

## EXERCICE 1

Un injecteur d'essence dans un moteur de voiture doit fournir une quantité de chaleur spécifique,  $q_{combustion} = 300 \text{ kJ/kg}$ .

1. Calculer l'énergie fournie le moteur lorsque la masse d'air  $m_{air} = 0.5 \text{ kg}$ .
2. Quelle sera cette énergie lorsque la masse d'air  $m_{air} = 1.5 \text{ kg}$ .
3. Qu'est ce que vous constatez?

## EXERCICE 2

Une chambre de combustion interne dans un turboréacteur doit fournir une quantité de chaleur spécifique notée  $q_{combustion} = 800 \text{ kJ/kg}$ .

1. Calculer la puissance fournie par le turboréacteur lorsque le débit d'air  $\dot{m}_{air} = 1 \text{ kg/s}$ .
2. Quelle sera cette puissance lorsque le débit d'air  $\dot{m}_{air} = 2 \text{ kg}$ .
3. Qu'est ce que vous constatez?

## EXERCICE 3

Un ressort est comprimé depuis une longueur de  $30 \text{ cm}$  jusqu'à une longueur de  $5 \text{ cm}$ , le ressort est tel qu'il exerce une force indépendante de sa longueur, et égale à :  $F = 6 \text{ kN}$ .

Question 1 :

Calculer l'énergie fournie au ressort sous forme de travail pendant la compression?

Le même ressort est comprimé depuis les mêmes longueurs, initiale et finale, cette fois-ci, le ressort exerce une force (en  $N$ ) liée à sa longueur par la relation :

$$F(\ell) = 9.10^3 - 14.10^3 \cdot \ell$$

Question 2 :

Dans ce cas, quelle sera l'énergie fournie au ressort sous forme de travail?

## EXERCICE 4

La capacité thermique (ou calorifique) massique de l'acier solide est constante (indépendante de la température  $T$ ), est égale à :

$$c_{acier} = 475 \text{ J/kg.K}$$

Question :

Combien faut-il de chaleur pour faire passer un bloc d'acier de masse  $M = 100 \text{ kg}$  depuis une température initiale  $T_i = 10^\circ \text{ C}$  à une température finale  $T_f = 50^\circ \text{ C}$

## EXERCICE 5

La chaudière du système de chauffage central d'un bâtiment (fig) fonctionne avec la combustion du kérosène. L'eau pénètre dans la chaudière à une température,

$T_C = 20^\circ \text{ C}$  et en ressort à  $T_D = 70^\circ \text{ C}$ , avec un débit  $\dot{V}_{eau} = 0.25 \text{ L/s}$ .

La chambre de combustion admet de l'air à  $T_A = 8^\circ \text{ C}$  et il sort par la cheminée à une température  $T_B = 120^\circ \text{ C}$ , le débit d'air est  $\dot{m}_{air} = 0.25 \text{ kg/s}$ .

On donne :

- La chaleur spécifique de combustion du kérosène :

$$q_{kr} = 46.4 \text{ MJ/kg}$$

- La capacité calorifique massique de l'eau liquide :

$$c_{eau} = 4.18 \text{ kJ/kg.K}$$

- La capacité calorifique massique de l'air à pression constante :

$$c_{air} = 1.15 \text{ kJ/kg.K}$$

1. Calculer la consommation horaire de kérosène par la chaudière.
2. Calculer la capacité de la chaudière, rapport entre son transfert de chaleur utile et sa consommation énergétique.

→ débit massique de kérosène

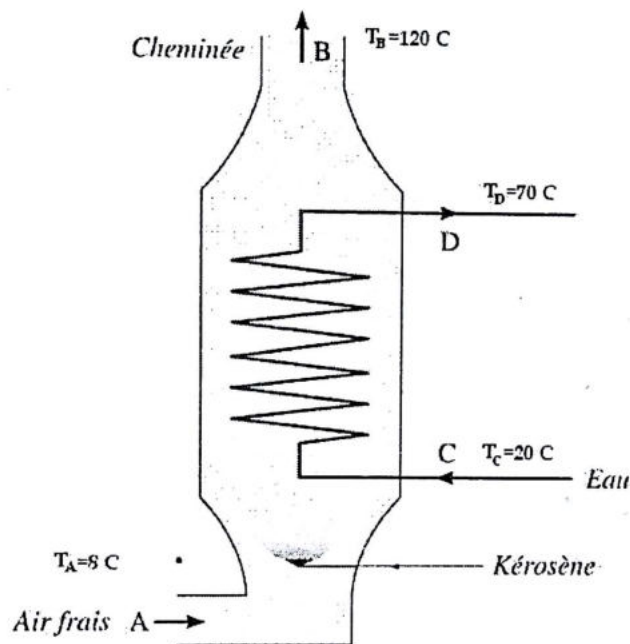


Fig. 1: Principe de fonctionnement de la chaudière, utilisée pour le chauffage de l'eau du bâtiment

