

On donne :

- l'accélération de la pesanteur : $g = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$;
- la vitesse du son dans l'air : 350 m.s^{-1} .
- la pression atmosphérique : $p_a = 1.013 \text{ bar} = 101.3 \text{ kPa}$.

Exercice n°1 - 5 pts

Un parallélépipède rectangle immobile, constitué d'un matériau homogène, de cotés $a = 12 \text{ cm}$, $b = 9 \text{ cm}$ et $L = 20 \text{ cm}$ flotte dans de l'eau de mer immobile de masse volumique $\rho = 1030 \text{ kg.m}^{-3}$ avec un tirant d'eau $t = 6 \text{ cm}$; Sa longueur L est perpendiculaire au dessin (cf FIG. 1 qui sera rendue avec la copie).

- 1) Déterminez la masse volumique du parallélépipède rectangle. [1]

On souhaite examiner sa stabilité lorsqu'il est écarté de sa position d'équilibre d'un angle α tel que :

$$\tan \alpha = \frac{c}{\frac{a}{2}} \quad \text{avec} \quad c = 1.5 \text{ cm}$$

comme le montre la FIG. 1.

Il est plus facile graphiquement de faire tourner le liquide par rapport au solide ; Vous pouvez tourner votre feuille pour voir la surface libre du liquide horizontale.

- 2) Sur la FIG. 1, représentez la poussée d'Archimède et le poids du solide - en précisant leurs points d'application après avoir réalisé quelques calculs - et en déduire si le couple de ces 2 forces a tendance à faire revenir ou à écarter le solide de sa position. [4]

Exercice n°2 - 7 pts

De l'eau de masse volumique $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$ et de viscosité cinématique $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ circule avec un débit volumique $q_v = 12 \text{ l.mn}^{-1}$ dans une tuyauterie horizontale qui passe d'un diamètre $D_1 = D_2 = 21 \text{ mm}$ à un diamètre $D_3 = 42 \text{ mm}$ (cf FIG. 2).

Des prises de pression statique - qui débouchent à l'air libre - sont installées sur cette tuyauterie et permettent de relever la pression dans la tuyauterie à partir des hauteurs mesurées : $H_1 = 75 \text{ cm}$, $H_2 = 71.8 \text{ cm}$, $H_3 = 72.3 \text{ cm}$. On a $L = 1.2 \text{ m}$.

Chacune des 3 prises mesure la pression qui règne dans chacune des 3 sections de l'écoulement ; La pression varie faiblement au sein de chacune des 3 sections.

- 1) Calculez les vitesses moyennes et nombres de Reynolds dans chacune des sections. Précisez le type d'écoulement. [2]

- 2) Après avoir précisé l'origine de vos relations, calculez les pertes de charge régulière et singulière mise en jeu et les pertes de puissance correspondantes.

En déduire le coefficient de perte de charge singulière de l'élargissement brusque ξ et le coefficient de perte de charge régulière λ sur la longueur rectiligne L de tuyauterie. [5]

Exercice n°3 - 8 pts

Considérons un profil de corde (distance entre bords d'attaque et de fuite) $c = 30$ cm avançant horizontalement à la vitesse V_∞ dans de l'air de masse volumique $\rho = 1.24 \text{ kg.m}^{-3}$ et de viscosité cinématique $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ avec une incidence (angle entre la direction de la vitesse et la corde) $\alpha = 10^\circ$ (cf FIG. 3, FIG. 4 et FIG. 5).

Les coefficients de trainée ($C_x = C_D = 0.01722$) et de portance ($C_z = C_L = 0.8253$) sont donnés pour l'incidence $\alpha = 10^\circ$ et pour un nombre de Reynolds $\mathcal{R} = 10^6$.

1) A quelle vitesse V_∞ correspond ces calculs ?

L'air peut-il être considéré comme un fluide incompressible? [2]

2) Calculez les composantes de trainée et de portance par unité d'envergure du profil.

