

« L'étoffe des héros », comment capitaliser l'expérience

Olivier Caldara

Bio Air Technologies

<http://www.bio-air-technologies.com>

oliv.calda@club-internet.fr

olivier.caldara@dassault-aviation.com

Parution Vol Libre n° 301 Aout 2001



« L'étoffe des héros », comment capitaliser l'expérience ?

Suite à l'accident de sergent Tastet consécutif à une mise en vrille sous son rigide, c'est bien volontiers que j'ai répondu à la demande de Noël Bertrand pour tenter de rétablir la vérité sur les différentes rumeurs, parfois dangereuses, concernant les avantages de tel ou tel comportement ou réglage lors du pilotage d'un rigide.

Tout d'abord, et en guise d'introduction sur le sujet, savez-vous pourquoi la plus connue des bases d'essais en vol de l'US Air Force s'appelle Edwards Air Force Base ?

Et bien cette base s'appelait Muroc, le nom du bled paumé en plein désert où elle était implantée, jusqu'en 1950. A cette date, elle a pris le nom de Glen Edwards, le jeune et prometteur copilote mort à 30 ans lors du dernier vol du second prototype du bombardier aile volante Northrop YB-49, alors en vol d'essai en centrage arrière, et qui s'est terminé par une vrille mortelle !



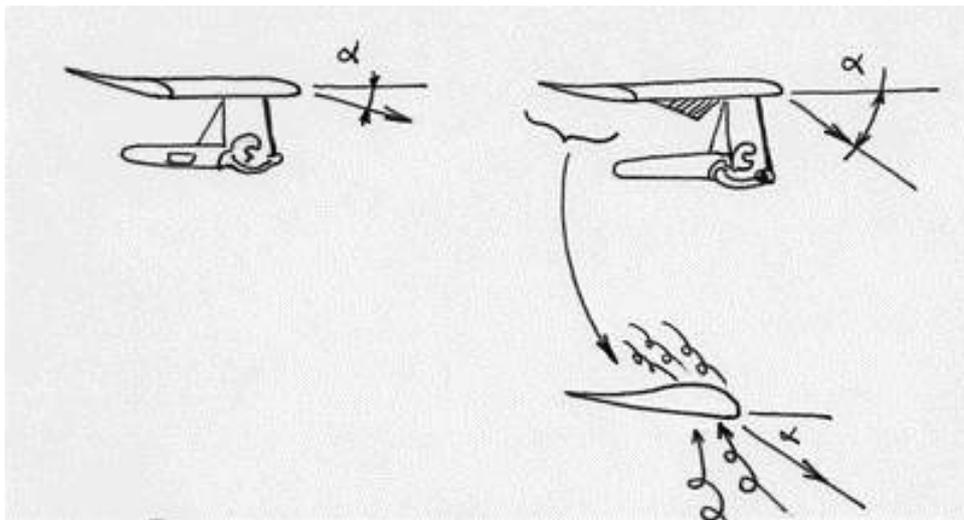
Northrop YB-49. Le vrillage de -4° est visible.

Cette brève introduction pour que l'expérience de nos grands aînés, d'Otto Lilienthal à Glen Edwards, doit nous servir à toujours nous souvenir que nous volons sous des aéronefs régis par des lois physiques immuables, qui ne souffrent pas d'être traitées par dessus la jambe ! en vrac, voici quelques perles et contre vérités relevées :

1) « En rigide, je peux voler à la vitesse d'un parapente avec un bon rendement » : **FAUX et potentiellement DANGEREUX.**

Sur un rigide, la charge alaire est sensiblement le triple de celle d'un parapente, et au moins 50 % plus élevée que sur un delta. Toutes choses égales par ailleurs, une augmentation de charge alaire (surface plus faible sur un rigide que sur un parapente) augmente la vitesse de vol à coefficient de portance donné. Par ailleurs, il est démontré que la finesse maximale d'un rigide s'obtient nécessairement à des vitesses notablement plus élevées que sur un parapente, de l'ordre de 50 km/h au lieu de 36 à 37 km/h. La démonstration, disponible sur la bibliothèque du forum FF-VL, s'appuie sur le résultat bien connu des étudiants en aérodynamique selon lequel la finesse maximale est obtenue sur un aéronef lorsque la traînée induite (proportionnelle au coefficient de portance C_z au carré) est égale à la traînée de frottement (proportionnelle à la surface). Qui dit faible surface dit faible traînée de frottement, donc nécessairement un coefficient de portance pas trop élevé pour obtenir l'égalité ci-dessus. Faible surface et coefficient de portance peu élevé impliquent une vitesse de finesse maximale plus grande sur un rigide que sur un parapente.

