

# CEDT LE G15

EXAMEN PARTIEL : Diplôme de Technicien Supérieur (DTS), 1<sup>er</sup> semestre 2020

SPECIALITE : ET1

SUJET: THERMODYNAMIQUE

DUREE : 2 h 00'

1) Une substance gazeuse dont le volume est de  $1 \text{ m}^3$  se transforme dans un processus au cours duquel ce volume s'élève de  $3 \text{ m}^3$ , la pression en bar étant une fonction du volume en  $\text{m}^3$ , soit  $P = (V^2 + \frac{1}{V})$ .

Calculer la quantité de travail mis en jeu lors de l'évolution du gaz.

2) Un gaz de volume  $2 \text{ m}^3$  enfermé dans un cylindre exerce une pression constante de 5 bars sur un piston. Son volume passe à  $3 \text{ m}^3$ . Au même moment, un autre corps exerce sur le gaz un travail mécanique de  $100 \text{ kJ}$ .

Représenter l'évolution du gaz dans le diagramme de Clapeyron et calculer la quantité nette de travail fourni par le système.

3) Un combustible de masse  $1 \text{ kg}$  brûle en donnant  $32.10^6 \text{ Joules}$  dans un train qui pèse  $25.10^5 \text{ N}$ . On dispose de  $1 \text{ tonne}$  de ce combustible et  $10\%$  de la chaleur qu'il produit sont convertis en travail mécanique. L'effort de tirage nécessaire au train est de  $0,05 \text{ N/N}$  de poids mort de la locomotive.

Déterminer la distance que doit parcourir ce train avec  $1 \text{ tonne}$  de combustible.

4) Un système gazeux subit un processus réversible conformément à un volume en  $\text{m}^3$  :  $V = \frac{150}{P}$  avec  $P$  en bar.

Evaluer le travail fourni si la pression du système passe de 10 à 100 bars.

Barème : 5 pts/pb

$\text{N}$   $\text{kg}$   $\text{m}^3/\text{s}^2$

DIRECTION DES EXAMENS, CONCOURS PROFESSIONNELS ET  
CERTIFICATIONS (DECPC)

Email : [decpc@semail.com](mailto:decpc@semail.com) Tel : 33 864 37 99 - Fax : 33 864 37 98

EXAMEN : BTS INDUSTRIE

SESSION : CCF2 MAI 2019

SPECIALITE : ELECTROTECHNIQUE

EPREUVE : THERMODYNAMIQUE

Durée : 2 heures

Coef. :

1) Dans les conditions normales, on veut transformer en vapeur de température  $110^{\circ}\text{C}$  une quantité de 100 kg d'eau pure injectée dans une chaudière à  $0^{\circ}\text{C}$ . Pendant ce temps, un travail de 300 mégajoules est accompli.

Calculer la variation de l'énergie interne du système.

$C_{\text{eau}} : 4,18 \text{ kJ/kgK}$  ;  $C_{\text{vapeur}} : 2 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$  ;  $L_{\text{fusion}} : 332 \text{ kJ/kg}$  ;  $L_{\text{vapeur}} : 2256 \text{ kJ/kg}$ . (3 pts)

2) Un gaz de volume 140 litres à la pression de 1,5 bar et à la température de  $100^{\circ}\text{C}$  subit un processus isobare qui porte son volume à 112 litres.

Pour le gaz :

$C_v = 0,712 \text{ kJ/kgK}$ .

Constante caractéristique =  $285 \text{ J/kgK}$ .

Calculer la chaleur fournie et en déduire la variation positive ou négative de l'énergie interne du système. (4 pts)

3) Un gaz se transforme dans un cylindre et passe d'un état initial 1 à un état final 2. Les données qui réfèrent au gaz sont les suivantes :  $P_1 = 3 \text{ bars}$ ,  $T_1 = 15^{\circ}\text{C}$ ,  $P_2 = 6 \text{ bars}$  ; le volume en  $\text{m}^3$  est une fonction de la pression, soit  $V = \frac{10}{P}$  avec P en bars.

Lors de la transformation, le gaz fournit de la chaleur de sorte à augmenter de  $20^{\circ}\text{C}$  la température d'un système extérieur de masse unitaire et de chaleur spécifique  $4 \text{ kJ/kgK}$ .

Calculer la variation de l'énergie interne du gaz. (4 pts)

4) Dans les conditions de pression atmosphérique égale à 760 mm Hg, un vaisseau de volume 1767 litres renferme de l'air de température  $40^{\circ}\text{C}$ . Le système est pompé jusqu'à ce qu'un indicateur montre une pression de 735 mm Hg dans le vaisseau.

a) Calculer la masse d'air retirée du vaisseau.

Ensuite, le vaisseau est porté à  $3^{\circ}\text{C}$ .



