

La traînée "induite"

■ Texte et croquis :
Olivier Caldara ■

La dernière composante des forces de traînée, de nature fondamentalement différente de celles des traînées de frottement et de pression, est représentée par la traînée induite.

Cette traînée est dite "induite" par la portance, parce qu'elle n'apparaît que lorsque tout ou partie de l'objet est le siège de forces perpendiculaires à l'écoulement (ou forces de portance, contrairement aux forces de traînée qui apparaissent dans la direction de l'écoulement). C'est le cas de toute aile qui "porte" un aéronef, mais aussi d'une dérive lorsqu'elle est braquée dans l'écoulement (la "portance" est cette fois-ci horizontale).



Ludwig Prandtl, aérodynamicien allemand du siècle dernier.

la portance. L'angle induit est proportionnel à la portance, en fonction de coefficients dépendants de la géométrie de l'aile. Un des résultats de cette théorie est que l'aile plane de traînée induite minimale doit avoir une répartition de portance elliptique (le Spitfire en est un cas de toute beauté !).

L'angle induit est dans ce cas égal à :

$$\alpha_i = \frac{C_z}{\pi \cdot \lambda}$$

lambda étant l'allongement de l'aile, égal à :

$$\lambda = \frac{(\text{envergure})^2}{\text{Surface}}$$

La décomposition des forces de portance et de traînée, provoquée par l'écoulement local α_v , doit être projetée sur les axes vent à l'incidence α . Du fait de "l'angle induit", 2 effets très importants apparaissent :

- Le coefficient de portance réellement obtenu est fonction de l'angle local et donc plus faible que pour un cas à 2 dimensions :

$$C_z = k \cdot (\alpha - \alpha_0)$$

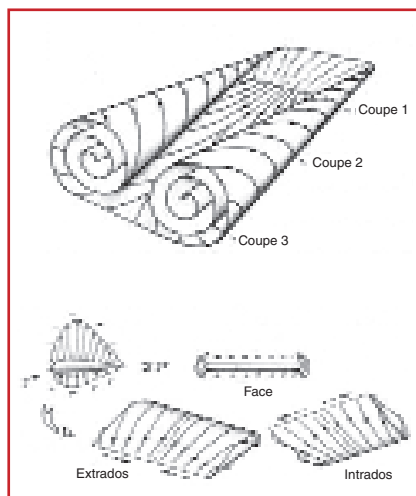
avec $k = \frac{\pi^2}{180} \cdot \frac{1}{1+2/\lambda}$

la portance augmente d'autant moins vite avec α que l'allongement est faible.

- la portance C_z est un peu inclinée vers l'arrière par rapport au vecteur vent réel. La composante projetée de cette inclinaison est équivalente à une traînée, ainsi appelée "traînée induite" :

COMMENT SE MANIFESTE-ELLE ?

