

# Exercices sur les écoulements compressibles

## Exercice

Une sonde anémométrique mesure la vitesse d'un écoulement compressible. Elle est constituée d'un capteur de pression totale (pression d'arrêt  $P_a$ ), d'un capteur de pression statique  $P_{st}$  et d'un capteur de température (sonde thermocouple) qui provoque un arrêt adiabatique dans lequel on mesure  $T_a$ .

1. Calculer la vitesse en fonction de la mesure de  $P_a$ ,  $P_{st}$  et  $T_a$ .
2. Montrer qu'il existe une vitesse limite ne dépendant que de  $T_a$ .

On fera les applications numériques avec  $T_a = 288 \text{ K}$ ,  $P_a = 2 \text{ bars}$  et  $P_{st} = 1 \text{ bar}$ .

## Exercice

Soit une onde de choc droite. Montrer qu'à la traversée de l'onde de choc :

1.  $P_2/P_1$  s'écrit en fonction de  $\gamma$  et  $Ma_1$  :

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2\gamma}{\gamma+1} Ma_1^2 - \frac{\gamma-1}{\gamma+1} \quad (3)$$

2.  $P_1/P_2$  s'écrit en fonction de  $\gamma$  et  $Ma_2$  :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{2\gamma}{\gamma+1} Ma_2^2 - \frac{\gamma-1}{\gamma+1} \quad (4)$$

3. En déduire une relation entre  $Ma_1$  et  $Ma_2$ .

Les indices 1 et 2 représentent un point en amont et un point en aval du choc respectivement.

## EXERCICE

### Le bouclier thermique

La rentrée dans l'atmosphère des engins balistiques et plus particulièrement des navettes spatiales pose le problème du "bouclier thermique". En effet, l'échauffement cinétique de l'air à la traversée de l'onde de choc est tel que la température de la paroi augmente très rapidement avec le nombre de Mach de l'engin.

1. Dans le but d'estimer cette température de paroi, on calculera la température d'arrêt pour deux valeurs différentes du nombre de Mach de l'engin,  $Ma_1 = 5$  et  $10$ . On supposera qu'à l'altitude considérée, soit  $z = 20 \text{ km}$ , la température de l'air est  $217 \text{ K}$ .
2. En assimilant l'onde de choc détachée qui se forme à l'avant de l'engin à une onde de choc plane, on estimera la température  $T_2$  de l'air entre l'onde de choc et la paroi.