REPUBLIQUE DU SENEGAL  
UN PEUPLE – UN BUT – U NE FOI

MINISTRE DE L'EMPLOI, DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE, DE  
L'APPRENTISSAGE ET DE L'INSERTION

DIRECTION DES EXAMENS, CONCOURS PROFESSIONNELS ET  
CERTIFICATIONS (DECPC)

Email : [decmetfn@gmail.com](mailto:decmetfn@gmail.com) Tel : 33 864 37 99 – fax : 33 864 37 98

EXAMEN : BTS INDUSTRIE  
SPECIALITE : ELECTROTECHNIQUE  
EPREUVE : THERMODYNAMIQUE

SESSION : 2021

Durée : 2 heures

1) On transforme de façon isobare un gaz de volume  $2 \text{ m}^3$ , de température  $30^\circ\text{C}$  et de pression  $2 \text{ bars}$  et son volume varie positivement de  $4 \text{ m}^3$ . Données thermodynamiques sur le gaz :

Capacité thermique à pression constante =  $1,00 \text{ kJ/kgK}$  ;

Capacité thermique à volume constant =  $0,71 \text{ kJ/kgK}$ .

- Le gaz a-t-il gagné ou perdu de la chaleur ? (1 point)
- De combien a changé l'énergie interne du gaz suite à sa transformation ? (3 points)
- Interpréter le résultat obtenu. (1 point)

2) Un gaz de masse molaire  $90 \text{ g/mol}$  et de volume  $4 \text{ m}^3$  est enfermé dans un récipient à la pression de  $2 \text{ bars}$  et à la température de  $70^\circ\text{C}$ . A pression constante, on transforme le système de sorte que son volume évolue jusqu'à atteindre  $2 \text{ m}^3$ .

Pour le gaz :  $C_V = 0,810 \text{ kJ/kgK}$  et  $R = 8314 \text{ J/kmolK}$ .

Calculer la variation de l'énergie interne du système pendant sa transformation. (4 points)

3) Soit  $1000 \text{ litres}$  d'un gaz de pression  $1,013 \text{ bar}$  et de température  $0^\circ\text{C}$ . En maintenant la température constante, on transforme le gaz jusqu'à ce que sa pression soit de  $20 \text{ bars}$ .

Ensuite, La masse de gaz subit une autre transformation qui la ramène à la pression initiale sans échange de chaleur avec le milieu extérieur.

Sachant que pour le gaz, l'index adiabatique est de  $1,4$ , calculer :

- la quantité de chaleur fournie par le gaz pendant sa transformation initiale. (2 points)
- le volume final du gaz et en déduire le travail fourni au milieu extérieur. (3 points)

4) On considère une mole d'air (gaz parfait) de volume 1 litre à la température de  $150^\circ\text{C}$ . Ce système subit une détente adiabatique et son volume passe à 10 litres. Il est ensuite comprimé de façon isotherme jusqu'à la pression initiale. L'air est finalement transformé de façon isobare jusqu'à la température initiale.

- Représenter le processus de transformation dans le diagramme de Clapeyron. (1 point)
- Calculer la température du système à l'état intermédiaire. (1 point)
- Calculer la quantité de chaleur mise en jeu lors du premier processus. (2 points)
- Calculer la quantité de chaleur mise en jeu lors du second processus. (2 points)

Données : Constante des gaz parfaits  $R = 8,31 \text{ J/mol K}$ . Index adiabatique de l'air =  $1,31$ .

## CEDT G15 / ET2 / THERMO

1) Dans les conditions de pression atmosphérique égale à 760 mm Hg, un vaisseau renferme de l'air de volume constant  $1,767 \text{ m}^3$  et de température stabilisée à  $40^\circ\text{C}$ . Le vaisseau est alors pompé jusqu'à ce qu'un indicateur montre une pression de 735 mm Hg dans le vaisseau.

a) Calculer la masse d'air retirée du vaisseau.

Ensuite, le vaisseau est porté à  $3^\circ\text{C}$ .

b) Calculer la pression finale (en mm Hg) dans le vaisseau.

$1 \text{ mm Hg} = 133,3 \text{ Pascal}$ .

Constante caractéristique de l'air =  $287 \text{ J/kgK}$ .

2) Pendant un processus subi par un système, la température de ce dernier passe de  $100$  à  $200^\circ\text{C}$ . La quantité de chaleur transférée graduellement est :  $\frac{dQ}{dT} = 1,005 \text{ kJ/K}$  alors que le travail fourni est :  $\frac{dW}{dT} = (4 - 0,12T) \text{ kJ/K}$ . Calculer la variation de l'énergie interne du système pendant le processus.

3) Un gaz se transforme dans un cylindre et passe d'un état initial 1 à un état final 2. Les données sont les suivantes :  $P_1 = 3 \text{ bars}$ ,  $T_1 = 15^\circ\text{C}$ ,  $P_2 = 6 \text{ bars}$  et le volume en  $\text{m}^3$  est une fonction de la pression, soit  $V = \frac{10}{P}$  avec  $P$  en bars. Lors de la transformation, le gaz fournit de la chaleur de sorte à augmenter de  $20^\circ\text{C}$  un système extérieur de masse unitaire et de chaleur spécifique  $4 \text{ kJ/kgK}$ .

