

1 Différentes façon de voler...

Aéronefs : ensemble des « machines à voler »



Aérostats : « plus léger que l'air »

Aérodynes : « plus lourd que l'air »

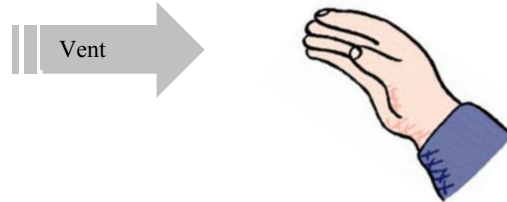
2 Effet de l'écoulement de l'air

Aérodynamique = étude des effets de l'écoulement de l'air sur un objet.

2.1 La main dans le vent...

En sortant la main par la fenêtre d'une voiture, elle est soumise à l'écoulement de l'air, qui produit une force R , la « résultante aérodynamique »

R dépend de :



On note $R =$

Unités :

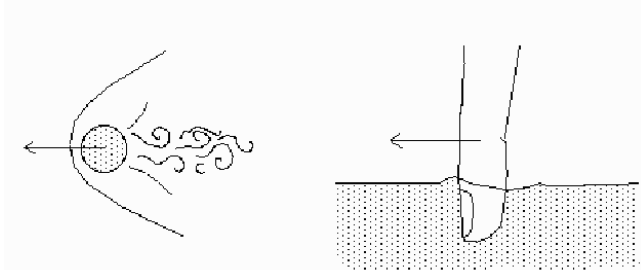
Si on double la vitesse :

Si on triple la vitesse :

Cette force dépend du mouvement de l'air *par rapport* à l'objet : que ce soit l'air ou la main qui est en mouvement, l'effet est le même. On parle de **vent relatif**

2.2 Écoulement de l'air

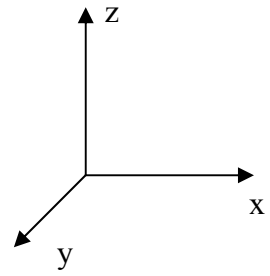
La forme de l'objet produit différents types d'écoulement de l'air, ce qui va donner une résultante aérodynamique qui va varier en direction ou en module.



2.3 Décomposition

On décompose la résultante aérodynamique R sur les 3 axes

→ **La traînée R_x** sur l'axe parallèle au vent relatif



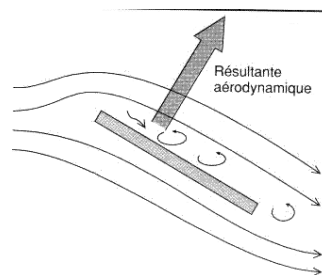
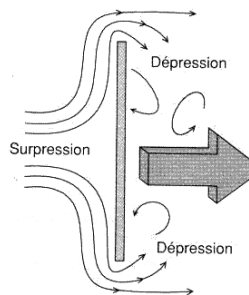
→ **La portance R_z** sur l'axe vertical

→ La force sur l'axe Y est négligée

Avec la main dans le vent on constate que :

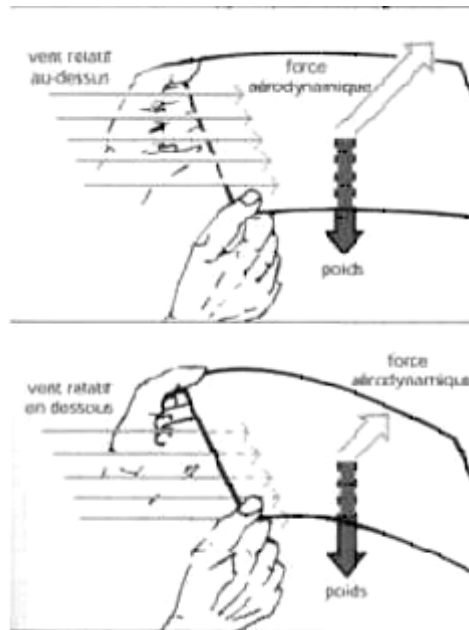
2.4 Portance

Composante de la force aérodynamique perpendiculaire au vent relatif



Expérience :

