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

Exercice n°1 – 6.5 pts

Le réservoir de gauche contient la hauteur $3h$ d'eau de mer de masse volumique ρ_1 et peut communiquer – par l'intermédiaire d'une porte verticale rectangulaire de largeur b (perpendiculaire au dessin) et de hauteur h – avec le réservoir de droite qui contient la hauteur h d'eau douce de masse volumique ρ_2.

La base de la porte est en A au fond des 2 réservoirs. Le haut de la porte est en B au niveau de la surface libre de l'eau douce.

De l'air à la pression atmosphérique p_a est au dessus des surfaces libres des deux réservoirs.

Le problème peut être considéré comme un problème plan. Les 2 liquides sont immobiles. La porte est fermée.

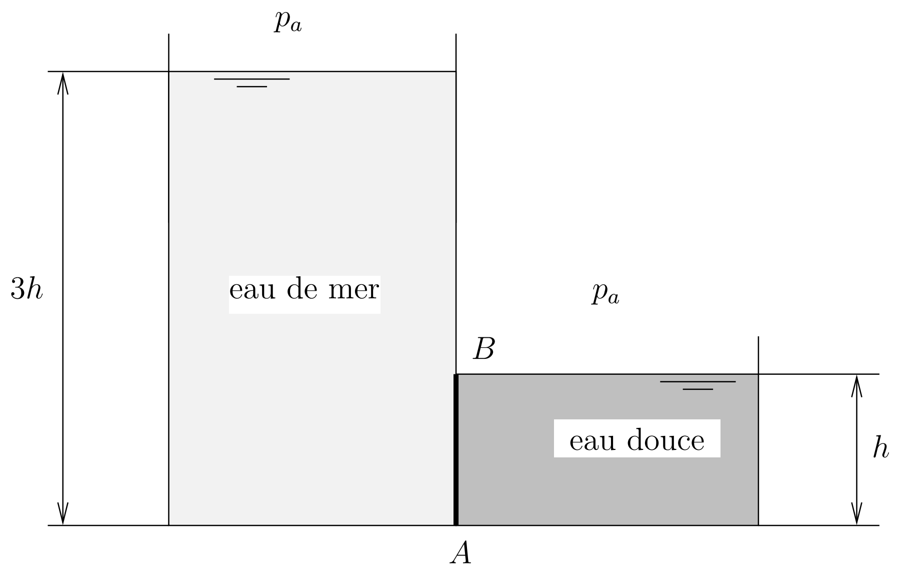
Données numériques :

$\rho_1 = 1150$ kg.m^{-3}

$\rho_2 = 1000$ kg.m^{-3}

$h = 1.2$ m

$b = 0.7$ m



1) Calculez analytiquement puis numériquement les pressions effectives qui règnent - dans les liquides en haut et en bas de la porte. . . . . **[1.5]**

2) Représentez - à l'échelle - la répartition de force effective exercée par les liquides sur cette porte. **[1]**

3) Calculez analytiquement puis numériquement la force effective globale exercée sur cette porte. Précisez analytiquement puis numériquement le point d'application de cette force. . . . . **[4]**

Exercice n°2 – 5 pts

On dispose un tube de Pitot et une sonde de pression statique dans un écoulement d'air de grande section devant la taille de la sonde comme l'indique la Fig. 1.

On ne considèrera aucune perte de charge dans l'écoulement.

La masse volumique de l'air est ρ.

Un liquide, de masse volumique $\rho' \gg \rho$, permet de relever la distance entre les 2 surfaces libres (entre 3 et 4) dans le tube en U.

On notera z_i (respectivement p_i) l'altitude (respectivement la pression) d'un point i quelconque du schéma. On considère que la vitesse de l'air est la même aux points 1, 1′ et 5 : elle sera notée v. Ceci est d'autant plus vrai que la sonde est petite et ne perturbe pas trop l'écoulement.

On a $z_1 = z_1' = z_2 = z_5 = z_6$ et on note $h = z_4 - z_3$.

