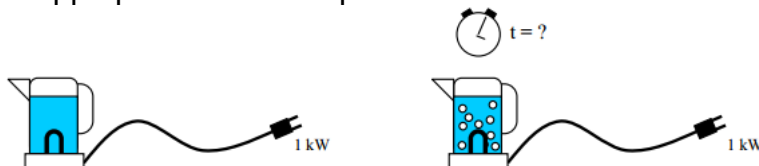


## TD N°1 : Rappel des principes de la thermodynamique

**EX1.** Calculez la quantité de chaleur  $Q$  nécessaire pour commencer à faire bouillir 1 L d'eau initialement à  $10^{\circ}\text{C}$ . On donne la valeur moyenne de la capacité calorifique massique de l'eau :  $C \approx 1 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$  et la masse volumique moyenne de l'eau  $\rho \approx 1 \text{ kg}/\text{dm}^3$ .



**EX2.** Une bouilloire électrique a pour puissance  $P \approx 1 \text{ kW}$  lorsqu'elle est alimentée par la prise secteur (tension efficace de  $230\text{V}$ ). On y place 1 L d'eau à  $10^{\circ}\text{C}$ . En combien de temps l'eau va bouillir ? (on suppose que toute la chaleur émise par la résistance électrique sert à chauffer l'eau). On rappelle que l'énergie  $Q$  développée par tout système qui développe pendant  $\Delta t$  une puissance  $P$  constante vaut :  $Q = P \cdot \Delta t$ .



**EX3.** Nous possédons  $M_{\text{ess}} \approx 260 \text{ g}$  d'essence que l'on brûle pour échauffer  $M \approx 4 \text{ kg}$  de glace initialement à  $-20^{\circ}\text{C}$  sous la pression atmosphérique. Quelle est la température finale de la vapeur obtenue ?

Données : chaleur latente de fusion de la glace :  $L_F \approx 352 \text{ kJ}/\text{kg}$ , pouvoir calorifique de l'essence :  $L_{\text{ess}} \approx 48 \cdot 10^3 \text{ kJ}/\text{kg}$ , chaleur latente de vaporisation de l'eau :  $L_V \approx 2256 \text{ kJ}/\text{kg}$ , capacité calorifique massique de la glace :  $C_{\text{glace}} \approx 2000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , capacité calorifique massique de l'eau :  $C_{\text{eau}} \approx 4185,5 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  et capacité calorifique massique de la vapeur d'eau  $C_{\text{vap}} \approx 2020 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

**EX4.** Un réservoir rigide contient un fluide chaud qui est refroidi par agitation, par une roue à aubes. Dans un premier temps, l'énergie interne du fluide est de  $800 \text{ kJ}$ . Pendant le processus de refroidissement, le fluide perd  $500 \text{ kJ}$  de chaleur et la roue à aubes exerce  $100 \text{ kJ}$  de travail sur le fluide.

Déterminer l'énergie interne finale du fluide.

**EX5.** Dans le diagramme de Clapeyron ( $P, V$ ), le point  $M$  représentant l'état d'un fluide décrit un cycle rectangulaire dans le sens trigonométrique : le volume varie entre  $V_1 = 1 \text{ L}$  et  $V_2 = 2 \text{ L}$ , la pression entre  $P_1 = 2 \text{ bar}$  et  $P_2 = 4 \text{ bar}$ .

Calculer le travail reçu par le fluide au cours du déplacement de  $M$  le long des quatre segments du rectangle ; en déduire le travail reçu après un cycle.

**EX6.** On effectue, de trois façons différentes, une compression qui amène du diazote, considéré comme un gaz parfait, de l'état 1 ( $P_1 = P_0 = 1 \text{ bar}$ ,  $V_1 = V_0$ ,  $T_1$ ), à l'état 2 ( $P_2 = 3P_0$ ,  $V_2 = V_0/3$ ,  $T_2$ ). La première évolution est isochore puis isobare, la seconde est isobare puis isochore, la troisième est isotherme à la température  $T_1$ .

