

On donne pour tous les exercices :

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

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 du dessin rendu. Aucun autre dessin ne pourra vous être fourni.

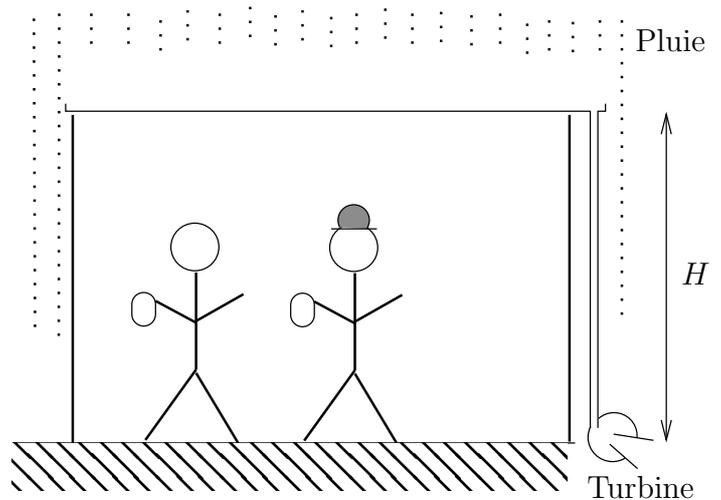
Exercice n°1 - Abri-Bus - 9 pts

On souhaite évaluer l'énergie que l'on pourrait récupérer de la pluie.

Le dessin représente un abri-bus rectangulaire quasi horizontal de $L = 3 \text{ m}$ sur $l = 1.8 \text{ m}$ situé à la hauteur $H = 2.20 \text{ m}$ du sol. De légers rebords évitent à l'eau de déborder.

L'eau est récupérée et est acheminée à une turbine - située au niveau du sol - par l'intermédiaire d'une tuyauterie verticale de longueur H .

On considère une pluie (masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$) continue qui tombe durant 1 heure et qui produit une hauteur d'eau de $h = 2.5 \text{ cm}$.



- 1) Calculez le débit d'eau correspondant à cette pluie. [0.75]
- 2) En considérant que l'eau est immobile au dessus de l'abri-bus, quelles sont ses énergies volumiques potentielle de pesanteur (par rapport au sol), cinétique et de pression effective ? [1.5]
- 3) Sans considérer de perte dans l'écoulement de l'eau précédant la turbine, quelle serait la vitesse maximum de l'eau à l'entrée de la turbine ? [1.5]
- 4) A quel diamètre de section circulaire correspond les débit et vitesse précédents ? Que se passe t'il si le diamètre de cette conduite est inférieure ou supérieure à cette valeur ? [1.25]
- 5) Quelle puissance maximum possèderait alors cette eau à l'entrée de la turbine ?
Quelle énergie maximum pourrait-on récupérer pour un rendement de turbine de 60% ? [1.5]
- 6) Un utilisateur de téléphone portable utilise une puissance d'environ 430 mW à chaque instant des 9 mn où il attend le bus.
Quelle énergie consomme t'il ?
Combien de tels utilisateurs, ce système de récupération d'énergie pourrait il alimenter au maximum ?
..... [1.5]
- 7) Il y malheureusement une perte de charge régulière sur la longueur de tuyauterie verticale. Pour un coefficient de perte de charge régulière $\lambda = 0.010$, calculez cette perte en considérant le diamètre et la vitesse que vous avez précédemment calculés. Calculez également la perte de puissance correspondant. Que vous suggère le résultat ? [1]

Exercice n°2 – Profil d’hélice d’avion - 11 pts

La base $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{z})$ est orthonormée directe.

La FIG. 1 représente un profil NACA4312 de pale d’hélice d’un avion. L’hélice est composée de 2 pales. La corde de ce profil est $c = 375$ mm.

L’avion vole à la vitesse constante par rapport au sol : $v\vec{z}$ avec $v > 0$. L’air est immobile par rapport au sol.