1) Nommez et écrivez toutes les équations permettant de relier les caractéristiques des différents points du schéma.
Déduisez-en l'équation qui permet de calculer v connaissant h. .... **[4]**

On donne :

$\rho = 1.24$ kg.m^{-3}	$\rho' = 980$ kg.m^{-3}	$h = 5$ cm

2) Calculez numériquement v. .... **[1]**

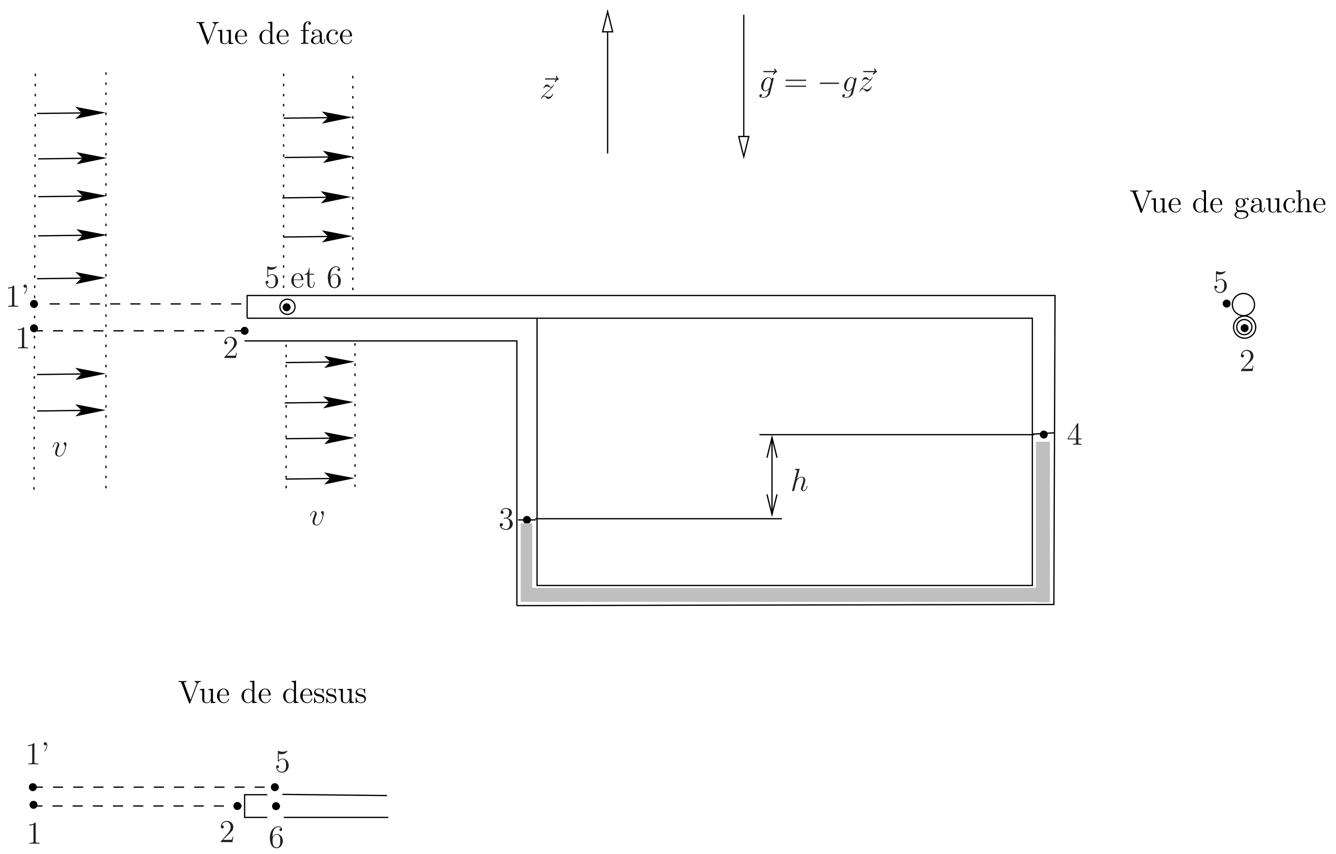


Fig. 1 – Dispositif de mesure de la vitesse d'un écoulement par tube de pression statique et tube de Pitot.

