On donne pour les 2 exercices :
- l'accélération de la pesanteur : $g = 9.81$ m.s^{-2} ;
- la pression atmosphérique : $p_a = 1.013$ bar $= 101.3$ kPa.

Des points seront attribués à l'écriture de vos hypothèses, à la provenance de vos équations et la justification de vos simplifications.

Exercice n°1 – 9 pts

Le problème est plan. Une porte permet de fermer un canal de hauteur h.

Cette porte retient sur un de ses côtés un liquide de masse volumique ρ dont la surface libre – débouchant à l'air à la pression atmosphérique p_a – affleure avec le haut de la porte. L'autre côté de la porte est également à la pression atmosphérique p_a.

On nomme O un point situé à la base de la porte (coté liquide) et M un point quelconque de la porte (coté liquide également) .

On notera $z = \vec{OM} \cdot \vec{z}$ et l'accélération de la pesanteur $\vec{g} = -g\vec{z}$ avec $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ la base orthonormée représentée sur la Fig. 1.

Données numériques :

$\rho = 1000$ kg.m^{-3}	$h = 2$ m

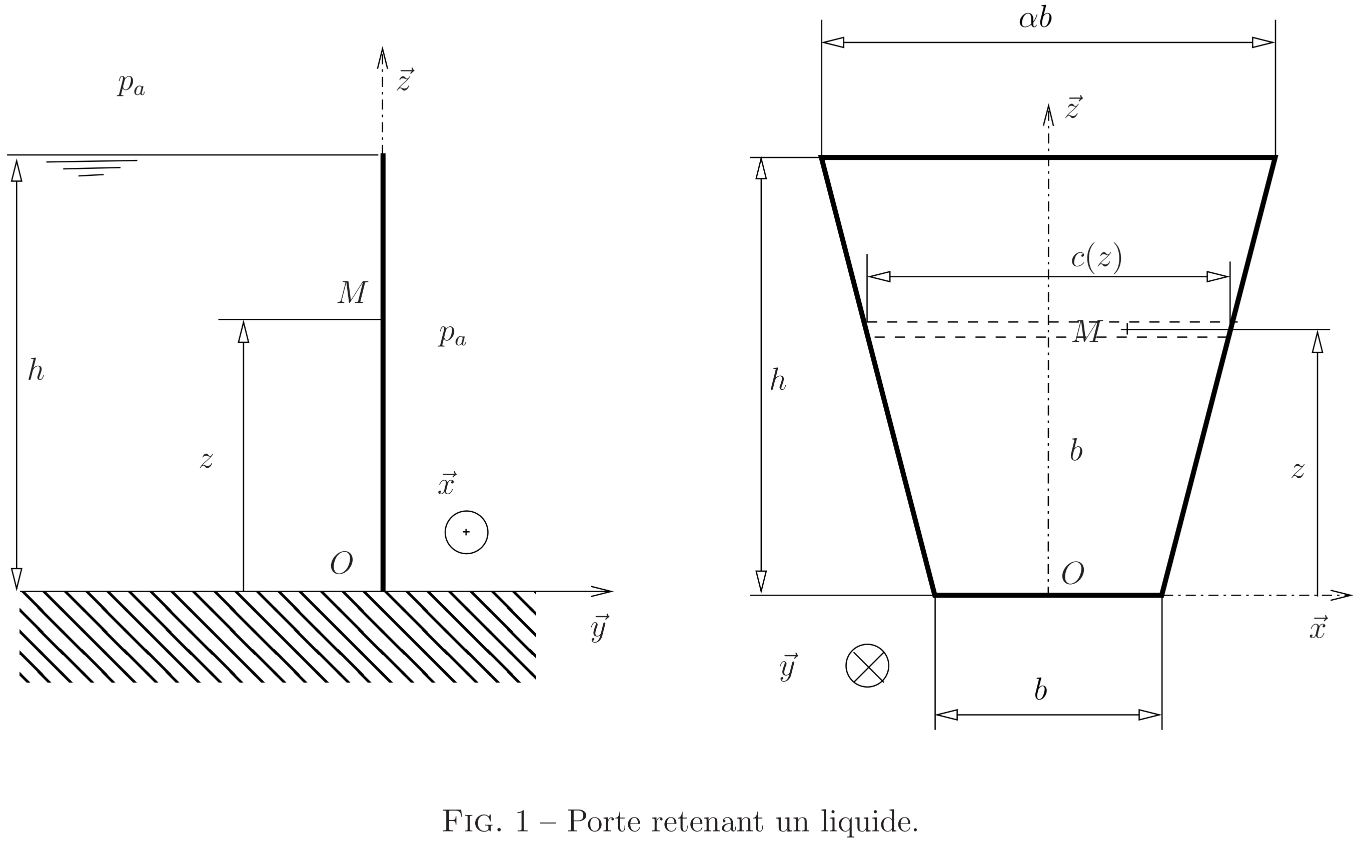

Fig. 1 – Porte retenant un liquide.