On souffle au dessus et en dessous d'une feuille


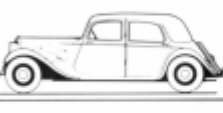




2.5 Traînée

Composante de la force aérodynamique parallèle au vent relatif

2.5.1 Problématique

La traînée s'oppose au mouvement. Pour avancer plus facilement (plus vite ou en consommant moins), il faut **réduire la traînée**

Pour rouler à 120 km/h	Il faut:	ch	$C_x S$
	B2 (1921)	75	1,437
	TRACTION (1934)	56	1,230
	DS (1956)	48	0,817
	GSA X3 (1980)	31	0,575

Document Citroën 28-45



Application : pour une R19 $S = 1,94 \text{ m}^2$ et $C_x = 0,3$

→ Calculez la traînée à 50 km/h

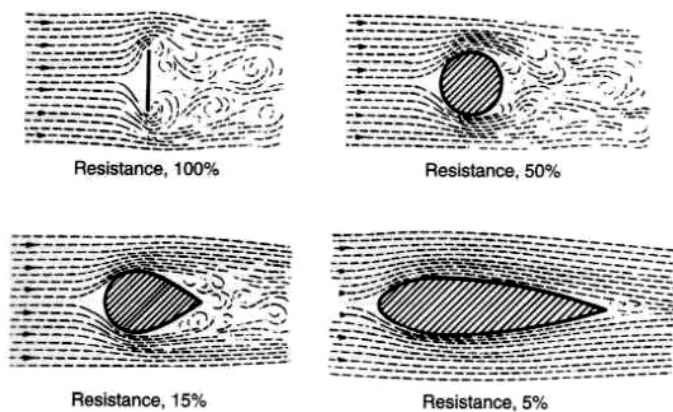
→ Déduisez en la traînée à 100 km/h et 150 km/h

La puissance correspondante est $P = R_x \cdot V$

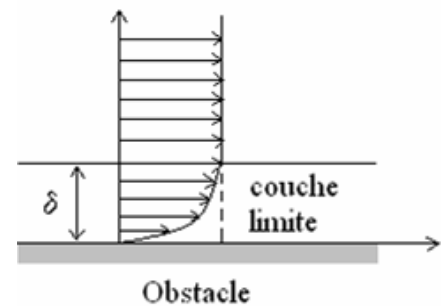
→ Évaluez la puissance que doit développer le moteur pour compenser cette traînée

2.5.2 Origines de la traînée

→ **Traînée de profil**



→ **Traînée de frottement**



→ **Traînée induite**



2.6 Finesse

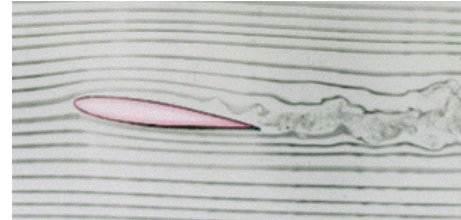
$$\text{Finesse} \triangleq \frac{\text{portance}}{\text{trainée}}$$

C'est l'indicateur d'efficacité du profil : plus la finesse est grande, plus la trainée sera faible pour une portance donnée.

3 Recherche d'un profil

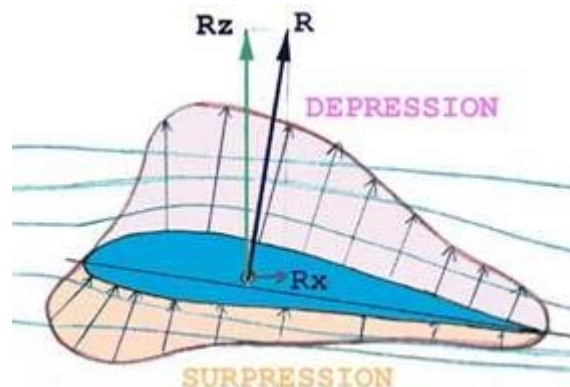
Pour un avion on souhaite un profil d'aile ayant

→ Une faible trainée



→ Une grande portance

3.1 Comportement



3.2 Centre de poussée

C'est le point où s'applique la résultante aérodynamique : l'origine du vecteur R sur l'illustration ci-dessus. Il est en général placé sur la corde de profil aux environs du tiers avant du profil pour les angles d'incidence courants.