Exercice n°3 – 8.5 pts

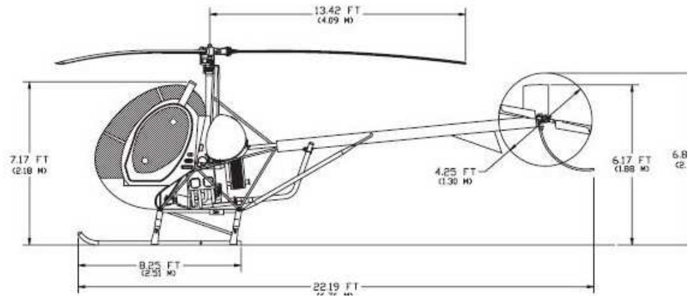
L'hélicoptère "HUGUES 300" possède un rotor principale à 3 pales de longueur $L = 4.09$ m et de largeur constante, qui est la corde du profil de pale, $c = 25$ cm.

Le rotor principale tourne à la vitesse de rotation $\Omega = 440$ tr/mn.

La masse de l'hélicoptère à vide est 500 kg ; La masse maximale avec pilote et chargement est 1000 kg.

On s'intéresse au vol stationnaire : l'hélicoptère est immobile par rapport au sol. On considère qu'il n'y a pas de vent (par rapport au sol).

L'air possède une masse volumique $\rho = 1.2$ kg.m^{-3} et une viscosité cinématique $\nu = 15 .10^{-6}$ m^2.s^{-1}.



1) Calculez la vitesse relative de l'air par rapport à la pale à l'extrémité de la pale ainsi qu'à 1 m puis 2 m et enfin 3 m de l'axe de rotation[1]. En déduire les nombres de Mach et de Reynolds correspondant. Les écoulements de l'air par rapport aux profils peuvent-ils être considérés comme incompressibles ? Commentez et développez. .... **[2]**

On donne les coefficients aérodynamiques du profil NACA0015 des pales pour différents nombres de Reynolds $\mathcal{R}$ et pour l'incidence de 5°. On ne considèrera pas de changement de ces coefficients relativement au nombre de Mach.

$\mathcal{R}$	$1 .10^5$	$5 .10^5$	$1 .10^6$	$2 .10^6$	$3 .10^6$	$4 .10^6$
C_x	0.01869	0.01015	0.00818	0.00725	0.00692	0.00675
C_z	0.6858	0.5495	0.5371	0.5513	0.5576	0.5610

2) Calculez les forces de portance et de trainée par unité d'envergure pour les profils situés à l'extrémité des pales puis à 1 m puis 2 m et enfin 3 m de l'axe de rotation.
Représentez une allure de l'évolution de la force de portance par unité d'envergure sur toute la longueur de l'aile.
Evaluez alors la portance globale des ailes.
Faut'il augmenter ou diminuer l'angle d'incidence du profil pour réaliser ce vol stationnaire ? .... **[3.5]**

3) Représentez le vecteur force par unité d'envergure sur le profil situé à 3 m de l'axe sur la Fig. 4. .... **[1]**

Le coefficient de pression C_p en un point quelconque du contour du profil est définit par :

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

où p est la pression en ce point quelconque du contour du profil et p_∞ la pression en un point suffisament loin du profil (en général $p_\infty = p_a$).

4) Visualisez (sur les Fig. 2 et Fig. 3) le point d'arrêt.
Calculez la pression au point d'arrêt.
Visualisez également le point où la dépression est la plus grande. Evaluez cette dépression. .... **[2]**

[1] Suivant le temps qu'il vous reste et votre capacité à utiliser votre calculatrice, ne faites pas forcément - dans un premier temps - les 4 calculs.