1) Quelle est la pression effective qui règne en O ? .... **[0.5]**

2) Si la porte était de largeur constante égale à 1.2 m, quelle serait l'intensité F de la force exercée par le liquide et l'air sur cette porte ?
Précisez le vecteur force $\vec{F}$.
Dans ce cas où se situerait le point d'application de ce vecteur force $\vec{F}$? .... **[1.5]**

3) La porte n'est pas de largeur constante. Sa largeur $c(z)$ évolue linéairement en fonction de z et passe de b en $z = 0$ à αb en $z = h$ où α est un coefficient ($\alpha \in]0 : +\infty[$).
Exprimez $c(z)$.
Exprimez la force élémentaire effective exercée sur un élément de surface entourant le point M.
Calculez analytiquement la force globale effective.
Exprimez la composante suivant $\vec{x}$ du moment élémentaire effectif en O de la force élémentaire effective exercée sur un élément de surface entourant le point M.
Calculez analytiquement le moment global effectif en O.
Déterminez analytiquement la position du point d'application de la force globale, c-à-d le point où le moment global effectif est nul.
Quelle est cette position si $\alpha = 1$?
Quelle est cette position si $\alpha = 2$? .... **[7]**

Exercice n°2 _ 11 pts

En architecture navale, une dérive désigne une surface immergée permettant de résister au dérapage latéral dû à l'effet du vent. Dérive est une contraction du terme "plan anti-dérive". Un plan anti-dérive est souhaitable sur les voiliers pour leur permettre de remonter efficacement contre le vent.

FIG. 2 – Visualisation des 2 dérives sorties sur un bâteau retourné, en construction.

On souhaite évaluer les efforts sur une seule dérive pour la vitesse maximum du bâteau qui est de 9.3 noeuds (1 noeud = 1 mille marin à l'heure = 1.852 km/h).

Le profil de cette dérive est un NACA 63A608.

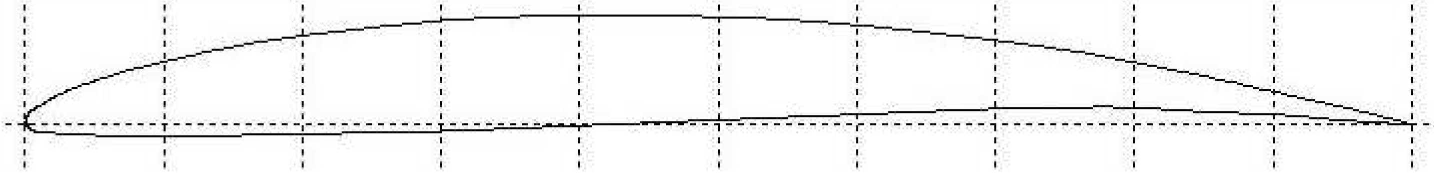

FIG. 3 – Profil NACA 63A608 dessiné en incidence nulle.

On considèrera un écoulement plan permanent sans considérer les effets de bords. On considèrera que le profil subit un écoulement d'eau de masse volumique $\rho = 1000$ kg.m^{-3} et de viscosité cinématique $\nu = 1174 .10^{-9}$ m^2.s^{-1} avec une incidence de $+2°$.

On donne les caractéristiques du profil pour 6 nombres de Reynolds pour cette incidence de 2°.

$\mathcal{R}$	$0.6\,10^6$	$0.8\,10^6$	$1.0\,10^6$	$1.2\,10^6$	$1.4\,10^6$	$1.6\,10^6$
C_x	$5.7\,10^{-3}$	$5.4\,10^{-3}$	$5.3\,10^{-3}$	$5.5\,10^{-3}$	$5.8\,10^{-3}$	$6.1\,10^{-3}$
C_z	0.741	0.738	0.734	0.727	0.709	0.709

Dans un premier temps, on simplifie la forme de la dérive : on considère une corde constante qui vaut $c = 295$ mm sur toute la longueur $L = 600$ mm. La dérive est donc de forme rectangulaire.

