

Devoir de Thermos (EG/TC 2017)

Questions de cours :

- 1) Quels sont les paramètres physiques introduits par les principes 0¹ et 2²?
- 2) Existe-t-il une différence entre chaleur et température? Expliquez.
- 3) Par quel processus a-t-on pu mesurer la température?
- 4) Décrivez le cycle de Carnot.

Exercice :

- 1) Un moteur thermique suppose réversible cède 20 kJ à une source froide à 9°C
 - a) Quelle quantité de chaleur reçoit-il de la source chaude à 150°C?
 - b) Quel est le travail fourni et le rendement de ce moteur?
- 2) Deux solides de masse m_1 et m_2 , de chaleur spécifique C_1 et C_2 et de température T_1 et T_2 sont mis en contact dans une enceinte adiabatique.
 - a) Calculer leur température finale d'équilibre T_e et en déduire sa forme générale quand il s'agit de n solides.
 - b) Quelle est la variation d'entropie de l'ensemble des deux solides mis en contact?
- 3) Le cycle d'un turbo réacteur est composé d'une compression adiabatique AB, d'un chauffage ou combustion isobare BC, d'une détente adiabatique CD et d'un refroidissement isobare DA.
 - a) Tracer ce cycle dans les diagrammes (P,V) et (T,S)
 - b) En appliquant $P \cdot T^{-\gamma} = \text{cte}$ sur les adiabatiques, calculer le rendement η de ce cycle en fonction du rapport de compression $a = \frac{P_B}{P_A}$ et du coefficient γ .

NOM : Tidjani Boukari

PRENOM : Attaher

17/11/20

FEUILLE D'EXAMEN

Numéro d'inscription du candidat

2.

Epreuve de Thermodynamique

1.

3.

Feuille N° 1

Ne rien inscrire dans les cases 2 et 3

Epreuve de Thermodynamique

Ne rien inscrire dans la marge

cours = 7,5/8
EXO = 10/12

Questions de cours :

1) Les paramètres physiques introduits les principes 0, 1^{er} et 2nd :

* Principe zéro :

Il est connu comme l'existence de la température et de l'équilibre thermique entre les systèmes thermodynamiques. Le premier principe introduit alors la température comme paramètre physique

La température est une variable d'état permettant de mesurer le degré de chaud ou de froid.

* Premier principe :

Le principe introduit comme paramètre physique, l'énergie interne U qui est définie comme étant la quantité maximale d'énergie qu'on peut tirer d'un corps sans le désintégrer.

2

* Second principe

Ce principe quant à lui a introduit l'entropie S comme paramètre physique.

Tout système possède alors cette propriété (grandeur physique additive) notée S , et ne peut qu'augmenter (loi de l'évolution ou du vieillissement) au cours du temps.

2) Différence entre chaleur et température

La chaleur est la quantité d'énergie nécessaire qu'il faut apporter à un corps pour varier sa température d'une température T_1 à une température T_2 .

Il résulte de cette définition que la chaleur est une énergie (exprimée en Joule) au même titre que le travail, alors que la température est simplement une variable décrivant l'état d'un système au même titre que le volume ou la pression.

3) Processus de mesure de la température

La mesure de la température s'est effectuée suivant un long processus :

Ne rien inscrire dans la marge

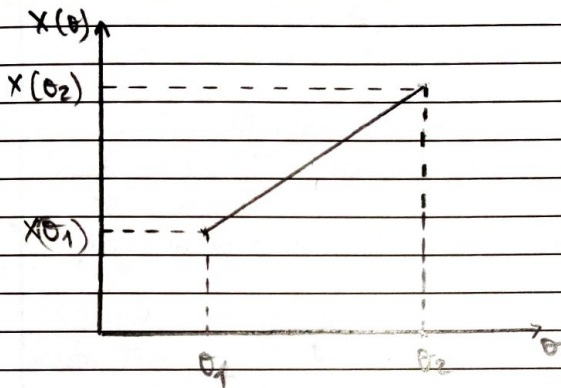
Le Candidat ne doit pas faire figurer son nom sur la copie

2

* On a défini d'abord des repères thermométriques à des points fixes $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$

* On a ensuite attribué des grandeurs thermométriques $X(\theta_1), X(\theta_2), \dots, X(\theta_n)$ aux valeurs respectives $\theta_1, \theta_2, \dots$ et θ_n .

