

Lorsqu'en vol les filets d'air frappent le bord d'attaque (ce serait plutôt le contraire, mais enfin), une partie passe sur l'extrados, l'autre sous l'intrados. C'est la différence de vitesse des particules d'air entre l'extrados et l'intrados qui va créer la portance (il y a surpression à l'intrados et dépression à l'extrados). Ces filets vont tendre à se rejoindre au bord de fuite. Cependant, une partie des filets d'air passant sous l'intrados vont, du fait du dièdre, glisser le long de l'aile pour s'échapper par le bord marginal où ils heurtent avec plus ou moins de violence les filets d'air de l'extrados. Cette rencontre va produire un tourbillon (ou vortex) qui augmente considérablement la traînée totale d'une aile (pour une portance qui reste ce qu'elle était. Si rien n'est fait pour limiter le vortex, la traînée induite peut représenter jusqu'à 20-25 % de la traînée totale de l'aile (bord marginal coupé droit, faible allongement).

Ce tourbillon se dissipe théoriquement à l'infini et est très violent. Il a même été à l'origine de pertes de contrôle momentanées d'avions de tourisme passant dans le sillage d'avions de ligne.

La formation de ce vortex est cause en modélisme comme en grandeur d'un gaspillage d'énergie qui pour un planeur ne peut se traduire que par une diminution très importante de la finesse. Nous savons donc que le dièdre joue un rôle dans la création et l'importance du tourbillon (plus de dièdre est fort, plus les filets d'air glissent vite et plus le vortex est violent), mais une autre caractéristique géométrique va jouer dans la perturbation de l'aile par ce phénomène : c'est l'allongement, plus celui-ci sera élevé, moins la surface balayée par le vortex sera grande, donc meilleur sera le rendement (fig. 2) des ailerons en particulier ; c'est d'ailleurs une des raisons pour lesquelles ceux-ci ne vont pas jusqu'au bout de l'aile la plupart du temps. Cet effet est connu depuis très longtemps et

c'est une des causes à la course à l'allongement sur les planeurs, la seule limite étant la technologie du moment. Par exemple, en modèle réduit, on ne peut atteindre les mêmes allongements qu'en grandeur pour des raisons mécaniques : on emploie donc des ailes très « effilées », c'est-à-dire des ailes où l'emplanture est supérieure au bord marginal, tout en gardant un bon allongement. Nous faisons ainsi aussi, car une petite corde sur toute l'envergure ferait perdre beaucoup de Reynolds. Quant à la réduction du dièdre, le prix à payer en perte de stabilité est trop lourd pour qu'on l'envisage sérieusement sur un planeur.

Parallèlement à la course à l'allongement, les ingénieurs furent vite conscients que l'on pouvait encore gagner sur cette traînée en améliorant l'écoulement au bord marginal. Une solution originale pour réduire le vortex fut de mettre un profil biconvexe en bout d'aile : il n'y aurait plus ni dépression, ni surpression. Le tourbillon existerait encore du fait du dièdre, mais très réduit. Mais mettre des profils non « porteurs » sur une aile de planeur, voilà qui paraît dénué de sens. C'est pourquoi on met des profils biconvexes mais dissymétriques, c'est-à-dire tout de même un peu porteur (ou maintenant des laminaires spécialement étudiés, sur les gros).

Mais ces efforts pouvaient être réduits à néant si le bord marginal n'avait pas une forme adéquate. Cela motiva les premières études sur les saumons qui évoluent très vite (et par mode, si l'on peut dire).

