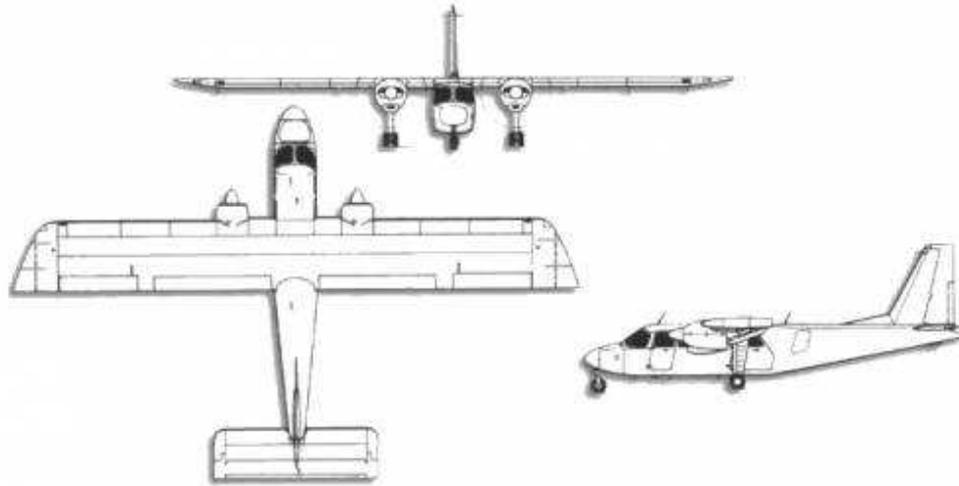


Des points seront attribués à l'écriture de vos hypothèses, à la provenance de vos équations, à la justification de vos simplifications et à la clarté des pages rendues.

Exercice n°1 - Britten-Norman [12.5 pts]



Le "Islander BN-2A" est un avion bimoteur conçu par John Britten and Desmond Norman qui effectua son premier vol en 1965. Cet avion possède une excellente maniabilité à basse vitesse ou sur un seul moteur et possède les caractéristiques suivantes :

Motorisation : 2 moteurs Lycoming o-540-E4C _ Puissance unitaire 260 ch (1 ch = 732 W)
 Masse au décollage : 2990 kg (utilisée pour les questions 2) et 3))
 Vitesse de croisière : 245 km/h _ Plafond : 4023 m
 Vitesse maximale : 273 km/h
 Vitesse ascensionnelle : 4.93 m/s
 Profil d'aile : NACA 23012 _ corde 1.9 m

On ne considérera pas les extrémités des ailes où la corde varie ; Leur corde sera $c_1 = 1.9$ m sur une envergure de $L_1 = 12.9$ m pour l'ensemble des 2 ailes.

Chaque côté de l'empennage horizontal arrière possède une corde $c_2 = 1.35$ m sur une envergure de $L_2 = 3.9$ m pour l'ensemble des 2 côtés.

L'échelle du dessin fourni est d'environ 1 : 200 et permet de vérifier ces dimensions.

Le profil des ailes et de l'empennage horizontal arrière est un NACA23012 (cf FIG. 1). On fournit les polaires de ce profil aux 4 nombres de Reynolds $\mathcal{R} = 10^6$, $2 \cdot 10^6$, $5 \cdot 10^6$ et $9 \cdot 10^6$ (cf FIG. 2).

Le fuselage de l'avion présente une surface de maître couple $S_f = 2$ m² et un coefficient de traînée $C_{xf} = 0.18$.

On donne les caractéristiques de l'air avec l'altitude h (cf TAB. 1) et on donne la valeur de la viscosité cinématique à l'altitude nulle $\nu(h = 0) = 15 \cdot 10^{-6}$ m²/s.

On considérera que l'air possède une vitesse nulle par rapport au sol.