Calculer la variation de l'énergie interne du gaz.

4) Une masse de  $2,5 \text{ kg}$  d'air dans un réservoir est à  $2 \text{ bar}$  et  $800^\circ\text{C}$ . On souhaite lui fournir  $100 \text{ kJ}$  de chaleur sans modifier sa température. Quel doit être le transfert de travail ? Quels seront le volume et la pression au final ?

$C_{p(\text{air})} = 1005 \text{ J/kgK}$ ,  $C_{v(\text{air})} = 718 \text{ J/kgK}$ .

5) Un système d'énergie interne  $100 \text{ kJ}$  est réchauffé de façon isochore avec  $85 \text{ kJ}$ . Pendant qu'il subit un travail de  $20 \text{ kJ}$ , ce système cède  $90 \text{ kJ}$  de façon isobare. Il est porté à son état initial dans un processus adiabatique.

Représenter le processus dans un diagramme de Clapeyron et déterminer les valeurs de l'énergie interne du système lors de tous ses états intermédiaires.

adial



## CEDT G15/ET2/2<sup>nd</sup> PARTIEL THERMO

1) Un gaz de volume  $0,140 \text{ m}^3$  à la pression de  $1,5 \text{ bar}$  et à la température de  $100^\circ\text{C}$  subit un processus isobare qui porte son volume à  $0,112 \text{ m}^3$ .

Pour le gaz :

$$C_V = 0,712 \text{ kJ/kgK.}$$

$$\text{Constante caractéristique} = 285 \text{ J/kgK.}$$

Calculer la chaleur fournie et en déduire la variation de l'énergie interne du système.

2) Un cylindre de piston fixe renferme  $1 \text{ dm}^3$  de  $\text{NH}_3$  de pression  $4 \text{ bars}$  à  $0^\circ\text{C}$ . Calculer la quantité de chaleur à fournir au gaz pour que sa pression augmente de  $1 \text{ bar}$ .

$$M_{\text{NH}_3} = 17 \text{ g/mol}; R_u = 8314 \text{ J/kmolK}; \gamma = 1,31.$$

3) On effectue, de 3 façons différentes (a, b et c), une compression qui amène un mélange air-essence de l'état 1 ( $P_1 = 1 \text{ bar}; V_1 = 3 \text{ litres}$ ) à l'état 2 ( $P_2 = 3 \text{ bars}; V_2 = 1 \text{ litre}$ ).

La première transformation est isochore, puis isobare. La seconde est isobare, puis isochore. La troisième est isotherme.

a) représenter dans le diagramme de Clapeyron les 3 transformations ;

b) calculer  $\Delta U$  entre les états 1 et 2.

c) Calculer les travaux dans les 3 cas ;

4) Un volume d'air (gaz parfait) de 20 litres considéré à la pression  $P_1 = 1,013 \text{ bar}$  et à  $0^\circ\text{C}$ , subit les deux transformations suivantes :

-transformation 1-2 : L'air est chauffé de façon isochore jusqu'à ce que sa pression triple.

-transformation 2-3 : L'air est chauffé de façon isobare jusqu'à ce que sa température atteigne  $600^\circ\text{C}$ .

On donne pour l'air :  $M = 29 \text{ g/mol}$ ,  $C_V = 708 \text{ J/kgK}$ .

$$R = 8,32 \text{ J/molK.}$$

$$\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1$$

a) Représenter le processus sur le diagramme de Clapeyron.

b) Calculer la variation d'énergie interne de l'air dans la transformation 1-2.

c) Quel est le volume occupé par l'air à la fin de la transformation 2-3 ?

d) Calculez la variation d'énergie interne de l'air dans la transformation 2-3.

## ET2/ THERMODYNAMIQUE/DEVOIR SURVEILLE

- 1) Un système de masse 4,5 kg se transforme et sa température passe de 50 à 100°C. On considère que sa chaleur spécifique en kJ/kgK est une fonction de la température seule :

$$C = 0,3 + \frac{20}{T+150}$$

Calculer la quantité de chaleur transférée durant le processus.

- 2) Un ressort spiral est comprimé à l'aide d'une clé. Ainsi il emmagasine une énergie de 8 kJ. Ce ressort sert à entrainer les pales d'une hélice qui remue 1 litre d'eau liquide.

Déterminer les Kelvin d'échauffement de l'eau après détente du ressort, si on considère une perte de charge de 10% dans la chaîne de transmission.

Masse volumique moyenne eau = 1 kg/dm<sup>3</sup> et chaleur spécifique eau = 4,18 kJ/kg°C.

- 3) 260 g de carburant sont disponibles pour échauffer 4 kg de glace initialement à -20°C sous la pression atmosphérique. Donner la température finale de la vapeur obtenue.