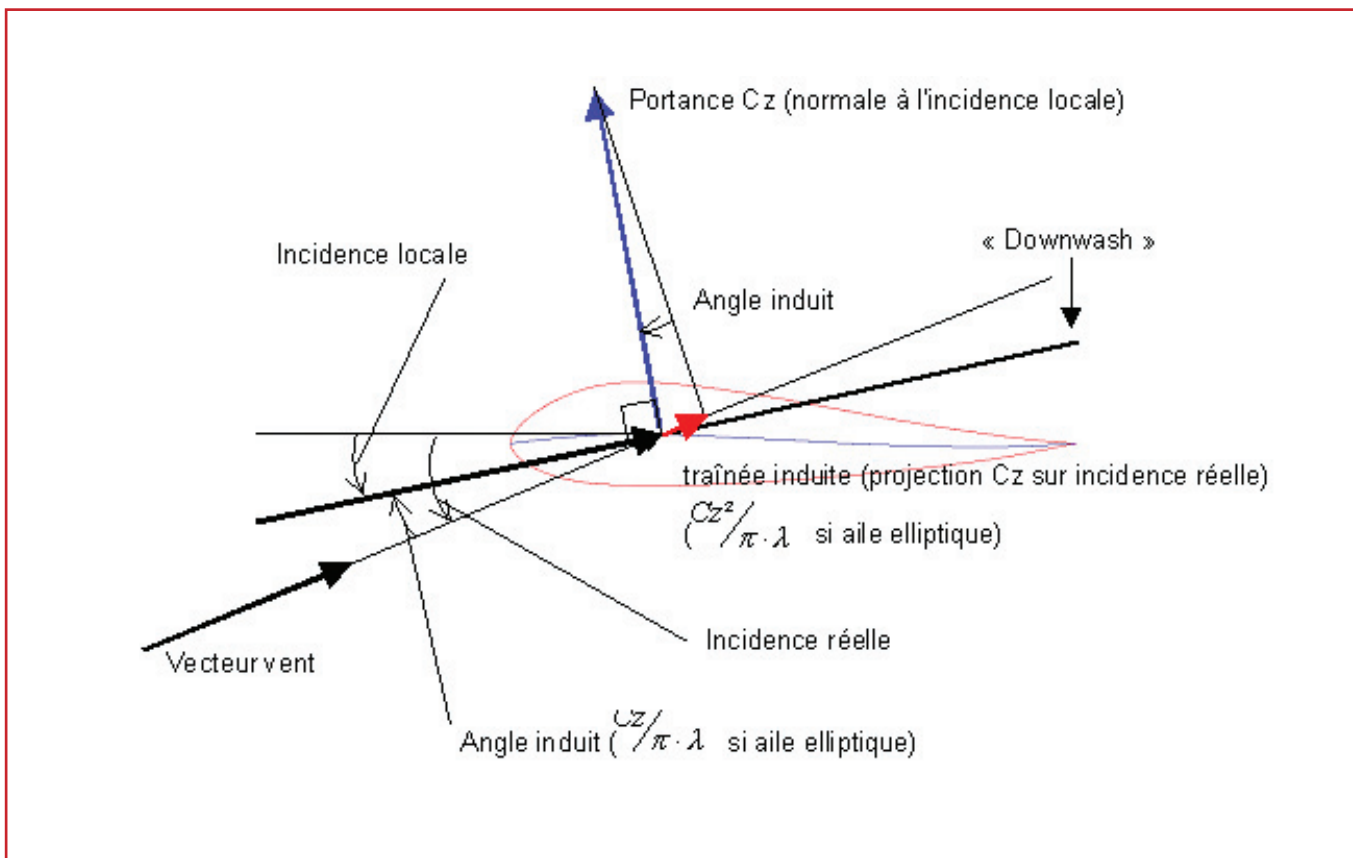
Prenons une aile, d'allongement fini, l'écoulement autour de celle-ci peut se représenter de cette manière :



Du fait du caractère "fini" de l'aile, l'écoulement contourne les extrémités et provoque 2 tourbillons. Ces tourbillons génèrent ce que les Anglo-saxons appellent "downwash", qui additionne à l'écoulement autour de l'aile un écoulement vertical vers le bas. L'écoulement est d'autant plus "forcé" que le tourbillon est puissant, et que l'allongement est faible : D'un point de vue physique, tout se passe comme si l'incidence "locale" α_v , vue par le profil en mouvement était réduite d'un "angle induit" par l'écoulement tourbillonnaire α_i .

L'aérodynamicien allemand Ludwig Prandtl (1875-1953) est à l'origine de la mécanique des fluides moderne et de la théorie de la ligne portante, qui permet de déterminer dans certains cas particuliers l'ordre de grandeur des effets induits par





La traînée induite est égale (puisque les angles sont petits) à la portance multipliée par l'angle induit, soit :

$$C_{x_{induit}} = \frac{C_z^2}{\pi \cdot \lambda}$$

Bien sûr, cette expression n'est valable que pour une aile plane elliptique (assez loin d'un parapente...) mais peut servir de bonne approximation dans les autres cas. La traînée induite est donc :

- proportionnelle au carré de la portance ;
- inversement proportionnelle à l'allongement (le pourquoi du comment des ailes à grand allongement plus perfos...).

SYNTHÈSE DES FORCES APPLIQUÉES

Pour terminer cette introduction sur les forces appliquées aux objets au sein d'un écoulement fluide et permettre d'ébaucher une méthodologie d'évaluation rapide des performances d'une machine, un résumé des forces en présence est nécessaire, accompagné d'un petit rappel des grandes lignes (ci-contre) : En tout problème posé sur un appareil

plus ou moins complexe, une application de cette simple démarche permet d'obtenir assez rapidement un ordre de grandeur des caractéristiques de performances de cet appareil. Cette démarche peut, bien sûr, être compliquée à loisir, mais la base est là.

La prochaine rubrique sera consacrée à quelques petites récréations physiques, qui nous permettront d'appréhender certains faits incontournables de notre beau sport...!!!

Pour les "webeux", quelques adresses pour approfondir

- <http://www.eng.vt.edu/fluids/msc/prandtl.htm>
- et surtout, un super book en ligne, par Ilan Kroo, le père du célèbre Swift :
- <http://www.desktoepaero.com/applieaero/applieaero.html>