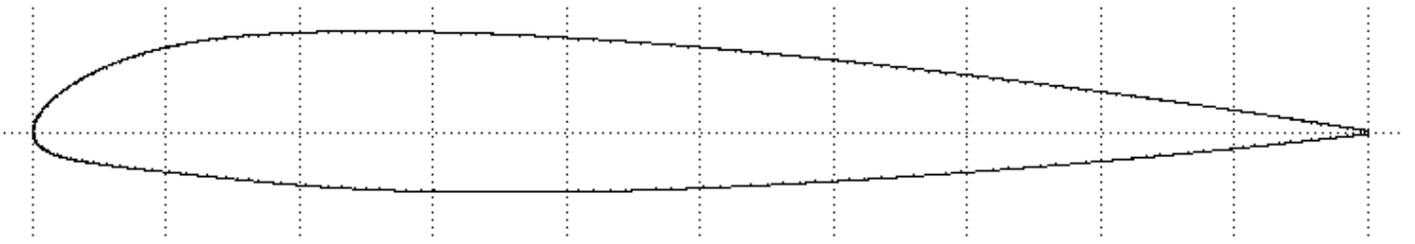


FIGURE 1 – Profil NACA23012 en incidence nulle.

NACA 23D12	$Re = 1000000$
NACA 23D12	$Re = 2000000$
NACA 23D12	$Re = 5000000$
NACA 23012	$Re = 9000000$

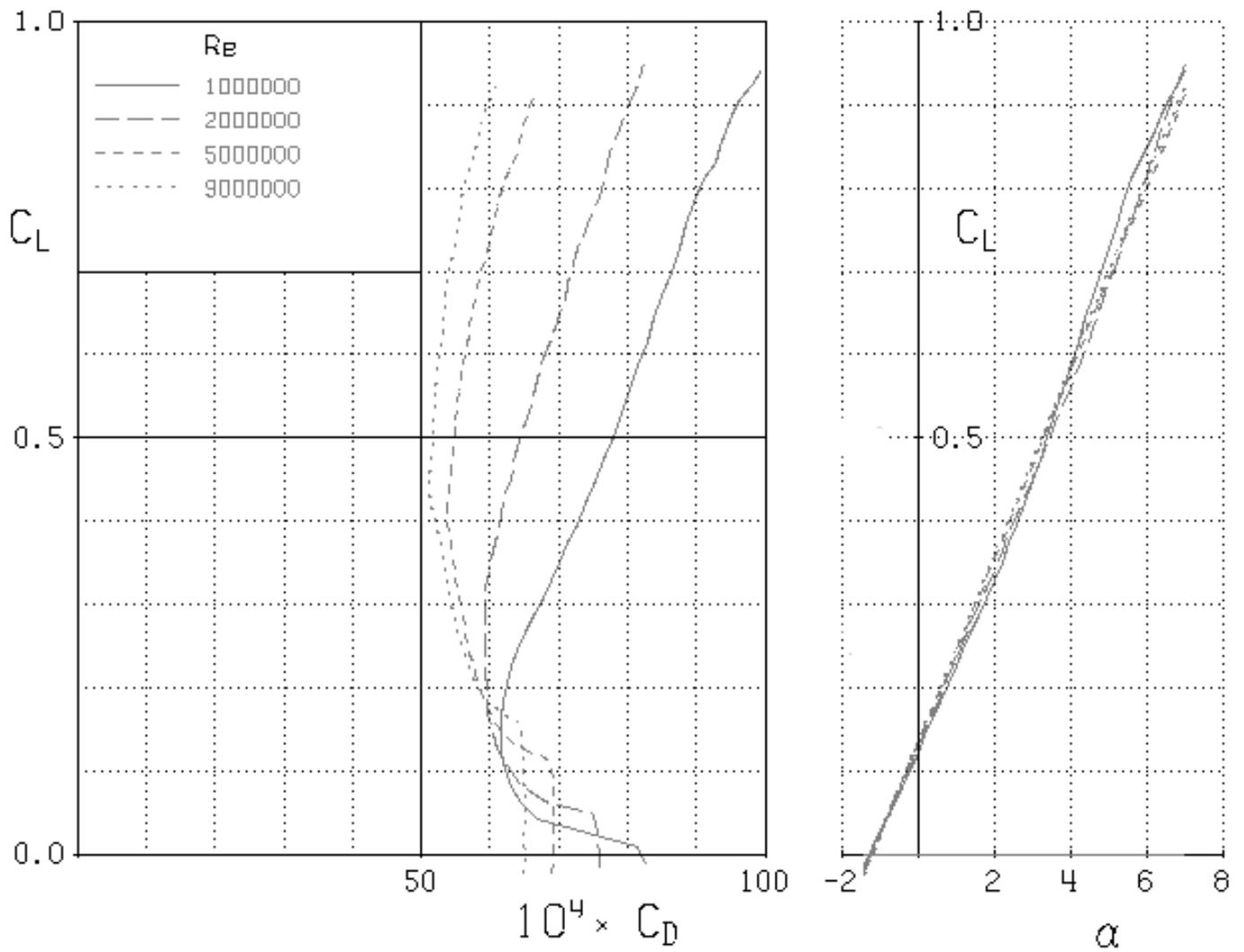


FIGURE 2 – Polaires du profil NACA23012 aux nombres de Reynolds $\mathcal{R} = 10^6$, $2 \cdot 10^6$, $5 \cdot 10^6$ et $9 \cdot 10^6$

altitude h (m)	accélération de la pesanteur g (m/s ²)	masse volumique ρ (kg/m ³)	T		viscosité à l'altitude / viscosité au sol $\nu(h)/\nu(h = 0)$
			(K)	(°C)	
0	9,8066	1,22	288	15	1,00
1000	9,8036	1,11	281	8	1,08
2000	9,8005	1,00	275	2	1,17
3000	9,7974	0,90	268	-5	1,27
4000	9,7943	0,82	262	-11	1,38

TABLE 1 – Caractéristiques de l'atmosphère avec l'altitude.

1) Déterminez les nombres de Reynolds relatifs à l'écoulement (supposé plan) autour des profils des ailes et de l'empennage arrière pour les altitudes de 0 et 4 km et pour la vitesse de croisière. . . . [1.5]

2) Sans considérer l'effort sur l'empennage arrière et sans utiliser les volets présents sur les ailes, quel devrait être le coefficient aérodynamique de portance des ailes pour que l'avion puisse voler à $h = 4$ km d'altitude à la vitesse de croisière (même question pour l'altitude $h = 0$ km).

Cela vous paraît-il possible ?

Quel devrait être alors l'angle de calage des ailes sur le fuselage ?

Justifiez vos réponses à l'aide des graphes fournis que vous rendrez avec votre numéro d'anonymat. [2.5]