$C_{eau} : 4185,5 \text{ J/kg°C}$  ;  $C_{glace} : 2000 \text{ J/kg°C}$  ;  $C_{vapeur} : 2020 \text{ J/kg°C}$  ;  $L_{fusion} : 352 \text{ kJ/kg}$  ;  $L_{vapeur} : 2256 \text{ kJ/kg}$ .

Pouvoir calorifique carburant :  $L_{car} = 48 \cdot 10^3 \text{ kJ/kg}$ .

- 4) Un local maintenu à la température de -8°C sert à conserver 20 tonnes de produits installés à 30°C.

Pour atteindre l'objectif de conservation, on installe dans le local un appareil de puissance calorifique 156,82 kW, fonctionnant à l'électricité.

Avant la congélation des produits à la température de -4°C, leur chaleur spécifique est de 2,93 kJ/kg°C ; après congélation, la chaleur spécifique est de 1,26 kJ/kg°C.

Chaleur de congélation = 235 kJ/kg.

Déterminer le temps en heures qu'il faut pour accomplir la conservation.

Barème : 5+5+5+5



## CEDT/ET2/DEVOIR DE THERMODYNAMIQUE

1) On introduit dans un cylindre de  $2 \text{ m}^3$  et de température  $20^\circ\text{C}$  : 401 mol d'un gaz A de masse molaire 28 g/mol, 1499 mol d'un gaz B de masse molaire 32 g/mol et 18 mol d'un gaz C de masse molaire 39,9 g/mol.

Déterminer le pourcentage volumique de chaque gaz du mélange dont la pression est de 23,36 bars.

$$R = 8314 \text{ J/kmolK.}$$

2) Un cylindre renferme 1 kg de gaz de masse molaire 86,48 g/mol à la pression de 2,96 bars à  $0^\circ\text{C}$ . Ce gaz est comprimé jusqu'à 11,92 bars dans un processus adiabatique.

Déterminer le volume final, la température finale du gaz et le travail effectué.

$$\gamma = 1,177 ; R = 8314 \text{ J/kmolK.}$$

3) Un système renferme  $0,15 \text{ m}^3$  d'air à 3,8 bars et  $150^\circ\text{C}$ . L'air subit une détente adiabatique.  $P_2 = 1,03$  bars.

Il est ensuite réchauffé à pression constante et sa teneur en chaleur augmente de 60,7 kJ.

Calculer le travail fourni.

$$C_p = 1 \text{ kJ/kgK et } C_v = 0,714 \text{ kJ/kgK.}$$

4) On effectue, de 3 façons différentes (a, b, c), une transformation qui amène un mélange air-essence de l'état 1 ( $P_1 = 1$  bar ;  $V_1 = 3$  litres) à l'état 2 ( $P_2 = 3$  bars ;  $V_2 = 1$  litre).

La première transformation est isochore, puis isobare. La seconde est isobare, puis isochore. La troisième est isotherme.

- représenter dans le diagramme de Clapeyron les 3 transformations ;
- calculer  $\Delta U$  entre les états 1 et 2.
- Calculer les travaux dans les 3 cas (mettre le signe) ;
- En déduire les quantités de chaleur échangées.

**Barème : 4 + 5 + 6 + 5**

**PARTIEL DU 1<sup>er</sup> SEMESTRE**  
**ET2/THERMODYNAMIQUE**

**N.B. :** Constante universelle des gaz :  $R = 8314 \text{ J/KmolK}$ .

1) A la pression de 100 bar pour une température de  $30^\circ\text{C}$ , un récipient renferme 5 000 litres d'un gaz de masse molaire  $28,016 \text{ g/mol}$ .

Calculer : a) le volume molaire du gaz ; b) la masse volumique du gaz. (4 pts)

2) Dans un cylindre hermétique de 1200 L, on renferme de l'air à 2 bars et  $5^\circ\text{C}$ . Le cylindre est réchauffé et sa température passe à  $60^\circ\text{C}$ .

a) Calculer le volume massique dans le cylindre, avant et après le réchauffage.

Une soupape s'ouvre et de l'air s'échappe jusqu'à ce que la pression interne reprenne sa valeur initiale. Pendant l'échappement, la température de l'air enfermé reste constante.

b) Quelle masse d'air a-t-on laissé s'échapper ?

A la pression précédente, la soupape se referme et le cylindre, de nouveau hermétique, se refroidit de façon isochore jusqu'à  $5^\circ\text{C}$ .

c) Calculer la pression finale dans le cylindre.

$M(\text{air}) = 29 \text{ g/mol}$ . (5 pts)

3) Sur un cylindre de volume 6 litres et contenant un mélange composé de 2 atomes de carbone ( $M_C = 12,01 \text{ g/mol}$ ), 2 atomes d'hydrogène ( $M_H = 1 \text{ g/mol}$ ) et 4 atomes de fluor ( $M_F = 19 \text{ g/mol}$ ), on lit une pression de 4 bars à la température de  $293 \text{ K}$ .

a) Calculer la masse du gaz enfermé.

b) En déduire la pression indiquée en bar si on réchauffe le cylindre de  $30^\circ\text{C}$ .

c) Calculer le volume molaire du gaz à la pression précédente. (5 pts)

4) Dans une cuve, on injecte de l'eau de température  $293 \text{ K}$  avec un débit de  $0,25 \text{ L/s}$ , pour la sortir à  $343 \text{ K}$ .

