

Et le BOUT, VOUS L'AIMÉZ COMMENT ?

■ Texte et croquis :
Olivier Caldara ■

UNE AUTRE COUCHE...

La dernière chronique a été pour moi l'occasion de recevoir des commentaires et de débattre davantage par son approche un peu iconoclaste. Puisqu'il semble qu'une analyse différente et « hors des sentiers battus » sur le fonctionnement de nos ailes soit finalement bien reçue, je ne peux résister à en « remettre une couche » ce mois-ci...

Le thème a déjà été abordé périodiquement ici ou là :

• Quelle est l'efficacité en performances de tel ou tel dispositif en extrémité de voile ?

Je l'aborde ici de nouveau pour 2 raisons :

- il existe de nouvelles formes ou courbures de « stabilo » (terme maintenant un peu désuet...) apparues avec de nouvelles formes d'ailes : les ailes lobées, etc ;

- une fois pour toutes, répondre simplement aux remarques du genre « Finalement, à quoi ça sert les winglets sur la Bionic 2 ? Boah, c'est juste pour le look... »

Comme pour la dernière chronique sur les « raides et molles », la Bionic 2 sera prise comme exemple de support d'analyse, parce qu'elle découle de cette analyse. Les fâcheux qui pensent que parler de cette voile dans deux papiers depuis le début de ces chroniques est inadmissible peuvent sauter les lignes qui suivent, ou mieux, compter le nombre d'autres ailes citées dans les 30 premiers papiers.

DEPUIS LONGTEMPS DÉJÀ

C'est historique, dès que la portance d'une aile a été comprise (en vol, en soufflerie, avec de la fumée, ou théoriquement), les « inventeurs » de machines volantes ont rapidement remarqué qu'il

« y avait des fuites » en extrémité de voilure, dues au caractère « fini », « coupé » de nos ailes. Ces fuites proviennent tout simplement de la différence de pression entre intrados et extrados, entraînant l'écoulement à « combler cette différence », et à produire un tourbillon en bout de voilure (figure 1). La puissance de ce tourbillon est :

- d'autant plus forte que l'aile est peu allongée ;
- d'autant plus forte que la portance est forte (en fait, au carré de la portance).

Les fuites et le tourbillon sont de l'énergie perdue, donc de la traînée. Cette traînée est dite « induite » par la portance (elle n'existe pas quand la portance est nulle, pas de différence de pressions). On l'appelle tout simplement « traînée induite ».

Trouver les moyens de réduire ce tourbillon, cette traînée, est une idée qui vient naturellement !

Plusieurs principes sont possibles :

- augmenter l'allongement : très efficace, mais bien sûr limité (on ne peut pas faire d'allongement infini ! une « tite question pour la prochaine : pourquoi une aile « annulaire » est-elle très loin d'avoir un allongement infini... ?). Sur les planeurs, la limite est structurale : pour une surface donnée, plus l'allongement est grand, plus la corde et donc l'épaisseur du longeron sont petites. Voir pour exemple l'extraordinaire planeur « Eta » dont l'un des exemplaires a cassé en vol (<http://etaaircraft.zoecom.com/index.htm>). Sur les parapentes, elle est fonction de la cohésion nécessaire, etc ;

- en analysant les origines et la forme du tourbillon, modifier la forme de l'aile, notamment en extrémité, ajouter des dispositifs, etc, destinés à réduire la puissance perdue dans le tourbillon ;

- réduire la portance ? Pas terrible comme solution ! Bien que pour chaque type d'aile on puisse montrer simplement qu'il existe une « portance

optimale » où elle est la plus « efficace », pour nous : la plus performante.

L'un des premiers brevets pour un dispositif « de réduction de traînée » date de 1897, par l'Anglais Lanchester. Il s'agit d'une « plaque d'extrémité » destinée à contrer le retournement.

De multiples autres inventeurs ont apporté leur contribution : les winglets par Withcomb vers 1970, les « wing-grids », etc (figure 2).