Bien sur, il est possible sur un rigide de braquer les volets pour ralentir. Cela s'obtient nécessairement par une augmentation de C_z , donc une diminution de la finesse et une augmentation du plan de descente (comme sur un parapente lorsqu'on braque les freins !!). Outre cette perte de perfos, il peut être dangereux en atmosphère turbulente de voler continuellement avec volets braqués. En effet, l'augmentation du plan de descente augmente sensiblement l'incidence moyenne de vol, et celle-ci se retrouve donc plus près de l'incidence de décrochage. Une entrée dans une turbulence thermique (augmentation d'incidence due au flux ascendant) peut tout simplement faire décrocher l'aile, de façon symétrique ou non suivant le gradient d'ascendance. C'est exactement le même phénomène que celui expliqué par Jean-Gabriel Thillard dans le n° de Mai sur l'utilisation dangereuse des oreilles avec les parapentes modernes calés à finesse maximale.



Augmentation du plan de descente avec les volets, décrochage sur turbulence.

2) « Je vole mieux centré arrière » : **FAUX et TRES DANGEREUX**

C'est une ineptie criminelle. Sur une aile volante sans plans verticaux, tel un rigide ou l'aile Northrop (la petitesse des dérives en est impressionnante), le rattrapage d'un départ en vrille est très problématique, surtout en cas de centrage arrière ! Comme dans toute activité aéronautique et sur n'importe quel aéronef, le centrage arrière est dangereux sur un rigide. De plus, il n'est même pas intéressant du point de vue des performances. Même si on peut avoir l'impression de pouvoir voler plus lent centré arrière, un centrage adapté (aux alentours de la finesse maxi) offre des avantages décisifs en sécurité ou tout simplement en agrément de vol :

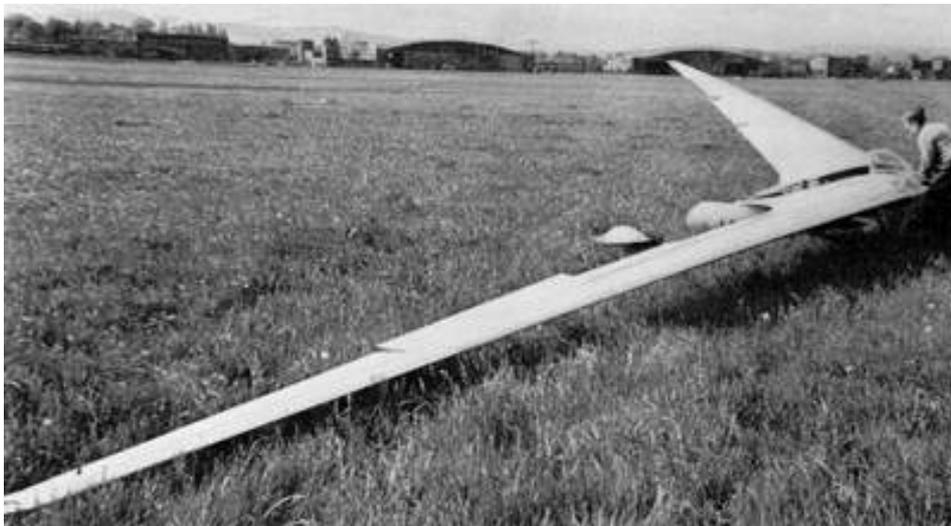
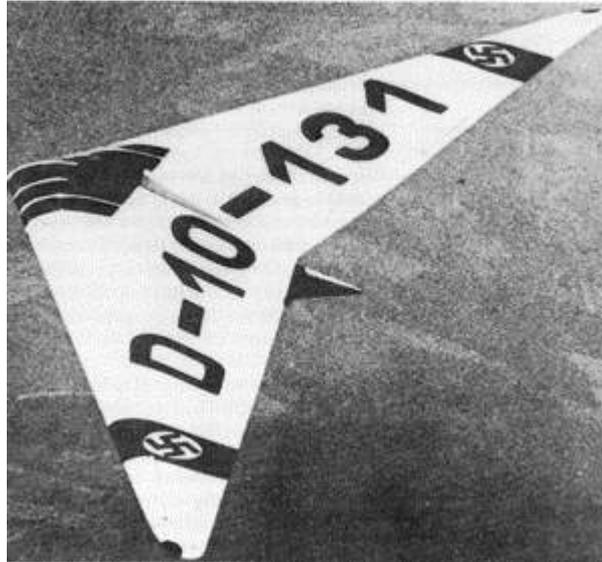
- Meilleure résistance naturelle aux rafales thermiques qui peuvent conduire au décrochage
- Tendance "naturelle" à la prise de vitesse si décrochage ou vrille
- Effort à la barre nul en transition (meilleur confort)
- Effort à tirer plus faible en entrée de thermique. Du fait de la variation d'incidence due à l'orientation du flux de la rafale thermique l'aile a tendance à ralentir.