Pour réchauffer l'eau, on a utilisé un combustible qui fournit de la chaleur à hauteur  $46\,400 \text{ kJ/kg}$  de combustible brûlé.

Le combustible brûlant en présence d'air, ce dernier est admis dans la chambre de combustion à  $281 \text{ K}$  avec un débit de  $0,5 \text{ kg/s}$  pour ressortir à travers une cheminée à  $393 \text{ K}$ .

a) Calculer le débit-masse de combustible injecté dans la chaudière.

b) Calculer le rendement énergétique de la cuve.

$C_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ/kg K}$ .

masse volumique eau =  $1000 \text{ kg/m}^3$

$C_{\text{air}} = 1,15 \text{ kJ/kg K}$ . (6 pts)

$Q = \frac{W}{t}$



## EXERCICES

1) La chaleur massique à volume constant de l'air est mesurée à  $718 \text{ J/kgK}$ . On prend une masse de  $0,5 \text{ kg}$  d'air à  $20^\circ\text{C}$  et on lui transfère  $15 \text{ kJ}$  sous forme de chaleur et  $10 \text{ kJ}$  sous forme de travail. Quelle est sa température finale ?

2) Un cylindre isolé de capacité fixe  $5 \text{ m}^3$  contient  $25 \text{ kg}$  d'azote qui subit un processus jusqu'à ce que la pression dans le vaisseau passe de  $5$  à  $10$  bars. Déterminer la variation de son énergie interne.  $C_p = 1,04 \text{ kJ/kgK}$ ;  $C_v = 0,7432 \text{ kJ/kgK}$ .

3) Dans un cylindre, on désire porter  $3,1 \text{ dm}^3$  de  $\text{NH}_3$  de  $2,9$  bars et  $-10^\circ\text{C}$  à  $+10^\circ\text{C}$ , la pression restant constante. Donner : a) la variation de l'énergie interne du système ; b) le volume final du gaz.  $\text{NH}_3 = 17 \text{ g/mol}$ ;  $R = 8314 \text{ J/kmolK}$ ;  $\gamma = 1,31$ .

4) Pour l'air d'index adiabatique  $1,4$ , on mesure  $C_{p(\text{air})} = 1005 \text{ J/kgK}$ ,  $C_{v(\text{air})} = 718 \text{ J/kgK}$ . Un réservoir de  $50 \text{ L}$  contient de l'air à  $40 \text{ bar}$  et  $50^\circ\text{C}$ . L'atmosphère ambiante est à la pression ( $1 \text{ bar}$ ). Quelle est la quantité maximale de travail que l'on peut extraire de l'air comprimé sans lui fournir de chaleur ?

5)  $5 \text{ kg}$  d'azote à  $100^\circ\text{C}$  sont réchauffés à volume constant et sa pression triple. Déterminer : a) la variation de l'énergie interne du système ; b) la variation de son enthalpie.  $r = 297 \text{ J/kgK}$ ;  $C_v = 743,5 \text{ J/kgK}$ .

6) Pour l'air, on mesure  $C_{p(\text{air})} = 1005 \text{ J/kgK}$ ,  $C_{v(\text{air})} = 718 \text{ J/kgK}$ . Une masse de  $2,5 \text{ kg}$  d'air dans un réservoir est à  $2 \text{ bar}$  et  $800^\circ\text{C}$ . On souhaite lui fournir  $100 \text{ kJ}$  de chaleur sans modifier sa température. Quels seront le volume et la pression au final ?

7) Une masse de  $250 \text{ g}$  d'air, de température  $60^\circ\text{C}$  et de pression  $2$  bars dans un système fermé, se transforme jusqu'à  $1 \text{ bar}$  pour une température de  $40^\circ\text{C}$  en recevant  $1005 \text{ J}$  de chaleur d'un réservoir de  $100^\circ\text{C}$ . L'atmosphère environnante est à  $0,95 \text{ bar}$  et  $27^\circ\text{C}$ .

Constante caractéristique de l'air =  $287 \text{ J/kgK}$ .

Chaleur spécifique à volume constant de l'air =  $712 \text{ J/kgK}$ .

a) Calculer le travail fourni par l'air vers le milieu extérieur.

b) Calculer le travail global effectué par l'air.

8) Un cylindre renferme  $1 \text{ kg}$  de gaz de masse molaire  $86,48 \text{ g/mol}$  à la pression de  $2,96$  bars à  $0^\circ\text{C}$ . Ce gaz est comprimé jusqu'à  $11,92$  bars dans un processus adiabatique. Déterminer le volume final, la température finale du gaz et le travail effectué.  $\gamma = 1,177$ ;  $R = 8314 \text{ J/kmolK}$ .

