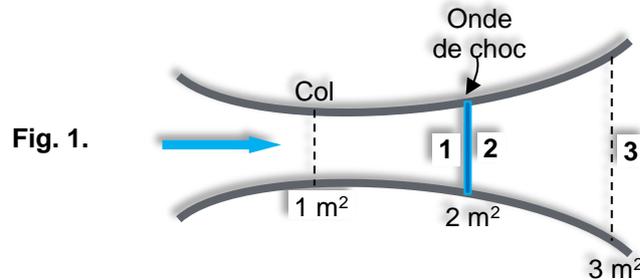


Series N°3: Shock Waves

ExO1: L'air s'écoule d'un réservoir où règne la pression $p = 300 \text{ kPa}$ et $T = 500 \text{ K}$ à travers un col de section 1 m^2 (**Fig. 1**), où une onde de choc normale a lieu. Calculer **a)** p_1 , **b)** p_2 , **c)** p_{02} , **d)** A_2^* , **e)** p_{03} , **f)** A_3^* , **g)** p_3 , **h)** T_{03} et **i)** T_3 .

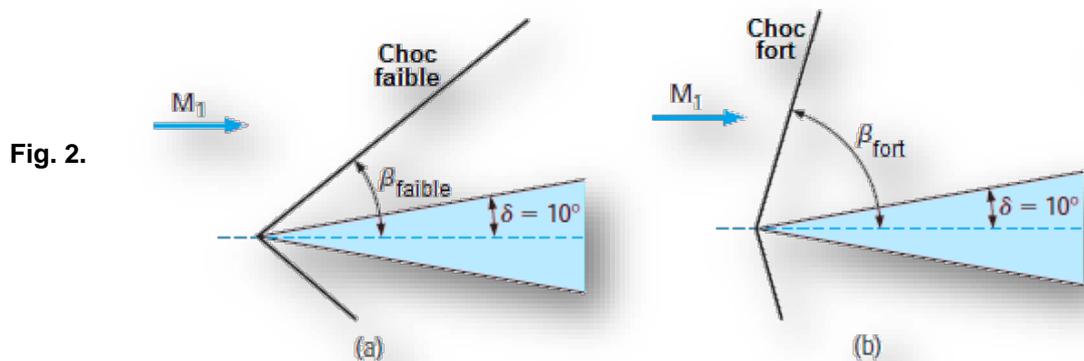


ExO2: Un gaz ayant la masse molaire de 39.9 et le rapport des chaleurs spécifiques de 1.67 est déchargé à travers une tuyère. Une onde de choc normale a lieu à une section de cet écoulement dans laquelle le nombre de Mach est 2.5, la pression est 40 kPa et la température est -20°C . Trouver ; **a)** le nombre de Mach, **b)** la pression et **c)** la température en aval de ce choc normal.

ExO3: Un avion volant à un nombre de Mach de 1.2 au niveau de la mer passe sur un bâtiment. Estimer la force la plus élevée qui pourrait être exercée sur une fenêtre de 1 m de largeur par 2 m de hauteur dans ce bâtiment, suite au vol de cet avion.

ExO4: Une explosion atomique se propage dans l'air calme (immobile) à 1 atm et 21°C . La pression juste à l'intérieur du choc est de 377 atm . En supposant $\gamma = 1.4$, quelle est la vitesse U du choc et la vitesse V juste à l'intérieur du choc?

ExO5: L'air supersonique à $M_1 = 2.0$ et 75.0 kPa frappe sur un coin bidimensionnel de demi-angle $\delta = 10^\circ$ (**Fig. 2**). Calculez les deux angles de choc oblique possibles β_{faible} et β_{fort} , qui pourraient être formés par ce coin. Pour chaque cas, calculer la pression et le nombre de Mach en aval du choc oblique, comparer et discuter.



ExO6: L'écoulement d'air au nombre de Mach de 2.5 avec une pression de 60 kPa et une température de -20°C passe sur un coin qui tourne le l'écoulement dans un angle de 4° conduisant à la génération d'une onde de choc oblique. Cette onde de choc oblique frappe un mur plan, qui est parallèle au sens de l'écoulement en amont du coin, et est « réfléchi » par celui-ci. Trouver la pression et la vitesse derrière l'onde de choc réfléchi.