3) On tient compte de l'effort sur l'empennage arrière pour un vol horizontal à l'altitude $h = 4$ km.

Cet angle de calage des ailes sur le fuselage est le même que l'angle de calage de l'empennage arrière sur le fuselage et vaut 4° .

Évaluez les coefficients aérodynamiques du profil des ailes.

Évaluez les coefficients aérodynamiques du profil de l'empennage arrière.

Quelle est la vitesse de l'avion qui permet un vol horizontal sans utiliser les volets sur les ailes et l'empennage arrière ?

Calculez alors la traînée sur les ailes, sur l'empennage arrière ainsi que sur le fuselage et en déduire la puissance perdue. Comparez à la puissance d'un seul moteur. [4.5]

4) On considère un vol horizontal à l'altitude de $h = 3$ km, à vitesse constante non précisée où l'on donne les efforts subit par l'avion (cf FIG. 3) :

- La traînée $T_1 = 350$ N et la portance $P_1 = 26000$ N sur l'ensemble des 2 ailes, appliquées en B ;
- La traînée $T_2 = 60$ N et la portance $P_2 = 2500$ N sur l'empennage horizontal arrière, appliquées en C ;
- La traînée $T_3 = 40$ N sur l'empennage vertical arrière, appliquées en D ;
- La traînée sur le fuselage $T_f = 650$ N, appliquée en E ;
- La traction de l'hélice A , appliquée en H ;
- Le poids P (masse inconnue), appliqué en G .

On donne les cotes sur la FIG. 3.

$b = 5.3$ m	$c = 90$ cm	$d = 83$ cm	$e = 90$ cm
-------------	-------------	-------------	-------------

La puissance consommée par chaque moteur vaut $\mathcal{P}_m = 100$ kW ; Le rendement de chaque moteur est de $\eta = 34$ %.