L’hélice tourne autour de l’axe (O, \vec{z}) par rapport à l’avion à la vitesse $\Omega\vec{z}$ avec $\Omega = 2490$ tr/mn.

Un point de ce profil est positionné par $\vec{OM} = R\vec{e}_r$: le profil représenté est à la distance $R = 1004$ mm de l’axe de rotation et est perpendiculaire à \vec{e}_r .

La vitesse \vec{V}_∞ de l’air par rapport au profil est représentée sur la FIG. 1 ; On a $V_\infty = 280$ m.s⁻¹.

L’écoulement de l’air par rapport au profil est supposé plan (dans le plan $(\vec{e}_\theta, \vec{z})$). Pour ces vitesses, le profil est en incidence de $\alpha = +5^\circ$.

Le calage, non modifiable de ce profil par rapport à \vec{e}_θ , est l’angle précisé sur la FIG. 1 soit 25.7° .

La masse volumique de l’air est $\rho = 1.22$ kg.m⁻³ ; Sa viscosité cinématique est $\nu = 15 \cdot 10^{-6}$ m².s⁻¹.

On donne les caractéristiques aérodynamiques de ce profil à différents nombre de Reynolds grace aux polaires (cf FIG. 2).

1) Précisez l’équation permettant de calculer la pression effective au point d’arrêt sur ce profil et calculez cette pression effective. Réalisez un dessin visualisant ce point d’arrêt.[1]

2) Déterminez le nombre de Reynolds relatif à l’écoulement de l’air autour du profil. Évaluez les coefficients aérodynamiques de portance et de trainée.[1]

3) Calculez les composantes de trainée et de portance par unité d’envergure du profil. Vous aurez précisé vos notations pour ces 2 composantes.

La finesse du profil est le rapport entre les composantes de portance et de trainée : calculez cette finesse. Représentez, à l’échelle, sur la FIG. 1 (qui sera rendue avec la copie), ces composantes de trainée et de portance (y faire figurer vos précédentes notations - des couleurs sont vivement conseillées) et le vecteur force exercée par l’air sur ce profil (sans préciser le point d’application de cette force) ; Vous préciserez l’échelle que vous aurez utilisée en complétant et en écrivant "... mm \equiv ... N/m" sur la FIG. 1.[3]

4) En déduire la représentation (à la même échelle) des composantes axiale (suivant \vec{z}) et tangentielle (suivant \vec{e}_θ) exercée sur ce profil.

Évaluez graphiquement les valeurs de ces 2 composantes.[1.5]

5) Comment calculeriez vous la force axiale globale sur l’hélice ? Comment calculeriez vous le couple axiale globale sur l’hélice ? Précisez l’effet utile et néfaste.[1]

6) Sur la FIG. 1, représentez la vitesse du profil par rapport à l’avion (ou la vitesse de l’avion par rapport au profil) et la vitesse de l’air par rapport à l’avion (ou la vitesse de l’avion par rapport l’air). Calculez l’intensité de ces 2 vitesses.[1.25]

7) Un défaut moteur engendre une baisse brutale de la vitesse de rotation qui chute d’un tiers : la nouvelle vitesse de rotation est égale à $\frac{2}{3}\Omega$. La vitesse de l’avion par rapport au sol n’a pas encore eu le temps de changer.

Quelle sont alors les nouvelles valeurs de :

- l’incidence du profil ;
- la vitesse de l’air par rapport au profil ;
- le nombre de Reynolds ;
- la composantes de trainée par unité d’envergure du profil ;
- la composantes de portance par unité d’envergure du profil ;

Que devient la composante axiale de la force exercée sur ce profil (il n’est pas demandé de réaliser le tracé sur la figure) ?[2.25]

