

Final ER41 A2010

B. Blunier, A. Vaudrey

18 janvier 2011

1 Questions de cours (4 pt)

Question n° 1 (2pt) :

Expliquez de la manière qui vous semblera la meilleure, la différence entre « puissance » et « énergie ».

Question n° 2 (2pt) :

Expliquez simplement, en une phrase, ce qu'est l'énergie interne d'un volume de gaz parfait (1pt). À l'aide de la formule permettant de calculer l'énergie interne de ce gaz à partir de sa température, expliquez ensuite, toujours en une phrase, ce que représente la température du gaz (1pt).

2 Exercices (17,5)

Cycle, travail et chaleur

Exercice 1 (4,5 points)

Une certaine masse d'air est enfermée dans un système cylindre/piston dans les conditions initiales (point A en coordonnées de Clapeyron) $p_A \approx 1 \text{ bar}$, $V_A \approx 0,010 \text{ m}^3$, $T_A \approx 273 \text{ K}$.

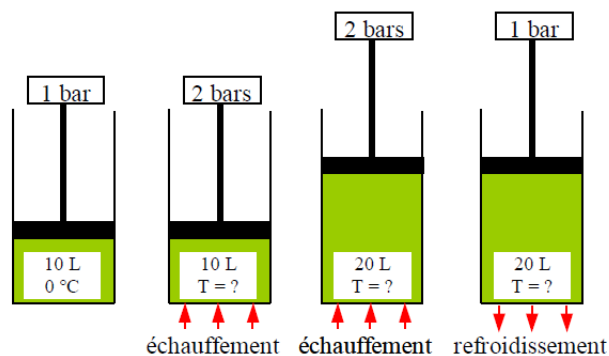


Figure 1 – États du gaz

On lui fait subir une série de transformations représentées par le rectangle $ABCD$ ci-dessous (figures 1 et 2). L'ordonnée de B est $p_B = 2 \cdot p_A$, l'abscisse de D est $V_D = 2 \cdot V_A$.

On donne :

- chaleur massique de l'air à pression constante : $C_p \approx 992 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$;
- constante des gaz parfaits $R \approx 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$;

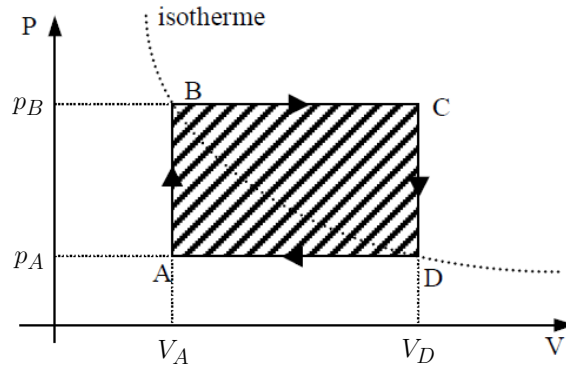


Figure 2 – Cycle thermodynamique

- $C_p/C_v = \gamma \approx 1,42$;
- Masse molaire de l'air $M \approx 29$ g/mole.

Question n° 1 (1pt) :

Calculez le travail échangé au cours du cycle ABCD.

Question n° 2 (0,5pt) :

Calculez la masse d'air m contenue dans le système.

Question n° 3 (1,5pt) :

Déterminez la température de l'air dans les états B, C et D.

Question n° 4 (1,5pt) :

Calculez les quantités de chaleur mises en jeu pendant les transformations AB, BC, CD et DA.

Exercice 2 (3 points)

Un échantillon d'un gaz idéal est soumis à une transformation telle que celle illustrée par la figure 3. De A à B, la transformation est adiabatique; de B à C, la transformation est isobare avec 100 kJ de chaleur entrant dans le système. De C à D, la transformation est isotherme; de D à A, la transformation est isobare avec 150 kJ de chaleur sortant du système.

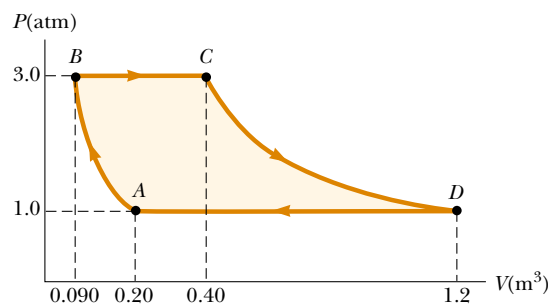


Figure 3 – Transformation exercice 3

Question n° 1 (3pt) :

Déterminer la variation d'énergie interne de A à B.

Exercice 3 : Puissance d'une turbine à vapeur (4 points)

Une turbine à vapeur entraîne un alternateur. La vapeur d'eau sous pression entraîne les pales de la turbine qui se met à tourner et entraîne dans sa rotation le rotor de l'alternateur. L'installation est donnée par la figure 4.

