

# Sujet Final ER41/PS82 A2022

Nom:  
Prénom

Signature:

Durée 1h30

---

## Exercice 0 ( 3 points) :

**Question 1 (1 point):** Rappelez le principe de fonctionnement d'un moteur thermique à 4 temps.

**Question 2 (1 point):** Donnez l'expression du travail total au cours d'un cycle pour ce type de moteur.

**Question 3 (1 point):** Quelle est la fonction d'état que l'on va privilégier pour l'étude de ce type de système? Quelle est son expression?

---

## Exercice 1: Pompe à chaleur (9 Points)

Une pompe à chaleur fonctionne entre deux sources : une nappe souterraine et l'eau du circuit de chauffage.

Le fluide utilisé dans cette pompe à chaleur est de l'air assimilable à un gaz parfait de constante  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , de capacité thermique molaire à pression constante  $C_p = 29,1 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Le rapport des capacités thermiques molaires à pression constante  $C_p$  et à volume constant  $C_v$  vaut  $\gamma = 1,4$ .

L'air de la pompe à chaleur décrit le cycle de transformations suivant :

- Passage de l'état initial A, à l'état B par une compression adiabatique dans un compresseur.

*état A: pression:  $P_A = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ , volume  $V_A$ , température  $T_A = 298 \text{ K}$ ;*

*état B: pression:  $P_B = 2,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ , volume  $V_B$ , température  $T_B$ .*

- Passage de l'état B à l'état C par une transformation isobare pendant laquelle l'air reçoit de la source chaude une quantité de chaleur  $Q_1$ .

*état C : pression  $P_C = P_B$ , température  $T_C = 340 \text{ K}$*

- Passage de l'état C à l'état D par une détente adiabatique.

état D : pression  $P_D = P_A$ , température  $T_D$

- Passage de l'état D à l'état A par une transformation isobare pendant laquelle l'air reçoit de la source froide une quantité de chaleur  $Q_2$ .

On effectuera les calculs relatifs à une mole d'air.

**Question 1 (1 point):** Quelle est la source froide? Quelle est la source chaude?

**Question 2 (1 point):** Tracez dans un diagramme de Clapeyron (PV) les différentes transformations.

**Question 3 (1 point):** Calculer les volumes  $V_A$  et  $V_B$

**Question 4 (1 point):** Calculer les températures  $T_B$  et  $T_D$

**Question 5 (2 points):** Pour chaque Cycle décrit par une mole d'air, calculer

5.1 → Les quantités de chaleur  $Q_1$  et  $Q_2$

5.2 → Le travail  $W$  reçu au cours de la totalité du cycle

**Question 6 (3 points):** L'efficacité  $\epsilon$  de la pompe à chaleur est le rapport entre la chaleur reçue de la source chaude au cours d'un cycle et le travail reçu par l'air au cours du même cycle.

6.1 → Justifier le choix de cette définition

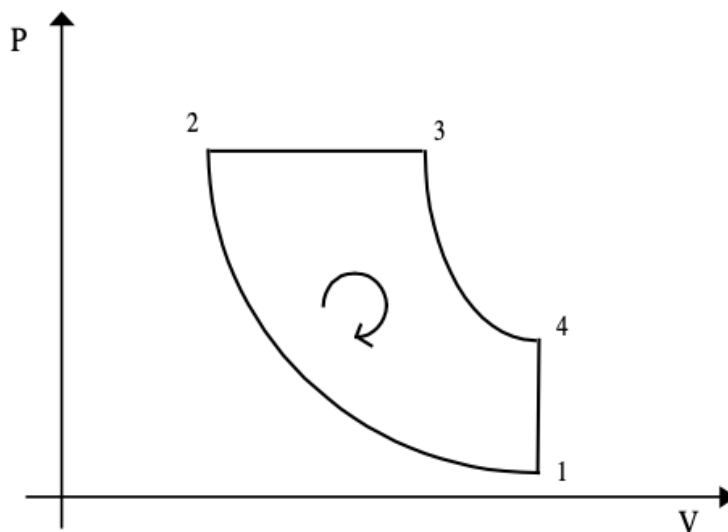
6.2 → Exprimez  $\epsilon$  en fonction de  $Q_1$  et de  $W$ . Calculez sa valeur

6.3 → Par rapport au COP des pompes à chaleur du marché est ce que cette valeur est intéressante?

---

## Exercice 2 (8 points): Comment se fournir en électricité avec un moteur thermique?

L'objectif de cet exercice est d'étudier le fonctionnement d'un moteur thermique de type Diesel monté sur un groupe électrogène. La conversion d'énergie est assurée par de l'air qui décrit le cycle représenté par la figure suivante:



Chaque transformation est considérée comme réversible. Les trajets 1-2 et 3-4 sont adiabatiques.

Dans le tableau suivant vous trouverez des indications sur les différents états du système. Les calculs porteront sur 1 mol d'air  $P_1 = 1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa}$ ;  $T_1 = 300 \text{ K}$  afin de simplifier les applications numériques. Il est rappelé que  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  et

que pour l'air  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$ . On donne en outre  $C_v = 20,8 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Etat 1	Etat 2	Etat 3	Etat 4
$P_1 = 1 \text{ Bar}; T_1 = 300 \text{ K}$	$\frac{V_1}{V_2} = 14$	$T_3 = 1340 \text{ K}$	$T_4 = 556 \text{ K}$

**Question 1 (1 point):** Montrez que  $T_2 = 862 \text{ K}$  en utilisant la caractéristique adiabatique de la transformation 1-2.

**Question 2 (1 point):** Pourquoi  $T_3$  est-elle la température la plus élevée du cycle?

**Question 3 (2 points):** Donnez la quantité de chaleur échangée par une mole d'air pour chacune des 4 transformations du cycle.

**Question 4 (1 point):** Quelle est la variation de l'énergie interne de l'air au cours du cycle. En déduire la valeur algébrique du travail reçu par une mole d'air au cours du cycle.

**Question 5 (1 point):** Quel est le rendement théorique du moteur?

**Question 6 (1 point):** Le rendement réel n'est que de 0,45. Le carburant utilisé dégage  $45 \cdot 10^3 \text{ kJ}$  par litre lors de sa combustion. Sachant que la consommation est de  $1 \text{ l/h}$ , calculez le travail mécanique qu'il fournit en une heure et sa puissance mécanique.

**Question 7 (1 point):** Pourrait-on améliorer le rendement de ce moteur en utilisant un turbocompresseur comme on le fait pour des moteurs diesel destinés à des chaînes de traction de voiture? Expliquez.