Il y a une dizaine d'années, une étude « évolutionniste » (c'est-à-dire simulant une évolution darwinienne : ce qui marche on le garde, ce qui ne marche pas « meurt ») menée par Ilan Kroo de Stanford, le père du Swift, montrait qu'après 120 itérations sur une aile « découpée » en petites parties, arrivait à une sorte de configuration « en C » dont l'extrémité était recourbée vers le haut (le Cdi = coefficient de traînée induite). Les différentes « générations » sont représentées de haut en bas. En résumé, ce qui semble marcher à tous les coups est une extrémité incurvée vers l'extrados (winglet classique sur les liners ou les planeurs, aile en C, etc), plutôt courbée (nouvelles générations sur planeurs, sur liners). D'autres dispositifs sont moins efficaces, ou plus complexes (wing-grids).

ET MAINTENANT, AVEC LES MAINS SUR LE BOUT...

Les raisons objectives du gain d'efficacité seraient explicables, mais sortent du cadre de cette rubrique. On peut tenter une explication « avec les mains », qui présente en gros les phénomènes. Sur une aile normale, « plane », dont l'extrémité est courbée vers l'extrados, 2 effets coexistent (figure 3 page suivante) :

- l'effet positif de diminution du tourbillon : le « winglet » accompagne l'évolution de pression et en réduit la puissance. Il est nettement moins efficace

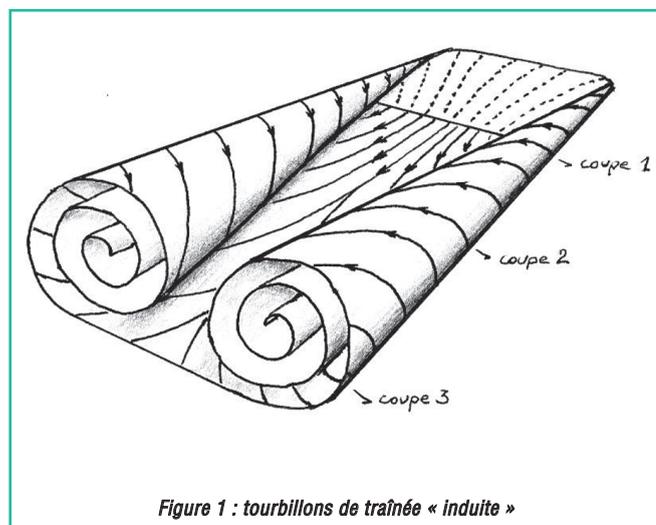


Figure 1 : tourbillons de traînée « induite »

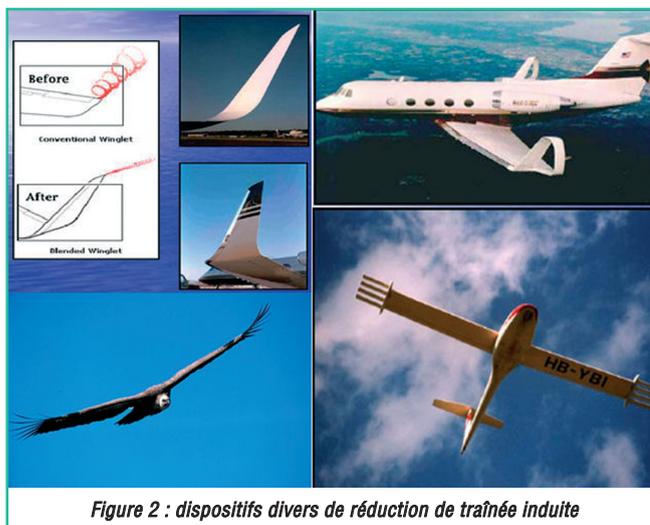


Figure 2 : dispositifs divers de réduction de traînée induite

F I C H E T E C H N I Q U E

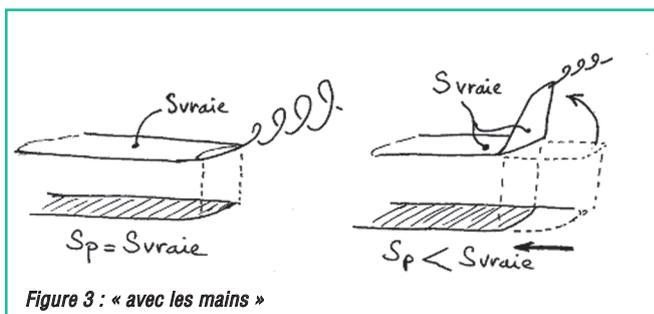


Figure 3 : « avec les mains »