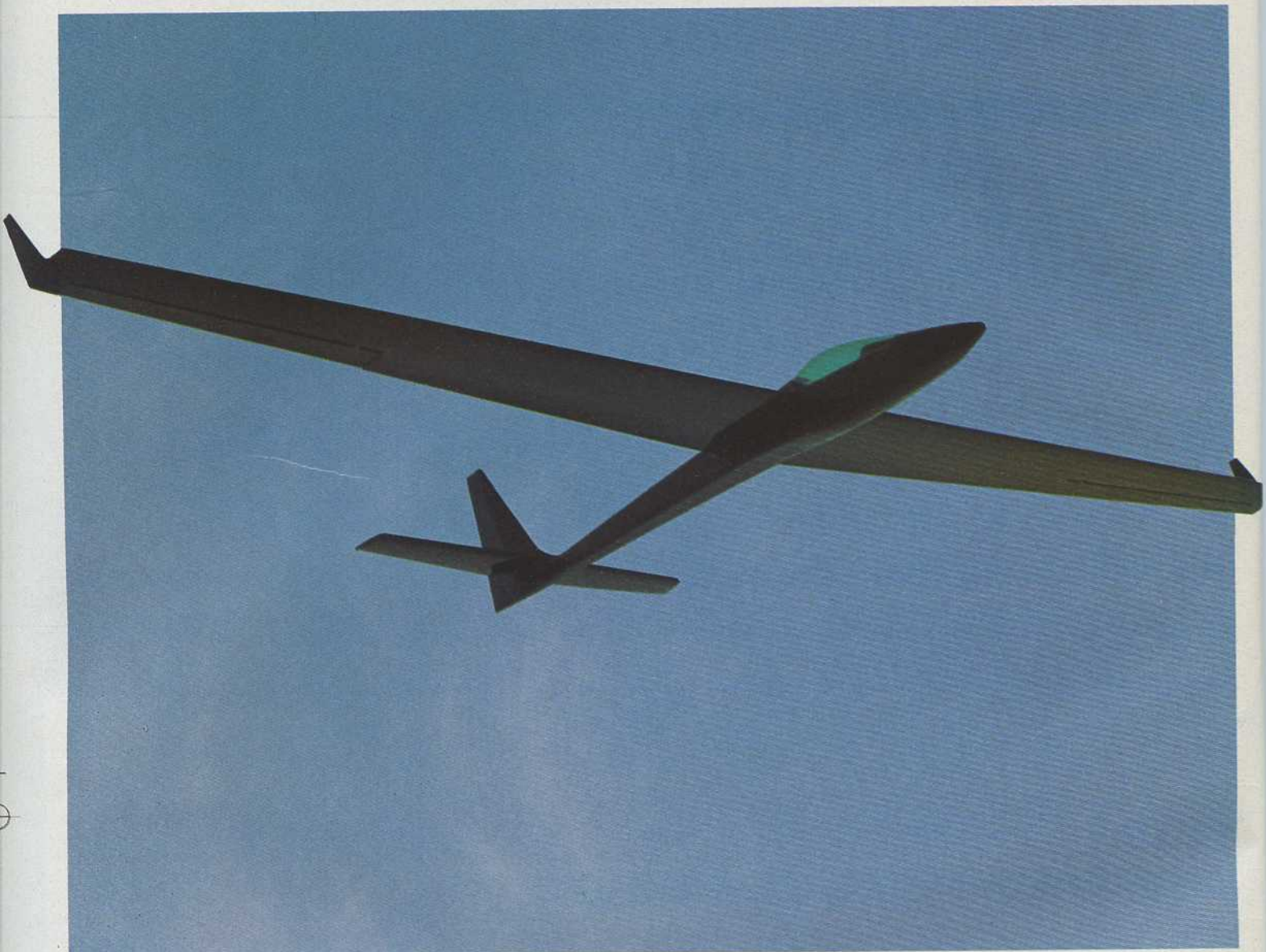
Les premiers saumons, maintenant complètement périmés, car leur action était minable, utilisaient seulement le principe d'incliner fortement la dernière nervure (fig. 3). Puis après la guerre apparurent les premières cloisons verticales (fig. 4) qui éventuellement, protégeaient les ailerons à l'atterrissage (Breguet était alors à la pointe avec les Br 900 et 901

qui avaient ce type de saumon) ceux-ci, en se généralisant, s'affinèrent et finirent par devenir des formes fuselées qui donnèrent naissance sur les avions aux bidons de voilure (exemple bien connu : le Fouga « Magister »). Ensuite apparurent les saumons en « biseau » qui évoluèrent en se relevant au bord de fuite, les résultats furent déjà meilleurs qu'avec les solutions précédentes (fig. 5). Enfin, les dernières recherches propres aux fabricants de planeurs donnèrent le saumon de type « Horner », le plus répandu encore aujourd'hui sur les planeurs réels, à juste titre, car des saumons conventionnels ce sont ceux qui améliorent le plus nettement l'écoulement (fig. 6). Leur rôle est de canaliser le vortex en essayant de le déclencher le plus tard possible pour limiter son interaction avec l'aile.

Le winglet, lui, n'a pas été étudié à l'origine spécialement pour les planeurs, mais pour les ailes des avions dans le but (avoué) de réduire les dépenses énergétiques (on imagine donc bien quand eurent lieu les études préliminaires).