Ce qui a permis l'obtention d'une courbe linéaire : $X(\theta) = a\theta + b$



$$X(\theta_1) = a\theta_1 + b \quad (1)$$

$$X(\theta_2) = a\theta_2 + b \quad (2)$$

$$(2) - (1) \Rightarrow X(\theta_2) - X(\theta_1) = a(\theta_2 - \theta_1)$$

$$\Rightarrow a = \frac{X(\theta_2) - X(\theta_1)}{\theta_2 - \theta_1}$$

$$(1) \Rightarrow b = X(\theta_1) - a\theta_1$$

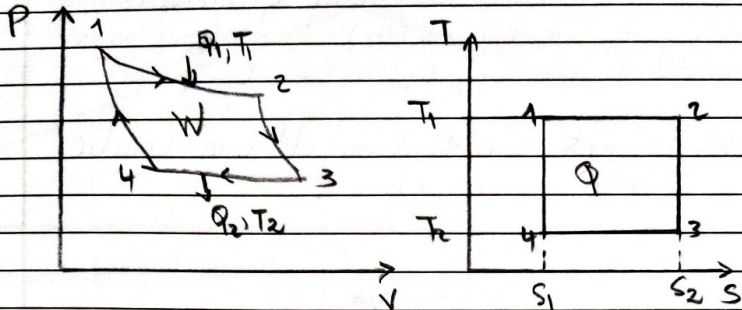
$$\text{d'où } X(\theta) = a\theta + b = a\theta + [X(\theta_1) - a\theta_1]$$

$$\Rightarrow X(\theta) = a(\theta - \theta_1) + X(\theta_1)$$

$$X(\theta) = \frac{X(\theta_2) - X(\theta_1)}{\theta_2 - \theta_1} (\theta - \theta_1) + X(\theta_1)$$

Connaissant l'allure de la courbe $X(\theta)$ et son équation, il est alors facile de mesurer la température des points intermédiaires
échelle ?

4) Description du cycle de Carnot



1-2 : apport isotherme de la quantité de chaleur Q_1 à la température T_1 .

2-3 : détente adiabatique du mélange.

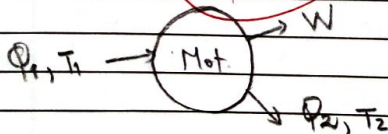
3-4 : rejet (évacuation) des gaz (Q_2 à la température T_2), c'est une isotherme

4-1 : Compression adiabatique ;

le rendement : $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2(S_2 - S_1)}{T_1(S_2 - S_1)}$

$\Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

Exercice 1 :



a) Les échanges de chaleur s'effectuent à températures constantes T_1 et T_2

$\Rightarrow Q_1 = T_1 \int_{S_1}^{S_2} ds = T_1 (S_2 - S_1)$ (1)

$Q_2 = T_2 \int_{S_2}^{S_1} ds = T_2 (S_2 - S_1)$ (2)

FEUILLE D'EXAMEN

Numéro d'inscription du candidat

2.

Epreuve de : Thermodynamique

2.

3.

Ne rien inscrire dans les cases 2 et 3

Feuille N° 3

Ne rien inscrire dans la marge

Epreuve de : Thermodynamique

① ⇒ $S_2 - S_1 = \frac{Q_1}{T_1}$, remplaçons $S_2 - S_1$

dans ② ⇒ $Q_2 = T_2(S_2 - S_1) = T_2 \frac{Q_1}{T_1}$

⇒ $Q_1 = \frac{Q_2 T_1}{T_2} = Q_2 \times \frac{T_1}{T_2}$

le moteur absorbe Q_1 , rejette Q_2 et fournit un travail W . le premier principe nous permet d'écrire

