



## *Aero et MécaVol pour les nuls*

### **Cent fois sur le métier ...**

C'est ainsi... Pour la majeure partie des tentatives d'analyse ou d'explication d'un phénomène, que l'on voudrait la plus précise possible, il est illusoire d'imaginer que celle-ci soit longtemps « complète ».

Un autre point de vue, une autre approche, une critique, permettent très souvent d'enrichir, d'éclaircir, de remettre en question ou de finaliser cette analyse. C'est toute l'histoire du progrès scientifique. L'interactivité que je vous avais proposée au début de cette chronique est une des clés de cet enrichissement, et le fameux proverbe évoqué dans le titre en résume la démarche.

Pour la présente chronique, je compléterai ainsi l'un des précédents chapitres sur la stabilité en tangage en parapente, suite à une discussion avec l'ami Jacques, un lecteur attentif et critique. Puis j'entamerai une approche « revisitée » et complétée d'un sujet précédemment proposé il y a quelques années dans ces pages : la mise en virage en parapente.

#### « Trop » de stabilité en parapente ? :

Dans la chronique du n° 338, la classification des ailes de parapente, et des pilotes utilisateurs, en deux familles « stables » et « instables » était un peu réductrice et pouvait prêter à confusion avec la stabilité ou l'instabilité des profils. La remarque de Jacques, très pertinente, fut la suivante :

Dans les cas d'utilisation de profils très stables (beaucoup de « reflex »,  $C_{m0}$  très positif), cette stabilité surabondante peut en parapente compliquer le pilotage de façon similaire à une instabilité, à cause de la nature pendulaire de l'aile.

En effet, dans certains cas, et à cause de cette trop grande stabilité, les variations d'assiette en turbulence peuvent s'avérer aussi inconfortables qu'avec une aile instable, et nécessiter un pilotage aussi actif. Une entrée dans un fort thermique (augmentation d'incidence) occasionnera une plongée vers l'avant de l'aile, pouvant mener à un risque de fermeture si elle n'est pas contrôlée. Cette capacité de « mordre » le thermique est souvent recherchée, mais si elle est réellement surabondante le niveau de pilotage requis n'est pas à proprement parler celui d'un novice.

Le comportement dynamique d'une telle aile en turbulences est donc similaire (bien qu'inversé) à celui d'une aile à profil instable. Pour conclure un peu différemment de la chronique du n° 338 :

- Les profils à  $C_{m0}$  de forte valeur, négative ou positive, instables ou « trop » stables, procurent de grandes variations d'assiette et donnent des ailes pour lesquelles un pilotage actif est nécessaire.
- Les profils à  $C_{m0}$  nuls ou de faible valeur, plutôt positive, procurent peu de variation d'assiette et donnent des ailes « indifférentes » nécessitant peu de pilotage actif.

La mise en virage en parapente :

Ce sujet déjà abordé dans un n° précédent mérite lui aussi quelques compléments et une approche différente, suite à plusieurs remarques et discussions, parfois passionnées, avec différents intervenants : Hervé Belloc, de l'ENSICA et ses étudiants ayant choisi ce sujet de recherche, Mark Dale du BHPA (British Hang-Gliding and Paragliding Association), et plusieurs concepteurs de parapente.

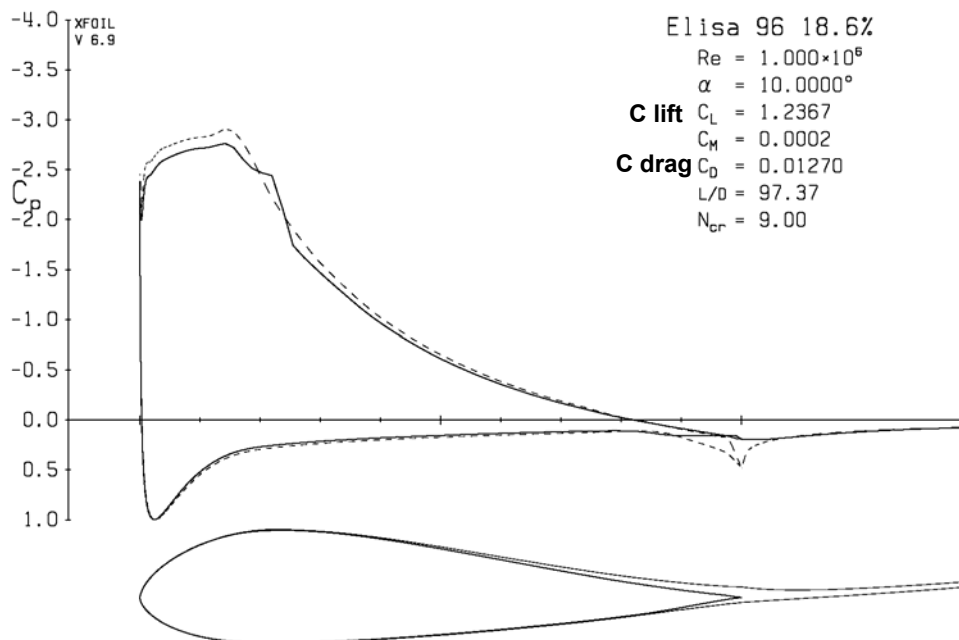
Pour cette nouvelle mouture, je commencerai dans la présente chronique par l'analyse de l'effet du frein sur un profil de parapente, selon le type de déformation du profil (frein de type « volet » ou « cuiller »). Une des questions qui se pose est effectivement d'évaluer s'il existe des différences prépondérantes entre les types de volet de frein, et si elles peuvent influencer sur le pilotage. Une étude similaire a été réalisée par l'ENSICA, complétée par des essais en soufflerie.