Son principe est totalement différent (et nouveau) : le but fixé est de réduire le diamètre du tourbillon et pour ce faire de l'étaler en partie le long de l'ailette (fig. 7). Normalement, les filets se rencontrent au niveau bas du winglet avec une grande différence de pression. Mais ils doivent maintenant longer celui-ci plus ou moins longtemps et leur pression va tendre à s'égaliser au fur et à mesure qu'ils montent le long du winglet quand ils se rencontreront, à son bord de fuite, le tourbillon sera très atténué.

On a dit que l'ailette Withcomb correspondait, grâce à l'effet de cloison, à une aile d'allongement infini, ce qui avait laissé croire que l'on arriverait à des résultats miraculeux, mais en pratique, du fait de différentes interactions, les résultats sont plus modestes mais tout de même significatifs.



*Passage au ras des moustaches : pas si méchant, vu de près !*



*Le winglet définitif de l'ASW 20 FP...*



*... Celui du Gulf-Stream...*



*... du Vari-eze (noter le volet de direction).*

## Les premières applications des winglets

L'ailette Nasa Withcomb a été vue dès 76 sur le prototype du génial B. Rutan, le vari eze, de formule canard où elle tombait à merveille en escamotant les traînées des dérives. L'intrados de l'ailette était assez complexe, la surface d'extrados était à 15° de la verticale et le profil était placé creux vers l'extérieur. Apparemment, le deuxième avion équipé de winglets fut un jet d'affaires de chez Gates, le Lear Jet « long horn », depuis construit en série. Les premières études datent de 1975 et la certification F.A.A. de janvier 1978. Le prototype fit son premier vol aux mains de Neil Armstrong, maintenant directeur général de la firme. Les résultats obtenus montrent que la polaire de l'aile remonte vers les Cz élevés (finesse) surtout de 8 à 12° d'incidence, c'est-à-dire en régime de montée. Le gain de finesse obtenu équivaut à 2 - 2,5 points ; en croisière rapide, le gain de finesse tombe à 1 ou 2 %. L'ailette est inclinée de 20° par rapport à la verticale et de 9° par rapport au plan de la voilure (c'est-à-dire qu'elle n'est pas parallèle à l'écoulement). Le profil est un Nasa GaW laminaire.

A noter qu'au dernier Salon du Bourget Gulfstream of America présentait aussi un jet d'affaires à winglets, presque identiques, mais dont le raccord semble moins travaillé. Cette même société présentait aussi un avion d'entraînement militaire, le « Peregrine », équipé lui aussi de winglets très courts, très trapus, sans doute pour mieux résister aux efforts susceptibles de provoquer leur flutement dans certains domaines de vol. Son premier vol remonte au 22 mai 1981.

Il semblerait d'ailleurs que l'USAF ait suivi de près l'évolution des winglets : depuis juillet 79, elle expérimente ceux-ci sur un KC 135, la version ravitailleur du Boeing 707. Les résultats sont parlants : en montée et en croisière à haute altitude, réduction de 6 à 8 % de la traînée. Différentes configurations ont été essayées de ces winglets qui font

3 mètres de haut et pèsent environ 70 kg. Si tous les KC 135 sont modifiés, les économies se monteraient à 120 millions de litres de kéroène par an ! Il est d'ailleurs fort probable que les tout nouveaux ravitailleurs de l'USAF, les Douglas KC 10 « Extender », soient aussi munis de winglets dans un proche avenir.

## « C'est bien beau, tout ça, me direz-vous, mais quel rapport avec les planeurs ? »

En fin de compte, mon attention fut réellement éveillée par un article d'Aviation Magazine traitant des améliorations que Centrair comptait apporter aux ASW 20 fabriqués en France et, parmi celles-ci, l'adjonction de winglets. Chez Centrair, on estimait pouvoir gagner jusqu'à 10 % de la traînée totale de l'aile (et donc sur la finesse, bien que je ne possède pas de chiffres), mais aussi sur les qualités de vol à basse vitesse et sur la réduction de la vitesse de décrochage (fig. 8). C'est cet article qui me décida et j'extrapolais les ailettes du Deimos directement de celles de l'ASW 20. Je conservais les mêmes proportions, mais adoptais un profil biconvexe symétrique très fin (4 mm) pour avoir la traînée minimale. En effet, faire un profil creux de cette taille tient du travail d'orfèvre et de plus, son rendement, vu la taille, serait quasi nul ! Quand au calage, sans soufflerie, impossible de déterminer lequel est le meilleur. Donc toujours dans l'esprit de faire traîner le moins possible le winglet, je le plaçais parallèle au fuselage (attention à la réalisation, il faut que les 2 ailettes aient rigoureusement le même angle !). De toute manière, comme la vérification des résultats est empirique, je comptais surtout voir si je gagnais visiblement en stabilité, ce qui fut le cas. Enfin, il y a une chose de sûre : pour que le

winglet ait le meilleur rendement possible, il faut que sa liaison avec l'aile soit la meilleure possible, c'est-à-dire grand rayon de liaison dessus et dessous.