9) Un système renferme  $0,15 \text{ m}^3$  d'air à  $3,8$  bars et  $150^\circ\text{C}$ . L'air subit une détente adiabatique.  $P_2 = 1,03$  bars. Il est ensuite réchauffé à pression constante et sa teneur en chaleur augmente de  $60,7 \text{ kJ}$ . Calculer le travail fourni.  $C_p = 1 \text{ kJ/kgK}$  et  $C_v = 0,714 \text{ kJ/kgK}$ .

## DEVOIR DE THERMODYNAMIQUE

1) Des récipients de volume  $10 \text{ m}^3$  renferment de l'oxygène ( $M = 32 \text{ g/mol}$ ), de l'azote ( $M = 28,016 \text{ g/mol}$ ) et du gaz carbonique ( $M = 44 \text{ g/mol}$ ) parfaits à 15 bars et  $40^\circ\text{C}$ .

Déterminer la masse de chaque gaz conservé, sachant que  $R = 8314 \text{ J/kmolK}$ . (4 pts)

2) Un vaisseau de volume  $3 \text{ m}^3$  renferme de l'air à la pression de 1,5 bar à  $25^\circ\text{C}$ . On ajoute par pompage de l'air dans le système jusqu'à ce que la pression monte à 30 bars et la température à  $60^\circ\text{C}$ .

Calculer la masse d'air ajoutée et exprimer cette masse en terme de volume à la pression de 1,02 bar à  $20^\circ\text{C}$ .

Si l'air enfermé reprend sa température initiale, calculer la pression dans le vaisseau.  $R = 8314 \text{ J/kmolK}$  et Pour l'air,  $M = 29 \text{ g/mol}$ . (5 pts)

3) On introduit dans un réservoir de 2 000 litres et à la température ambiante de  $20^\circ\text{C}$ , 401 mol d'oxygène, 1499 mol d'azote et 18 mol d'argon.

Déterminer :

$$P_i V = n_i R T$$

$$P_{\text{tot}} = \frac{P_i}{n_i} \cdot n_{\text{tot}}$$

a) les pressions partielles et en déduire la pression du mélange ;

b) la proportion massique de chaque constituant gazeux ;

c) la proportion volumique de chaque constituant.

$M_{O_2} = 32 \text{ g/mol}$ ;  $M_{N_2} = 28,01 \text{ g/mol}$ ;  $M_{Ar} = 39,95 \text{ g/mol}$ ;  $R_u = 8314 \text{ J/kmolK}$ . (6 pts)

4) Un local maintenu à la température de  $-8^\circ\text{C}$  sert à conserver 20 tonnes de produits installés à  $30^\circ\text{C}$ .

Pour atteindre l'objectif de conservation, on installe dans le local un appareil de puissance calorifique 156,82 kW, fonctionnant à l'électricité.

Avant la congélation des produits à la température de  $-4^\circ\text{C}$ , leur chaleur spécifique est de  $2,93 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ ; après congélation, la chaleur spécifique est de  $1,26 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ .

Chaleur de congélation =  $235 \text{ kJ/kg}$ .

Déterminer le temps en heures qu'il faut pour accomplir la conservation. (5 pts)



## DEVOIR SURVEILLE

1) Citer et définir les différentes formes de chaleur. (3 pts)

2) On considère un thermomètre à gaz obéissant à la loi  $\frac{P}{T} = \text{constante}$ ,  $P$  étant une pression absolue.

Immergé dans l'eau bouillante de  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ , le thermomètre indique une hauteur de gaz  $h_1 = 30 \text{ cm}$ .

Ensuite, le thermomètre est immergé dans un autre fluide de température  $150^\circ\text{C}$ , la pression barométrique étant  $h_0 = 76 \text{ cm}$  de mercure.

a) Déterminer  $h_2$  en cm;

b) Si le thermomètre est, par la suite, plongé dans un autre fluide et si la hauteur de colonne est  $40 \text{ cm}$ , déterminer la température de ce fluide;

c) Calculer la température à laquelle la hauteur de colonne sera exactement égale à 0 au niveau du thermomètre;

d) Si la hauteur de colonne est  $-9,5 \text{ cm}$ , déterminer la température du fluide. (6 pts)

3) La chaudière d'un train utilise comme combustible 1 tonne de charbon de pouvoir calorifique  $32\,000 \text{ kJ/kg}$ . L'effort de traction nécessaire au train est de  $0,05 \text{ N/N}$  de poids mort de la locomotive qui pèse  $25 \cdot 10^3 \text{ N}$ .

En considérant que 10% de la chaleur générée sont convertis en travail mécanique, calculer la distance que pourra parcourir le train. (5 pts)

4) A la pression atmosphérique normale de  $1,013 \text{ bar}$ , de la glace de température  $-20^\circ\text{C}$  doit être transformée jusqu'à  $120^\circ\text{C}$  à l'état de vapeur, la pression restant constante.

