

Dossier : choisir un profil

Matthieu scherrer

Les planeuristes n'arrêtent pas de parler de profil. Il paraîtrait même qu'un groupe de plus de trois vélivoles qui phosphorent dur sur le sujet, ça déclenche à coup sûr une belle pompe. C'est que ça fait chauffer la cervelle, de choisir le profil tip top qui va propulser votre prochain planeur plus vite, tout en grattant mieux.

Cet article s'adresse surtout au modéliste curieux, qui veut comprendre un peu ce qui se passe. Je vais ici présenter un certain nombre de questions que j'ai été amené à me poser sur les profils, et dont j'ai cherché les réponses à droite à gauche.

Profil et historique.

Les profils, c'est un mélange étonnant de grosse théorie et de beaucoup d'expérimentation très pratique...

Si l'on remonte loin de nous, du temps où la radiocommande n'existait pas, les profils s'appelaient Eiffel, Göttingen ou encore NACA. A la base, ces familles étaient faites pour les engins grandeurs, mais on choisissait alors parmi ceux là les profils creux et porteurs, et bien fin pour les modèles de performance. Certains vieux profils, comme le Clark Y, font de la résistance et sont à redécouvrir.

Pour les premiers planeurs radiocommandés, je ne sais pas trop, je n'étais pas né non plus, et on trouve moins de documentation. J'imagine donc que cela s'est fait plus ou moins dans la continuité.

On saute donc pas mal d'années, et plus proche de nous, il y a eu la grande époque des biconvexes. Les profils Ritz, spécifiques aux modèles réduits, ont fait les beaux jours de bien des grandes plumes (Multiplex entre autre). Il s'agissait de profils assez polyvalents, fiables, mais un peu rustiques. On n'en parle plus beaucoup aujourd'hui.

A peu près à la même époque, les profils de planeurs grandeurs dits « laminaire ». Certains n'y croyaient

pas, d'autres ont essayé, et le Fx60-126 a propulsé avec succès bon nombre de planeurs (c'est le profil du saumon de l'ASW 17 grandeur quand même...).

Parallèlement, les progrès dans les souffleries, et dans les moyens informatiques de calcul, ont permis le développement de profils pointus destinés spécifiquement aux modèles réduits. Le Dr Richard Eppler est un grand monsieur des profils de planeur, en grandeur comme en modèle réduit. L'E193 était il n'y a pas si longtemps au top en F3B.

Dès le début des années 80, Helmut Quabeck a effectué un gros travail, faisant le lien entre les calculs possibles sur les ordinateurs de l'époque, et les essais en vol. Il en a tiré la célèbre famille des HQ, aujourd'hui évoluée en HQW.

Depuis, le perfectionnement des ordinateurs et des programmes de calcul aérodynamique a encore accéléré le développement des profils. Les profils MH de Martin Hepperle, HD, HN, ou encore tous les profils issus de Xfoil (profils persos divers : SB, MS, ...) sont légions. De plus, l'utilisation de mieux en mieux maîtrisée des composites par les « amateurs » que nous sommes, a conduit à créer des profils de plus en plus fin : avec le

carbone, on sait faire fin et léger !

Conjointement à tout cela, des études expérimentales sérieuses, comme celles menées en soufflerie par Dr Selig, permettent de tirer le meilleur de ce foisonnement. Il n'y a pas que les grosses méthodes théoriques qui permettent d'aboutir à des concepts de profil moderne et performant. L'exemple de Marcel Guwang et de ses profils MG est pour cela révélateur : on peut tout obtenir de très bons résultats, avec une étude en vol menée sérieusement et méthodiquement.

Voilà pour l'histoire...

Mais un profil, est ce vraiment si important ?

Sur les pentes ou les terrains, quand on écoute les discussions, on a l'impression qu'il existe deux classes de planeuristes : ce qui connaissent leur profil (enfin, celui de leur planeur...), et ceux qui l'ignorent. Pourtant, il faut bien se rappeler qu'un planeur ça ne se résume pas à un profil.

Avant cela, il y a une géométrie d'aile, un empennage, une masse. Ensuite, c'est aussi un réglage et un centrage, un type de construction, et encore bien des choses. Il faut donc un peu relativiser l'importance « absolue » du profil.