Représentez sur la FIG. 5 qui sera rendue avec la copie - à l'échelle $100 \text{ N.m}^{-1} \equiv 5 \text{ cm}$ par ex. - la force globale - par unité d'envergure - exercée par l'air sur ce profil (sans préciser le point d'application de cette force).

Rem : Sur la FIG. 5, la vitesse V_∞ est horizontale. [4]

Le coefficient de pression C_p - courbe tracée FIG. 3 - en un point quelconque du contour du profil est défini par :

$$C_p = \frac{p - p_\infty}{\frac{1}{2}\rho V_\infty^2}$$

où p est la pression en ce point du contour du profil et p_∞ la pression en un point suffisamment loin du profil (ici p_∞ sera la pression atmosphérique).

3) Visualisez (sur la FIG. 3 ou la FIG. 4 qui sera rendue avec la copie) le point d'arrêt. Quelle est la pression effective en ce point d'arrêt ?

Visualisez également le point où la dépression est la plus grande. Quelle est la (dé)pression effective en ce point ? [2]

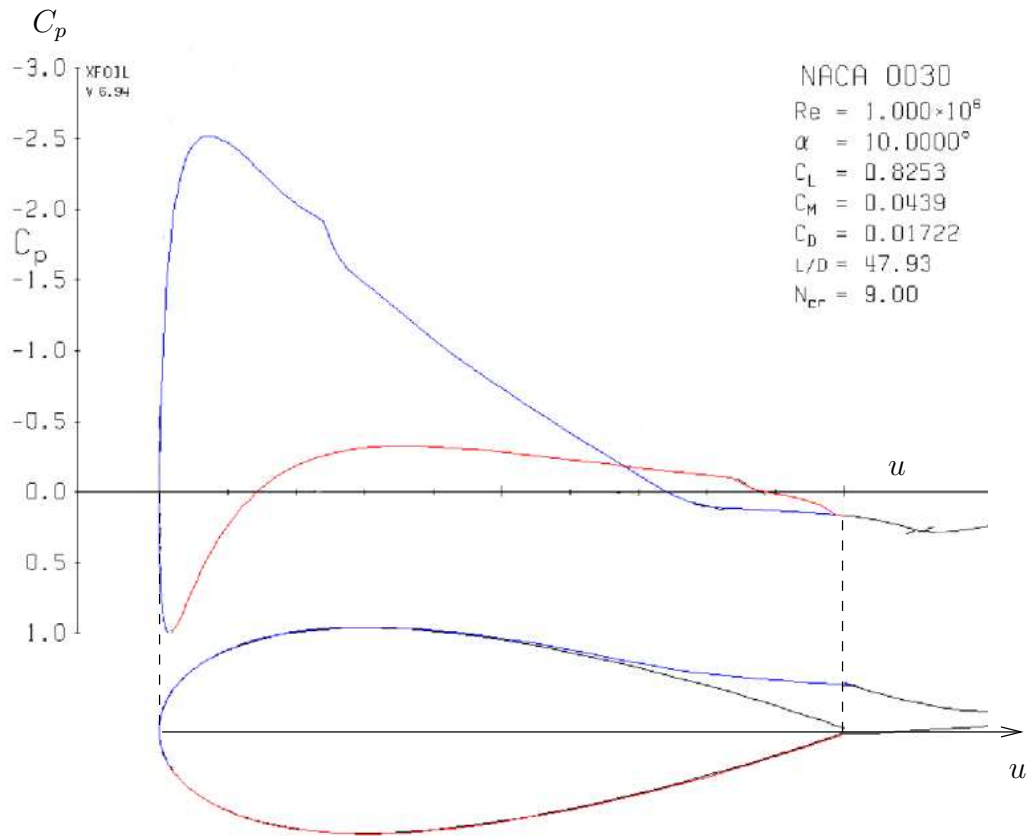


FIG. 3 – Pour une incidence ($\alpha = 10^\circ$) et pour un nombre de Reynolds $\mathcal{R} = 10^6$, évolution du coefficient de pression C_p et coefficients aérodynamiques.