Données:

Capacité thermique de l'eau:  $4,2 \text{ kJ/kgK}$ ;

Capacité thermique de la glace:  $2,05 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ ;

Capacité thermique de la vapeur:  $1,9 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ ;

Chaleur de fusion:  $332 \text{ kJ/kg}$

Chaleur de vaporisation:  $2256 \text{ kJ/kg}$ .

Calculer la quantité de chaleur à fournir à la substance. (6 pts)

DIRECTION DES EXAMENS, CONCOURS PROFESSIONNELS ET  
CERTIFICATIONS (DECPC)

Email : decmetfo@gmail.com Tel : 33 864 37 92 - fax : 33 864 37 98

EXAMEN : BTS INDUSTRIE  
SPECIALITE : ELECTROTECHNIQUE  
EPREUVE : THERMODYNAMIQUE

SESSION : 2020

Durée : 2 heures

Exercice 1 (3 pts)

Un gaz supposé parfait, de masse molaire  $98 \text{ g/mol}$ , circule dans un tube avec un volume de  $10 \text{ litres}$  à la température de  $10^\circ\text{C}$  pour une pression de  $2 \text{ bars}$  lue sur un appareil relié au circuit. On réchauffe le tube de  $15^\circ\text{C}$ .

La constante des gaz parfaits est de  $8,314 \text{ J/molK}$ .

Déduire du nombre de mol de gaz :

- a) la pression de l'état final ;
- b) le volume molaire de l'état final.

18

Exercice 2 (4 pts)

Un gaz supposé parfait de volume  $2 \text{ m}^3$ , de température  $70^\circ\text{C}$  et de pression  $3 \text{ bars}$  subit une transformation isobare au cours de laquelle son volume évolue de  $4 \text{ m}^3$ .

Les capacités thermiques à volume constant et à pression constante sont de  $0,72 \text{ kJ/kgK}$  et  $1,00 \text{ kJ/kgK}$  respectivement.

Déterminer la variation de l'énergie interne du système.

Exercice 3 (4 pts)

De façon isochore, on brûle, dans un récipient, de l'essence à la pression de  $12 \text{ bars}$  pour une masse volumique de  $0,006 \text{ kg/litre}$ . La puissance calorifique apportée par combustion du combustible fait varier l'énergie interne du système de  $0,5 \text{ Mègal/kg}$ .

Les capacités thermiques à volume constant et à pression constante sont de  $0,72 \text{ kJ/kgK}$  et  $1,00 \text{ kJ/kgK}$  respectivement.

Calculer la pression finale qui règne dans le récipient.

274272



## DEVOIR DE THERMODYNAMIQUE

1) Des récipients de volume  $10 \text{ m}^3$  renferment de l'oxygène ( $M = 32 \text{ g/mol}$ ), de l'azote ( $M = 28,016 \text{ g/mol}$ ) et du gaz carbonique ( $M = 44 \text{ g/mol}$ ) parfaits à 15 bars et  $40^\circ\text{C}$ .

Déterminer la masse de chaque gaz conservé, sachant que  $R = 8314 \text{ J/kmolK}$ . (4 pts)

2) Un vaisseau de volume  $3 \text{ m}^3$  renferme de l'air à la pression de 1,5 bar à  $25^\circ\text{C}$ . On ajoute par pompage de l'air dans le système jusqu'à ce que la pression monte à 30 bars et la température à  $60^\circ\text{C}$ .

Calculer la masse d'air ajoutée et exprimer cette masse en terme de volume à la pression de 1,02 bar à  $20^\circ\text{C}$ .

Si l'air enfermé reprend sa température initiale, calculer la pression dans le vaisseau.  $R = 8314 \text{ J/kmolK}$  et Pour l'air,  $M = 29 \text{ g/mol}$ . (5 pts)

3) On introduit dans un réservoir de 2 000 litres et à la température ambiante de  $20^\circ\text{C}$ , 401 mol d'oxygène, 1499 mol d'azote et 18 mol d'argon.

Déterminer :

a) les pressions partielles et en déduire la pression du mélange ;

b) la proportion massique de chaque constituant gazeux ;

c) la proportion volumique de chaque constituant.

$M_{O_2} = 32 \text{ g/mol}$ ;  $M_{N_2} = 28,01 \text{ g/mol}$ ;  $M_{Ar} = 39,95 \text{ g/mol}$ ;  $R_u = 8314 \text{ J/kmolK}$ . (6 pts)

4) Un local maintenu à la température de  $-8^\circ\text{C}$  sert à conserver 20 tonnes de produits installés à  $30^\circ\text{C}$ .

Pour atteindre l'objectif de conservation, on installe dans le local un appareil de puissance calorifique 156,82 kW, fonctionnant à l'électricité.

Avant la congélation des produits à la température de  $-4^\circ\text{C}$ , leur chaleur spécifique est de  $2,93 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$  ; après congélation, la chaleur spécifique est de  $1,26 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ .