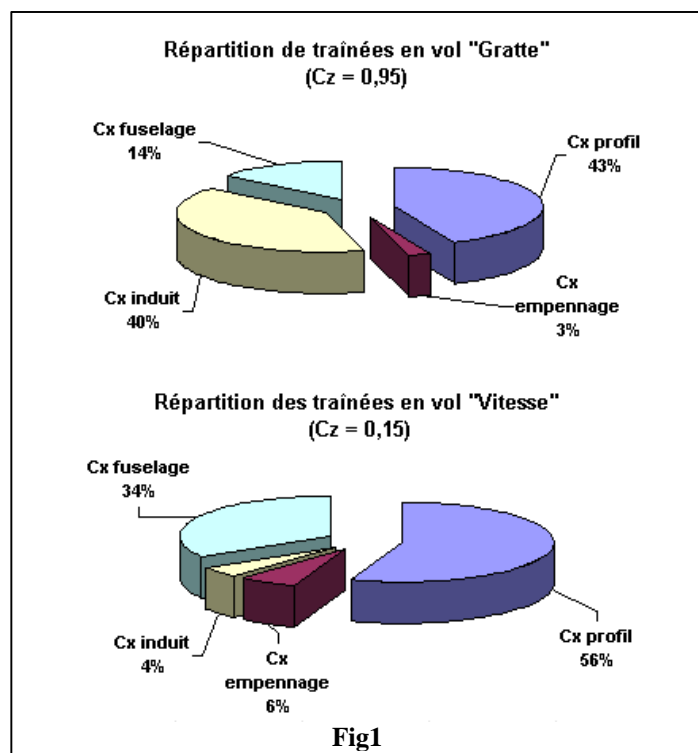
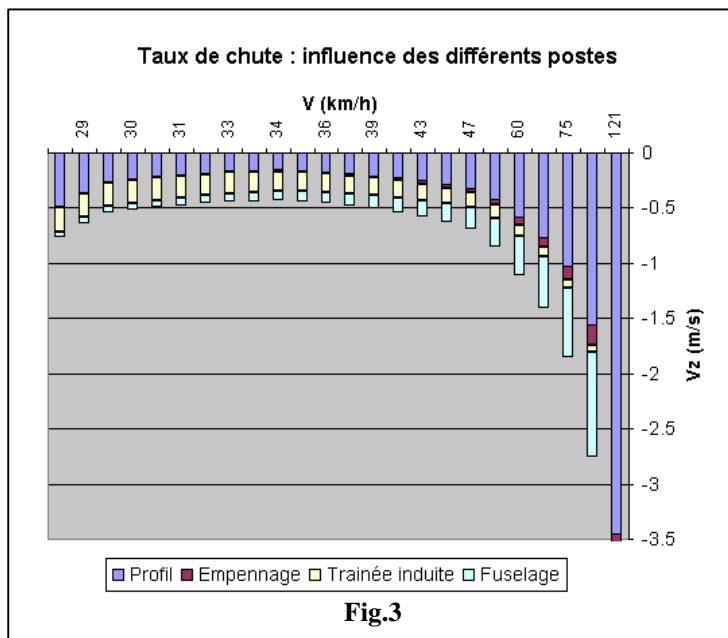
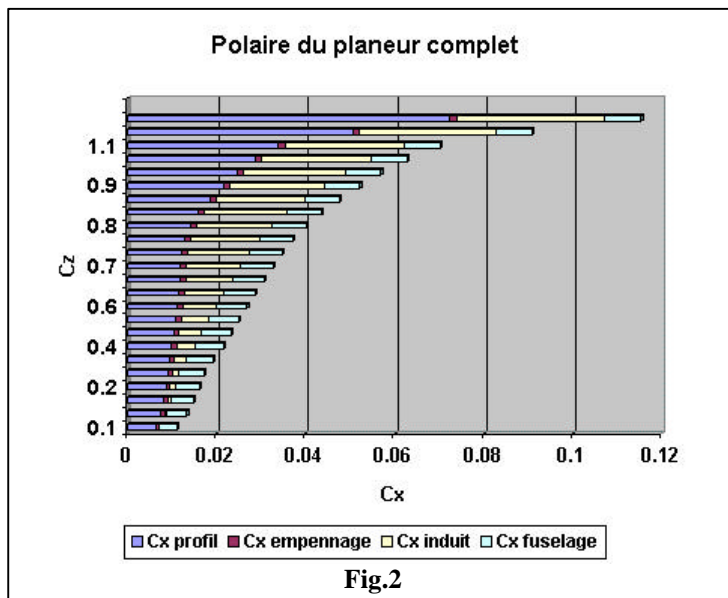