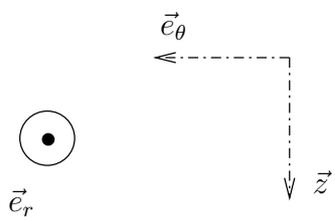
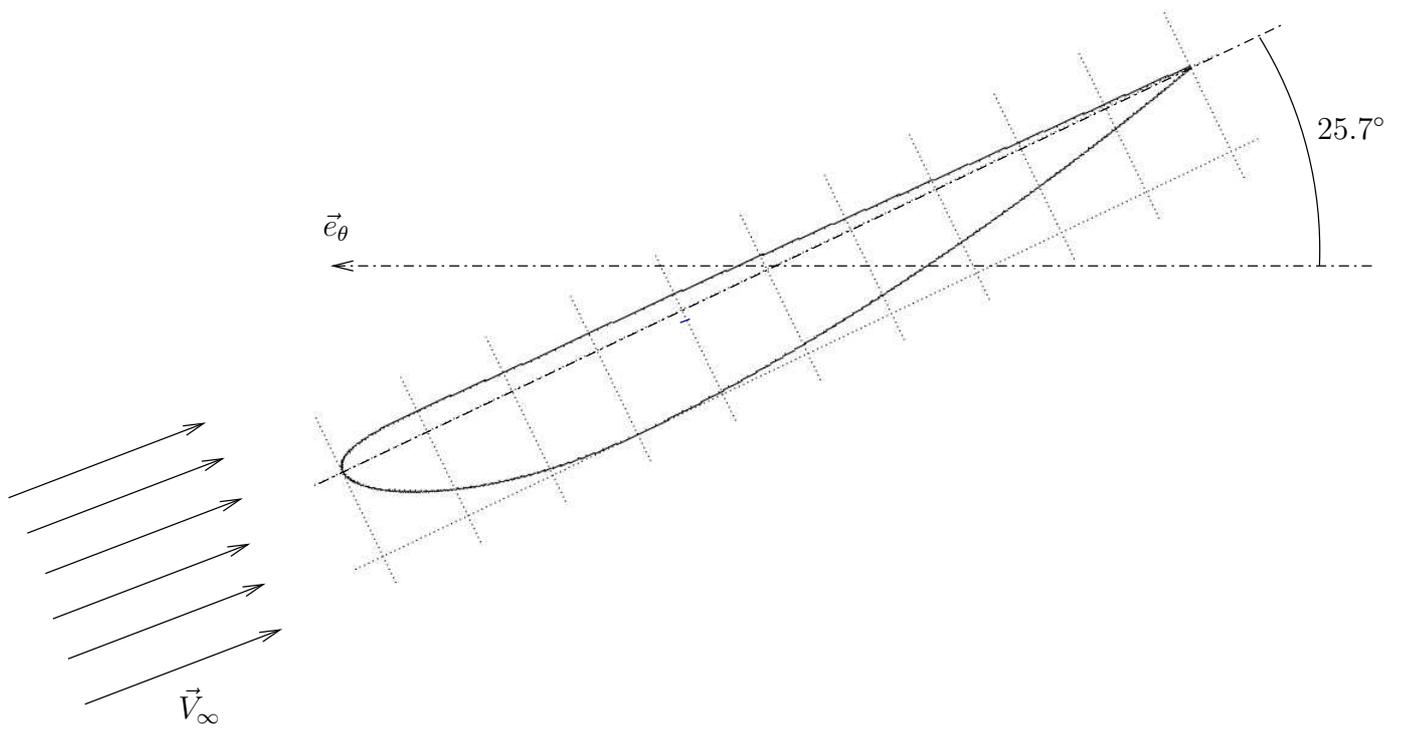


FIG. 1 – Profil de pale d'hélice.

