

Nom :

A M L I L E

Prénom :

I M A N E

Code Apogée

1 9 0 0 8 6 1 9

Félicitation IMANE

-Session Normale-

1^{ère} Note :

19,5

20

Date : 23 / 12 / 2019

Horaire : 11 :00h – 12 :30h

Durée : 1h 30 min

Nombre de pages : 4

Responsable : Pr. DERRA
Mourad

⚠ Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé. Toute réponse non justifiée sera comptée fausse. Toute application numérique sans unité sera comptée fausse. Toutes les valeurs numériques doivent être arrondies à 2 chiffres après la virgule.

Calculatrice : Autorisée ; Documents : interdits

Questions de cours : 5 points (durée conseillée 25 min)

0.50p ① Une mole de gaz évolue d'un état A vers un état B selon la transformation suivante :

$$A \left\{ \begin{array}{l} P_A = 1 \text{ bar} \\ U_A = 40 \times 10^3 \text{ J} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Transformation isotherme}} B \left\{ \begin{array}{l} P_B = 1,2 \text{ bar} \\ U_B = 45 \text{ kJ} \end{array} \right\}$$

Où U désigne l'énergie interne du gaz. Le gaz est-il parfait ou non? Justifiez votre réponse.

$$\Delta U_{AB} = U_B - U_A = 5 \text{ kJ} \neq 0 \Rightarrow \text{Le gaz n'est pas parfait}$$

0.50p ② Une mole d'un gaz parfait évolue d'un état A vers un état B selon la transformation suivante :

$$A \left\{ \begin{array}{l} T_A = 600 \text{ K} \\ S_A = 115 \text{ J/K} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Transformation adiabatique}} B \left\{ \begin{array}{l} T_B = 800 \text{ K} \\ S_B = 125 \text{ J/K} \end{array} \right\}$$

Où S désigne l'entropie du gaz. La transformation est-elle réversible ou irréversible? Justifiez votre réponse.

$$\Delta S_{AB} = S_B - S_A = 10 \text{ J/K} \neq 0 \Rightarrow \text{La transformation est irréversible}$$

0.75p ③ Un gaz parfait diatomique ($\gamma = 7/5$) évolue d'un état A vers un état B selon la transformation réversible suivante :

$$A \left\{ \begin{array}{l} P_A = 1 \text{ bar} \\ V_A = 25 \ell \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Transformation réversible}} B \left\{ \begin{array}{l} P_B = 21,76 \text{ bar} \\ V_B = 2,77 \ell \end{array} \right\}$$

La transformation est-elle isotherme ou adiabatique ? Justifiez votre réponse.

$$\left. \begin{array}{l} P_A V_A = 25 \text{ bar} \cdot \ell \neq P_B V_B = 60,02 \text{ bar} \cdot \ell \\ P_A V_A^\gamma = 90,6 \text{ bar} \cdot \ell \end{array} \right\} \Rightarrow \text{La transformation est adiabatique}$$

0.75p ③ Un gaz parfait évolue d'un état A vers un état B selon la transformation suivante :

$$A \left\{ \begin{array}{l} P_A = 10^5 \text{ Pa} \\ V_A = 11,5 \ell \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Transformation isentropique}} B \left\{ \begin{array}{l} P_B = 2 \text{ bar} \\ V_B = 7,01 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \end{array} \right\}$$

Le gaz parfait est-il monoatomique ou diatomique ? Justifiez votre réponse.

$$P_A V_A^\gamma = P_B V_B^\gamma \Rightarrow \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^\gamma = \frac{P_B}{P_A} \Rightarrow \gamma \ln \left(\frac{V_A}{V_B} \right) = \ln \left(\frac{P_B}{P_A} \right) \Rightarrow \gamma = \frac{\ln \left(\frac{P_B}{P_A} \right)}{\ln \left(\frac{V_A}{V_B} \right)} = 1,4 = 7/5 \Rightarrow \text{Gaz diatomique}$$

0.50p

- 5 Dans quel cas les lois de Laplace sont-elles valables?