$\Delta U = \Delta Q + \Delta W = 0$ (cycle)

⇒ $\sum Q + \sum W = 0$

⇒ $+Q_1 - Q_2 - W = 0 \Rightarrow W = Q_1 - Q_2$

⇒ $W = Q_1 - Q_2 = 20 \text{ kJ} \Rightarrow Q_1 = 20 \text{ kJ} + Q_2$

on a alors

$$\begin{cases} Q_1 = Q_2 \frac{T_1}{T_2} = Q_2 \cdot \frac{150 + 273,15}{3 + 273,15} = 1,5 Q_2 \\ Q_1 = 20 \cdot 10^3 + Q_2 \end{cases}$$

⇒ $\begin{cases} Q_1 = 1,5 Q_2 \\ Q_1 = 20 \cdot 10^3 + Q_2 \end{cases}$ On a avec $Q_2 = 20 \text{ kJ} \Rightarrow Q_1 = 30 \text{ kJ}$ et $W = Q_1 - Q_2 = 10 \text{ kJ}$

⇒ $Q_2 = \frac{20 \cdot 10^3}{0,5} = 40 \cdot 10^3$

$$\text{d'où } \varphi_1 = 1,5 \varphi_2 = 1,5 \times 40 \cdot 10^3 = 60 \cdot 10^3$$

$$\rightarrow \varphi_1 = 60 \text{ kJ}$$

le moteur reçoit alors $\varphi_1 = 60 \text{ kJ}$ de la source chaude ($T_1 = 150^\circ\text{C}$).

b) le travail fourni

$$W = \varphi_1 - \varphi_2 = 60 \text{ kJ} - 40 \text{ kJ} = 20 \text{ kJ}$$

$\Rightarrow W = 20 \text{ kJ}$ le système fournit W .

$$\text{Rendement : } \eta = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\varphi_1} = \frac{W}{\varphi_1} = 1 - \frac{\varphi_2}{\varphi_1}$$

$$\eta = \frac{20}{60} = 0,333 = 33,3\%$$

$$\eta = 33,3\%$$

Exercice 2:

Solides m_1, c_1, T_1 et m_2, c_2, T_2

a) Calcul de la température de d'équilibre T_e .

Soit T_1 la température la plus élevée $\Rightarrow T_1 > T_2$

$$\text{On a : } m_1 c_1 (T_1 - T_e) = m_2 c_2 (T_e - T_2)$$

Ne rien inscrire dans la marge

Le Candidat ne doit pas faire figurer son nom sur la copie

FEUILLE D'EXAMEN

Numéro d'inscription du candidat

2.

Epreuve de : Thermodynamique

1.

3.

Ne rien inscrire dans les cases 2 et 3

Epreuve de : Thermodynamique..

Feuille N° 3

Ne rien inscrire dans la marge

$$\Rightarrow m_1 c_1 T_1 - m_1 c_1 T_e = m_2 c_2 T_e - m_2 c_2 T_2$$

$$\Rightarrow m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2 = m_1 c_1 T_e + m_2 c_2 T_e$$

$$\Rightarrow T_e (m_1 c_1 + m_2 c_2) = m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2$$

$$\Rightarrow T_e = \frac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

D'une manière générale, la température d'équilibre pour n solides en contact sera :

$$T_e = \frac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2 + \dots + m_n c_n T_n}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + \dots + m_n c_n}$$

$$\Rightarrow T_e = \frac{\sum_{i=1}^n m_i c_i T_i}{\sum_{i=1}^n m_i c_i}$$

$$T_e = \frac{\sum_{i=1}^n m_i c_i T_i}{\sum_{i=1}^n m_i c_i}$$

b) Variation d'entropie des deux solides :

mis en contact :