3) « Une augmentation du vrillage peut faciliter la mise en vrille (lu dans les Forums Internet) » : **FAUX, c'est EXACTEMENT l'inverse !!!**

De plus, c'est le corollaire non dit de cette seconde ineptie criminelle qui est le plus faux et potentiellement le plus dangereux : «Une diminution du vrillage peut retarder la mise en vrille !!! ». Sur une aile volante, le vrillage ne procure pas uniquement de la stabilité en tangage ou le simple équilibrage aérodynamique d'un centrage avant.

Le vrillage contribue aussi de manière primordiale à la sécurité en virage. En effet, le départ en vrille s'obtient sur une aile volante par le décrochage de l'aile intérieure, en vol lent à incidence élevée. Il est d'autant plus « méchant » si ce décrochage survient en commençant par l'extrémité de voilure. Pour éviter ce phénomène et faire en sorte que le décrochage se produise le plus souvent par le centre de l'aile, un vrillage physique ou aérodynamique (évolution de profils) négatif en bout d'aile est la parade décisive.

Plus le vrillage est important, plus l'extrémité de voilure est loin de l'incidence de décrochage. Un vrillage très élevé procure une très bonne stabilité et une très grande sécurité en virage. Il augmente aussi légèrement la traînée et diminue un peu la finesse, mais jouer la diminution de vrillage n'en vaut pas la chandelle. A titre d'exemple historique, les premières ailes volantes Horten H1, H II étaient munies d'un vrillage de 10 à 12° et étaient indécrochables et très difficiles à mettre en vrille. L'évolution vers les planeurs de hautes performances Horten H IV (allongement 30 !!), et des vrillages plus modérés on mené au départ en vrille de plusieurs de ces modèles et à la mort de leur pilote !



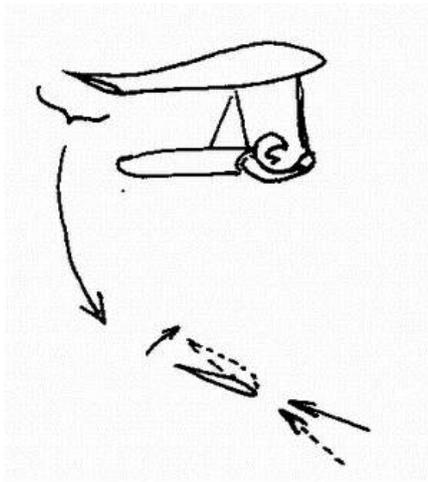
La cohabitation des inepties 2) et 3) dans la tête de certains pilotes, suite à un raisonnement faussé du genre « je me centre arrière, et je diminue le vrillage ce qui me fera gagner de la finesse, et en plus je partirai moins en vrille... » est tout simplement à bannir !

Enfin, un rigide est nécessairement plus "pointu" à bien réaliser qu'un delta, parce qu'il est ...rigide (ou sur le ton de Coluche : qu'est-ce qu'il est le rigide ? hmmm, qu'est-ce qu'il est le rigide ??? et ben le rigide il est ri-gide !!!)