Fig1



Cela dit, c'est quand même utile d'avoir un bon profil. Si on en parle, c'est parce que c'est bien souvent un des rares paramètres que l'on peut choisir assez librement. En F3B par exemple, ça fait bien longtemps que tous les planeurs ont en gros la même géométrie, et ce qui va faire la différence c'est la masse ou bien le profil.

Pour que vous puissiez juger de son importance, voici quelques illustrations permettant de situer le rôle du profil. Comme ça vous pourrez juger par vous-même. J'ai pris comme exemple un modèle classique, de type F3B ou assimilé, de 14 d'allongement, équipé d'un HQW2/08, et chargé aux alentours de

45g/dm². En utilisant Xfoil pour calculer le profil, et quelques petites formules, on arrive à obtenir des choses représentatives.

En **Fig.1**, on a une idée de la proportion de traînée que représente la traînée du profil, par rapport à celle du fuselage, à celle de l'empennage et à la traînée induite de l'aile. On voit qu'en vol de vitesse, le profil est clairement déterminant (au passage, on voit aussi qu'il faut travailler le fuselage !). En durée en revanche, la traînée induite est aussi importante que celle du profil, si bien que la forme de l'aile est également très importante : vive les ailes elliptiques !

En **Fig.2**, on trace la polaire du planeur complet. Cela permet

d'apprécier la différence entre d'une part la polaire du profil et d'autre part la polaire du planeur. Et ainsi, on voit là encore l'importance relative des différentes traînées.

En **Fig.3**, c'est la vitesse de chute du planeur qui est tracée. Cette vitesse de chute a été décomposée en plusieurs contributions. On voit sur ce graphique combien le profil est important à haute vitesse, mais pas seulement.

Bon, donc, un profil, c'est utile, mais ça ne fait pas tout !.

Quelles sont les « bonnes » raisons de choisir un profil ?

De même qu'un planeur n'est pas uniquement un profil, le choix du profil n'est pas seulement dicté par l'aérodynamique. Il existe d'autres critères tout aussi valables, que l'on prend toujours en compte, plus ou moins sans le dire.

On peut séparer les questions à se poser en deux grandes familles :

1) La construction de mon planeur avec ce profil est elle faisable ?

Par exemple, est ce que je sais construire une aile suffisamment solide avec l'épaisseur relative de ce profil ? C'est un problème sensible pour les grandes plumes.

Egalement, est ce que je suis capable d'avoir le respect des formes nécessaire avec ma technique de construction ?

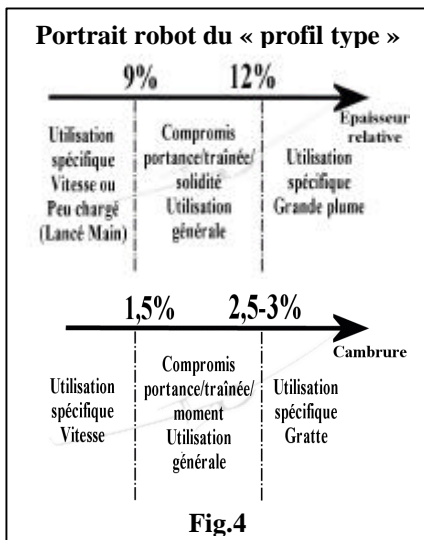
Enfin, est il facile à construire en pratique ? Du genre, intrados plat, bord de fuite pas trop fin, etc...

Les réponses à ces questions vont dépendre des capacités propres de chacun, et des technologies employées.

On sait par exemple qu'aujourd'hui, quelqu'un qui maîtrise bien le composite peut faire un F3B avec des ailes légère pour un profil à 8%. Si je débute en composite, je risque de faire soit trop lourd soit trop fragile (voire les deux...), alors que finalement avec un profil à 9% il s'en serait mieux sorti globalement.