## EXERCICE 1 : ÉTUDE D'UNE CENTRALE À VAPEUR

Le circuit suivi par l'eau dans une centrale à vapeur est représenté de façon simplifiée dans la figure ci dessous : On donne : le débit d'eau circulant dans la centrale est  $15\text{kg/s}$

- Passage A  $\rightarrow$  B : L'eau liquide est comprimée dans une pompe. Elle y reçoit un travail spécifique  $w_{A-B} = +50\text{kJ/kg}$  sans transfert de chaleur.
- Passage B  $\rightarrow$  C : L'eau est chauffée dans la chaudière d'où elle ressort sous forme de vapeur. Elle y reçoit une chaleur spécifique  $q_{B-C} = +450\text{kJ/kg}$ , sans recevoir de travail.
- Passage C  $\rightarrow$  D : L'eau se détend dans la turbine, où elle dégage un travail spécifique  $w_{C-D} = -194\text{kJ/kg}$ , sans recevoir ou perdre de chaleur.
- Passage D  $\rightarrow$  A : L'eau est refroidie dans un condenseur, sans transfert de travail, où elle retrouve son état et ses propriétés originaux, avant de retourner à la pompe pour être à nouveau compresser.

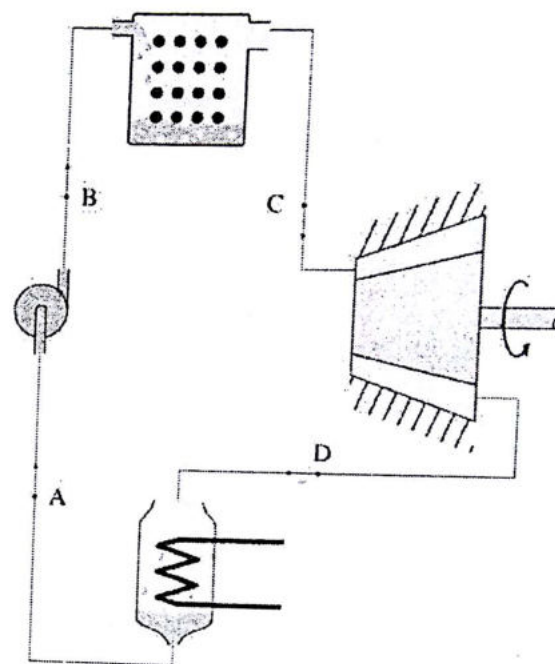


FIGURE 1 - Principe de fonctionnement d'une centrale à vapeur, chemin suivi par l'eau à l'intérieur de la centrale.

1. Quelle est la <sup>énergie</sup> puissance spécifique rejetée sous forme de chaleur dans le condenseur ?
2. Quelle est la puissance en [Watts] rejetée par le condenseur ?
3. Quelle est la puissance en [Watts] dégagée par la turbine sous forme de travail ?
4. Quelle est l'efficacité  $\eta_{centrale}$  de la centrale, c-à-d le rapport entre sa puissance et sa consommation ?

## EXERCICE 2 : ÉTUDE D'UN COMPRESSEUR

Un compresseur formé par un récipient, fermé par un piston mobile, contient  $2\text{g}$  de l'hélium (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  $(P_2, V_2)$ . Sachons que  $P_1 = 1\text{atm}$ ,  $V_1 = 10\text{L}$  et  $P_2 = 3\text{atm}$ . Calculer :

1. Le volume finale  $V_2$ .
2. Le travail reçu par le gaz.
3. La variation de l'énergie interne du gaz.
4. En déduire (sans calculer  $T_1$ ) l'élévation de température du gaz.

Données :  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$  et  $R = 8.35 \text{ J.K}^{-1}\text{.mol}^{-1}$

EXERCICE 3 : ETUDE D'UN MÉLANGE AIR-ESSENCE EN COMPRESSION

On effectue de 3 manières différentes une compression qui amène un mélange *air-essence* de l'état 1 à l'état 2 avec :

état 1 :  $P_1 = 1 \text{ bar}$  et  $V_1 = 3 \text{ L}$

état 2 :  $P_2 = 3 \text{ bar}$  et  $V_2 = 1 \text{ L}$

La première évolution est isochore puis isobare, la deuxième est isobare puis isochore, la troisième est isotherme ( $PV = \text{Cste}$ ). Calculer :

1. La variation de l'énergie interne  $\Delta U$  entre les 2 états.
2. Les travaux dans les 3 cas. Déduisez-en les chaleurs échangées : sont-elles reçues ou évacuées.