C'est un point mobile, qui dépend de

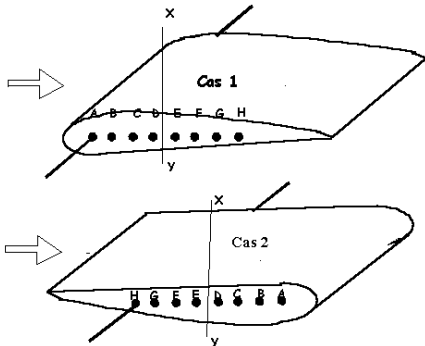
- Le type et la forme du profil (si l'allongement augmente, le centre de poussée se rapproche du bord d'attaque)
- L'angle d'incidence

Quand le centre de poussée n'est pas sur le centre de gravité, il crée un « moment » qui tend à faire pivoter l'avion d'autant plus que la force est importante ou que la distance entre le centre de poussée et le centre de gravité est grande (effet de levier)

→ Puisque le centre de poussée est mobile et que le centre de gravité ne l'est pas, le moment va dépendre de l'angle d'incidence

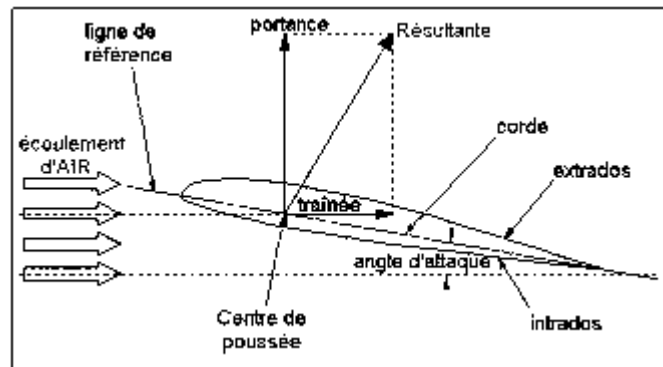
3.3 Foyer

Le foyer d'un profil correspond au « centre de gravité » aérodynamique d'un profil, c'est un **point fixe** de ce profil qui correspondant à un équilibre indifférent dans une veine d'air.

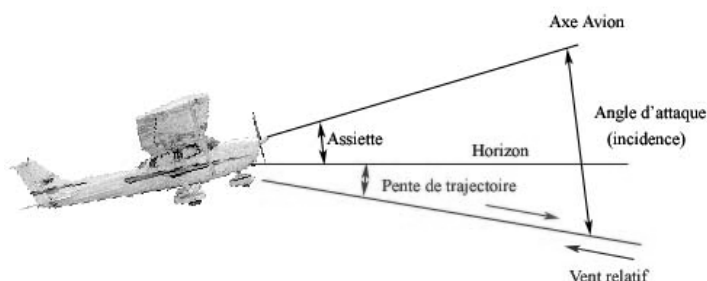


3.4 Description d'un profil d'aile

- Corde (l)
- Ligne moyenne
- Epaisseur (h)
- flèche (f)
- Envergure (B)
- Surface alaire (S)
- Allongement (λ)



3.5 Incidence, calage et assiette



Incidence :

Calage :

Assiette :

3.6 Types de profils

Il existe différents types de profils d'ailes ayant des caractéristiques différentes :