2) Le type de vol correspond il a ce que je recherche ?

Est ce que je veux un planeur surtout gratteur ? Ou bien un planeur qui surtout va vite ? Bien souvent, on veut les deux... C'est le gros intérêt



des profils modernes : on arrive à avoir des engins assez polyvalents. Cependant, la question du profil idéal n'est pas facile à résoudre. Là encore, le comportement en vol n'est pas seulement lié au profil. On peut changer énormément le tempérament d'un planeur en jouant sur sa charge alaire. D'ailleurs, un F3B à vide ou ballasté, ça n'était pas tout à fait le même planeur.

Pour répondre à ces questions, il y a deux solutions qui se valent. Soit on écoute ce qui se dit sur tel ou tel profil. Soit on essaye d'avoir un peu d'intuition. De façon générale, voici ce que l'on observe. Plus le profil est épais et cambré (« creux ») et plus il sera porteur : le planeur sera plus lent et grattera mieux, mais aura du mal à aller vite. De même, plus il est épais, et plus il sera facile de construire des ailes légères : en effet une aile épaisse est plus résistante qu'une aile fine, et on a donc besoin de moins de matière pour avoir la même solidité. Inversement, plus le profil est fin et peu cambré et plus le planeur ira vite. Mais il aura plus de mal à gratter, ce qui peut se compenser par une charge alaire faible. Egalement, il sera plus difficile de faire une aile solide et légère avec un profil fin. C'est pour cela que l'on ne fait pas de grande plume avec des profils à 8%, et pourtant ça pourrait être intéressant si on pouvait faire un engin léger.

En fin une dernière chose : plus le bord d'attaque sera pointu, et plus le décrochage sera prompt et méchant. Statistiquement, le profil « moyen » de planeur, prenant en compte ces considérations réunies, fait entre 9% et 12% d'épaisseur relative, et entre 1,5% et 2,5-3% de cambrure. Bien sûr, c'est assez schématique, il peut y avoir des exceptions. Ceci est résumé sur la figure Fig.4, et on imagine ainsi ce que cela peut produire comme effet que de prendre un profil qui sort de ces bornes. Après, malgré tout, il faut se faire une idée à partir de sa propre expérience et de celle des autres.

Quels sont les profils « à la mode » en compétition ?

Il existe bon nombre de profils, voire franchement beaucoup. Cependant, les expériences diverses des modélistes font que l'on se tourne toujours un peu vers les mêmes, parce que l'on sait « qu'ils marchent ». De ce point de vue la, la compétition a apporté pas mal au développement des profils : les gens essayent des idées nouvelles de temps en temps.

Tracer vos profils

Bon, des profils sur papier, c'est sympa, mais sur un planeur c'est mieux. Pour passer des fichiers informatiques à des plans sur papier, il existe un outil miracle : Tracfoil, un programme écrit et distribué par JC Etienne. Il ne vous encoûtera que 10€ pour avoir la version complète. Sur Internet, une adresse pour télécharger Tracfoil :

<http://fly.to/tracfoil>

Une astuce :

Pour manipuler les fichiers de point de profil, vous pouvez utiliser Excel, pour ajouter des points, changer leur ordre, etc. Puis enregistrer en format *.prn lisible par la plupart des programmes.

Les profils de F3B par exemple donne en général de bons résultats sur beaucoup d'autres planeurs. Un avantage très intéressant de ces

Catégorie	Profils	Nom de planeurs
F3B	HN 354 SR	Nyx
	HQW 2/08	Masterpiece, Apodis
	MG 10	Arkanj
	MH 32	Cobra Calypso
	Rg15, Rg15 modifiés	Ellipse1, V-ultra, Tragi 702
	S 7012	Tempus
	SD 7003	Eagle
F3F	HN 705 TC	Nyx F3F
	MG 06	Miraj
F3i	HQ 2/10-2/09	Variane, Scoop
	Rg12a	JCH, RAC
	MS 1.9/8.7i	Jade
F3J	HQ 3/08 -3/10	Soarmaster
	MH 32	Graphite, Starlight 3000
	SD 7037	Esprit
F5B - F5F	HD 47	Ariane V10
	HD 48	Ariane V8
	MH 30	Twister
	MH 33	Racketenwurm
F3K	S4083	Top bird, Bettina, Moonlight 150
	AG4-AG8	Apogee
	AG45c-AG46c-AG47c	Supergee (DLG à volet)

Tableau 1. Quelques profils en compétition : respect des formes exigé !