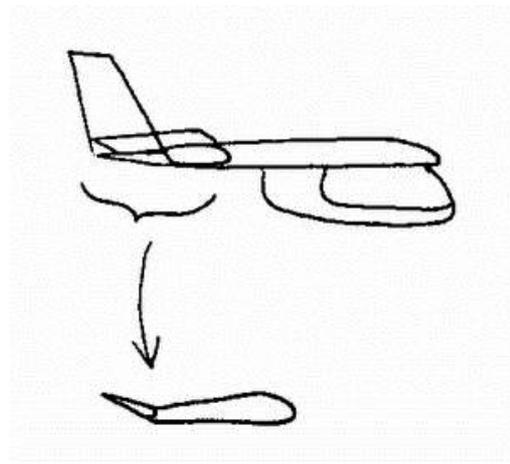
Le comportement fondamental du profil de bout d'aile au décrochage est complètement différent entre les deux appareils :

Lorsqu'on prend de l'incidence, le saumon du delta "s'adapte" à l'écoulement, et l'augmentation d'incidence locale en bout d'aile est faible (protection au décrochage), le vrillage général augmente ainsi que la stabilité. Cette augmentation de vrillage est similaire (bien que n'ayant pas les mêmes causes) sur une aile volante "classique" pilotée avec gouvernes (le braquage des élevons vers le haut implique que

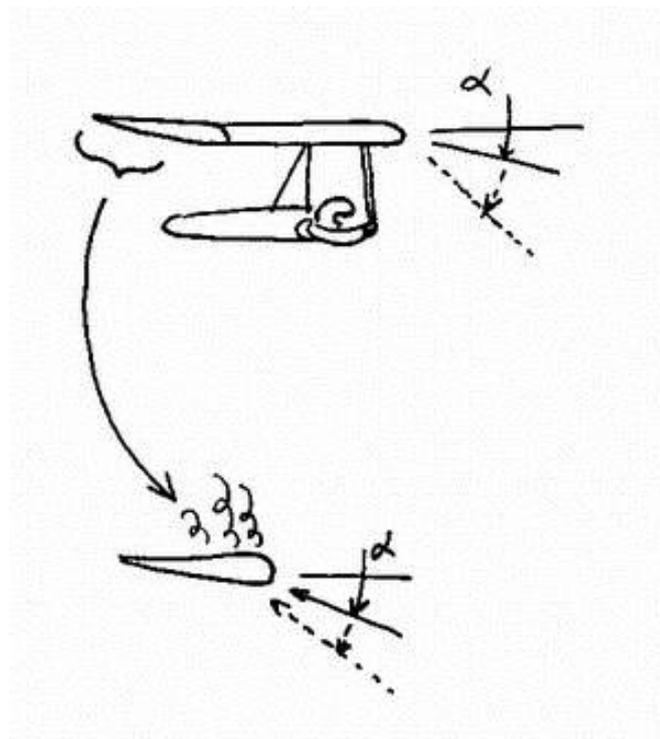
l'augmentation d'incidence générale s'accompagne d'une augmentation du vrillage et de la stabilité).



Delta, « souple »



Aile volante type Swift



Rigide

A contrario, le saumon du rigide est rigide, donc c'est l'aérodynamique du profil qui prend en compte toute la variation d'incidence. Un rigide est donc plus pointu à bien concevoir, et à profil identique que sur un delta, il décrocherait plus tôt. La plage de variation d'incidence générale est donc a priori plus grande sur un delta. Du fait de son pilotage en incidence, un rigide ne varie pas de forme si on le compare à une aile volante "normale" de l'aviation classique avec gouvernes. Aucun effet bénéfique d'augmentation de stabilité n'est obtenu lors d'une prise d'incidence. Bien qu'ils aient la même "gueule" un rigide et un Swift ne sont donc pas du tout le même type d'aile à cause du type de pilotage radicalement différent !!!! . en résumé, seuls les rigides à pilotage delta sont vraiment rigides : le delta est souple, le Swift a des gouvernes de bord de fuite qui influent sur la stabilité.