Pour une incidence donnée, par exemple 8 à 10°, sur un profil de type parapente, les figures suivantes montrent l'effet sur la portance et la traînée, évalué à l'aide du programme XFOIL (copyright MIT) :

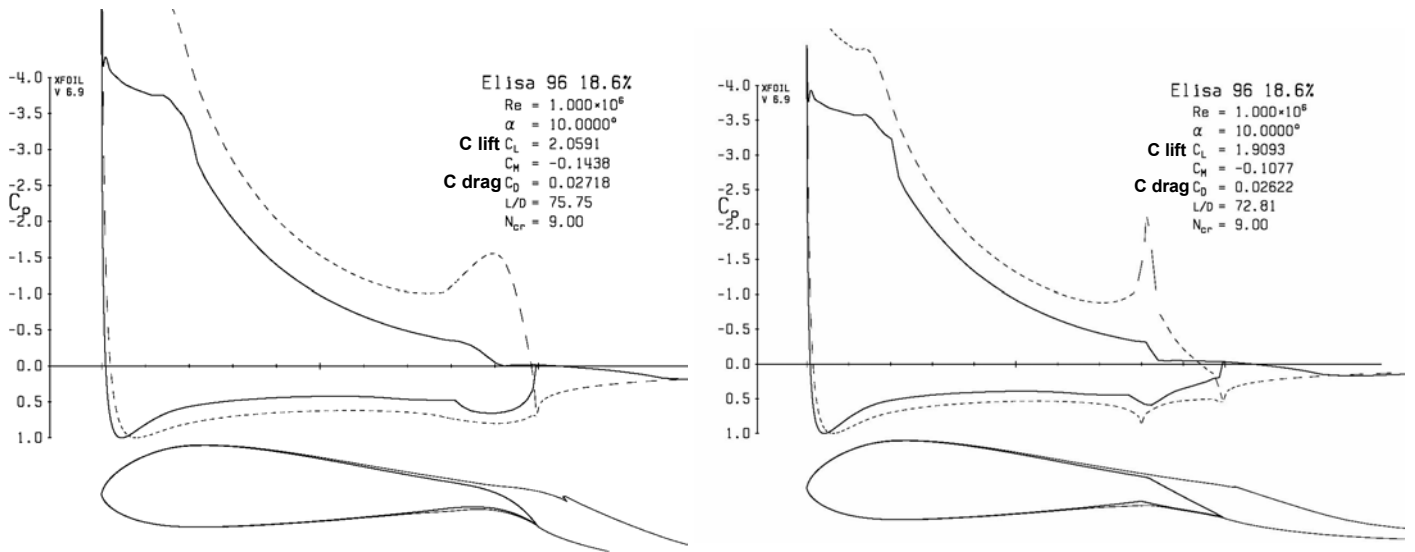
- D'un volet « flap » de profondeur 20% braqué de 20° puis de 40°
- D'un volet « cuiller » de même profondeur où la hauteur de braquage (position du bord de fuite) est la même que celle des volets flaps précédents.

(nota : les figures sont le résultat d'un échange avec Mark Dale et sont donc... en anglais)

