

Sujet 1

I Décollage d'une fusée

On étudie une fusée qui décolle. Elle a donc un mouvement selon Oz et on suppose que le champ de pesanteur est uniforme (début de la phase de décollage, au voisinage du sol). Pour se propulser, la fusée éjecte de ses réservoirs du fluide avec un débit massique D_m constant et une vitesse relative (par rapport à la fusée donc) $-u\vec{e}_z$ aussi constante. On note donc $m(t)$ la masse de la fusée.

La poussée d'archimède sera négligée dans toute la suite de l'exercice.

- 1) Justifier la nécessité de se ramener à l'étude d'un système fermé pendant la durée dt .
- 2) Donner l'expression de la masse $m(t)$ de la fusée au cours du temps
- 3) Montrer que la vitesse de la fusée vérifie l'équation différentielle

$$m(t)\frac{dv}{dt} = -m(t)g + D_mu$$

- 4) En déduire l'expression de $v(t)$ lors du début de la phase de décollage (g supposé constant).

Sujet 2

I Échangeur thermique a contre courant

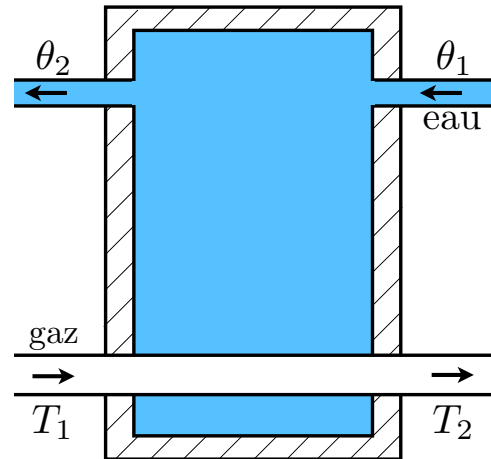
Soit une machine thermique ouverte dans laquelle circule lentement et horizontalement un fluide en régime stationnaire avec le débit massique D . Il y reçoit les puissances thermique P_{th} et mécanique P_m .

- 1) A l'aide du premier principe, établir un lien entre ces deux puissances, D et les enthalpies massiques du fluide en entrée et en sortie.

Soit un échangeur thermique isobare et adiabatique. Dans le tuyau circule un gaz, supposé parfait, de coefficient $\gamma = 7/5$ et de masse molaire $M = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Il entre à $T_1 = 520 \text{ K}$ et ressort à $T_2 = 300 \text{ K}$. Le fluide réfrigérant est de l'eau, de capacité thermique $c = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, entrant à θ_1 et sortant à θ_2 .

Le régime est stationnaire de débit $D_g = 0,10 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ pour le gaz et $D_e = 4,0 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ pour l'eau.



- 2) Exprimez θ_2 en fonction des autres grandeurs puis réalisez l'A.N. sachant que $\theta_1 = 12^\circ\text{C}$
- 3) Exprimez le taux de création d'entropie $\frac{\delta S_c}{dt}$ en fonction des entropies massiques du gaz et de l'eau à l'entrée et à la sortie du système.
- 4) Calculez la différence d'entropie massique $s_{2,eau} - s_{1,eau}$ pour l'eau ; calculer de même $s_{2,gaz} - s_{1,gaz}$ pour le gaz. Quel est le signe de $\frac{\delta S_c}{dt}$, le discuter.

Rappel pour une phase condensée :

$$\Delta s = c \ln \left(\frac{T_f}{T_0} \right)$$

Rappel pour une transformation monobare d'un GP :

$$\Delta s = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} \ln \left(\frac{T_f}{T_0} \right)$$

Sujet 3**I | Caractéristiques d'un écoulement (★)**

On considère un écoulement dont le champ de vitesse eulérien est:

$$\vec{v}(M,t) = -\Omega y \vec{u}_x + \Omega x \vec{u}_y + v_0 \vec{u}_z$$

- 1) Cet écoulement est-il: Stationnaire ? Incompressible ? Irrotationnel ?
- 2) Déterminer l'accélération d'une particule de fluide.

Sujet 4

I Plasma ionosphérique (★)

L'ionosphère est considérée comme un plasma dilué neutre contenant une densité d'électrons non relativistes avec $n = 1,0 \times 10^{12} \text{ m}^{-3}$. Soit une onde électromagnétique incidente $\vec{E}_i = E_0 e^{j(\omega t - kz)} \vec{e}_x$ qui se réfléchit à l'interface entre l'atmosphère et l'ionosphère en $z = 0$: $\vec{E}_r = E_{0r} e^{j(\omega t + kz)} \vec{e}_x$ et qui se transmet aussi: $\vec{E}_t = E_{0t} e^{j(\omega t - k'z)} \vec{e}_x$.

Données: $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$.

- 1) Rappeler pourquoi on peut négliger la composante magnétique de la force de Lorentz agissant sur les électrons. Déterminer la vitesse des électrons et le vecteur densité de courant.
- 2) Déterminer l'équation de propagation du champ électrique dans l'ionosphère. En déduire la relation de dispersion. On introduira la pulsation de plasma ω_p .
- 3) Soit une onde incidente de fréquence 168 kHz. Peut-elle se propager ? Même question pour une onde de 100 MHz.
- 4) Dans le cas d'une propagation dans le milieu plasma, donner les relations entre E_0 , E_{0r} et E_{0t} . En déduire $r = \frac{E_{0r}}{E_0}$ et le coefficient de réflexion en puissance R .

Sujet 5**I | Talkie-walkie**

Sur une notice de talkie-walkie, on peut lire les informations suivantes :

- Puissance maximale ERP (effective radiated power) : 0,5 W
- Portée maximale sans obstacle : 5 km

On donne par ailleurs les constantes fondamentales :

- Perméabilité magnétique du vide $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$
- Vitesse de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

1) Estimer l'amplitude minimale du champ électrique d'un signal détectable par ce talkie-walkie.