



# Conception et réalisation d'un planeur de performance pour F3J, le GENOMA

Ces quelques lignes contiennent la démarche suivie pour concevoir et réaliser un planeur de performance. Un de plus ! Est-il mieux que les autres ? Sur certains points, sûrement. Sur d'autres, non. Tout n'est qu'une question de choix et de compromis.

La démarche a toutefois l'avantage de s'assurer que les heures passées à construire ne sont pas un investissement inutile, et que le vol va bien correspondre à ce que l'on en attend.

La conception d'un modèle n'est maintenant plus l'application de quelques formules d'aérodynamiques « simples » comme celles publiées dans les années 80 dans nos revues de modélisme. Pour autant, les choses ne se sont pas complexifiées. C'est juste que nous disposons maintenant d'outils numériques suffisamment fiables, et gratuits, pour pouvoir aller plus loin (ex : XFLR5). Il est ainsi maintenant possible de simuler le comportement d'un profil, d'une aile, d'un modèle « complet » ou presque.

Même le comportement dynamique du modèle commence à être à notre portée (Logiciel AVL de M. Drela).

Et même si, jusqu'à ces derniers temps, seuls quelques « universitaires » se sont lancés dans l'aventure de la conception assistée par ordinateur, nous pouvons nous aussi nous y lancer sans aucuns complexes.

Pour arriver au résultat escompté, il a fallu suivre un chemin bien défini :

- Identifier le ou les objectifs du modèle ainsi que les paramètres influents.
- Analyser les modèles existants répondant à ces objectifs (Pourquoi réinventer la roue !). Cela permet de bénéficier de l'expérience des autres.
- Réaliser une étude aérodynamique de l'aile.
- Compléter le modèle de ces autres attributs (dérive, stabilisateur).
- Identifier le poids des éléments en fonction des caractéristiques mécaniques voulues et du mode de construction envisagé.
- Réaliser l'analyse de la stabilité longitudinale, en roulis et en tangage.
- Vérifier la dynamique d'ensemble
- Et finalement vérifier que le modèle soit bien compétitif par rapport aux autres.



# Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous



*PIKE Perfect, SUPRA ou autre chose ? Ce sera autre chose ! Il s'appellera le GENOMA*

Nos objectifs.....	3
Les outils de modélisation.....	3
Les modèles de référence : .....	3
Conception aérodynamique du modèle .....	5
Sur quels paramètres pouvons nous jouer ? .....	5
Travail sur les profils.....	6
Travail sur la conception générale du modèle.....	7
Hiérarchisation des objectifs .....	7
Conséquences et Choix sur les profils de l'aile .....	10
Conception des autres éléments du modèle.....	12
<b>Choix du type de stabilisateur</b> .....	12
<b>Grand ou petit bras de levier</b> .....	14
<b>Petit ou grand allongement</b> .....	15
Stabilité longitudinale .....	15
Stabilité en lacet .....	16
Stabilité en roulis .....	17
Le modèle .....	18
Les performances .....	20
Les profils .....	23
<b>Les Coordonnées des profils de l'aile</b> .....	25
<b>Les coordonnées des profils du stabilisateur et de la dérive</b> .....	28
La géométrie de l'aile .....	30
Géométrie du stabilisateur .....	30
Géométrie de la dérive .....	31
Le fuselage.....	32
<b>Positionnement de l'aile par rapport au fuselage</b> .....	32
<b>Longueur du fuselage</b> .....	34
Retour sur le comportement dynamique en « lacet » des modèles .....	35
Dynamique sur l'axe de lacet : Qu'est ce qui est acceptable, qu'est ce qui ne l'est pas ? .....	36



### **Nos objectifs**

Nous voulons un planeur de performance pour la durée. L'objectif n'est pas forcément de faire de la compétition, quoi que, mais simplement de voler avec un modèle facile à piloter et performant. 2 catégories correspondent : La Formule France et le F3J. La différence entre ces deux catégories se situe au niveau de la solidité du modèle et de la capacité à pouvoir aller vite. Ces deux derniers aspects permettent d'avoir une machine qui peut faire aussi autre chose que des ronds dans l'air. Va donc pour le F3J.

Le vol F3J correspond à trois phases de vol :

- Monter le plus haut possible au treuillage. Cela demande une très faible traînée sur toute l'aile à Cz réduit pour être largué à la plus grande vitesse possible.
- Aller le plus vite possible sans chuter pour rejoindre une ascendance ou échapper à une descendance. Cela demande des profils les plus fins possibles et une courbure réduite.
- Etre capable de peu chuter pour bien monter dans une ascendance. Cela demande une forte courbure du profil, un planeur le plus léger possible et à très faibles inerties.

Il faut donc une machine à la fois rapide, fine et capable de voler lentement.