1. Calculer la variation d'énergie interne du gaz entre les états 1 et 2.
2. Quels sont les travaux reçus dans les trois cas. En déduire les chaleurs reçues.

**EX7.** Un récipient fermé par un piston mobile renferme 2g d'hélium (supposé comme un gaz parfait monoatomique) dans les conditions  $(P_1, V_1)$ . On opère une compression adiabatique de façon réversible qui amène le gaz dans les conditions  $(P_2, V_2)$ . Sachant que  $P_1 = 1\text{bar}$  ;  $V_1 = 10\text{L}$  ;  $P_2 = 3\text{bar}$ .

Déterminer le volume final  $V_2$  et le travail échangé par le gaz avec le milieu extérieur. Calculer la variation d'énergie interne du gaz et déduire la variation de température du gaz sans calculer sa température initiale.

On donne :  $\gamma = C_p/C_v = 5/3$  ;  $R = 8,32 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ .

**EX8.** Une salle contient 40 personnes doit être climatisée avec une unité de conditionnement d'air d'une capacité de refroidissement de 5kW. Une personne au repos peut dissiper la chaleur à une vitesse d'environ 360 kJ/h. La salle contient 10 ampoules de 100W. Le taux de transfert de chaleur vers la salle à travers les murs et les fenêtres est estimé à 15000 kJ/h. Si l'air de la pièce doit être maintenue à une température constante de 21 °C, déterminer le nombre d'unités de climatisation nécessaires.

**EX9.** Un gaz dans un ensemble piston-cylindre est soumis à un processus d'expansion pour lequel la relation entre la pression et le volume est donné par :

$$P.V^n = \text{const}$$

La pression initiale est de 3 bars, le volume initial est  $0,1\text{m}^3$  et le volume final est  $0,2\text{m}^3$ . Déterminer le travail pour le processus en kJ pour les trois cas suivants : (a)  $n = 1,5$  ; (b)  $n = 1,0$  ; (c)  $n = 0$ .

**EX10.** L'air est contenu dans un système, vertical, piston-cylindre muni d'une résistance électrique. L'atmosphère exerce une pression de 1bar sur le dessus du piston, qui a une masse de 45 kg et une surface de  $0,9\text{m}^2$ . Le courant électrique passe à travers la résistance et le volume de l'air augmente rapidement de  $0,45\text{m}^3$ , tandis que la pression reste constante. La masse de l'air est 0,27kg et son énergie interne augmente de 42kJ/kg. L'air et le piston sont au repos à l'état initial et à l'état final. Le matériau piston-cylindre est un composite céramique, donc un bon isolant. Le frottement entre la paroi du piston et le cylindre peut être négligé. Déterminer le transfert de chaleur de la résistance à l'air, en kJ, pour un système comprenant : (a) l'air seul, (b) l'air et le piston. On donne :  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

**EX11.** 50 moles de gaz parfait contenus dans un cylindre horizontal, fermé par un piston mobile pouvant se déplacer sans frottement et de section  $(A = 0,2 \text{ m}^2)$ . La pression  $P_0$  et la température  $T_0$  initiales du système sont respectivement de 10bar et de 293K. Ce système subit une détente qui l'amène dans un état final, en équilibre thermique et mécanique avec son environnement, où la pression  $P_1$  est de 1 bar est la température  $T_1$  de 293 K. On réalise cette détente de deux façons différentes.

1. Détente isotherme.

- Déterminer le travail mécanique totale  $W_p$  échangé ainsi que le travail  $W_F$  échangé avec l'opérateur extérieur (force extérieure) au cours de la transformation.
- Quelle est l'expression  $F(V)$  de la norme de la force appliquée par l'opérateur extérieur ? Calculer sa valeur pour l'état initial et pour un volume  $V$  du système de  $1 \text{ m}^3$ .

2. Détente isotempérature contre une pression extérieure au système uniquement due à l'environnement.

- Quel travail mécanique total  $W_p$  le système échange-t-il dans ces conditions ?