

Département des Etudes Préparatoires
aux Concours de Technologie

Épreuve de Physique
(2^{ème} Année de Préparation Biologie - Géologie)

Mardi 12 Décembre 2017 de 8h30 à 11h30

DEVIOR DE SYNTHESE DU 1^{er} SEMESTRE

Exercice 1 :

A- Un réservoir (**R**), contenant un gaz, alimente une canalisation en amont d'une machine (**X**) ; à l'entrée de la machine le gaz est aux conditions T_1 et P_1 de température et de pression, sa vitesse c_1 est négligeable.

La machine fournit à l'unité de masse du fluide qui la traverse le travail w_i et la quantité de chaleur q , puis refoule le fluide aux conditions T_2 et P_2 de température et de pression avec la vitesse c_2 (Figure 1). La canalisation est calorifugée c'est à dire que le fluide ne peut recevoir de chaleur ailleurs que dans la machine.

Dans tout le problème on néglige les forces de pesanteur, et donc l'énergie potentielle associée et on suppose que le gaz est en écoulement permanent.

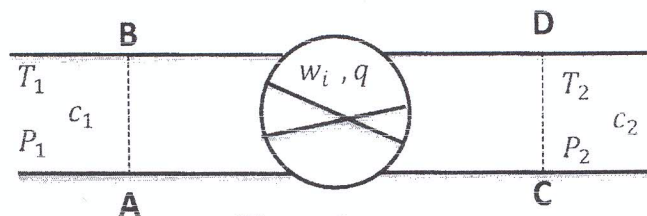


Figure 1

1- En raisonnant sur une portion du fluide telle que (AB, CD) montrer que l'on a la relation :

$$h_2 - h_1 + \frac{1}{2} c_2^2 = w_i + q$$

Ou h_1 et h_2 désignent les enthalpies massiques du fluide respectivement dans les conditions (P_1, T_1) et (P_2, T_2) .

2- Le fluide utilisé est de l'air que l'on assimilera à un gaz parfait. Il se détend dans une tuyère parfaitement calorifugée de manière que l'on supposera réversible.

a- Exprimer la chaleur massique à pression constante c_p en fonction de R (constante des gaz parfait), M (masse molaire du gaz) et γ (rapport des chaleurs massiques à pression et volume constants).

b- On admet que le gaz parfait lors de son évolution vérifie sensiblement la loi de Laplace. La donner en variables T et P .

c- Montrer que la vitesse c_2 est donnée par : $c_2^2 = 2 \frac{\gamma R}{M(\gamma-1)} T_1 \left(1 - \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \right)$

d- Calculer numériquement c_2 .

On donne : $P_1 = 10 \text{ bar}$; $T_1 = 1000 \text{ K}$; $P_2 = 1 \text{ bar}$; $\gamma = 1.4$; $R = 8.32 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ et $M = 29 \text{ g mol}^{-1}$.

3- Animé de la vitesse c_2 le gaz entre dans une turbine calorifugée, d'où il ressort aux mêmes conditions de température et de pression (P_2, T_2) mais avec une vitesse c négligeable. Calculer le travail w_i qu'on requiert sur l'arbre de la turbine par unité de masse du gaz l'ayant traversée.

B- Un turbopropulseur est un moteur à réaction dont l'organe essentiel est constitué par une turbine à gaz dont le rôle est d'entraîner, outre le compresseur, l'hélice propulsive. Le cycle du turbopropulseur est assimilable à un cycle de Joule (Figure 2), le gaz utilisé est de l'air assimilé à un gaz parfait.

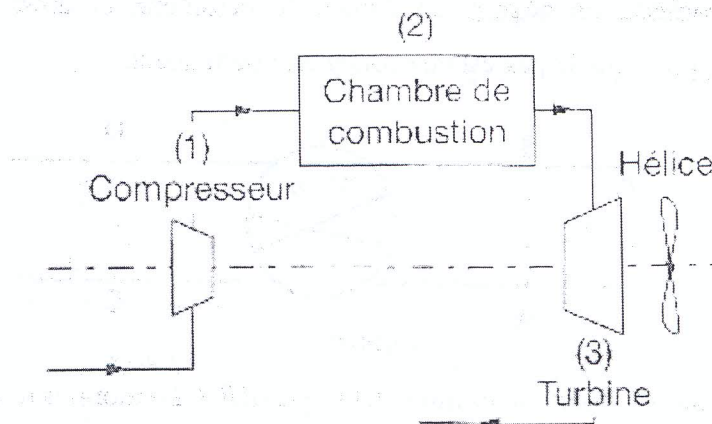


Figure 2

Première phase : l'air à la température $T_0 = 280 \text{ K}$ et à la pression $P_0 = 1 \text{ bar}$, est aspiré dans le compresseur qui le porte aux conditions $P_1 = 10 \text{ bar}$ et T_1 par une évolution supposée

adiabatique et réversible. On appellera w_1 le travail fourni par le compresseur à l'unité de masse de l'air. Les vitesses d'écoulement seront négligées.

