

## Séries d'exercices DYNAMIQUE DES GAZ ((FLUIDES COMPRESSIBLES))

### Exercice 1 :

Dans un écoulement d'air les caractéristiques en un point sont les suivantes :

- vitesse d'écoulement :  $V = 100 \text{ m/s}$
- pression  $P = 1,013 \text{ bar}$
- température :  $T = 15^\circ \text{C}$  ;
- Masse volumique  $\rho = 0,349 \text{ Kg/m}^3$
- $\gamma = 1,4$

On demande de calculer la pression d'arrêt  $P_i$ .

- 1) en négligeant la compressibilité de l'air.
- 2) en tenant compte de sa compressibilité.

### Exercice 2 :

Un avion vole à un nombre de Mach  $M = 0,95$  et à une altitude où la pression atmosphérique est  $P_{\text{atm}} = 0,2332 \text{ bar}$  et la masse volumique  $\rho = 0,349 \text{ Kg/m}^3$ .

- 1) Calculer la vitesse de l'avion en Km/h.
- 2) Calculer la pression et la température du point d'arrêt sur le bord d'attaque de l'aile.

L'air est assimilé à un gaz parfait :  $\gamma = 1,4$  et  $r = 287 \text{ J/kg.K}$

### Exercice 3 :

Un corps céleste en chute libre, freiné par les couches d'air de la haute atmosphère tombe sur terre. A une altitude de 10 km :

- la vitesse du corps  $V = 3000 \text{ m/s}$ ,
- la température de l'air  $T = 223^0 \text{ K}$ ,
- la masse volumique de l'air  $\rho = 0,412 \text{ kg / m}^3$
- la pression de l'air  $P = 0,265 \text{ bar}$ .

On donne  $\gamma = 1,4$ .

Travail demandé :

- 1) Calculer la vitesse du son  $C$ .
- 2) Déterminer le nombre de Mach  $M$ .
- 3) Quelle est la nature de l'écoulement d'air autour du corps ?
- 4) Appliquer le théorème de Saint-Venant pour calculer la température  $T_i$  et la pression  $P_i$  de l'air au point d'arrêt.

#### Exercice 4 :

Un réservoir contient de l'air comprimé à une pression  $P_i = 4$  bar, supposée pression d'arrêt à l'état initial. L'ouverture d'une vanne dans ce réservoir provoque la détente de l'air vers l'extérieur sous forme d'un jet ayant un diamètre  $d = 5$  mm.

Les paramètres extérieurs du jet d'air à l'état final sont :

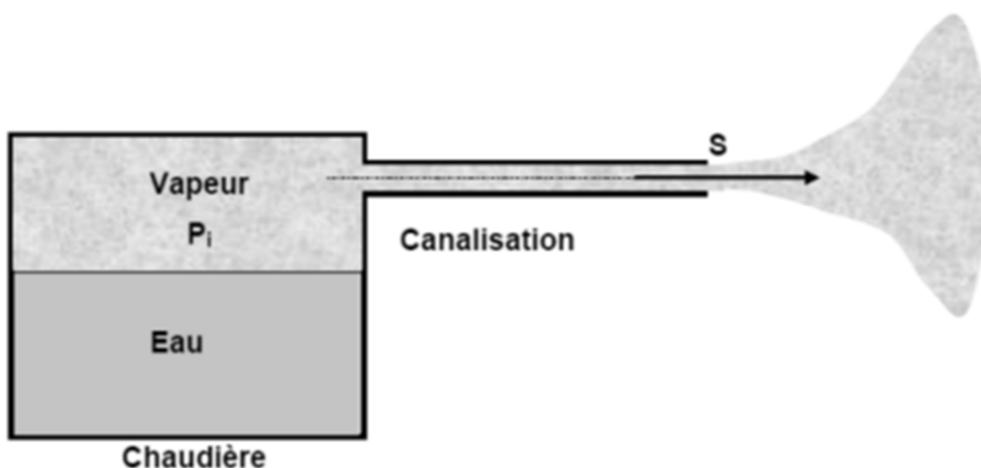
- Pression  $P = 1$  bar,
- Température  $T = 25^{\circ}\text{C}$ ,

On donne  $\gamma = 1,4$  et  $r = 287$  J/Kg. $^{\circ}\text{K}$ .