La seule façon de réaliser cette « quadrature du cercle » est d'utiliser les volets de courbure. Seuls les outils modernes de conception permettent de bien les dimensionner.

### **Les outils de modélisation.**

Pour l'aérodynamique le logiciel « XFLR5 » aussi appelé « QFLR5 », d'André Deperrois, a été utilisé. C'est le logiciel qui permet vraiment de tout faire depuis l'étude d'un profil, jusqu'à son intégration dans un modèle complet et l'étude de ce modèle.

Une modélisation personnelle a été utilisée en plus afin de prévoir le poids et pour calculer la résistance des longerons. Ces modélisations ne sont pas nouvelles et sont de simples feuilles de calcul. Elles ont été utilisées entre autre pour la prévision du poids d'un modèle de record de durée. La précision finale a été de 50g pour un modèle de 5kg ( soit une précision de 1%).

On peut ainsi faire beaucoup de choses avec très peu de moyens financiers. C'est aussi tout l'intérêt du modélisme.

### **Les modèles de référence :**

Deux modèles conçus dans les années 2003/2004 ont servi de référence :

- Le SUPRA.
- Le Pike Perfect.



# Le GENOMA

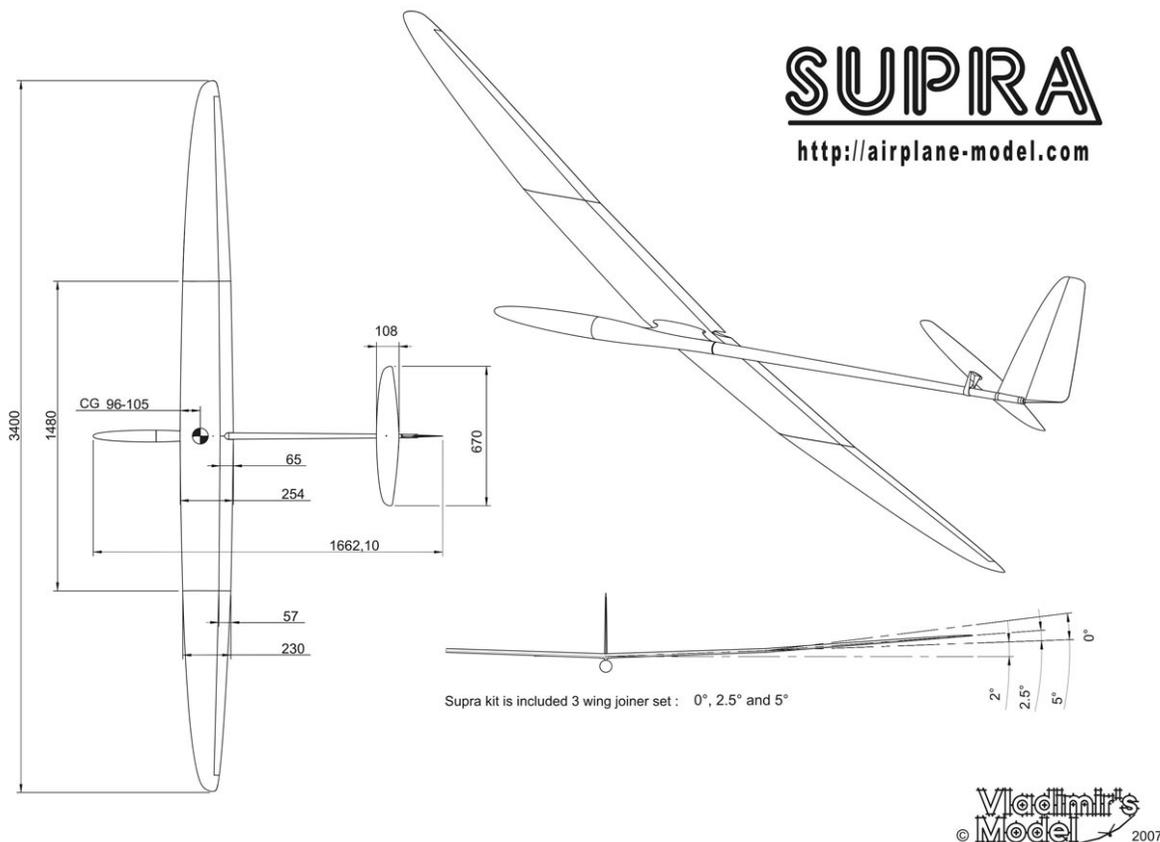
## Planeur F3J de dernière génération pour tous

Ces deux modèles représentent ce qui se fait de mieux actuellement. Elles ont été conçues par des compétiteurs de renom, voir des universitaires, et occupent actuellement les places d'honneur dans les différents concours de la planète.