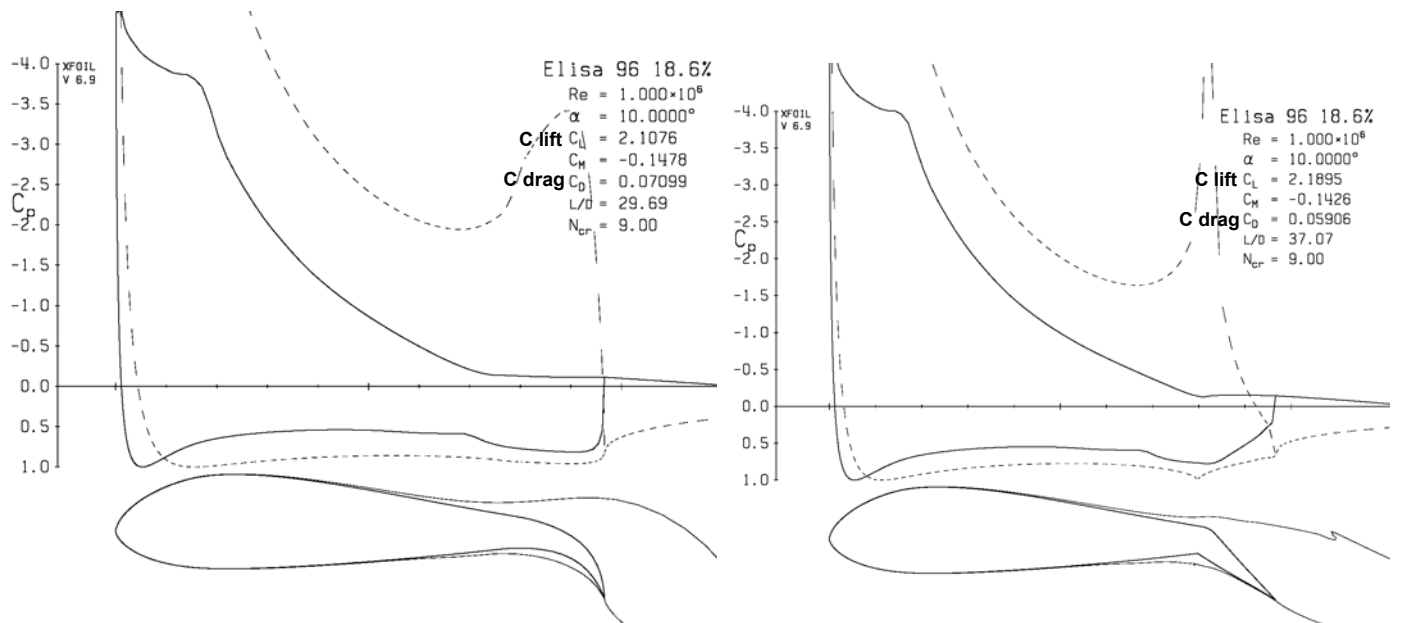
La figure 1 montre la répartition de pressions sur le profil de base, pour 10° d'incidence :



La figure 2 montre la répartition de pressions sur les 2 types de frein à braquage « modéré » (les coefficients de portance Clift, et de traînée Cdrag, sont indiqués) :

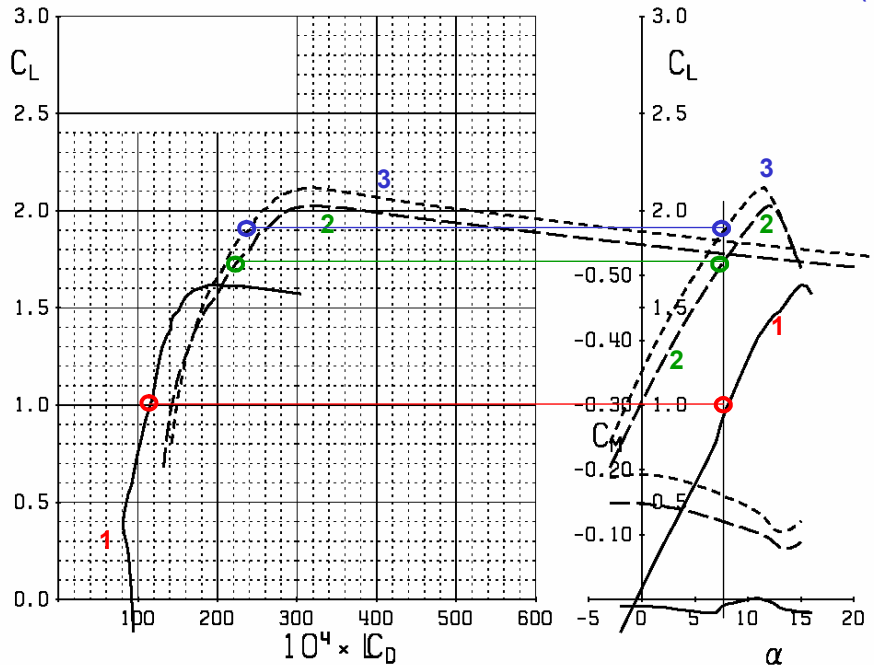


La figure 3, montre la répartition de pressions sur les 2 types de frein à braquage « important » :