Profil biconvexe symétrique



Profil biconvexe dissymétrique



Profil plan convexe



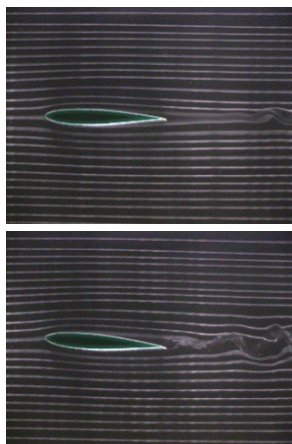
Profil creux

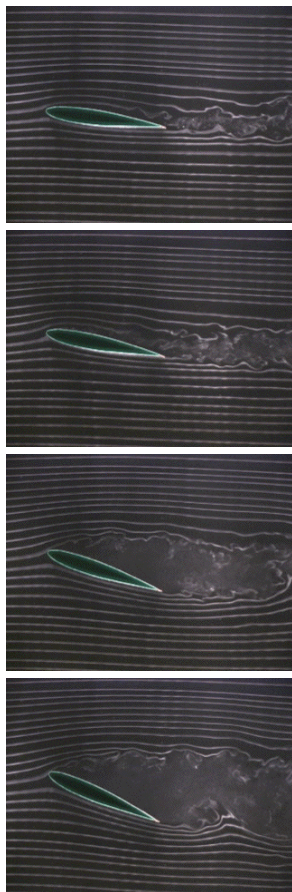


Profil à double courbure



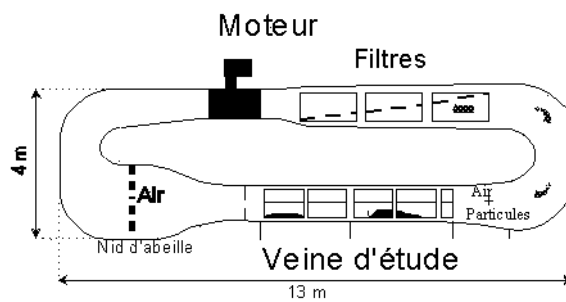
3.1 Incidence





3.2 Caractéristiques

Les essais en soufflerie permettent de quantifier la portance et la traînée en fonction de l'angle d'incidence

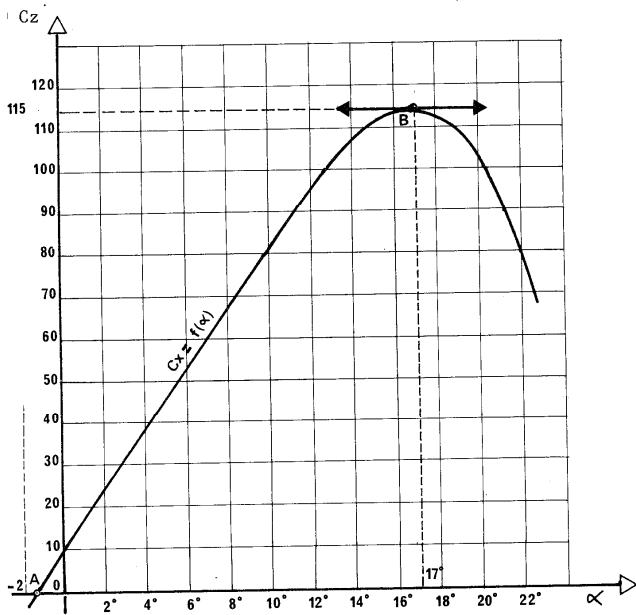


3.2.1 Courbes obtenues

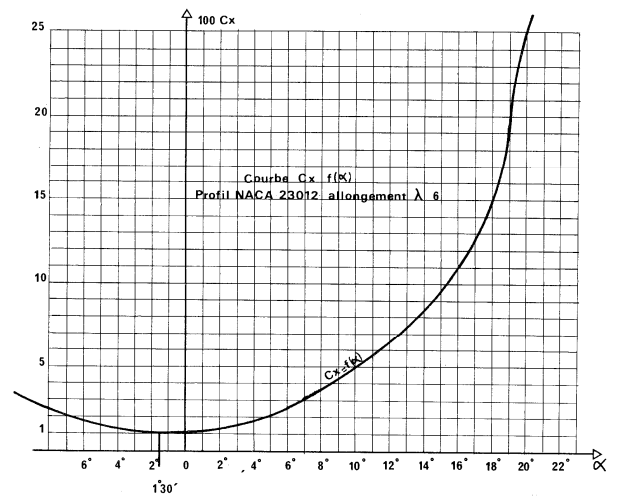
On mesure

On connaît :