Modèle	Envergure (m)	Surface (dm <sup>2</sup> )	allongement	Volume stab	courbure profil (%)	épaisseur profil (%)	profondeur volet (%)
SUPRA	3.4	67.2	17.2	0.35	2.4	8 à 6.5	25
PIKE	3.54	74.9	16.7	0.45	2.39	8.3 à 7	25

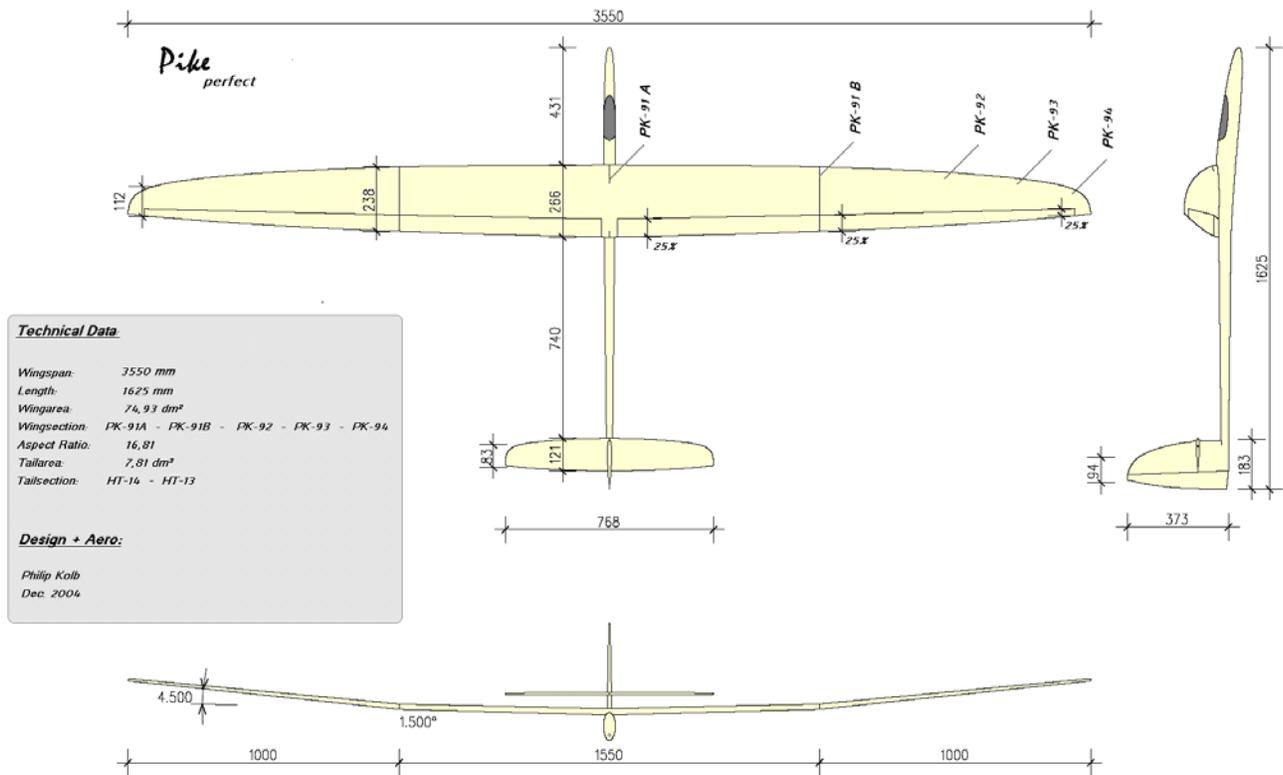
Les modèles sont assez proches entre eux quant à la cambrure des profils, les envergures et la taille des gouvernes. Ils diffèrent sur le reste (surface, volume de stab...) démontrant qu'il n'y a pas une seule solution à un problème donné.

A noter le faible volume de stabilisateur du SUPRA qui se traduit en vol par la nécessité de constamment piloter la machine sur cet axe.





## Planeur F3J de dernière génération pour tous



## Conception aérodynamique du modèle

### Sur quels paramètres pouvons nous jouer ?

Les travaux peuvent porter sur l'aérodynamique et sur la construction.

La construction permet d'assurer un poids objectif pour une solidité donnée. Elle participe aussi au respect des profils des surfaces portantes et à l'état de surface général.

Les techniques de construction sont matures et ne font pas l'objet d'améliorations significatives.

La fibre de carbone est maintenant facilement procurable, et son utilisation s'est grandement démocratisée. L'objectif est donc de choisir et de marier les technologies disponibles qui allient légèreté, résistance, facilité de réalisation et respect des formes.

Rien ne sera inventé de ce côté là mais tout sera « copié ».

Pour l'aérodynamique, des progrès sont encore possibles. Il faut alors lier intimement le ou les profils à la conception générale du modèle et donc travailler sur tous les plans.