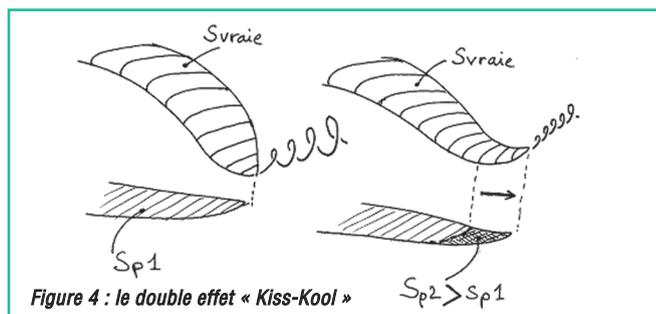


Figure 4 : le double effet « Kiss-Kool »

lorsqu'il est courbé vers l'intrados, et parfois pire (par exemple : portance latérale perdue « inutilement » sur une aile de parapente) ;

■ l'effet négatif, à surface totale donnée (en parapente, on dirait : surface « à plat ») venant simplement du fait que le winglet relevé diminue la surface « projetée », S_p , portant réellement l'avion. L'allongement projeté est réduit.

En fin de compte, sur les ailes planes, l'effet global est positif, car la réduction de traînée due à la maîtrise du tourbillon est supérieure à l'augmentation due à la réduction de l'allongement projeté.

Et sur nos parapentes ? A partir de la forme « classique » de nos ailes, de nombreux dispositifs différents ont été essayés, dont l'efficacité n'a, à ma connaissance, jamais été démontrée. Ni théoriquement, ni par essais partiels, ni par essais en vol. S'il existe des

démonstrations objectives, je suis preneur !

■ La forme nécessaire sur nos parapentes « en arche » est d'autant plus néfaste à la performance que l'arche est prononcée. « Nécessaire » sinon l'aile ne tiendrait pas tendue. Par exemple, une aile plane ou en arche vers le haut serait infaisable. La raison est identique à celle qui augmente la traînée sur les ailes plates lorsqu'on courbe l'extrémité : l'allongement projeté est inférieur à l'allongement réel.

■ De plus le « winglet » ou « stablo » d'extrémité d'aile est courbé vers l'intrados. Son efficacité sur le tourbillon est donc réduite.

Remarquons que de moins en moins d'ailes de performance ou compétition sont munies de stablos.

Idéalement, un dispositif d'extrémité de voilure doit donc avoir comme effet de diminuer l'une ou l'autre des sources de traînée : augmenter l'allongement projeté,

et/ou réduire le tourbillon à allongement donné.

La forme de l'extrémité d'aile de la Bionic 2 est élaborée à partir de la configuration la plus envisageable, l'aile « en C », ou à winglet recourbé vers l'extrados. Cependant, dans le cas d'une aile voûtée, les 2 effets résultants du winglet sont positifs (figure 4) !

■ Un premier effet positif de diminution du tourbillon par courbure vers l'extrados (comme sur une aile plane).

■ En plus, le « 2^e effet Kiss-Kool », un second effet positif dû à la courbure vers l'extrados qui « remet à plat » la surface du winglet et **augmente l'allongement projeté**, à l'inverse d'une aile plane !

Sur une Bionic 2, relever les winglets augmente d'environ 80 cm l'envergure projetée.

C'est bien beau tout ça, mais est-ce que ça marche ?