Profils	"Age"	Commentaire
Fx 60-126 Fx 60-100	Solutions éprouvées.	Poussif en transition.
Eppler 203 - 201 - 193		Polyvalent. Attention aux survitesses. Demande un respect correct.
Eppler 209 - 207 - 205		Plus rapide que la précédente.
Naca 63 415 - 63 412		Un bon respect est souhaitable.
HQ série 3 (3/15 à 3/10)	Solutions plus moderne, demandant un bon respect pour en tirer le maximum.	Ultra classique, pour planeur sans volets. Assez polyvalent, bonne gratte.
HQ série 2.5 (2.5/15 à 2.5/11)		Vol un peu plus rapide, ou pour planeur à volets.
Selig S4233		Une référence, demande un très bon respect du bord d'attaque.
Eppler 68 - 67 - 66	A essayer !	
Selig S2027		Un profil prometteur !
MS série 3.3GP (3.3/15GP à 3.3/11GP)		Pour grand planeur à petites cordes (très grand allongement), bien gratteur.
MS série 3GPV (3/15GPV à 3/11GPV)		Spécifique pour grande plume à volets.

Tableau 2. Des profils pour les grandes plume (Echelle 1/4-1/3...)

planeur est leur polyvalence : un F3B peut rivaliser avec les lancés mains dans la pétrole, et gazer a fond dans la tempête. Le profil ne fait pas tout, mais ça y participe.

Par contre, si vous choisissez un profil qui vous plaît sur une machine, vérifiez que vous pouvez assumer toutes ses caractéristiques : est ce que je peux avoir le même respect des forme, la même finesse du bord de fuite, etc. ? En effet, pour tirer tout l'intérêt des profils modernes, il faut garantir un bon respect géométrique.

Vous trouverez dans le Tableau 1 une petite compilation de quelques profils à la mode dans plusieurs catégories de compétition, à partir de données glanées au travers de divers conversation ou sur Internet. Il y a donc certainement des lacunes...

En passant, un petit argument sur le thème « le profil ne fait pas tout ». On retrouve par exemple le MH-32 aussi bien en F3B qu'en F3J, deux disciplines malgré tout différentes. En revanche, les allongements et surtout les charges alaires ne sont pas les même sur un Cobra Calypso et un Graphite.

Quels sont les profils adaptés pour un grande plume ?

Voici une catégorie où l'on communique un peu moins que dans une catégorie de compétition. Pour autant, il est tout aussi intéressant de bien choisir un profil sympa, même si c'est juste pour le plaisir. En plus, c'est un sujet que j'affectionne depuis quelques temps.

Sur les grande plumes, et à plus forte raison sur celles avec beaucoup d'allongement (style ASH-25, Nimbus, Ventus-2C, etc...), la notion de compromis aérodynamique-solidité est très importante. Il faut que l'emplanture supporte des charges de plusieurs kilogrammes, voire de plus de 15 kg pour les gros modèles, et aussi les survitesses.

Ainsi, on peut choisir un profil pour ses qualités aérodynamiques, et ensuite il ne faut pas hésiter à l'épaissir au voisinage de l'emplanture pour avoir une bonne résistance en flexion.

Un autre problème est que l'on rencontre, même sur des grand

planeurs, des cordes relativement petites vers le saumon. Il faut malgré tout un profil qui le supporte.

Il résulte de tout cela que la plupart des solutions qui marchent sont des combinaison de profil dégradées en épaisseur relative. Certains gardent la même loi de cambrure (HQ série 3/xx), d'autres font tout varier (séries Eppler en particulier).

Dans le tableau 2, je vous propose une petite synthèse de ce qui se fait, de ce qui marche, et de ce qui marchera peut être bientôt. Je tiens ici à remercier Eric Bahier, Jean Luc Delors et Gérard Risbourg pour leur éclairage sur le sujet.