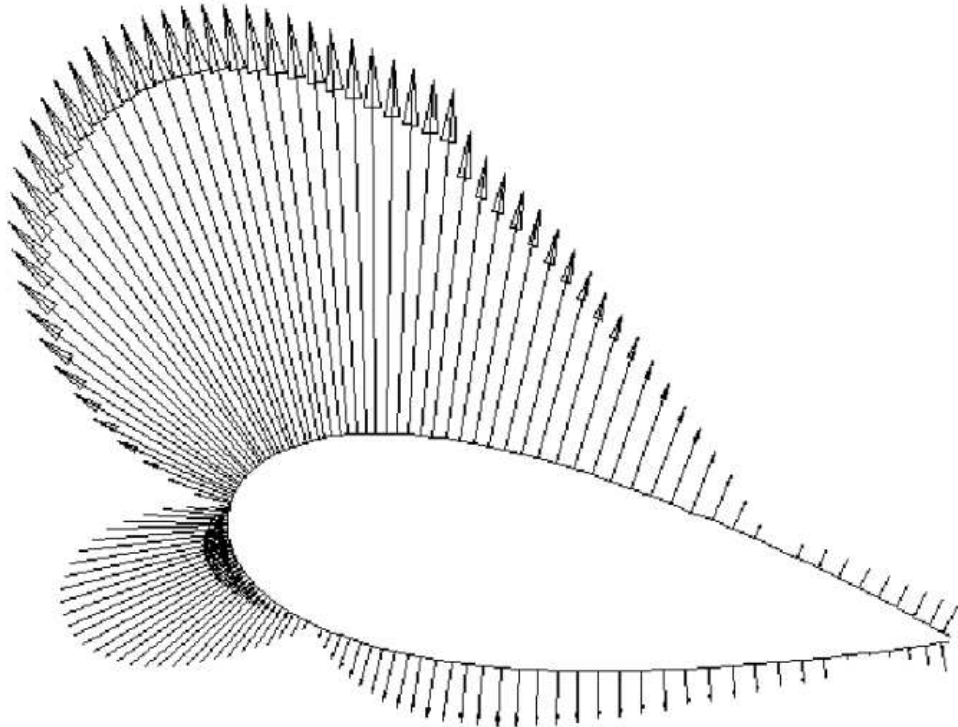


FIG. 4 – Pour une incidence ($\alpha = 10^\circ$) et pour un nombre de Reynolds $\mathcal{R} = 10^6$, évolution de la force répartie de pression sur tout le contour de l'aile.