- 1) Calculer la vitesse du son  $C$  à l'extérieur du réservoir en (m/s).
- 2) Déterminer la masse volumique  $\rho$  de l'air à l'extérieur du réservoir en ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).  
(On suppose que l'air est un gaz parfait.)
- 3) Ecrire l'équation de Saint-Venant, en terme de rapport de pression, entre un point d'arrêt et un point sur le jet d'air.
- 4) En déduire le nombre de Mach  $M$  au niveau du jet d'air.
- 5) Quelle est la nature de l'écoulement ?
- 6) Calculer la vitesse d'écoulement  $V$  du jet d'air en (m/s).
- 7) En déduire le débit massique  $q_m$  ( $\text{kg}/\text{s}$ ).

#### Exercice 5 :

La figure ci-dessous représente une chaudière qui produit de la vapeur d'eau à un débit massique  $q_m = 13,4$  kg/s.



Par une canalisation cylindrique, la vapeur arrive dans une section S de diamètre  $d=10$  cm à une pression  $P=15$  bar et une température  $T=541$  °K.

On donne les caractéristiques de la vapeur d'eau :

-  $\gamma=1,3$ .

-  $r=462$  J/kg°K.

Travail demandé:

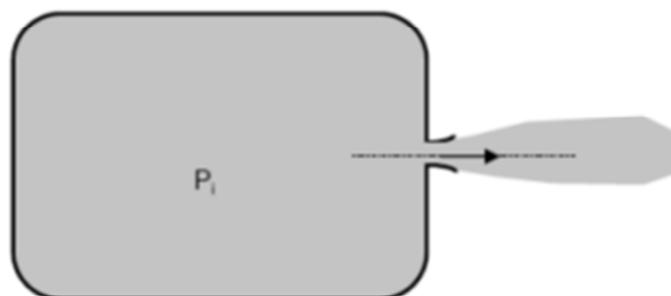
- 1) On suppose que la vapeur est un gaz parfait, calculer la masse volumique  $\rho$  de la vapeur d'eau en sortie de la chaudière.
- 2) Déterminer la vitesse d'écoulement  $V$ .
- 3) Calculer la célérité du son  $C$ .
- 4) En déduire le nombre de Mach  $M$ . Préciser la nature de l'écoulement.
- 5) Ecrire l'équation de Saint-Venant en terme de rapport de pression, et calculer la pression d'arrêt  $P_i$  à l'intérieur de la chaudière.

### Exercice 6 :

De l'air comprimé contenu dans un grand réservoir s'échappe vers l'extérieur à travers un orifice à un nombre de Mach  $M=0,77$ .

La détente se produit dans l'atmosphère où règne une pression  $P=P_{atm}=1,014$  bar.

On donne le rapport des chaleurs massiques :  $\gamma = 1,4$ .



Travail demandé :

- 1) En appliquant l'équation de Saint-Venant, déterminer la pression  $P_i$  (en bar) à l'intérieur du réservoir.
- 2) A partir de quelle pression  $P_i$ , l'écoulement devient supersonique ?

### **Exercice 7:**

L'azote est comprimé dans une bouteille dans laquelle règne une pression d'arrêt  $P_i = 3$  bar. Il s'échappe à travers un orifice vers l'extérieur où la pression ambiante est  $P = 1$  bar.

On donne  $\gamma = 1,4$ .

- 1)** En appliquant l'équation de Saint-Venant, déterminer le nombre de Mach  $M$ .
- 2)** Préciser la nature de l'écoulement.

### **Exercice 8:**

De l'air, supposé gaz parfait, s'échappe par la valve d'une chambre à air d'un pneu. La pression à l'intérieur de la chambre à air est  $P_i = 1,7$  bar. On suppose que la détente de l'air, s'effectue vers l'extérieur à une pression  $P = 1$  bar et une température ambiante  $T = 25$  °C.

On donne les caractéristiques de l'air suivantes :

- $r = 287$  J/kg°K,
- $\gamma = 1,4$ .

Travail demandé :

- 1)** Calculer la célérité du son.
- 2)** En appliquant l'équation de Saint-Venant, déterminer le nombre de Mach.
- 3)** Déterminer la vitesse d'échappement  $V$  de l'air.