

Thermodynamique

Travaux dirigés # 2 – Second principe de la thermodynamique. Calculs d'entropie.

Thèmes abordés :

- Second principe de la thermodynamique
- Thermodynamique d'une résistance
- Calculs d'entropie

EXERCICE 1

Une capsule, contenant 2 moles de dioxygène comprimé à $P_0 = 50$ bars, explose brutalement à l'air ($P_f = 1$ bar). Initialement, la capsule est à la température de la pièce (20°C).

- 1) Calculer le travail échangé et la chaleur reçue par les 2 moles de gaz.
- 2) Quelle est la variation d'entropie du dioxygène ?
- 3) Quelle est la création d'entropie totale due à cette transformation ?

EXERCICE 2

Une résistance de $50\ \Omega$ est plongée dans un bain d'huile de température 20°C . Elle est traversée par un courant électrique $I = 2\text{A}$ pendant 2 secondes.

- 1) Le bain d'huile est un thermostat et le contact thermique résistance / huile est parfait.
 - a. Calculer la variation d'entropie de la résistance.
 - b. Calculer l'entropie créée (variation de l'entropie de l'Univers).
- 2) La résistance est isolée thermiquement de l'extérieur. Calculer la température finale de la résistance et l'entropie créée sachant que la capacité thermique de la résistance est $C = 9\text{ J.K}^{-1}$.

Travaux dirigés # 3 – Machines thermiques

Thèmes abordés :

- Machines thermiques : moteur Diesel
- Cycles thermodynamiques

EXERCICE 1 – Le moteur diesel

On étudie un moteur Diesel comportant 4 cylindres et de cylindrée totale 2200 cm^3 . Dans ce moteur, l'air subit les transformations quasi-statiques suivantes :

- État 1→2 : l'air admis dans l'état initial (P_1, V_1, T_1) est comprimé de façon adiabatique réversible lors de la remontée du piston.
- État 2→3 : dilatation à pression constante due à l'injection progressive du carburant en fines gouttelettes et leur inflammation.
- État 3→4 : détente adiabatique réversible (le piston continue sa descente provoquée par la combustion)
- État 4→1 : refroidissement à volume constant dû à la mise en contact avec l'atmosphère par ouverture de la soupape d'échappement et retour à l'état initial.

On définit a et b comme étant, respectivement, le rapport de compression et le rapport d'injection $a = V_1/V_2$ et $b = V_3/V_2$. Au cours du cycle, on négligera la variation du nombre de moles due à l'injection de carburant et à sa combustion. On assimilera les gaz à des gaz parfaits diatomiques de capacités calorifiques molaires constantes.

3) Représenter le cycle dans un diagramme de Clapeyron $P(V)$ et dans un diagramme entropique $T(S)$.

4) L'air admis dans les cylindres est à la pression $P_1 = 1 \text{ bar}$, à la température $T_1 = 40^\circ\text{C}$. Le volume d'admission est $V_1 = 550 \text{ cm}^3$ et le rapport de compression vaut $a = 10$.

- Déterminer n_0 , le nombre de moles d'air admis
- Exprimer P_2, V_2, T_2 en fonction de P_1, V_1, T_1, a et $\gamma = C_p/C_v$. Calculer leurs valeurs.

5) On règle l'injection de carburant de façon à ce que la combustion de 1 g de carburant fournisse $40\,000 \text{ J}$ et nécessite 1 mole d'air.

- Quelle est la masse de carburant injectée par cycle et par cylindre ?
- Calculer la chaleur dégagée par la combustion Q_{2-3} et en déduire la température T_3 en fin de combustion.
- Calculer les variables d'état P, V, T pour les différents points remarquables du cycle Diesel. Quel est alors le rapport volumétrique d'injection b ?

6) Calculer pour chacune des quatre étapes du cycle le travail fourni aux n_0 moles de gaz. Calculer alors le travail total fourni au cours du cycle.

7) Quel est le rendement du moteur ? Quelle est la puissance fournie lorsque le moteur tourne à 5 000 tours/minute ? Quelle est la consommation de carburant (en L/kWh) (la densité du carburant sera prise égale à 0.9) ?

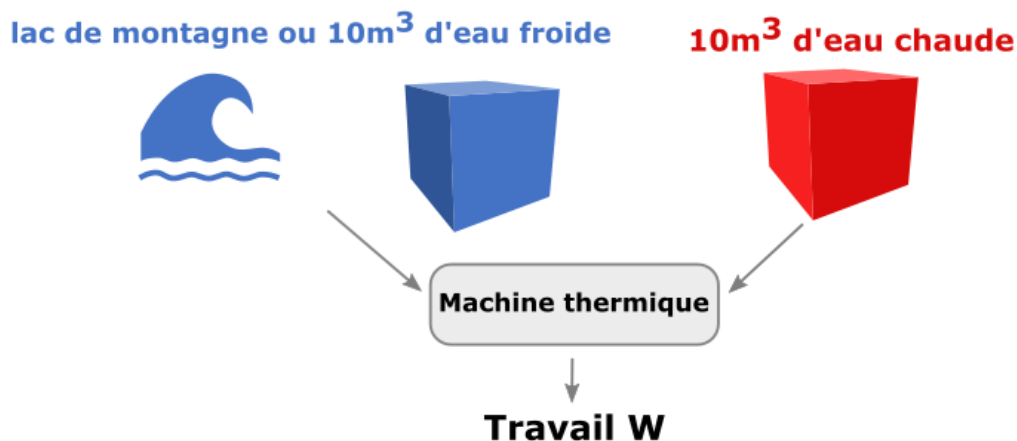
8) Au cours de l'échappement, les gaz cèdent de l'énergie au milieu extérieur. On décide d'utiliser les gaz d'échappement pour faire tourner une turbine montée sur le même arbre qu'un petit compresseur. Ce compresseur permet d'alimenter les cylindres avec une nouvelle pression initiale $P'_1 = 1.5$ bars (T_1 reste égale à 40°C).

- Déterminer n'_0 la nouvelle valeur du nombre de moles d'air admis dans le cylindre.
- Calculer les nouvelles variables d'état P, V, T pour les différents points remarquables du cycle turbodiesel.
- Calculer alors la nouvelle puissance du moteur à 5 000 tr/mn et le nouveau rendement.

EXERCICE 2

Calculer le travail maximal que l'on peut faire fournir à un fluide travaillant entre les sources chaudes et froides suivantes (à pression constante) :

- 10 m³ d'eau liquide à 100°C et un lac à 0°C
- 10 m³ d'eau liquide à 100°C et 10 m³ d'eau liquide à 0°C. Quelle est la température finale d'équilibre ? On considèrera que le contact à la source chaude et à la source froide est parfait, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de résistance thermique entre les sources et la machine.



3) La machine thermique est utilisée dans une habitation dans laquelle est installé un système de chauffage électrique domestique (convecteurs par exemple). La puissance installée est de 17 kW. Calculer dans chacun des deux cas la durée pendant laquelle cette installation pourra fonctionner.