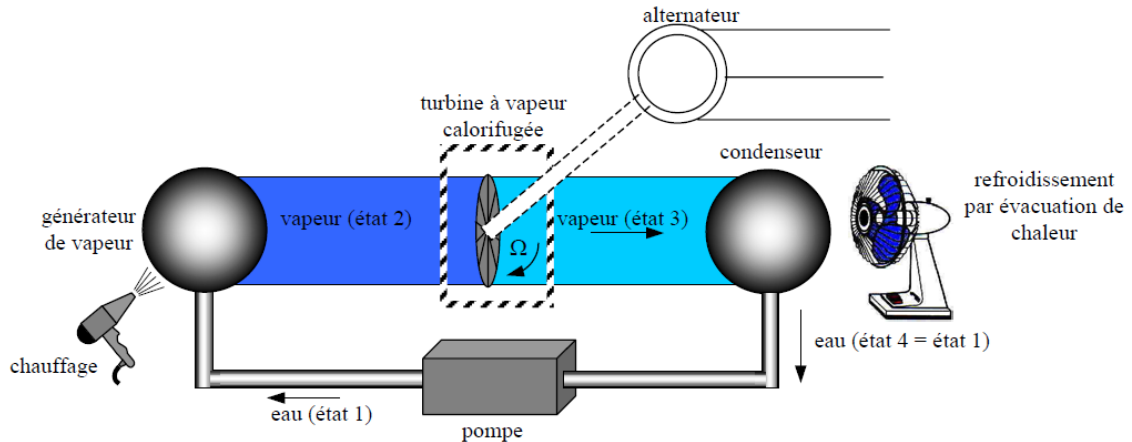


Figure 4 – Installation turbine à vapeur

Le cycle décrit par $M = 1$ kg d'eau est le suivant :

1. le générateur de vapeur (parois indéformables) fournit $Q_{m1} \approx 2800$ kJ/kg de chaleur à l'eau qui se transforme alors en vapeur sous pression,
2. une valve de sortie du générateur de vapeur s'ouvre, la vapeur entraîne alors une turbine calorifugée, fournissant ainsi un travail à l'extérieur (la turbine).
3. cette vapeur, une fois son travail fourni, est récupérée dans un condenseur¹ (parois indéformables) qui la transforme à nouveau en eau grâce au refroidissement qui s'y opère,
4. cette vapeur liquéfiée (eau liquide) a cédé à l'extérieur (air ambiant) une quantité de chaleur de 1200 kJ/kg.

L'eau a donc finalement décrit un cycle de transformations.

Question n° 1 (1,5pt) :

À l'aide du premier principe, calculez la variation d'énergie interne massique $(U_2 - U_1)/M$ et $(U_4 - U_3)/M$.

Question n° 2 (1,5pt) :

Sachant que l'eau décrit un cycle, déduisez-en la variation d'énergie interne massique $(U_3 - U_2)/M$ et le travail massique W_{23}/M qui est fourni à la turbine.

Question n° 3 (1pt) :

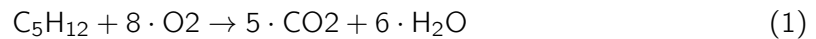
La turbine entraînant l'alternateur possède dans ce cas un débit massique $q_m = 4$ kg s⁻¹. Calculez la puissance P développée par la turbine.

1. liquéfacteur

Combustion

Exercice 4 : Combustion du penthane C_5H_{12} dans un récipient fermé (6 points)

On suppose que dans un récipient fermé, une mole de penthane (C_5H_{12}) est mélangée avec 4 moles de dioxygène (O_2) et une mole d'eau (H_2O). En supposant que la combustion du penthane dans le dioxygène se déroule selon l'équation bilan suivante :



Question n° 1 (1pt) :

Exprimez la variation de l'avancement de réaction $d\xi$ en fonction des quantités molaires consommées/formées de chacun des réactifs/produits de la réaction (1).

Question n° 2 (2pt) :

Déduisez en le tableau d'avancement de la réaction (1), tel que présenté ci-dessous.

ξ	$\mathcal{N}_{C_5H_{12}}$	\mathcal{N}_{O_2}	\mathcal{N}_{CO_2}	\mathcal{N}_{H_2O}
0				
ξ				
$\xi_{\max} =$				

Question n° 3 (1pt) :

Quelle sera la valeur de l'avancement maximal de la réaction ?

Question n° 4 (1pt) :

Quel sera le premier réactif épuisé ?

Question n° 5 (1pt) :

Quelle quantité molaire d'eau est nécessaire initialement pour que l'intégralité du penthane soit consommée lors de la réaction (1).