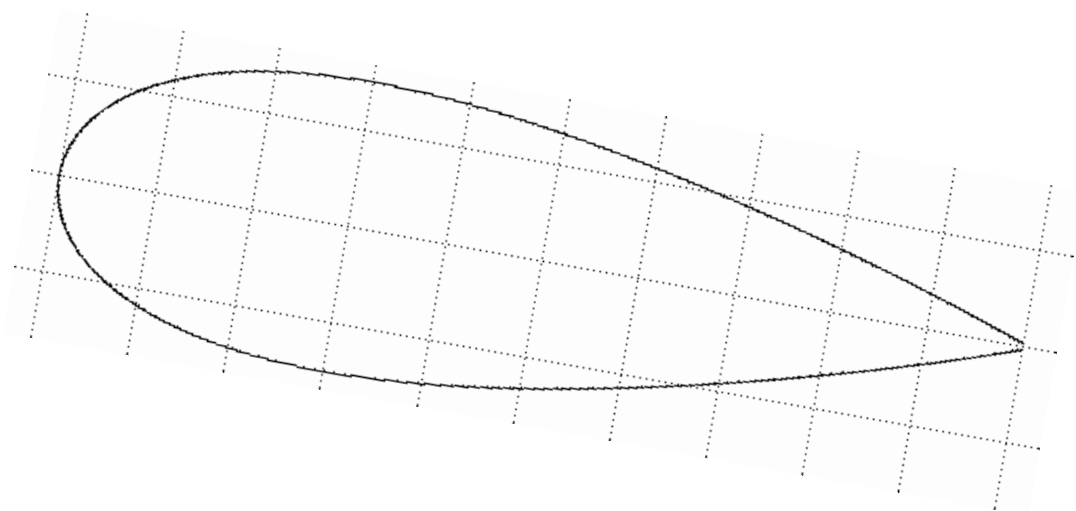


FIG. 5 – Profil NACA0030 incliné à 10° par rapport aux bords horizontaux de la feuille.