Series N°4: FANNO & RAYLEIGH Theories

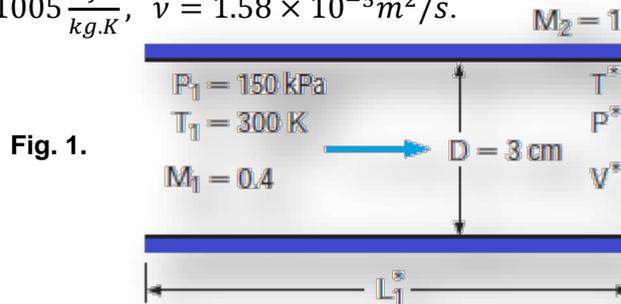
ExO1: Le gaz naturel, avec $\gamma \approx 1.3$ et un poids moléculaire de 16, doit être pompé à travers 100 km de pipeline de 81 cm de diamètre. La pression en aval est de 150 kPa. Si le gaz entre à 60°C, le débit massique est de 20 kg/s et $f = 0.024$, estimer la pression d'entrée requise pour un écoulement;

a) isotherme et b) adiabatique.

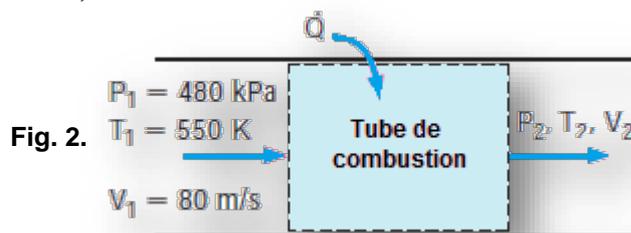
ExO2: L'air entre dans une conduite carrée de 5×5 cm à $V_1 = 900$ m/s et $T_1 = 300$ K. Le facteur de friction est 0.02. Pour quelle longueur du conduit l'écoulement décèlera-t-il exactement à $M = 1.0$? Si la longueur de la conduite est de 2 m, y aura-t-il un choc normal dans cette dernière? Si oui, à quel nombre de Mach se produira-t-il?

ExO3: L'air entre dans un conduit adiabatique lisse de 3 cm de diamètre à $M_1 = 0.4$, $T_1 = 300$ K et $P_1 = 150$ kPa (Fig. 1). Si le nombre de Mach à la sortie du conduit est 1, déterminer la longueur du conduit, la température, la pression et la vitesse à la sortie du conduit. Déterminer également le pourcentage de pression de stagnation perdue dans le conduit.

Données pour l'air : $\gamma = 1.4$, $cp = 1005 \frac{J}{kg.K}$, $\nu = 1.58 \times 10^{-5} m^2/s$.



ExO4: Une chambre de combustion est constituée des injecteurs tubulaires de 15 cm de diamètre. L'air comprimé entre dans les tubes à 550 K, 480 kPa et 80 m/s (Fig. 2). Le carburant avec un pouvoir calorifique 42000 kJ/kg est injecté dans l'air et est brûlé avec un rapport de masse air/carburant de 40. Supposons la combustion comme un processus de transfert (addition) de chaleur à l'air, déterminer ; a) la température, b) la pression, c) la vitesse et d) le nombre de Mach à la sortie de la chambre de combustion.



ExO5: Un mélange air-carburant, supposé équivalent à l'air, entre dans une chambre de combustion à $V_1 = 104$ m/s et $T_1 = 300$ K. Quelle est la quantité de chaleur fournie en kJ/kg pour entraîner un étranglement (une suffocation) à la sortie? Quel sera le nombre de Mach et la température de sortie si une quantité de 504 kJ/kg est ajoutée pendant la combustion?

ExO6: L'air passe par une canalisation de section constante dont les parois sont maintenues à une faible température. L'air entre dans le pipe avec un nombre de Mach 0.52, une pression de 200 kPa et une température de 350°C. Le taux de transfert de chaleur de l'air aux parois du pipe est estimé à 400 kJ/kg d'air. Trouver le nombre de Mach, la température et la pression à la sortie du pipe. On suppose que le processus est stationnaire, que les effets de friction aux parois sont négligeables et que l'air se comporte comme un gaz parfait.