EXERCICE 4 : ETUDE DE LA DÉTENTE D'UN GAZ PARFAIT

Une mole de gaz parfait à une température initiale de  $298 \text{ K}$  se détend d'une pression de 5 atmosphères à une pression de 1 atmosphère. Dans chacun des cas suivants :

- Détente isotherme et réversible
- Détente isotherme et irréversible
- Détente adiabatique et réversible
- Détente adiabatique et irréversible

Calculer :

1. la température finale du gaz
2. la variation de l'énergie interne du gaz
3. le travail effectué par le gaz
4. la quantité de chaleur mise en jeu
5. la variation d'enthalpie du gaz

Données :  $C_v = \frac{3R}{2}$  et  $C_p = \frac{5R}{2}$

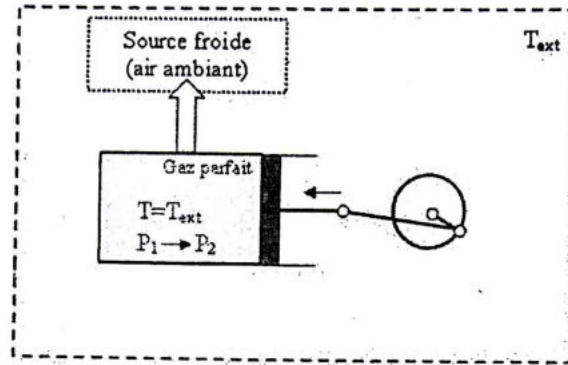
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kcal} = 4180 \text{ kJ}$$

## EXERCICE 1

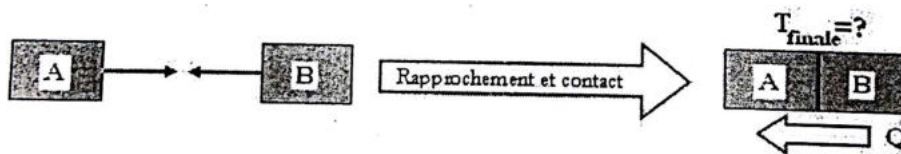
On effectue quasi-statiquement une compression monotherme de  $P_1$  à  $P_2$  (avec  $P_2 > P_1$ ) d'un gaz parfait situé dans un cylindre dont la température est égale à la température de l'air ambiant  $T_{ext}$  constante. Cette compression est suffisamment lente pour avoir la température  $T$  du gaz telle que  $T = T_{ext}$  à chaque instant : la compression est donc isotherme.



1. Calculez la variation d'entropie  $\Delta S_{1 \rightarrow 2}$  du gaz lors de la compression.
2. Calculez l'entropie  $S_{froide}$  gagnée par l'air ambiant.
3. Est-ce que la compression est réversible ?

## EXERCICE 2

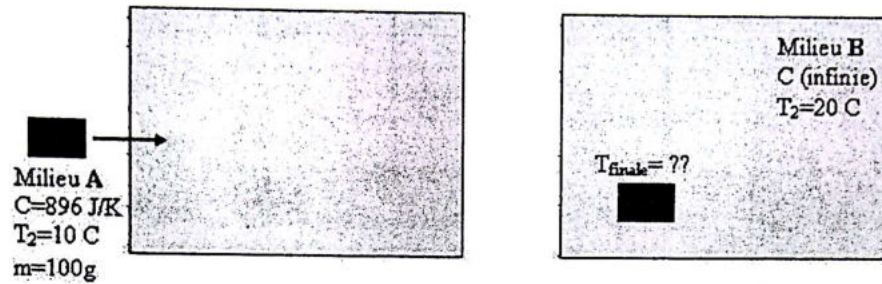
On possède un morceau de fer froid  $A$  de masse  $m_A = 100g$  à la température  $T_A = 0^\circ C$ . On le met en contact thermique avec un morceau de cuivre chaud  $B$  de masse  $m_B = 100g$  à la température  $T_B = 100^\circ C$ . On donne pour le fer  $C_A = 460 J \Delta kg^{-1} \Delta K^{-1}$  et pour le cuivre  $C_B = 385 J \Delta kg^{-1} \Delta K^{-1}$ . Les 2 morceaux  $A+B$  forment un système isolé (pas d'échange d'énergie avec l'extérieur).



1. En appliquant le premier principe de la thermodynamique relatif au système  $A+B$ , prouvez que  $Q_A = -Q_B$ , c'est-à-dire que la chaleur perdue par un morceau est intégralement gagnée par l'autre.
2. Calculez la température finale  $T_{finale}$  des 2 corps en équilibre thermique.
3. Calculez la variation d'entropie  $\Delta S_B$  du corps chaud. Le corps a-t-il perdu ou reçu de l'entropie ?

## EXERCICE 3

On appelle simplement "univers" le système composé du *système étudié et de son extérieur*, de cette manière l'univers forme un système *isolé* (aucune interaction avec un autre système). On possède un morceau d'aluminium froid  $A$  de masse  $m_A = 100g$  (système étudié) à la température  $T_1 = 10^\circ C$ . On le met en contact thermique avec l'air ambiant  $B$  de température  $T_2 = 20^\circ C$  (extérieur du système étudié). On donne pour l'aluminium  $C = 896 J/kg$ .



1. Calculez la variation d'entropie  $\Delta S_A$  du morceau d'aluminium.
2. Calculez la variation d'entropie  $\Delta S_B$  de l'air ambiant.
3. Déduisez - en la variation d'entropie  $\Delta S_{A+B}$  de "l'univers" (système isolé).