Chaleur de congélation =  $235 \text{ kJ/kg}$ .

Déterminer le temps en heures qu'il faut pour accomplir la conservation. (5 pts)

## CEDT / PARTIEL THERMO / ET2

1) Dans un cylindre, on désire porter  $3,1 \text{ dm}^3$  de  $\text{NH}_3$  de  $2,9 \text{ bars}$  et  $-10^\circ\text{C}$  à  $+10^\circ\text{C}$ , la pression restant constante. Calculer la variation de l'énergie interne du système.

$\text{NH}_3 = 17 \text{ g/mol}$  ;  $R = 8314 \text{ J/kmolK}$  ;  $C_p = 2,05 \text{ kJ/kgK}$  (4 pts)

2) Pour l'air, on mesure  $C_{p(\text{air})} = 1005 \text{ J/kgK}$ ,  $C_{v(\text{air})} = 718 \text{ J/kgK}$ . Une masse de  $2,5 \text{ kg}$  d'air dans un réservoir est à  $2 \text{ bar}$  et  $800^\circ\text{C}$ . On lui fournit  $100 \text{ kJ}$  de chaleur de façon isotherme. Calculer la quantité de travail effectuée et le volume final. (4 pts)

3) On effectue, de 3 façons différentes (a, b et c), une compression qui amène un mélange air-essence de l'état 1 ( $P_1 = 1 \text{ bar}$  ;  $V_1 = 3 \text{ litres}$ ) à l'état 2 ( $P_2 = 3 \text{ bars}$  ;  $V_2 = 1 \text{ litre}$ ). La première transformation est isochore, puis isobare. La seconde est isobare, puis isochore. La troisième est isotherme.

a) représenter dans le diagramme de Clapeyron les 3 transformations ;

b) calculer  $\Delta U$  entre les états 1 et 2.

c) Calculer les travaux dans les 3 cas (mettre le signe) ;

d) En déduire les quantités de chaleur échangées. (6 pts)

4) Un volume d'air (gaz parfait) de  $20 \text{ litres}$  pris dans les CNTP subit les deux transformations suivantes :

-transformation 1-2 : L'air est chauffé de façon isochore jusqu'à ce que sa pression égale  $3P_0$ .

-transformation 2-3 : L'air est chauffé de façon isobare jusqu'à ce que sa température atteigne  $600^\circ\text{C}$ .

On donne pour l'air :  $M = 29 \text{ g/mol}$ ,  $C_v = 708 \text{ J/kgK}$ .

$R = 8,32 \text{ J/molK}$ .

a) Représenter le processus sur le diagramme de Clapeyron.

b) Calculer la variation d'énergie interne de l'air dans la transformation 1-2.

c) Quel est le volume occupé par l'air à la fin de la transformation 2-3 ?

d) Calculez la variation d'énergie interne de l'air dans la transformation 2-3. (6 pts)



## CEDT/ET2/DEVOIR DE THERMODYNAMIQUE

1) On introduit dans un cylindre de  $2 \text{ m}^3$  et de température  $20^\circ\text{C}$  : 401 mol d'un gaz A de masse molaire 28 g/mol, 1499 mol d'un gaz B de masse molaire 32 g/mol et 18 mol d'un gaz C de masse molaire 39,9 g/mol.

Déterminer le pourcentage volumique de chaque gaz du mélange dont la pression est de 23,36 bars.

$$R = 8314 \text{ J/kmolK}$$

2) Un cylindre renferme 1 kg de gaz de masse molaire 86,48 g/mol à la pression de 2,96 bars à  $0^\circ\text{C}$ . Ce gaz est comprimé jusqu'à 11,92 bars dans un processus adiabatique.

Déterminer le volume final, la température finale du gaz et le travail effectué.

$$\gamma = 1,177 ; R = 8314 \text{ J/kmolK}$$

3) Un système renferme  $0,15 \text{ m}^3$  d'air à 3,8 bars et  $150^\circ\text{C}$ . L'air subit une détente adiabatique.  $P_2 = 1,03$  bars.

Il est ensuite réchauffé à pression constante et sa teneur en chaleur augmente de 60,7 kJ.

Calculer le travail fourni.

$$C_p = 1 \text{ kJ/kgK} \text{ et } C_v = 0,714 \text{ kJ/kgK}$$

4) On effectue, de 3 façons différentes (a, b, c), une transformation qui amène un mélange air-essence de l'état 1 ( $P_1 = 1 \text{ bar}$  ;  $V_1 = 3 \text{ litres}$ ) à l'état 2 ( $P_2 = 3 \text{ bars}$  ;  $V_2 = 1 \text{ litre}$ ).

La première transformation est isochore, puis isobare. La seconde est isobare, puis isochore. La troisième est isotherme.

a) représenter dans le diagramme de Clapeyron les 3 transformations ;

b) calculer  $\Delta U$  entre les états 1 et 2.

c) Calculer les travaux dans les 3 cas (mettre le signe) ;

d) En déduire les quantités de chaleur échangées.