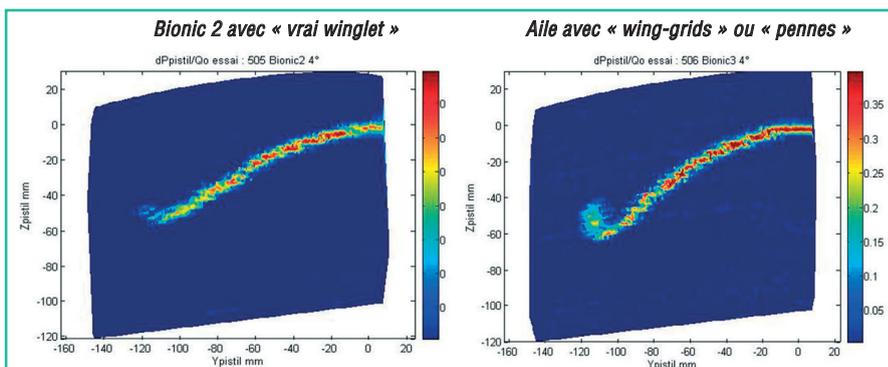
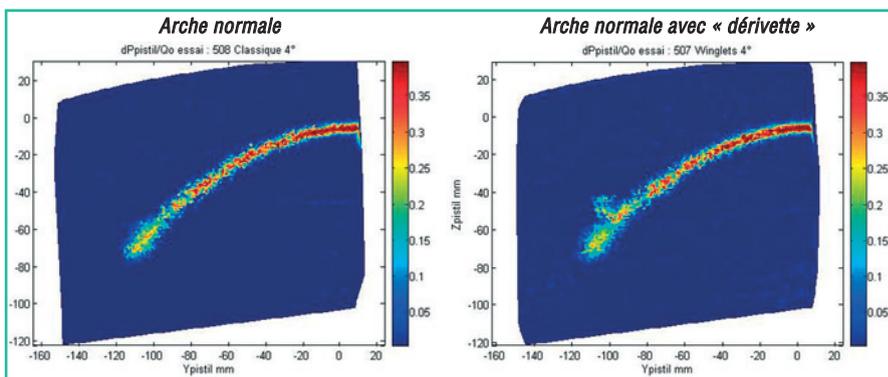


Figure 5 : aile voûte normale, Bionic 2, Bionic 3 « wing-grids »

DES MODÉLISATIONS, DES ESSAIS EN SOUFFLERIE, DES PERFORMANCES EN VOL

Au printemps 2005, une équipe d'élèves ingénieurs de l'ENSICA, sous la direction d'Hervé Belloc, a réalisé une étude théorique et une série d'essais en soufflerie sur des formes d'ailes identiques sauf la voûte et les extrémités, notamment :

- l'aile de base, allongement 6 et voûte circulaire sans stablo ;
- l'aile de base, munie de dérivettes appelées à tort « winglets » ;
- un groupe « Bionic » : une aile Bionic 2, une aile Bionic 3 « wing-grids ».

Ces différentes ailes et une image de leur traînée de sillage visualisée en soufflerie, sont présentées ci-contre (figure 5). Sur cette figure, les zones les plus « rouges » représentent une forte traînée. Les zones jaunes ou bleues, une traînée plus faible. Il est à remarquer que l'extrémité de voilure influence l'ensemble de la répartition de traînée de sillage, incluant aussi la zone centrale.

En définitive, par rapport à l'aile de base :

- les dérivettes n'apportent rien qu'une légère traînée supplémentaire ;
- les vrais winglets de la Bionic 2 apportent le meilleur résultat ;
- les « wing-grids » apportent un plus par rapport à l'aile normale, mais moins qu'un « vrai winglet ».

EN CONCLUSION

L'adaptation sur une aile de parapente des principes classiques des winglets, permet une amélioration nette des performances, à allongement et voûte donnés. Sur une aile de type « intermédiaire » dont la finesse de base serait à 8.5, les « vrais winglets » permettent une finesse d'environ 9. Plus fort : ce qui marche sur une Bionic 2 fonctionne encore mieux sur une Ski'M. Plus l'allongement est réduit, plus le gain est important !

D'autres dispositifs sont certainement à expérimenter : « spiroïde », tubes en extrémité de voilure, fentes, etc. Il reste une foule de systèmes simples à tester en parapente. ■■■