Des adresses sur Internet

Tous les profils dont on a pu parler dans cet article sont disponibles sur Internet, à l'une des adresses suivante :

Des « banques de profil » :

<http://fly.to/airfoils> : le site de Tracfoil.

http://www.aae.uiuc.edu/m-selig/ads/coord_database.html + de 1300 profils

<http://www.nasg.com/afdb/index-e.phtml>

http://www.aerodesign.de/profile/profile_m.htm

Des adresses pour des profils spécifiques

<http://www.mh-aerotoools.de/airfoils/index.htm> : Profils MH.

<http://www.hq-modellflug.de/> : Profils HQ.

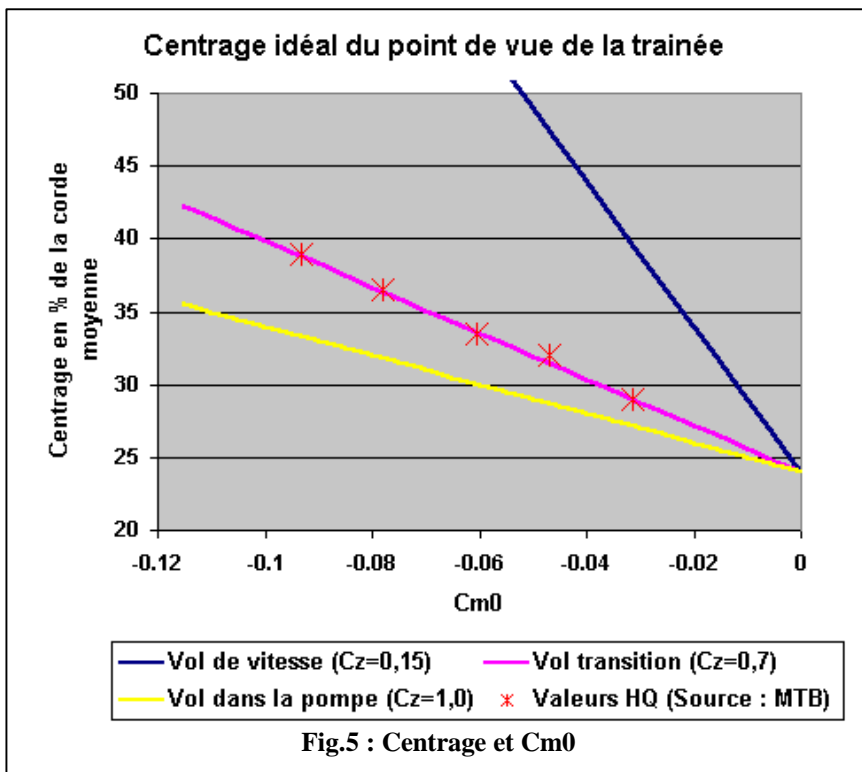
<http://www.delago.de/ariane/DProfil.htm> : Profil HD.

<http://www.habebert.de/> : profils HN

<http://perso.wanadoo.fr/scherrer/matthieu/modeli.html> : Profils MS.

Divers

<http://raphael.mit.edu/xfoil/>



Et les volets dans tout ça ?

Le but des volets est simple : changer la cambrure du profil en vol, car c'est presque changer de profil. Il y a cependant quelque chose que l'on constate : il y a des profils pour lesquels les volets ça marche, et d'autres pour lesquels ça ne marche pas. Quant à savoir pourquoi... Une fois de plus il faut faire appel à la culture modéliste pour s'en sortir.

Il y a des profils qui ne marchent carrément pas avec les volets, en particulier en lancé main. Un copain, Nicolas Quendez, a testé sur un SAL le AG8 (profil de Mark Dreila, Mr Xfoil) avec des volets full-span : les volets étaient inefficaces au possible, et les ailerons très très mous...

Parlons des profils plus courants. Il semblerait que plus le profil est optimisé et polyvalent en lisse, plus les volets sont décevants. Pour un Rg15 ou un HQ2/09 par exemple, les positions grattes ne sont pas forcément très utiles. Les HQW sont donnés pour mieux marcher avec les volets, mais honnêtement quand on superpose un HQ et un HQW, on se dit que la différence n'est pas à la portée des constructeurs sans moules... Souvent la position vitesse a plus de succès, mais sur des profils plus gratteur comme le MH 32 ou encore le S7037, voire le FX60-126 pour qu'il avance un peu. Pour ces

Le centrage idéal dépend-il du profil ?