Pour couronner le tout, les spoilers en bout d'aile génèrent un mouvement à cabrer et une augmentation de l'incidence à cause de la destruction de portance en arrière du centre de gravité. Cela peut être un avantage si le phénomène est bien maîtrisé : l'augmentation d'incidence et de portance peut être égale à ce qui est nécessaire en augmentation de portance pour le virage (afin de donner une mise en virage "sans pousser"). Mais aussi, et c'est plus grave, il se peut que cette augmentation soit divergente dans certains cas (notamment cas de centrage arrière) : braquage du spoiler → perte de portance en bout d'aile → augmentation d'incidence → augmentation de la perte de portance en bout d'aile par décrochage → etc... et décrochage massif avec mouvement incontrôlable à cabrer ! C'est le phénomène de "pitch-up" ou mouvement divergent à cabrer, bien connu de l'aviation générale et des avions de combat, que les aviateurs traditionnels se sont pris dans la poire lors des premières expériences d'ailes en flèche (pilote d'essais était alors un métier dangereux !). La seule solution : Un vrillage physique et aérodynamique suffisant pour retarder le décrochage en bout d'aile et le pitch up.

Un vrillage "strictement nécessaire" pour le tangage est donc encore plus un danger sur un rigide à pilotage spoilers car on se dit lors d'un essai simple en vol droit que tout baigne !!! Il est généralement insuffisant pour la protection au pitch up dès que le spoiler est braqué, ce qui peut entraîner un départ en vrille irréversible.

Les spoilers font donc a priori partie des fausses bonnes solutions pour faire du lacet, à cause de la destruction de portance en bout d'aile, potentiellement dangereuse.

4) « Mon aile peut virer à plat » : FAUX

Combien de fois faudra-t-il le répéter ? Le virage à plat est un mythe !!! ou bien c'est un virage momentané tout ce qu'il y a de plus dissymétrique, et dangereux par ralentissement de l'écoulement sur l'aile interne.

Pour expliquer simplement, par quoi se caractérise un virage ? La définition la plus simple : infléchissement continu de trajectoire, occasionné par une accélération perpendiculaire à celle-ci, orientée vers l'intérieur du virage (ou accélération centripète). Le seul moyen sur un aéronef de provoquer une accélération centripète est de lui appliquer une force vers l'intérieur du virage, et la seule force disponible est la résultante aérodynamique. Le seul moyen de virer est donc l'inclinaison de la

résultante aérodynamique vers l'intérieur du virage, pour obtenir une composante centripète. Comment incliner cette résultante sinon en inclinant l'aile ????

5) « Mon aile peut virer lent » : suite à ce qui est expliqué ci-dessus en 2) 3) 4), c'est à vos risques et périls !!!

Pour une vitesse donnée en vol droit, un virage en conservant cette même vitesse s'effectue nécessairement à une incidence de vol plus élevée, à cause de l'augmentation du facteur de charge et donc de la masse apparente et de la charge alaire. Cette incidence est d'autant plus grande que l'inclinaison est élevée et le rayon de virage court. Arriver en virage à vitesse lente, et vouloir conserver cette vitesse est dangereux, d'autant plus que l'inclinaison est élevée. L'une des premières leçons de pilotage en planeur consiste à apprendre à l'élève pilote que toutes les vitesses caractéristiques de la machine sont augmentées en virage, et notamment la vitesse de décrochage !!!

En guise de conclusion, je plaide pour que les règles, parfois simples, parfois un peu moins qui régissent le vol de nos engins soient connues au minimum des pilotes, afin que l'histoire de l'aviation en général, et du vol libre en particulier, ne soit pas un éternel recommencement, et que les erreurs ou oublis du passé se retrouvent le moins possible dans l'avenir. Il en va de nos vies.

Olivier CALDARA
Bio Air Technologies

PS : Sur une aile donnée, comportant une ou des caractéristiques qui, associées à des comportements non sécuritaires du pilote, rendraient celle-ci dangereuse, une étude aérodynamique et structurale approfondie est toujours envisageable pour sécuriser ces comportements à l'aide de solutions adaptées. Cette recherche de solutions entre parfaitement dans les capacités de recherche de Bio Air Technologies.



Olivier Caldara
Bio Air Technologies
3 résidence de la source
78440 Issou
France

Tél: 01 30 93 59 12 ou 01 47 11 38 52 ou
06 12 21 47 23
Fax : 01 47 11 57 42
E-mail: oliv.calda@club-internet.fr
olivier.caldara@dassault-aviation.com

