculer les quantités de chaleurs échangées avec l'extérieur durant les deux transformations isobares. Vérifier qu'elles sont opposées.

Un échangeur de chaleur permet de transférer intégralement la chaleur cédée par la transformation  $1 \rightarrow 2$  à la transformation  $3 \rightarrow 4$ . Ainsi ces quantités de chaleur ne sont pas échangées avec les sources de chaleurs.

(c) Dédire des résultats précédents : le travail total échangé avec l'extérieur, la quantité de chaleur  $Q_C$  échangée entre le moteur et la source chaude, et la quantité de chaleur  $Q_F$  échangée entre le moteur et la source froide durant un cycle.

(d) En déduire le rendement du cycle et le comparer à celui d'un moteur de Carnot.

(e) Calculer la variation d'entropie totale (source chaude, plus source froide, plus moteur).