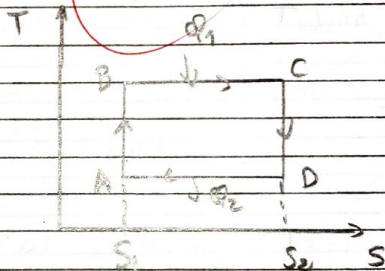
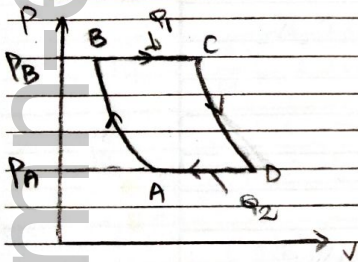
$$\Delta S = S_2 + S_1 = \int_{T_1}^{T_e} \frac{m_1 c_1 dT}{T} + \int_{T_e}^{T_2} \frac{m_2 c_2 dT}{T}$$

$$\rightarrow \Delta S = S_2 + S_1 = m_1 c_1 \ln\left(\frac{T_e}{T_1}\right) + m_2 c_2 \ln\left(\frac{T_e}{T_2}\right)$$

Ne rien inscrire dans la marge

Le Candidat ne doit pas faire figurer son nom sur la copie

Exercice 3:



a) Diagramme (P, V)

Diagramme (T, S)

b) Calcul du rendement : $P^{\gamma-1} \cdot T^{-\gamma} = \text{cte}$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{\varphi(T_A - T_D)}{\varphi(T_C - T_B)} = 1 - \frac{T_A - T_D}{T_C - T_B}$$

$$\left. \begin{aligned} P_A^{\gamma-1} \cdot T_A^{-\gamma} &= P_B^{\gamma-1} \cdot T_B^{-\gamma} \\ P_D^{\gamma-1} \cdot T_D^{-\gamma} &= P_C^{\gamma-1} \cdot T_C^{-\gamma} \end{aligned} \right\}$$

avec $P_D = P_A$
 $P_C = P_B$

$$P_A^{\gamma-1} \cdot T_D^{-\gamma} = P_B^{\gamma-1} \cdot T_C^{-\gamma} \Rightarrow T_C^{-\gamma} = \frac{P_A^{\gamma-1} \cdot T_D^{-\gamma}}{P_B^{\gamma-1}}$$

$$\Rightarrow T_C^{-\gamma} = \left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\gamma-1} \cdot T_D^{-\gamma} \Rightarrow T_C = \left[\left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\gamma-1} \cdot T_D^{-\gamma}\right]^{-\frac{1}{\gamma}}$$

FEUILLE D'EXAMEN

Numéro d'inscription du candidat

2.

Epreuve de : Thermodynamique

1.

3.

Feuille N° 4

Ne rien inscrire dans la marge

Ne rien inscrire dans les cases 2 et 3

Epreuve de : Thermodynamique

$$\Rightarrow T_c = \left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \cdot T_D$$

$$P_A^{\gamma-1} \cdot T_A^{-\gamma} = P_B^{\gamma-1} \cdot T_B^{-\gamma} \Rightarrow T_B^{-\gamma} = \frac{P_A^{\gamma-1} \cdot T_A^{-\gamma}}{P_B^{\gamma-1}}$$

$$\Rightarrow T_B^{-\gamma} = \left(\frac{1}{a}\right)^{\gamma-1} \cdot T_A^{-\gamma}$$

$$\Rightarrow T_B = \left[\left(\frac{1}{a}\right)^{\gamma-1} \cdot T_A^{-\gamma} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} = \left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \cdot T_A$$

$$\Rightarrow T_B = \left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \cdot T_A$$

Remplaçons T_B et T_c dans $\eta = 1 - \frac{T_A - T_D}{T_c - T_B}$

$$\eta = 1 - \frac{T_A - T_D}{\left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} T_D - \left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} T_A}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_A - T_D}{\left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} [T_D - T_A]} = 1 + \frac{(T_A - T_D)}{\left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} [T_A - T_D]}$$

$$\Rightarrow \eta = 1 + \frac{1}{\left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}} = 1 + \left(\frac{1}{a}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 1 + (a-1)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$r = 1 + a \frac{1-r}{r}$$

Ne rien inscrire dans la marge

Le Candidat ne doit pas faire figurer son nom sur la copie