Transformation adiabatique réversible

2.00p

- 6 Donnez le nom des principes suivants en corrigeant les erreurs existantes :

- ⊙ Lorsque deux corps n'échangent que de la chaleur, la quantité de chaleur **gagnée** par l'un ($Q < 0$) est égale à celle **perdue** par l'autre ($Q > 0$).

Égalité des échanges de chaleur : **gagnée** ($Q > 0$) **Perdue** ($Q < 0$)

- ⊙ Lorsqu'un système thermodynamique **ouvert** quelconque subit un cycle de transformations, la somme algébrique des quantités d'énergie échangées par le système avec l'extérieur est nulle.

Principe d'équivalence : **Fermé**

- ⊙ Au cours d'une transformation quelconque d'un système **ouvert**, la variation de son énergie interne est égale à la quantité d'énergie échangée avec le milieu extérieur, par **transfert thermique** (**travail W**) et **transfert mécanique** (**chaleur Q**).

- ⊙ **Premier principe :** **Fermé** - **transfert thermique** (**chaleur Q**) - **transfert mécanique** (**travail W**)

- ⊙ Un système en contact avec une seule source thermique parfaite ne peut, au cours d'une transformation cyclique, que **recevoir de la chaleur et fournir du travail**.

Énoncé de Kelvin : **recevoir du travail et fournir de la chaleur**

Exercice 1 : 3.5 points (durée conseillée 20 min)

Un gaz réel de Joule obéit à l'équation d'état suivante : $P(V - nb) = nRT$, où n est le nombre de moles du gaz et b une constante qui dépend de la nature du gaz.

2.50p

- 1 Remplissez le tableau suivant :

Coefficient Thermoélastique	Nom	Expression générale	Expression en fonction des variables d'état et b
α_P	Coefficient de dilatation isobare	$\left(\frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$	$\frac{1}{T} \left(1 - \frac{nb}{V} \right)$
β_V	Coefficient de compression isochore	$\left(\frac{1}{P} \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V$	$\frac{1}{T}$
χ_T	Coefficient de compressibilité isotherme	$-\left(\frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$	$\frac{1}{P} \left(1 - \frac{nb}{V} \right)$

0.50p

- 2 Retrouvez l'expression $\chi_{T,GP}$ dans le cas d'un gaz parfait.

Pour un gaz parfait $b = 0$.