Deuxième phase : à la sortie du compresseur, l'air pénètre dans la chambre de combustion où, sous pression constante P_1 , sa température est portée à la valeur $T_1' = 1000 \text{ K}$.

On appellera q la quantité de chaleur fournie à l'unité de masse d'air dans cette transformation.

Troisième phase : l'air parvient alors à la turbine où il subit une détente adiabatique et réversible. On négligera les vitesses d'écoulement aussi bien à l'entrée qu'à la sortie de la turbine. A la fin de cette détente la pression de l'air est $P_2 = P_0$ et sa température est T_2 .

On appellera w_2 le travail que l'unité de masse de l'air fournit à la turbine pendant la détente.

Quatrième phase : L'air est rejeté dans l'atmosphère extérieure ou il se refroidit à pression constante P_0 , de la température T_2 à la température T_0 .

4- Donner l'allure du cycle dans le diagramme de Clapeyron : volume massique du fluide en évolution, pression.

5- Donner les expressions et les valeurs numériques de T_1 et w_1 .

6- Donner l'expression de q et faire l'application numérique.

7- Donner les expressions et les valeurs numériques de T_2 et w_2 .

8- Déterminer le travail massique disponible à l'hélice.

9- Sachant que le rendement du turbopropulseur est donné par : $\eta = \frac{w_2 - w_1}{q}$

Calculer ce rendement.

Exercice 2 :

Des études sont menées sur le phénomène de diffusion des neutrons (1_0n) lents, dans l'eau lourde ${}^2\text{H}_2\text{O}_{(\text{liquide})}$ (${}^2\text{H}$ est le deutérium, isotope de l'hydrogène).

Deux réacteurs voisins de très grand volume, notés (R_1) et (R_2) , remplis d'eau lourde et contenant de la matière fissile, sont reliés par un tube cylindrique horizontal (T) , d'axe Ox , de section d'aire S et de longueur ℓ . En régime permanent et stationnaire, la température est uniforme et aucun courant de ${}^2\text{H}_2\text{O}$ ne circule (absence de Turbulences) dans la colonne (T) .

En tout point M de (T) , il est admis que les neutrons sont soumis à un phénomène de diffusion unidirectionnel obéissant à la loi de Fick. Les densités neutroniques (neutrons m^{-3}) dans (R_1) et (R_2) sont constantes et uniformes, et valent respectivement N_1^* et N_2^* avec $N_1^* > N_2^*$ (Figure 3).

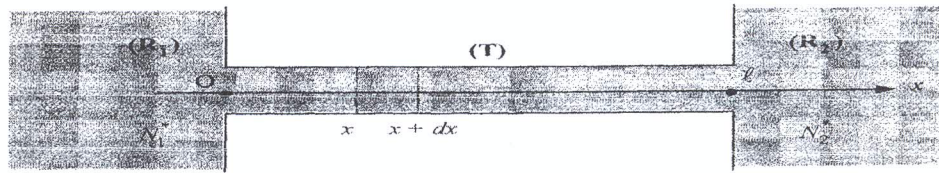


Figure 3

I- Le milieu n'absorbe pas les neutrons

- 1- Enoncer la loi de Fick en fonction de $N^*(x)$ le nombre de neutrons par unité de volume et du coefficient de diffusion des neutrons D (constante et positive).
- 2- A l'intérieur du tube, $\phi(x)$ est le flux de particules qui traversent la surface d'aire S , à l'abscisse x . Rappeler la relation qui relie $\phi(x)$ et $j(x)$.
- 3- Il n'y a aucune accumulation de neutrons en tout point, à l'intérieur du tube (T). Montrer que le bilan particulaire sur un petit élément volumique de colonne, d'aire S et d'épaisseur dx situé entre les abscisses x et $x + dx$, permet de montrer que la densité particulaire $N^*(x)$ de neutrons est une fonction affine de x , à l'intérieur de (T).
- 4- En déduire le densité $N^*(x)$ à l'intérieur de (T), avec $N^*(0) = N_1^*$ et $N^*(\ell) = N_2^*$.
- 5- Dessiner l'allure de la courbe représentative de la fonction $N^*(x)$.

II- Le milieu est Absorbant

- A l'intérieur du tube (T), le milieu absorbe maintenant les neutrons à raison de C captures par unité de volume et unité de temps (C constante positive).
- 6- Proposer un bilan particulaire sur la portion élémentaire du tube comprise entre les sections d'abscisses x et $x + dx$.
 - 7- En déduire la nouvelle densité particulaire $N^*(x)$ avec $N^*(0) = N_1^*$ et $N^*(\ell) = N_2^*$.
 - 8- Dessiner l'allure de la courbe représentative de la nouvelle fonction $N^*(x)$.