Donc on peut déduire



$C_z(\alpha)$: Portance en fonction de l'incidence



$C_x(\alpha)$: Traînée en fonction de l'incidence

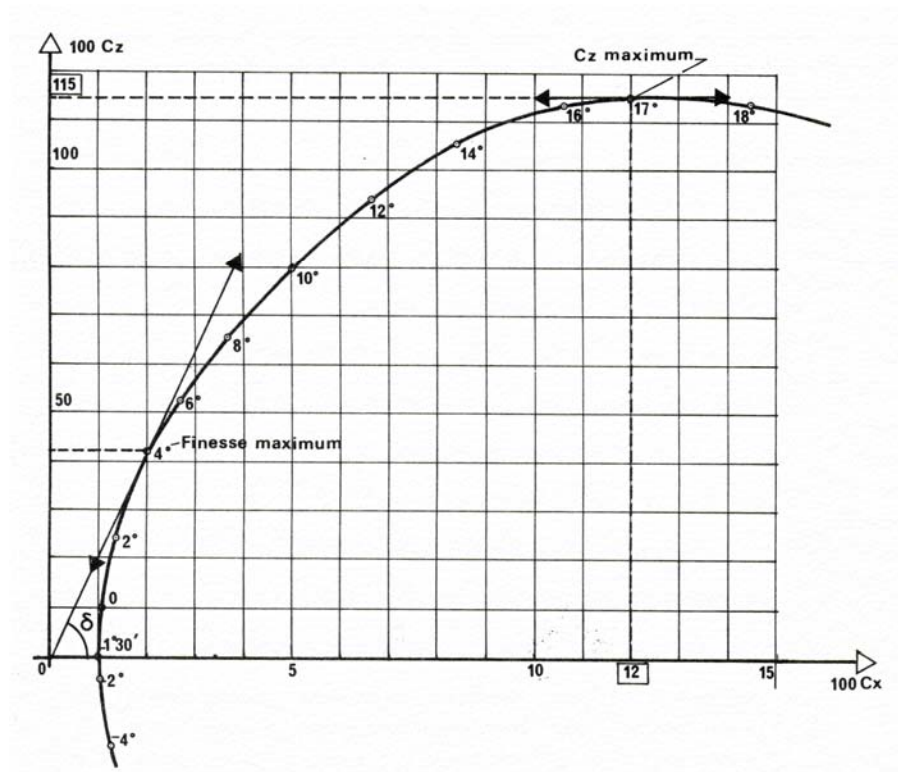
3.2.2 Polaire

On fusionne les 2 courbes précédentes en reportant pour chaque valeur de l'incidence le point dont les coordonnées sont (x = traînée, y =portance).

Application : reporter sur le graphique ci-dessous la portance et la traînée pour $\alpha = -2^\circ$

Continuer avec $\alpha = 0^\circ, 2^\circ, 4^\circ \dots$ jusqu'à 20°

On obtient la courbe suivante :



3.3 Avion complet

Le reste de l'avion ajoute principalement de la traînée. La polaire de l'avion complet est donc celle de l'aile translaté sur l'axe de la traînée.

L'empennage est souvent déporteur (il a une portance négative)

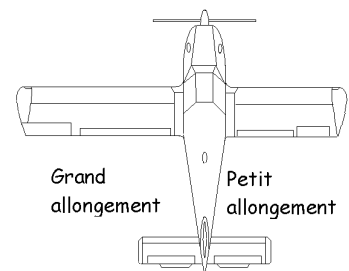
4 La forme de l'aile

Une des principales caractéristiques de l'aile est donc son profil. Mais d'autres caractéristiques sont à prendre en compte :

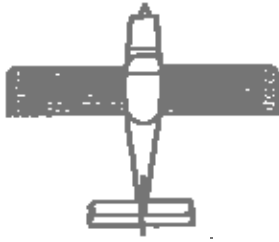
4.1 Allongement λ

Rapport entre l'envergure et la corde

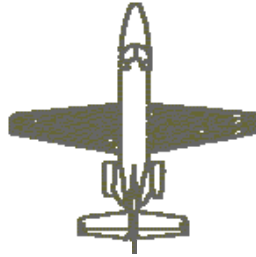
$$\lambda = \frac{B}{l} = \frac{B^2}{S}$$



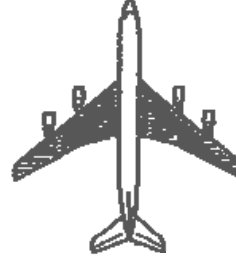
4.2 forme



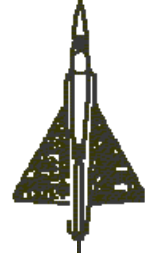
Aile droite.



Aile trapézoïdale



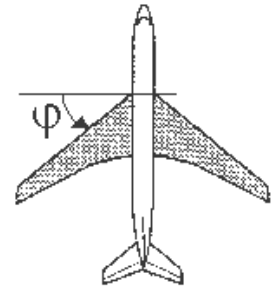
Aile en flèche



Aile delta

4.3 La flèche

Angle φ entre la perpendiculaire à l'axe du fuselage et le bord d'attaque de l'aile.



4.4 Le dièdre

Angle formé entre l'horizontale et l'aile s'appelle le dièdre.