Bon, là dessus j'apporterai une réponse de normand : ça dépend ce que l'on appelle centrage idéal...

Pour ce qui est du centrage idéal pour le test du piqué, c'est à dire idéal du point de vue de la neutralité, non, le profil n'intervient pas. Le centrage neutre dépend de la géométrie de l'aile, de la taille et de la position du stab etc., bref, du planeur.

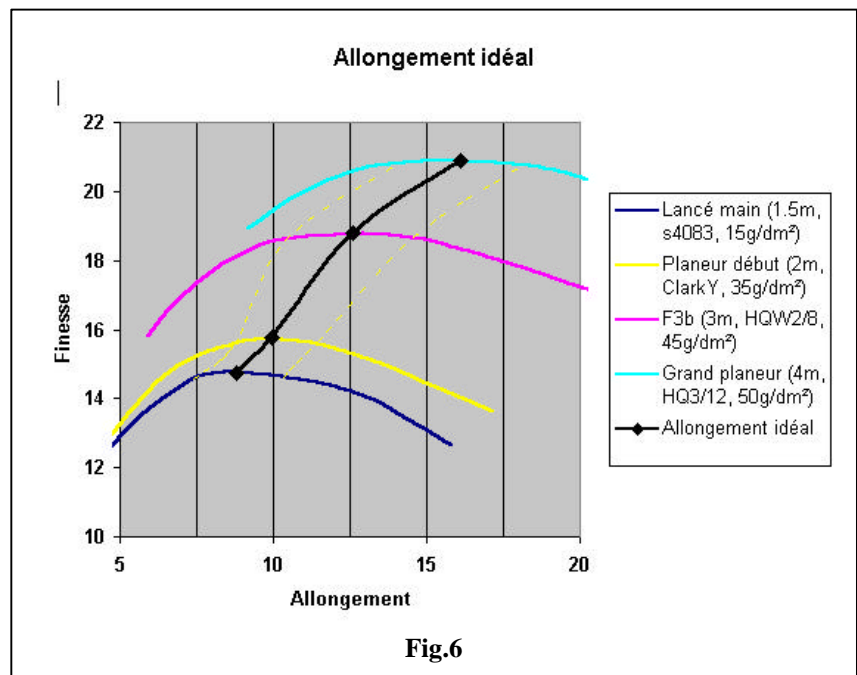
En revanche, il existe un centrage idéal du point de vue de la traînée, qui n'est pas forcément tout à fait le même que celui obtenu par le test du piqué. Et là, cela dépend du profil, et en particulier de son coefficient de moment Cm0. Par contre, ce centrage idéal ne marche que pour une phase de vol.

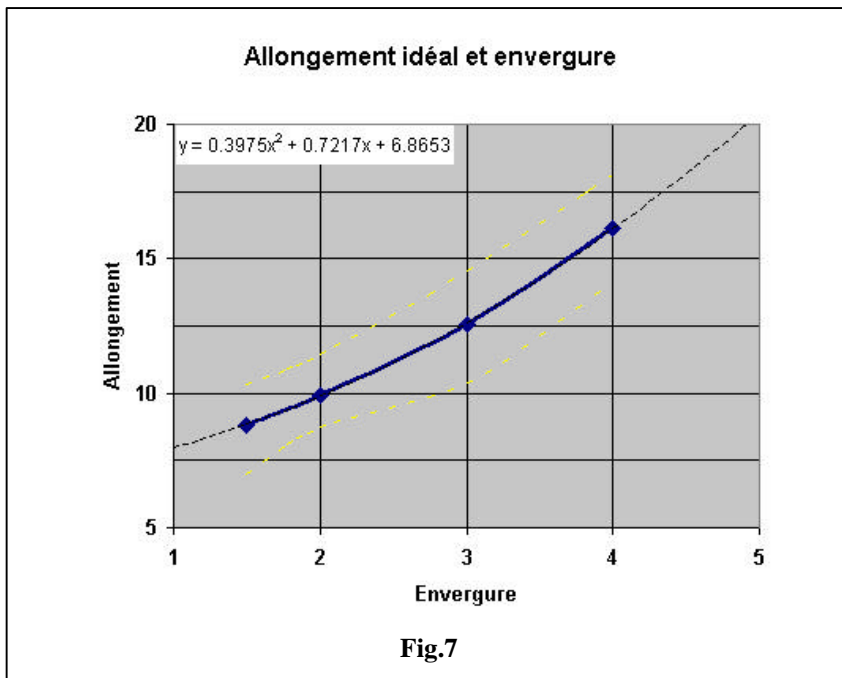
On trouve dans les publications allemandes des valeurs pour les différents profil HQ série 1, 1.5, 2 etc. En fait, on constate que cela est directement lié aux valeurs de Cm0 de ces différents profils, et que ce « centrage idéal » est fait pour minimiser la traînée en transition.