$$\chi_{T,GP} = \frac{1}{P}$$

0.50p

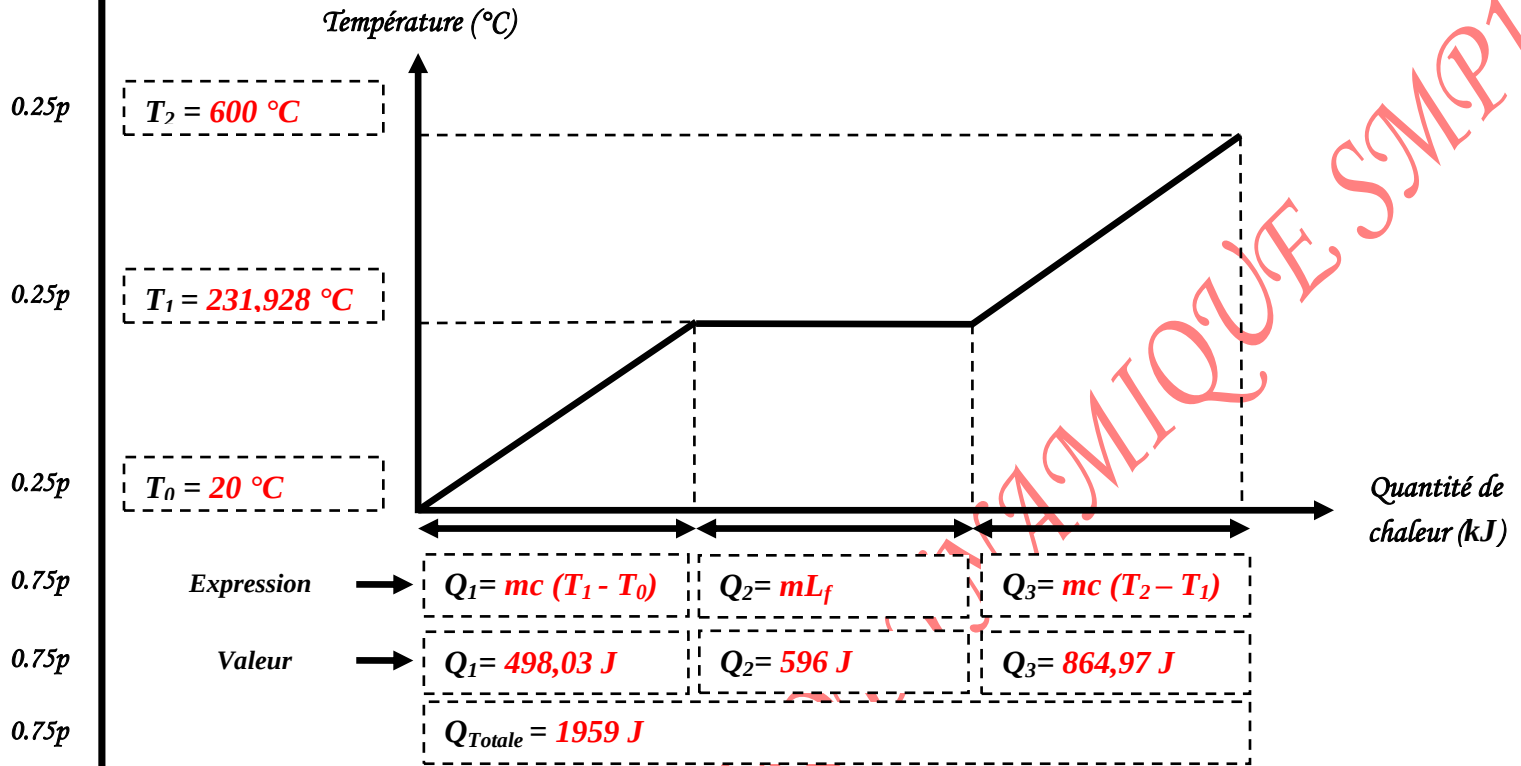
- 3 Comparez les compressibilités d'un gaz de Joule χ_T et d'un gaz parfait $\chi_{T,GP}$.

$$\chi_T - \chi_{T,GP} = \frac{1}{P} \left(1 - \frac{nb}{V} \right) - \frac{1}{P} = -\frac{nb}{PV} < 0 \Rightarrow \chi_T < \chi_{T,GP} \text{ un gaz de Joule est moins compressible qu'un gaz parfait.}$$

Exercice 2 : 3 points (durée conseillée 10 min)

Un plombier veut réaliser une brasure sur un tuyau de cuivre à l'aide de l'élément d'étain. Pour faire ceci, il va chauffer une petite barre de **10g** d'étain d'une température ambiante de **20°C** jusqu'à une température de **600°C**.

Quelle est la quantité de chaleur à fournir à l'étain ? Remplissez le schéma ci-dessous.



Données : Chaleur spécifique d'étain : $c = 235\text{ J/kg}\cdot\text{°C}$; Chaleur Latente de fusion d'étain : $L_f = 59.6\text{ kJ/kg}$

Température de fusion d'étain : $T_f = 231,928\text{ °C}$

Problème : 8.5 points (durée conseillée 35 min)

Un gaz parfait subit un cycle thermodynamique de trois transformations réversibles.