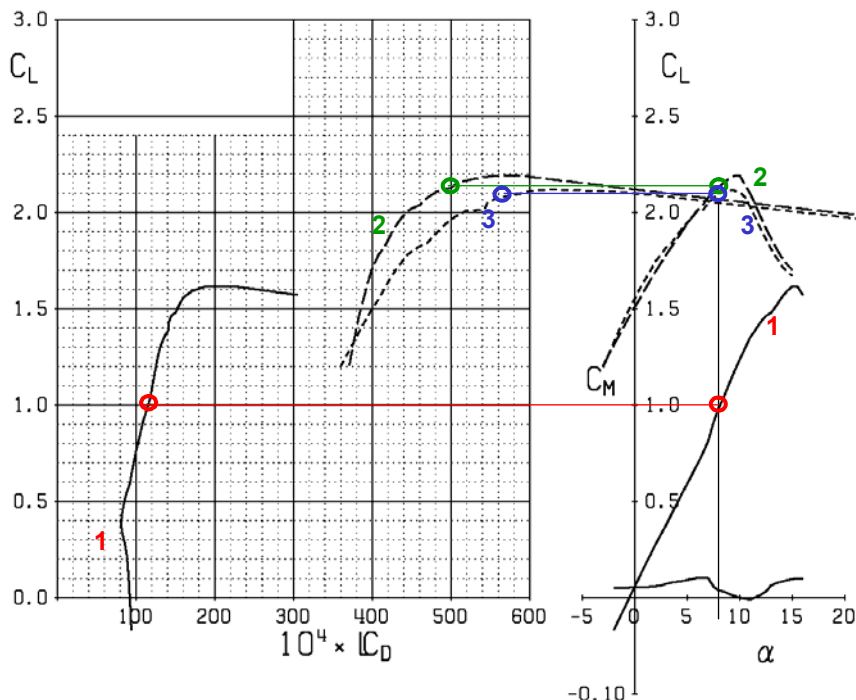
La figure 4, montre les polaires et courbes de portance comparées des 3 configurations : profil de base, profil « flap » 20°, profil « cuiller » braquage « modéré ». Les valeurs numériques sont ici comparées à 8° d'incidence :

<b>normal 1</b>	Elisa 96	18.6%	Re = 1000000	Ma = 0.000	Ncrit = 9.000	
<b>flap 2</b>	Elisa 96	18.6%	Re = 1000000	Ma = 0.000	Ncrit = 9.000	delta CI = 0.72 (72%), delta Cd = 0.01 (83%)
<b>spoon 3</b>	Elisa 96	18.6%	Re = 1000000	Ma = 0.000	Ncrit = 9.000	delta CI = 0.9 (90%), delta Cd = 0.012 (100%)



La figure 5, montre les polaires et courbes de portance comparées des 3 configurations : profil de base, profil « flap » 40°, profil « cuiller » braquage « important » :

<b>normal 1</b>	Elisa 96	18.6%	Re = 1000000	Ma = 0.000	Ncrit = 9.000	
<b>flap 2</b>	Elisa 96	18.6%	Re = 1000000	Ma = 0.000	Ncrit = 9.000	delta CI = 1.3 (130%), delta Cd = 0.038 (316%)
<b>spoon 3</b>	Elisa 96	18.6%	Re = 1000000	Ma = 0.000	Ncrit = 9.000	delta CI = 1.2 (120%), delta Cd = 0.045 (375%)



Les courbes de gauche représentent la polaire portance= $f$ (traînée) des profils. A noter que la traînée ( $C_d$ ) est multipliée par 10000 pour plus de lisibilité. Les courbes de droite représentent la courbe de portance= $f$ (incidence). On remarque sur ces dernières l'incidence de décrochage où la portance chute brusquement.

Pour un braquage « modéré », la portance augmente de 70 à 90% et la traînée de 80 à 100% selon le type de volet. En valeur absolue cependant, la traînée augmente 7 à 8 fois moins que la portance ( $\Delta C_d \approx 0.01$ ,  $\Delta C_l \approx 0.7$ ).

La polaire des profils freinés, peu modifiés, se situe dans la même zone que la polaire du profil de base.

Pour un braquage « important », la traînée augmente très fortement (plus de 300%) et la polaire des profils freinés se décale vers la droite. La portance augmente encore, et le delta de portance en valeur absolue est encore 3 fois supérieur au delta de traînée ( $\Delta C_d \approx 0.04$ ,  $\Delta C_l \approx 1.2$ ).

Ces évaluations permettent d'avancer les conclusions suivantes :

- l'efficacité des freins type « flap » ou « cuiller » sont similaires, en termes de portance ou de traînée.
- l'effet prépondérant du freinage est bien une augmentation du coefficient de portance  $C_l$ , même pour les forts braquages.
- Le coefficient de traînée  $C_d$  n'augmente sensiblement que pour les forts braquages.

La prochaine rubrique traitera d'une analyse simplifiée de l'intégration de ces effets du freinage, portance et traînée, sur la forme tridimensionnelle d'un parapente, et de la quantification des moments de roulis et de lacet induits par ce freinage.