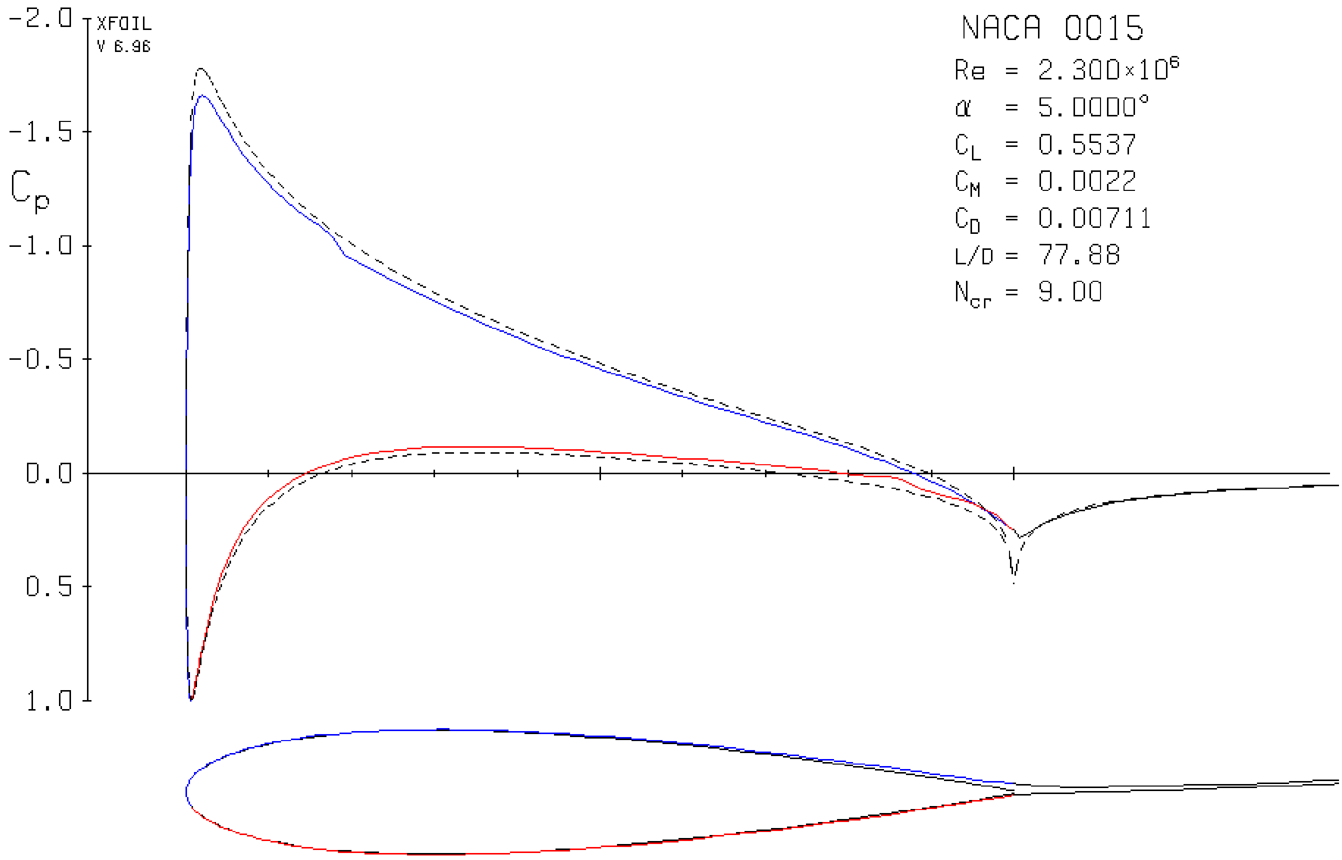


FIG. 2 – Evolution du coefficient de pression C_p pour le profil NACA 0015 pour le nombre de Reynolds $\mathcal{R} = 2.3\,10^6$ et pour une incidence de 5° où $C_z = 0.5537$ et $C_x = 0.00711$.

