

TD n°1**Analyse dimensionnelle des forces aérodynamiques**

On se propose d'effectuer une analyse dimensionnelle du problème des forces aérodynamiques (force de portance F_p et force de traînée F_t), c'est à dire d'exprimer ces forces en fonction de nombres sans dimension.

1. Rappeler la définition des forces de portance F_p et force de traînée F_t exercées par l'air sur une aile d'avion. Les représenter dans un repère lié à l'aile, de directions (x, y, z) , où la direction x est celle de l'écoulement d'air non perturbé (vent relatif $\vec{V}_\infty$ loin de l'aile).
2. Faire l'inventaire des paramètres physiques du problème et exprimer les forces aérodynamiques par unité de longueur d'aile (forces linéiques f_p et f_t) en fonction de ces paramètres. On supposera dans un premier temps que la viscosité de l'air n'intervient pas.
3. Faire apparaître des coefficients sans dimension, appelés coefficient de portance C_z et coefficient de traînée C_x , qui ne dépendent que de la géométrie de l'aile et de son incidence.
4. Reprendre l'analyse précédente en tenant compte de la viscosité du fluide. Montrer que dans ce cas, il apparaît un nombre adimensionnel supplémentaire, appelé nombre de Reynolds, dont on donnera l'expression.
5. Conclure sur la détermination expérimentale des coefficients de traînée et de portance (expériences en soufflerie).

TD n°2**Vol horizontal stabilisé**

I. Représenter l'ensemble des forces s'exerçant sur un avion effectuant un vol horizontal à vitesse constante V_p , suivant une trajectoire rectiligne et horizontale.

En déduire la vitesse propre V_p de l'avion en fonction du coefficient de portance C_z , de la masse m de l'avion, de sa surface de voilure S , et de la masse volumique de l'air ρ .

II. On donne ci-dessous les valeurs de coefficients de portance C_z et de traînée C_x d'un avion léger en fonction de l'incidence α .

α (°)	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	17	18
C_x	0.01	0.012	0.015	0.02	0.03	0.04	0.05	0.065	0.085	0.105	0.120	0.140
C_z	0	0.1	0.25	0.4	0.55	0.7	0.8	0.95	1.05	1.10	1.15	1.05

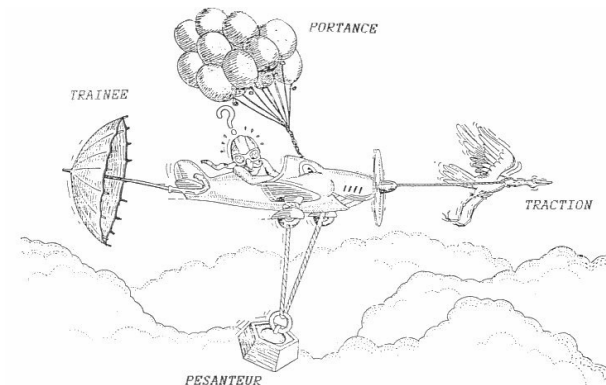
1. Tracer la polaire de l'avion (courbe C_z en fonction de C_x).
2. Indiquer sur la polaire les points de fonctionnement A, B, C, D et E suivants :

- A : portance nulle
- B : traînée minimale
- C : finesse maximale
- D : décrochage
- E : $\frac{C_x}{C_z^{3/2}}$ minimal.

3. Calculer la vitesse de décrochage en vol horizontal stabilisé.

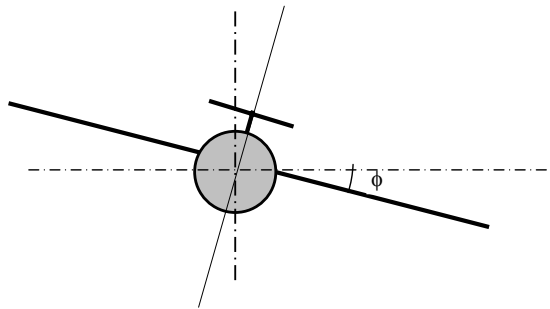
4. A quelle vitesse propre l'avion doit-il voler pour avoir une finesse maximale ?

Données : $m = 1$ tonne , $S = 20\text{m}^2$, $\rho = 1.2 \text{ kg / m}^3$, $g = 10 \text{ ms}^{-2}$.



TD n°3 Vol en virage

1. Représenter, dans un plan transversal, les forces s'exerçant sur un avion effectuant un virage stabilisé en s'inclinant d'un angle ϕ par rapport à l'horizontale.
2. Etablir l'expression du facteur de charge n en fonction de ϕ .



3. Donner l'expression de la vitesse de décrochage et discuter sa variation en fonction de n .
4. On note R le rayon du virage et ω la vitesse angulaire. Donner l'expression de R , puis celle de ω , en fonction de la vitesse linéaire V_p , de $\tan \phi$, et g .
5. Calculer le rayon des virages dans le cas d'un avion de tourisme volant à 216 km/h et s'inclinant de 30, 45 et 60°.

TD n°4 Puissance nécessaire au vol – Performances de vol

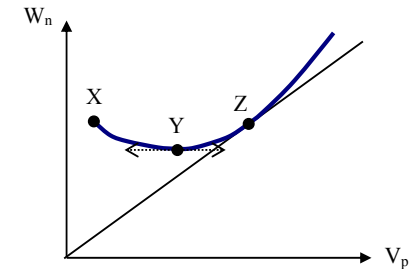
I. Performances de vol en Vol Horizontal Stabilisé

1. On définit la puissance nécessaire au vol W_n comme le produit $W_n = F_t \cdot V_p$. Etablir les expressions suivantes :

$$(1) \quad W_n = mg \cdot \frac{C_x}{C_z} \cdot V_p$$

$$(2) \quad W_n = (mg)^{3/2} \cdot \left(\frac{2}{\rho S} \right)^{1/2} \cdot \left(\frac{C_x}{C_z^{3/2}} \right)$$

2. On donne ci-contre l'allure de la courbe W_n en fonction de la vitesse propre V_p . Montrer que les trois points X, Y et Z correspondent à trois points particuliers de la polaire de l'avion.



3. Définir les régimes de vol et les régimes d'équilibre possibles.

4. Où faut-il se placer sur la courbe W_n fonction de V_p pour avoir :

- l'autonomie maximale en carburant
- le rayon d'action maximal.

II. Performances de vol en montée

1. Définir la puissance utile W_u lors d'une montée rectiligne uniforme suivant une droite inclinée d'un angle θ avec l'horizontale. Donner l'expression de W_u en fonction de W_n , m , g , θ et V_p . En déduire la vitesse ascensionnelle $\frac{dh}{dt}$ (on note h l'altitude). Donner une interprétation du résultat en termes d'énergie. Construire la courbe $\frac{dh}{dt}$ en fonction de V_p .

2. Où faut-il se placer sur cette courbe pour avoir : $\frac{dh}{dt}$ maximum, $\frac{dh}{dt}$ nul, un angle θ de montée maximal.

3. Que se passe-t-il en cas de panne de moteur ?