Déterminez la position de G soit la cote a pour que ce vol soit possible.

Déterminez la masse de l'avion.

Déterminez la traction A de l'hélice.

Déterminez la vitesse de l'avion. [4]

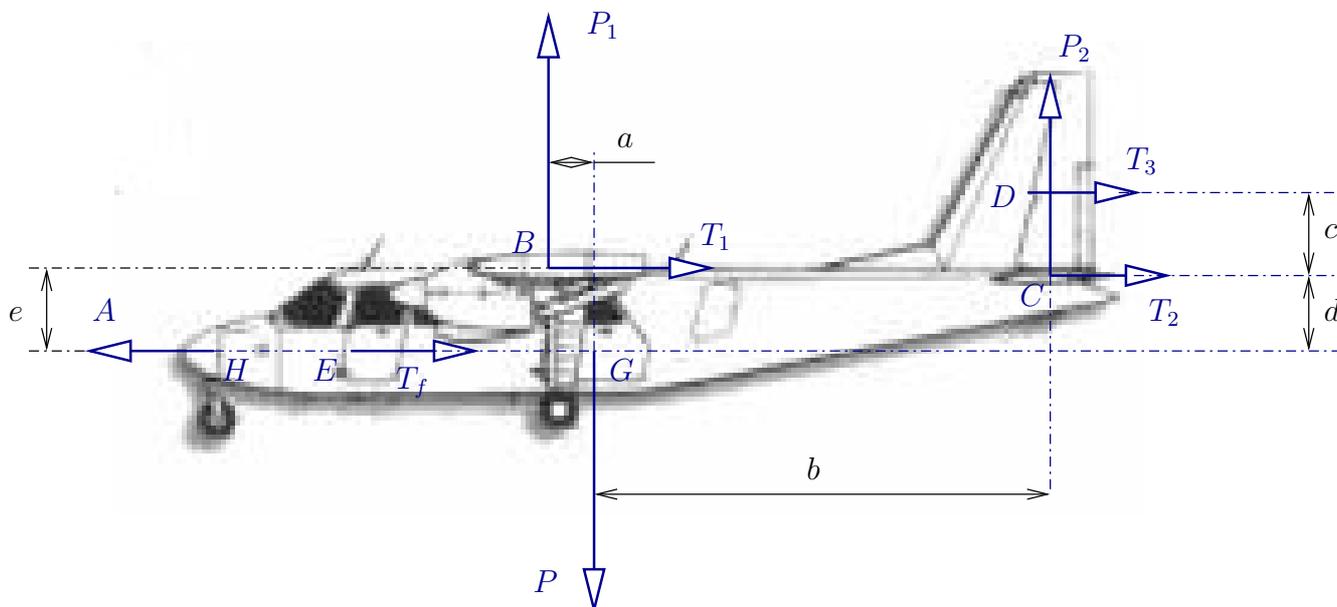


FIGURE 3 – Equilibre de l'avion

Exercice n°2 - Tube de Pitot [7.5 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. 4.

On ne considérera 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 et v_i) l'altitude (respectivement la pression et la vitesse) d'un point i quelconque du schéma. On considère que la vitesse de l'air est la même aux points 1 et 1' qui sont 2 points voisins de la même section droite de l'écoulement : cette vitesse sera notée v . La sonde est petite et ne perturbe pas trop l'écoulement : elle est placée dans l'écoulement de telle manière à ce que le tube de Pitot soit dans l'axe du vecteur vitesse en 1.

On considérera $z_1 \approx z'_1$ et on note $h = z_4 - z_3$.

On donne :

$\rho = 1.24 \pm 0.04 \text{ kg.m}^{-3}$	$\rho' = 980 \pm 5 \text{ kg.m}^{-3}$	$h = 23 \pm 1 \text{ mm}$	$g = 9.81 \pm 0.02 \text{ m.s}^{-2}$
--	---------------------------------------	---------------------------	--------------------------------------

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 [5]

2) Calculez numériquement v (avec les valeurs moyennes fournies). [1]

3) Réalisez un calcul d'incertitude :

Quelle est l'incertitude relative sur v ?