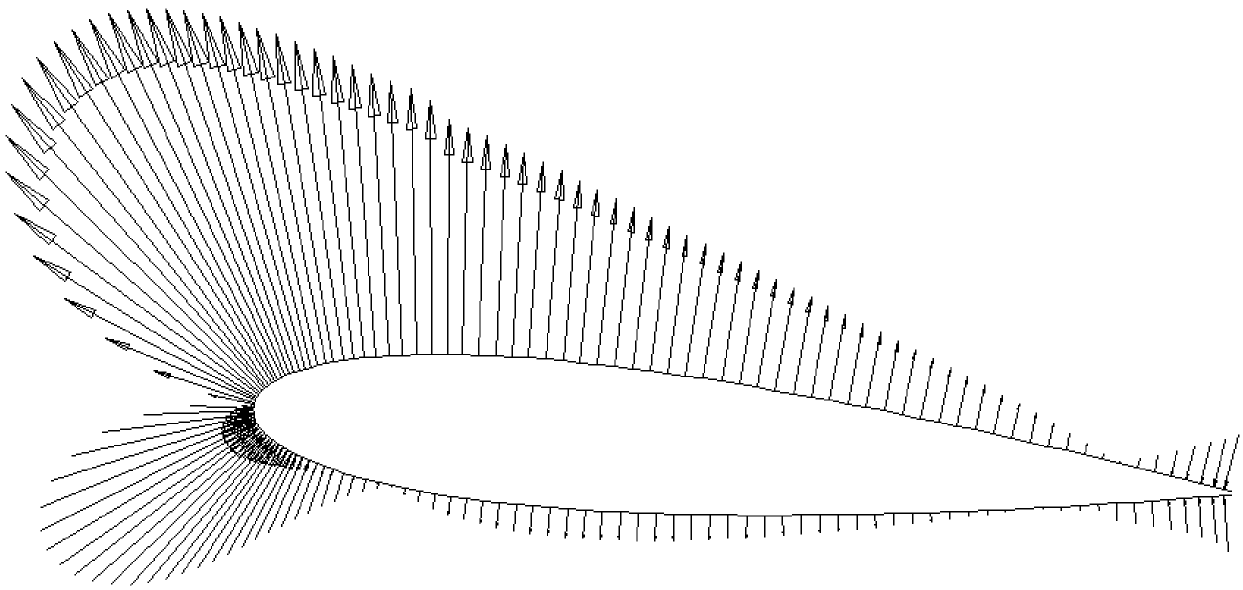


FIG. 3 – Représentation de la répartition de force de pression exercée en tous les points du contour du profil NACA 0015 pour le nombre de Reynolds $\mathcal{R} = 2.3\,10^6$ et pour un angle d'incidence de 5°. Le profil est incliné de 5° par rapport aux bords horizontaux de la feuille.

n°

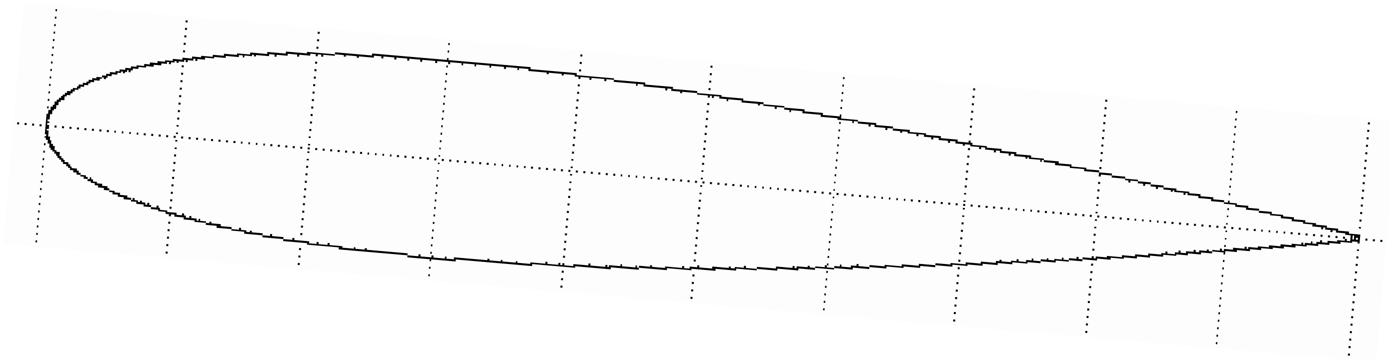


Fig. 4 – Profil NACA 0015 incliné de 5° par rapport aux bords horizontaux de la feuille.