Au Salon, je me précipitais pour voir l'ASW 20 modifié avec les grandes sœurs de mes ailettes : Dur, dur ! les winglets ont totalement changé depuis les études préliminaires. Il est à noter que le « sous » winglet a disparu, comme sur presque tous les autres avions. A l'origine destiné à redresser le vortex primaire, créé par les filets d'air frappant directement le saumon, il semblerait que sa mise au point se révèle délicate. Si je les ai conservés sur Deimos, c'est surtout pour protéger le bout de l'aile.

Alors que les winglets semblent promis à un bel avenir, un adversaire (de taille) se présente déjà : il s'agit de l'aile NTW (New Technology Wing) de Dornier, à « haute portance et faible traînée » qui utilise un saumon très biseauté, non relevé (où est la nouveauté, sinon dans le profil super critique ?).

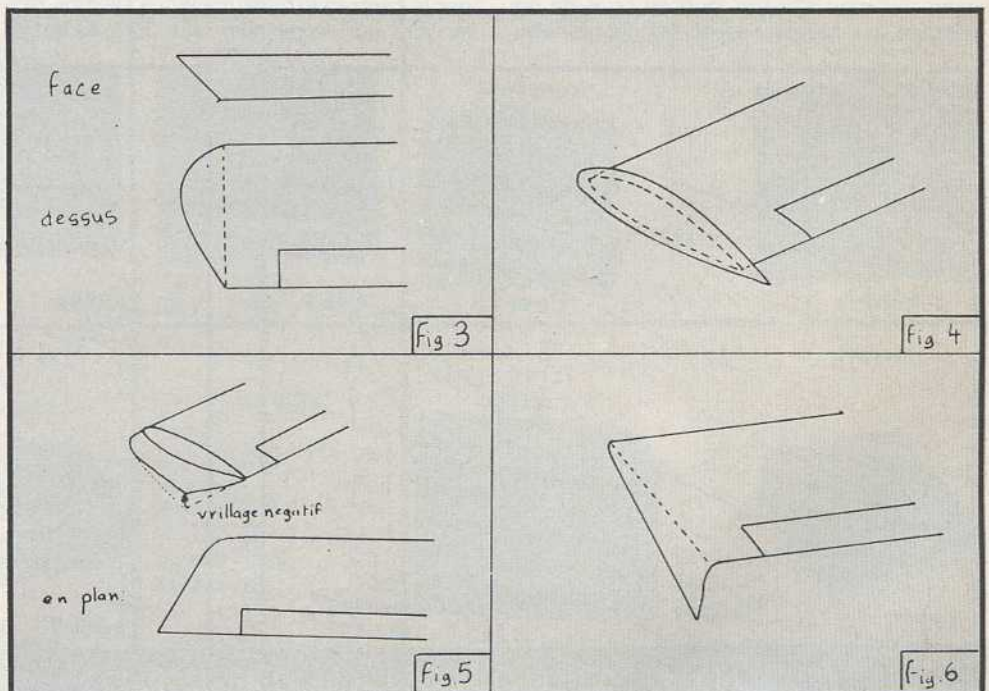
Arrêtons ici ce paragraphe rébarbatif, mais que je crois intéressant. Les puristes trouveront sans doute des choses à redire (si jamais vous avez plus de renseignements que moi sur ce sujet, je vous en prie, communiquez-les moi, ça m'intéresse au plus haut point). Les ailes (et les winglets) et les stabs dessinés, il ne restait plus qu'à les réunir par un fuselage en bois, bien sûr, mais le plus esthétique possible, car j'ai une profonde aversion envers les caisses (surtout en sapin).

Une fois dessiné, il fallut un mois, un mois et demi pour assembler les bouts de bois : une construction sans problème que je détaillerai à la fin de l'article.

Bon, mais maintenant, vous avez bien gagné une pause-café, il est encore temps d'aller chercher une bonne bière fraîche pour finir de lire l'article. On va se détendre en pilotant un peu. En effet, après le sérieux du chapitre précédent, histoire de vous mettre l'eau à la bouche, voilà celui que vous attendez tous.



... et du Peregrine.



Evolution des saumons au cours des 35 dernières années : de plus en plus chiadés !