1) Déterminez le nombre de Reynolds relatif à l'écoulement. .... **[0.5]**

2) Evaluez les coefficients aérodynamiques du profil pour l'incidence donnée.
En déduire les forces de portance et de trainée sur la dérive. .... **[1]**

3) On envisage 2 autres formes de dérives rectangulaires de même surface de maître couple S que précédemment mais de longueur $L_1 = 451$ mm ou $L_2 = 901$ mm.
Quelles sont les cordes c_1 et c_2 de ces 2 dérives ?
Déterminez les nombres de Reynolds relatif à chacun de ces 2 nouveaux écoulements.
En déduire les coefficients aérodynamiques puis les forces de portance et de trainée sur chacune de ces 2 nouvelles dérives.
Quelle dérive vous semble préférable ? .... **[3]**

Dans un second temps, on considère la forme réelle de la dérive. La corde n'est plus constante (cf FIG. 4 et FIG. 5).

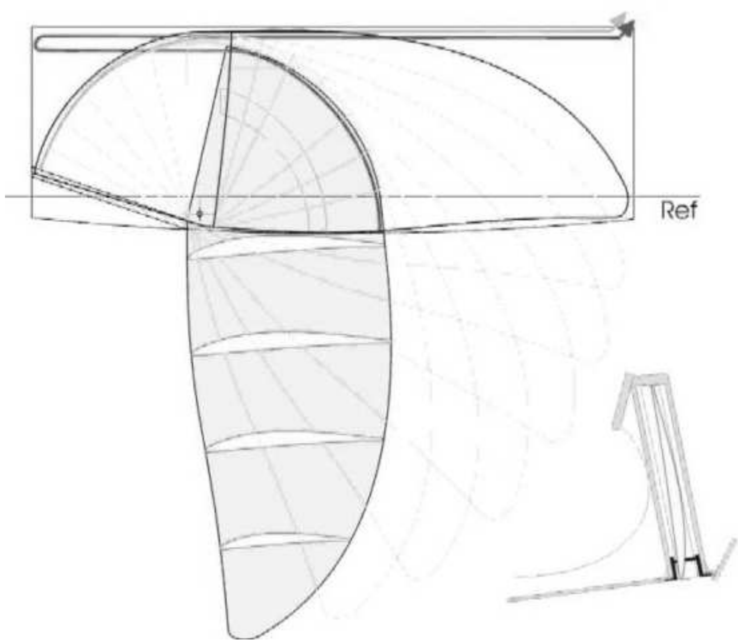

FIG. 4 – Dérive sortie ou rentrée.

4) Pour chacune des 4 sections droites positionnées sur la FIG. 5 par $y = 0$, 210, 345 et 504 mm, déterminez le nombre de Reynolds ainsi que les portances et trainées par unité d'envergure.
Tracez alors l'évolution des forces réparties (force par unité d'envergure) de portance et de trainée sur toute la longueur de la dérive.
En déduire une évaluation des portance et trainée globales sur la dérive. .... **[5.5]**

5) Sur la FIG. 6, qui sera rendue (vous écrirez votre numéro d'anonymat sur cette feuille), visualisez très précisément le point d'arrêt. Quelle est la pression effective en ce point ? .... **[1]**

