# La traînée de forme :

## 1ère composante, la traînée de frottement

Texte et croquis :
Olivier Caldara

FICHE TECHNIQUE n°4

### UNE PETITE PRÉCISION

**La question d'un lecteur : *"Pourquoi le coefficient de portance est-il couramment nommé Cz, et le coefficient de traînée Cx ?"***
C'est simplement une question de conventions.
Les objets volants sont représentés traditionnellement dans un espace (x,y,z), x vers l'arrière de l'aéronef, y dans la direction de l'aile droite, et z vers le haut. Les coefficients de portance et de traînée résultent de la décomposition des forces sur l'axe z et l'axe x, d'où Cz et Cx. Une portance latérale serait notée "Cy", en cas de dérapage par exemple.
Il est commode d'utiliser 2 systèmes d'axes différents, selon qu'on se réfère à l'aéronef ("axes avion") ou bien au courant d'air ("axes vent"). Les coefficients Cz et Cx sont traditionnellement calculés ou mesurés en "axes vent" (figure 1).
Cela s'explique simplement : en général dans une soufflerie, c'est la maquette qui est mise en incidence, la soufflerie ne bouge pas...
Bien sûr, la connaissance des coefficients dans un système d'axes permet de les obtenir dans l'autre système d'axes.

### LES FORCES DE TRAÎNÉE

Nous l'avons vu dans la chronique précédente, tout objet plongé dans un fluide en mouvement modifie l'écoulement de ce fluide et devient le siège de forces appliquées du fait de cette modification.
Une première approche permet de comprendre l'origine des forces de portance mais ne rend pas compte des forces de traînée. Si le fluide est un fluide réel, visqueux, des forces supplémentaires sont appliquées à l'objet :
1. Les "forces de viscosité" qui rendent compte du frottement des molécules d'air sur l'objet au sein de la zone de faible épaisseur appelée "couche limite" autour de celui-ci.
2. Les "forces de pression" qui rendent compte des décollements et perturbations dans l'écoulement, si la forme de l'objet est mal adaptée. La traînée de pression est nulle en fluide parfait, sans décollements.
Ces deux traînées composent la traînée de forme.
Enfin, si l'objet génère une portance, une traînée supplémentaire appelée "traînée induite" (par la portance) est générée. Ici, nous abordons l'origine physique et les conséquences de la viscosité dans la traînée de frottement.

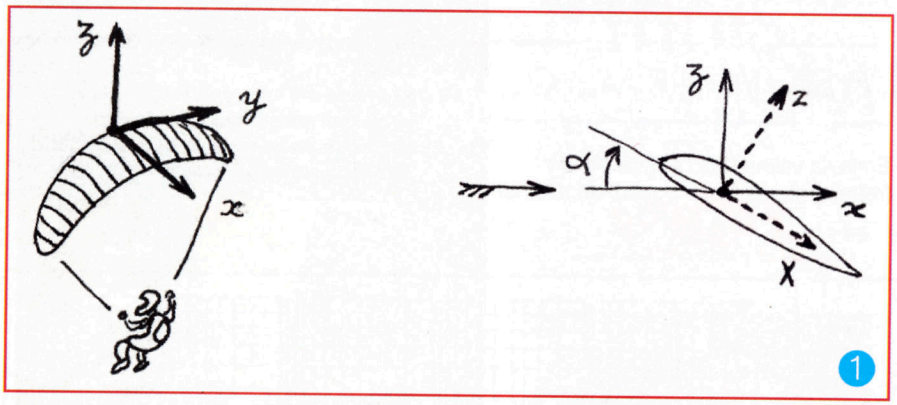
### LA TRAÎNÉE DE FROTTEMENT

Tout "fluide" (l'air, l'eau, la graisse, etc) peut être caractérisé par sa viscosité dynamique, c'est-à-dire sa tendance à contrer par frottement le glissement entre les couches successives du fluide.
Si l'on emprisonne par exemple une épaisseur "e" de fluide entre 2 plaques de surface S, l'effort qu'il faudra développer pour mettre en mouvement l'une des plaques par rapport à l'autre sera d'autant plus élevé que :
1. La viscosité sera grande ;
2. La vitesse de déplacement élevée ;
3. L'épaisseur "e" faible.
Ce qui s'écrit :

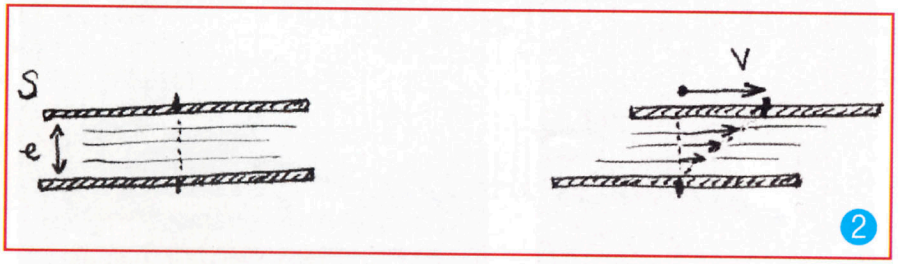
$$F = \mu \cdot S \cdot \left(\frac{V}{e}\right)$$

avec

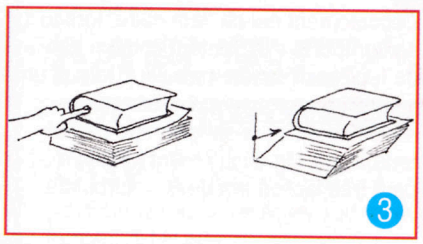
***F*** : force à développer
**μ ≈ 1.5 · 10⁻⁵** : viscosité dynamique de l'air
***V*** : vitesse entre les 2 plaques
***e*** : épaisseur entre les plaques
Le rapport V/e caractérise en fait la variation de vitesse (ou gradient) entre les couches successives du fluide, et peut être noté $\partial V / \partial e$. Plus cette variation est rapide, plus l'effort est important (figure 2).



1



2


3

Une expérience simple (figure 3) pour comprendre. Posons sur une table une pile de feuilles de papier surmontée par un gros dictionnaire... ou d'un traité d'aérodynamique ! La viscosité est représentée par le coefficient de frottement entre 2 feuilles. Pousser le dictionnaire sera d'autant plus aisé que la pile sera épaisse et la vitesse faible. Pour un même déplacement, si la pile ne contient qu'une feuille, toute la variation de vitesse sera prise en compte par cette unique feuille et tout le frottement sera transmis au dictionnaire. Si la pile contient 100 feuilles, chacune prendra