Exercice 3 :

Soit un mur composite dont la paroi est composée de trois milieux (Figure 4) :

- Le milieu A d'épaisseur $e_A = 0,03 \text{ m}$ et de conductivité thermique $\lambda_A = 0,04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.
- Le milieu B d'épaisseur $e_B = 0,04 \text{ m}$ et de conductivité thermique $\lambda_B = 1,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.
- Le milieu C d'épaisseur $e_C = 0,03 \text{ m}$ et de conductivité thermique $\lambda_C = 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Une réaction exothermique dégage une puissance volumique $P = 10^3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}$ dans le milieu B.

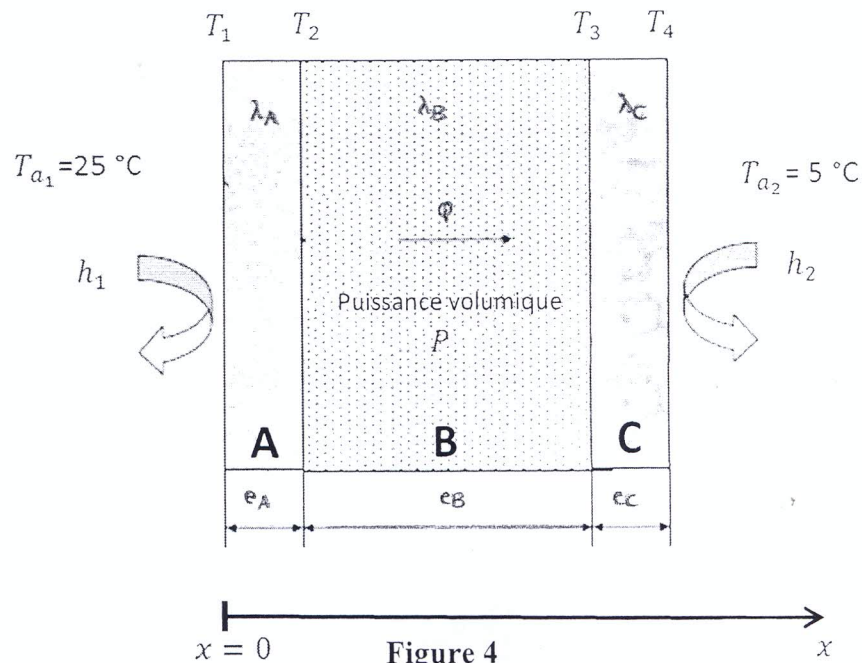


Figure 4

On note $h_1 = 100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ le coefficient d'échange par convection entre la paroi A et le milieu extérieur à la température $T_{a1} = 25 \text{ °C}$ et $h_2 = 150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ le coefficient d'échange par convection entre la paroi C et milieu extérieur à la température $T_{a2} = 5 \text{ °C}$.

On étudie le régime permanent.

1- Effectuer un bilan énergétique pour un volume élémentaire du milieu B compris entre les abscisses x et $x + dx$ entre les instants t et $t + dt$ et établir l'équation différentielle dont la solution est $T(x)$.

2- En utilisant les conditions aux limites suivantes : $T(x = 0) = T_2$, $T(x = e_B) = T_3$, déterminer l'expression de la température $T(x)$ du milieu B en fonction de P , λ_B , e_B , T_2 et T_3 .

3- Calculer l'expression de la densité de flux thermique $j_{th}(x)$ du milieu B en fonction de P , λ_B , e_B , T_2 et T_3 .

4- ϕ représente le flux thermique à travers la section droite S du milieu B, on définit R_{th} , résistance thermique par conduction du milieu B d'épaisseur e_B et de surface S .

En faisant l'analogie avec l'électrocinétique, donner R_{th} et préciser son unité.

5- A l'abscisse $x = 0$, le milieu A présente deux types de résistance associés en série (Résistance thermique par conduction et résistance thermique par convection).

La résistance thermique par convection du milieu A est donnée par $R_{cv} = \frac{1}{S h_1}$.

a- Donner l'expression de la résistance thermique par conduction du milieu A d'épaisseur e_A .

b- Déterminer la résistance thermique équivalente de ce milieu.

c- Montrer que la densité de flux thermique à l'abscisse $x = 0$ est: $j_{th}(x = 0) = \frac{T_{a1} - T_2}{\frac{1}{h_1} + \frac{e_A}{\lambda_A}}$.

d- Par analogie avec le milieu A , déterminer la densité de flux thermique $j_{th}(x = e_B)$ à l'abscisse $x = e_B$.

6- En exprimant la continuité de la densité de flux thermique à l'abscisse $x = 0$ et à l'abscisse $x = e_B$, calculer les températures T_2 et T_3 .

7- Calculer la température maximale T_{max} au sein du milieu B ainsi que l'abscisse x_{max} correspondante.

8- Tracer la courbe représentative de la température dans le milieu B .

Fin de l'épreuve