2.00p ① Complétez le tableau suivant :

Transformations	$\Delta U\text{ (kJ)}$	$Q\text{ (kJ)}$	$W\text{ (kJ)}$
$A \rightarrow B$	300	0	300
$B \rightarrow C$	-300	-300	0
$C \rightarrow A$	0	200	-200

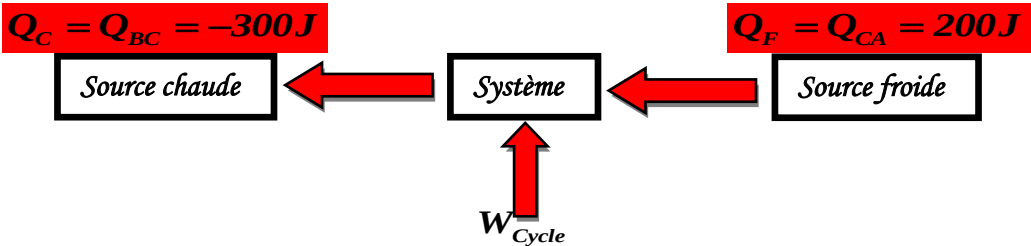
0.50p ② Quelle est la nature du cycle ? Justifiez votre réponse.

$W_{\text{Cycle}} = 100 > 0$: Récepteur

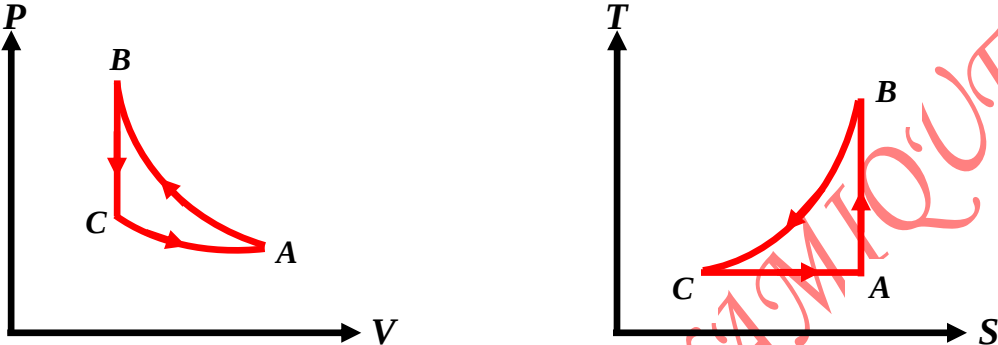
0.75p ③ Déterminez le type de chaque transformation :

- ⊙ $A \rightarrow B$: Compression adiabatique
- ⊙ $B \rightarrow C$: Refroidissement isochore
- ⊙ $C \rightarrow A$: Détente isotherme

1.25p 4 Complétez le schéma de fonctionnement de ce système en indiquant le sens des flèches et la valeur des chaleurs :



1.50p 5 Représentez le cycle dans les diagrammes de Clapeyron et entropique :



1.50p 6 Calculez le rapport *Gain/Dépenses* de cette machine en étudiant (*seulement*) le ou les cas possibles :

Machine ditherme		Expression du rapport	Application numérique
Moteur		$\eta = \text{-----}$	$\eta = \text{-----}$
Récepteur	Pompe à chaleur	$e_{PAC} = -Q_C / W_{Cycle}$	$e_{PAC} = 3$
	Réfrigérateur	$e_{réf} = Q_F / W_{Cycle}$	$e_{réf} = 2$

0.50p 7 Déterminez les entropies échangée et créée au cours de la transformation $A \rightarrow B$. Justifiez votre réponse

- $S_{échangée} = 0$: transformation adiabatique
- $S_{créée} = 0$: transformation réversible

0.50p 8 On suppose que le système perd de la chaleur vers un milieu extérieur chaud à $T_c = 33^{\circ}C$, déterminez la température théorique la plus basse (T_F) dans le cas où le fonctionnement correspond à un réfrigérateur réversible de Carnot.

Expression théorique	Valeur numérique
$T_F = \frac{e_{réf} \cdot T_C}{1 + e_{réf}}$	$T_F = 22^{\circ}C$