En Fig.5, j'ai tracé différents centrages optimums du point de vue de la traînée, pour plusieurs phases

de vol, et en fonction du Cm0. On constate que les valeurs données par HQ sont adaptées au vol de transition. On retrouve que pour le vol de vitesse, il est intéressant de centrer plus arrière pour moins traîner.

Maintenant, à vous de choisir si vous voulez un planeur centré un peu plus avant que d'habitude, pour moins traîner en spirale.





profils non spécifiquement à volet, la profondeur des volets est de l'ordre de 22% de la corde (valeurs officielle pour les HQ).

Inversement, les profils moins polyvalent en lisses ont souvent un comportement étonnant aux volets. Le S7003 ou le MH30 par exemple donnent de très bon résultats avec des volets. Tous les profils MG ont été développés dans cette optique : un profil très orienté vitesse et manquant de polyvalence en lisse, mais des volets permettant d'égaliser et de dépasser le domaine de vol et la gratte des planeurs ayant des profils plus classique. Ces profils acceptent des volets de 30-33% de la corde sans trop broncher.

Voilà pour ce que l'on peut glaner à droite à gauche sur le sujet.

L'allongement, quel rapport avec le profil ?

Ca n'est pas à directement un problème de profil, mais cela est lié : quel est l'allongement idéal ?

En effet, on sait que la traînée induite est inversement proportionnelle à l'allongement : il faut donc un allongement suffisant. Inversement, si l'on met trop d'allongement, la corde va diminuer, et le profil va mal fonctionner. On se rapproche du fameux « Reynolds critique » du profil.

Et bien, entre ces deux tendance, il existe un allongement idéal. C'est ce

que l'on voit sur la figure Fig.6 : il existe un allongement qui maximise la finesse (sur un point de vol en transition). Par exemple, sur un F3b de 20 d'allongement, le profil traînerait beaucoup. Inversement, un engin trop trapu, avec 8 d'allongement, aurait trop de traînée induite, et cela sera encore plus sensible en position gratte. Et effectivement, sur le marché, les F3B font entre 13 et 15 d'allongement.

Finalement, l'allongement idéal dépend principalement de l'envergure : en effet, plus l'envergure est importante, et plus la corde est grande à allongement fixé. Cet effet de l'envergure est tracé en Fig.7. Il faut relativiser, on voit sur la Fig.6 qu'il existe un « plateau » pour lequel les allongement sont presque idéaux, mais cette petite courbe donnera un bon point de départ pour choisir l'allongement de votre prochain engin !

Alors, on vole ?

Bon, la finalité de tout ça, c'est quand même de voler !

S'il y avait quelque chose à retenir, c'est que le profil c'est important, mais que cela ne fait pas tout dans le comportement et la performance d'un planeur d'un planeur (la charge alaire c'est important !). Egalement, que l'aérodynamique n'est pas le seul critère pour le choix d'un profil.

Et enfin, qu'il ne faut surtout pas dévaloriser le savoir pratique des modélistes devant ceux qui sortent des belles théories, parce que, de toute façon, c'est en vol que la différence sera jugée !

J'espère que vous avez réussi à lire jusqu'ici sans vous ennuyer, et bons vols, il n'y a que ça de vrai ;-) ...

Pour me joindre :

matthieu.scherrer@supaero.fr