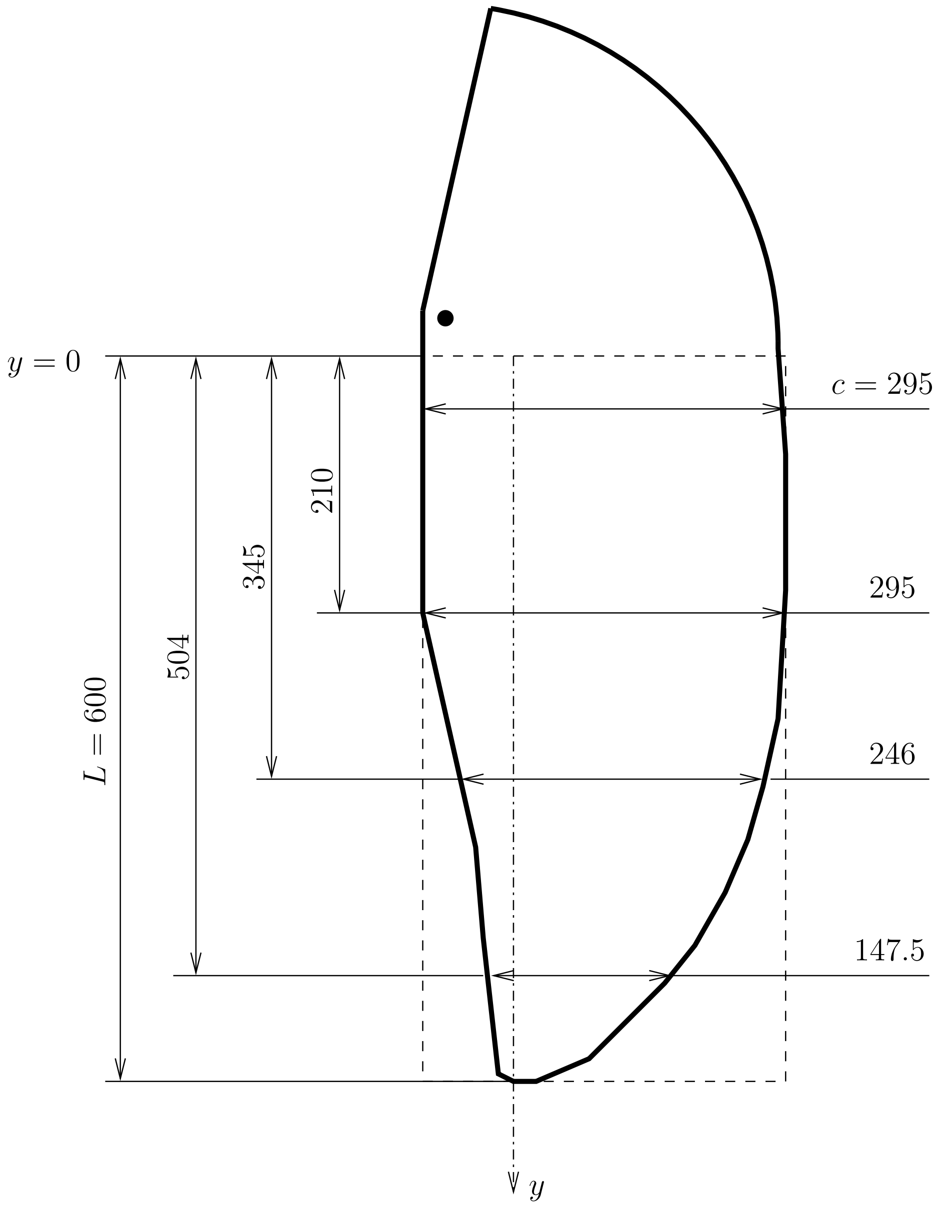

Fig. 5 – Formes réelle (trait fort) et simplifiée (pointillé) de la dérive (dimensions en mm).

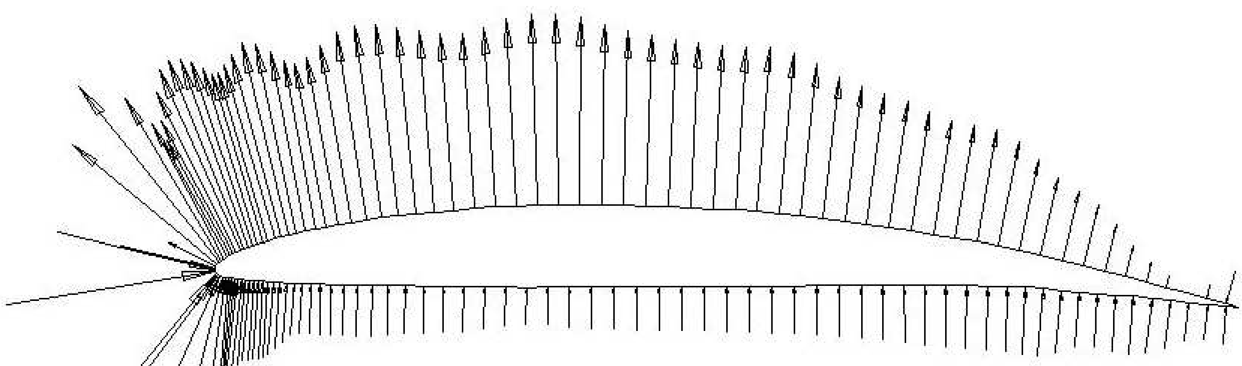

Fig. 6 – Evolution de la force répartie de pression sur le contour du profil pour le nombre de Reynolds $\mathcal{R} = 1.2\,10^6$ et pour une incidence de 2°. Le fluide arrive horizontalement de la gauche.