NACA 4312 $Re = 4000000$ $Ma = 0.000$ $N_{crit} = 9.000$
 NACA 4312 $Re = 5500000$ $Ma = 0.000$ $N_{crit} = 9.000$
 NACA 4312 $Re = 7000000$ $Ma = 0.000$ $N_{crit} = 9.000$

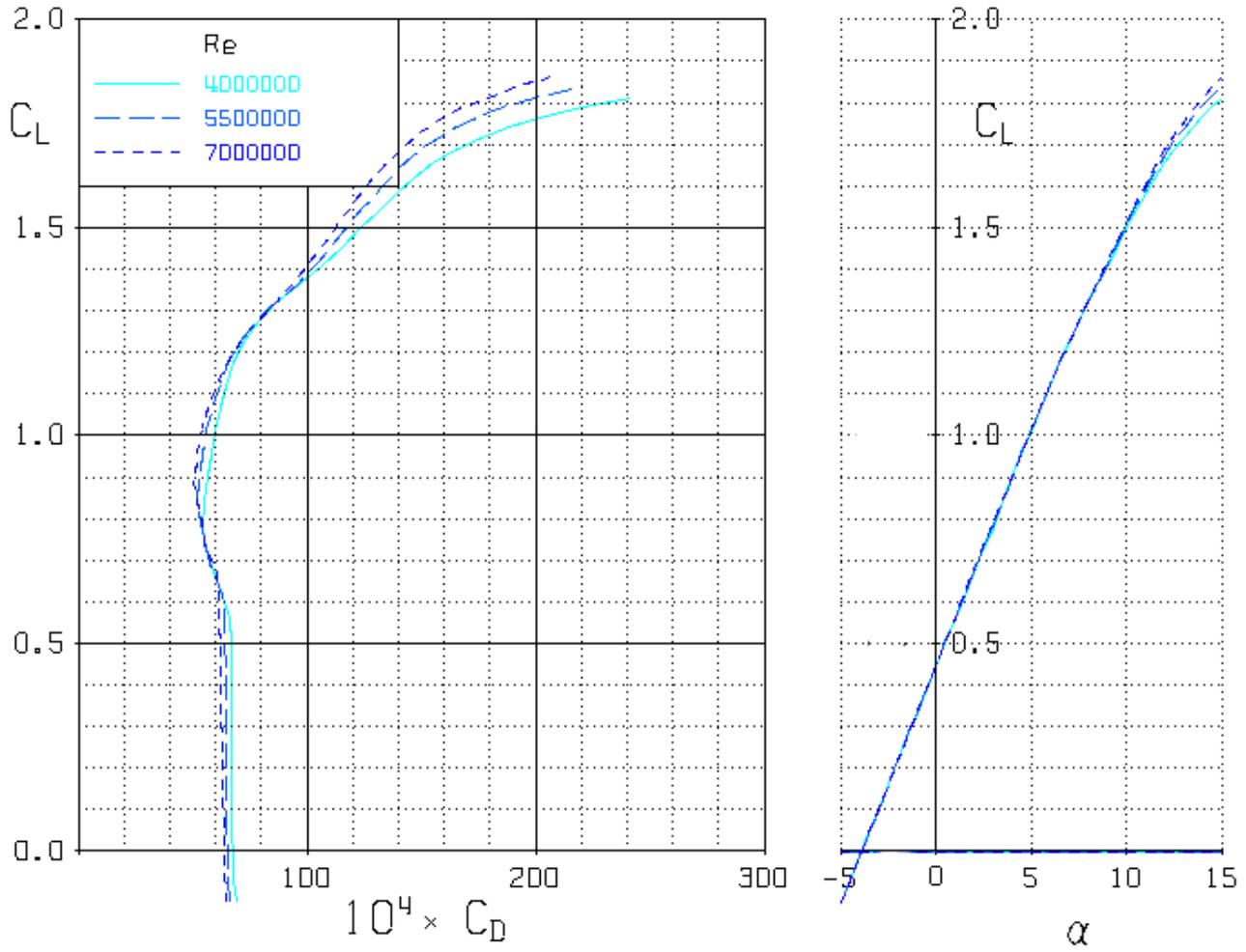


FIG. 2 – Polaires du profil NACA4312 à différents nombres de Reynolds ($\mathcal{R} = 4 \cdot 10^6$ ou $5.5 \cdot 10^6$ ou $7 \cdot 10^6$)