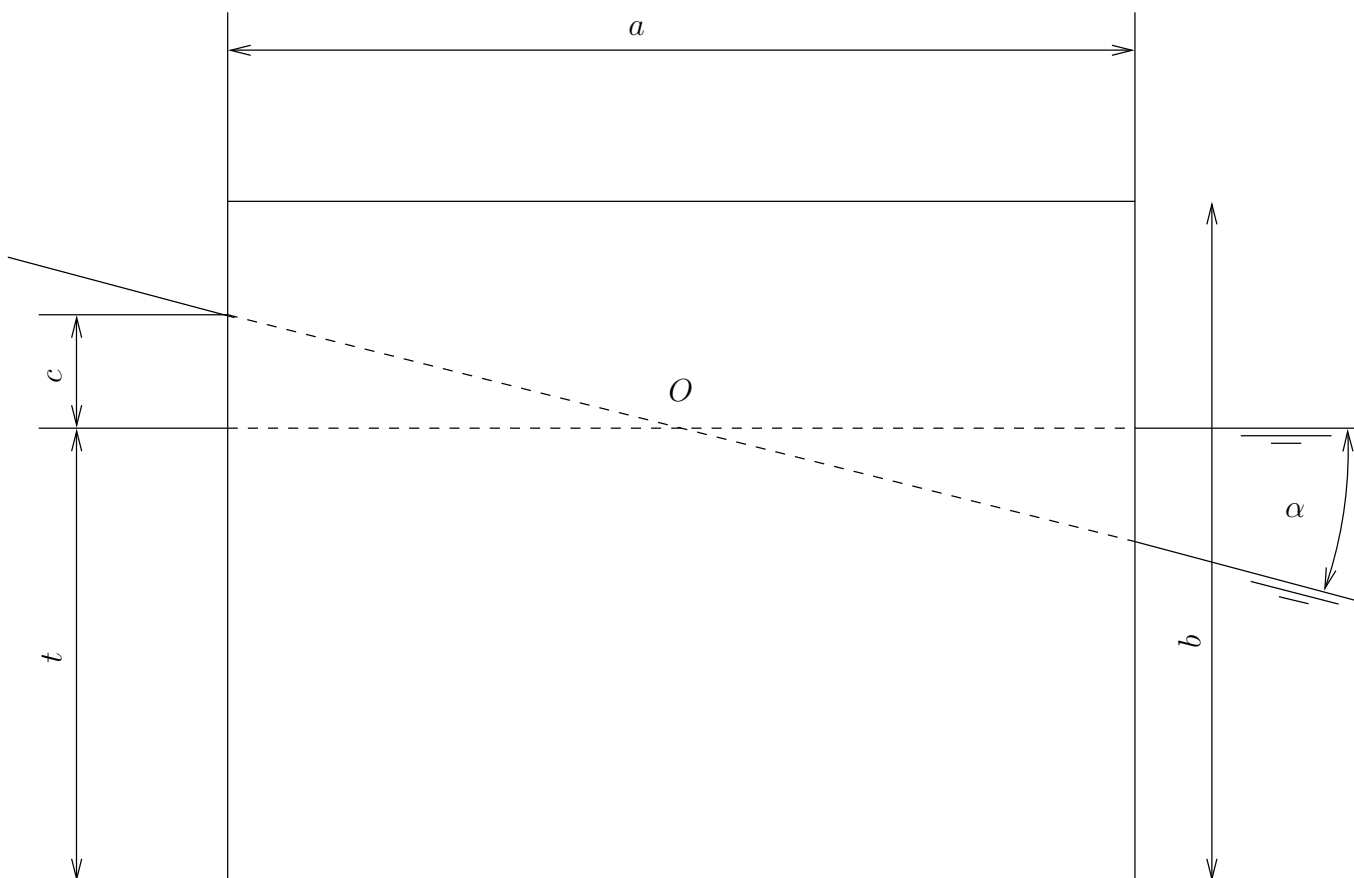


FIG. 1 – Dessin 2D à l'échelle 1 à compléter et à rendre avec numéro d'anonymat

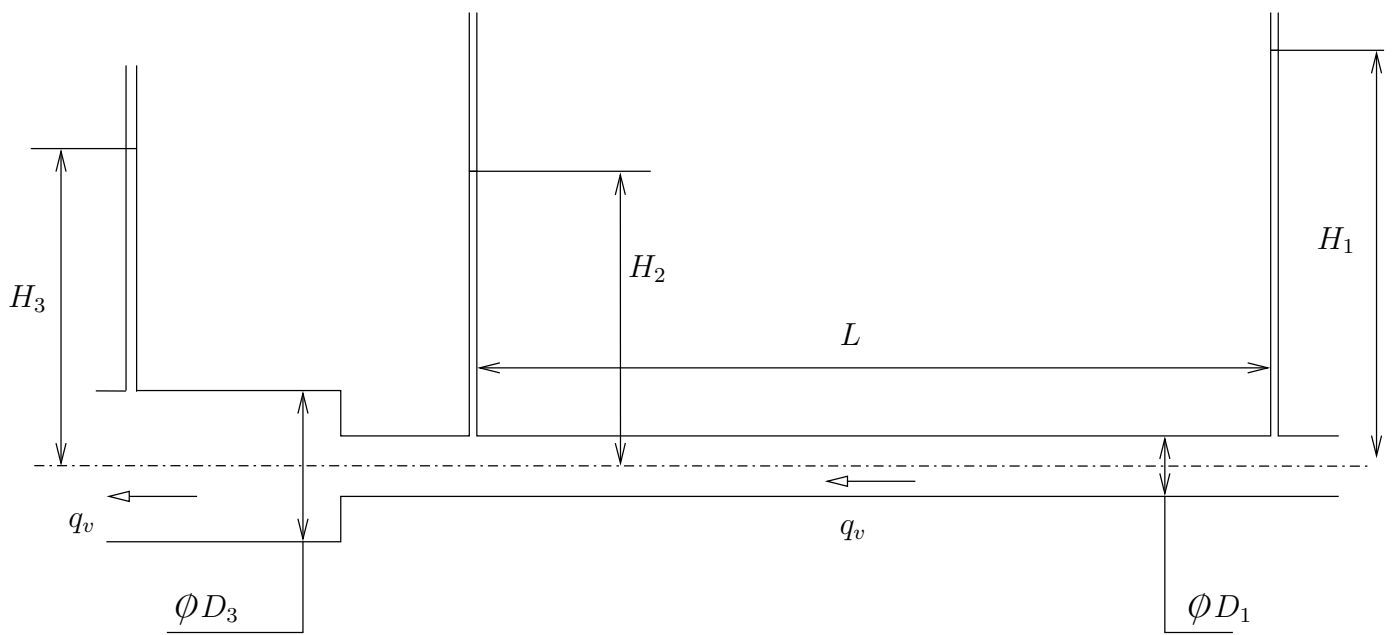


FIG. 2 – Ecoulement (de droite à gauche) dans une tuyauterie horizontale munie de prises de pression statique