

DS1 de Thermodynamique

Semestre S3 – EC 03 02 SB 0102

Jeudi 8 novembre 2018 - 2 heures - Barème indicatif

Calculatrices ENIT autorisée

Documents autorisés : Tables thermodynamiques de l'eau

La notation prendra en compte la qualité de la rédaction :

- *démarche justifiée ;*
- *formulation littérale avec démonstration des formules (relations, expressions) utilisées ;*
- *résultats avec unités cohérentes.*

Exercice 1 : Cycle d'un gaz parfait

(11 points)

De l'air, assimilé à un gaz parfait ($m = 2,2$ mol et $\gamma = 1,4$), initialement à une température de $\theta_A = 300$ °C et une pression de $P_A = 3$ bars subit la succession de transformations suivantes :

- une détente isochore (AB) qui amène l'air à une pression $P_B = 1,5$ bar ;
- un chauffage isobare (BC) ;
- Enfin, une dernière transformation AC ramène l'air à l'état initial grâce à une compression isotherme.

Données : Constante des gaz parfaits :

$$R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Capacité thermique massique de l'air à volume constant :

$$c_V = 712,6 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Capacité thermique molaire de l'air à volume constant :

$$C_{M,V} = 20,8 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Capacité thermique massique de l'air à pression constante :

$$c_P = 998,7 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Capacité thermique molaire de l'air à pression constante :

$$C_{M,P} = 29,1 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

1. Caractéristiques du cycle.

- a) Présenter le système, le modèle, les états d'équilibre ainsi que la nature des transformations.
- b) Représentez le cycle dans un diagramme $P(V)$. Déterminez, en le justifiant, s'il s'agit d'un cycle moteur ou récepteur.
- c) Calculez la température T_B (avec **1 décimale**) atteinte à la fin de la détente isochore.

2. Étude énergétique du cycle.

Pour les applications numériques des énergies, vous ne conserverez que 4 chiffres significatifs.

- a) Calculez les travaux échangés (W_{AB} , W_{BC} et W_{CA}) au cours des 3 transformations (AB), (BC) et (CA).
- b) Que pouvez-vous conclure sur le travail total (W_T) échangé au cours du cycle de transformation ?

3. Étude entropique du cycle.

Au cours du cycle, les échanges thermiques (quantités de chaleur) ont lieu entre le gaz et deux sources de chaleur. Pendant la transformation (AB), le système échange avec un premier thermostat à la température $\theta_1 = 13,5$ °C. Puis, le système échange de l'énergie thermique avec un second thermostat dont la température est égale à $\theta_2 = 300$ °C pendant les deux transformations (BC) et (CA).

Pour les applications numériques des calculs entropiques, vous ne conserverez que trois chiffres significatifs.

- Calculez la variation d'entropie du gaz au cours de la transformation isochore (AB), puis son entropie d'échange. En déduire l'entropie produite durant cette transformation (AB).
- Calculez la variation d'entropie du gaz et l'entropie d'échange au cours du chauffage (BC). En déduire l'entropie créée entre B et C.
- De même, calculez la variation d'entropie du gaz et l'entropie d'échange au cours de la compression isotherme (CA). En déduire l'entropie créée entre C et A.
- En déduire l'entropie créée au cours du cycle ABCA. Le cycle proposé est-il réalisable ? Dans l'affirmative, précisez s'il s'effectue de manière réversible ou irréversible.

Exercice 2 : Compression d'un gaz réel

(X points)

Une enceinte munie d'un piston mobile qui coulisse sans frottement, contient une masse $m = 1,6$ kg de vapeur surchauffée, initialement à la pression $P_1 = 4$ bars et son volume massique est tel que $v_1 = 0,5342$ m³/kg (état 1). Cette vapeur doit être portée à une pression $P_2 = 12$ bars.

Pour parvenir à ce résultat, on se propose d'étudier et de comparer deux transformations que l'on supposera réversibles :

- L'eau est comprimée de manière isotherme jusqu'à la pression P_2 (état 2).
- La vapeur surchauffée subit une compression adiabatique jusqu'à la pression de 12 bars (état 3).

Les tables de variables thermodynamiques seront utilisées pour mener toute l'étude.

Pour les applications numériques des énergies, vous ne conserverez que 4 chiffres significatifs.

1 — Étude de la compression isotherme réversible

- Quelle est la température initiale (θ_1) de la vapeur surchauffée.
- Que vaut le volume occupé par la vapeur à l'état initial (V_1) ?
- Quel est le volume de la vapeur en fin de compression isotherme (V_2) ?
- Déterminer la quantité de chaleur, Q_{12} , échangée au cours de cette transformation.
- Quel travail faut-il fournir à la vapeur pour qu'elle soit comprimée jusqu'à la pression de 12 bars ?

2 — Étude de la compression adiabatique réversible

- Quel autre nom donne-t-on à ce type de transformation ? Argumenter votre réponse.
- Quelle est la température finale (θ_3) atteinte par la vapeur surchauffée en fin de compression adiabatique réversible.
- Quel est le volume de la vapeur à l'état 3 (V_3) ?
- Calculer le travail nécessaire pour réaliser cette transformation de la vapeur jusqu'à la pression de 12 bars ?
- Comparer les résultats obtenus pour les 2 types de transformation.

— *Bon courage* —