Quelles sont les valeurs maxi et mini de cette vitesse v ? [1.5]

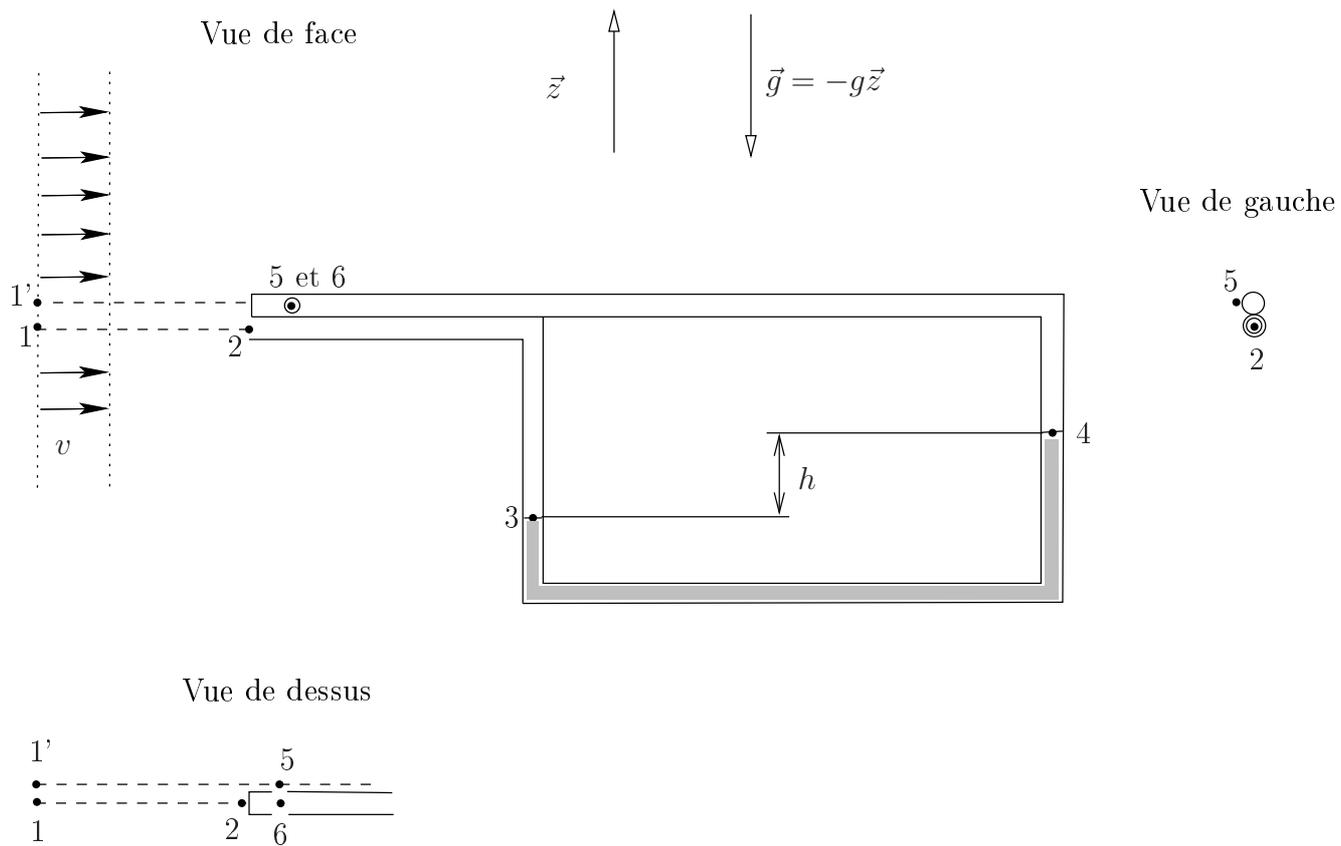


FIGURE 4 – Dispositif de mesure de la vitesse d'un écoulement par tube de pression statique et tube de Pitot.