## Le GENOMA

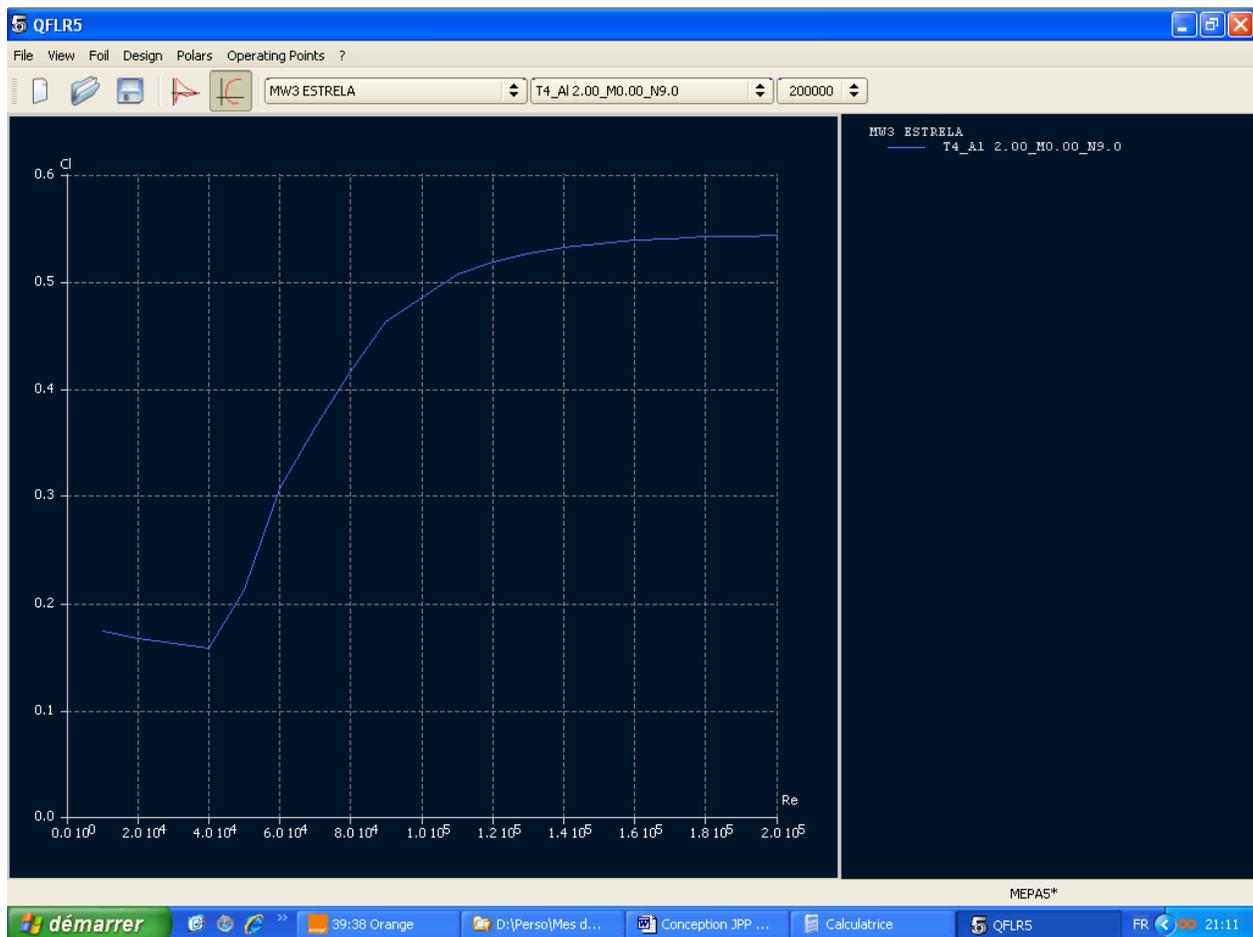
Planeur F3J de dernière génération pour tous

### Travail sur les profils

Le premier paramètre à prendre en compte est la maîtrise du Reynolds critique sur toutes les surfaces portantes. Ce paramètre a été négligé avant les années 2000 et l'ensemble des machines conçues avant cette date ont bien souvent la moitié de l'aile qui fonctionne dans de mauvaises conditions, c'est à dire en dessous de leur  $Re$  critique.

Tout profil a deux modes de fonctionnement :

- Au dessus d'une certaine valeur de Reynolds, valeur propre à chaque profil et pour chaque incidence, le profil fonctionne correctement et la portance est nominale. Tout va donc dans le meilleur des mondes.
- En dessous de cette valeur, le profil voit sa portance diminuer de moitié environ.



*Le profil MW3 pour  $2^\circ$  d'incidence a un  $Re$  critique de près de 140 000. Il faut donc de très larges cordes ou voler très vite. Ainsi, la moitié de l'aile peut fonctionner en dessous de ce régime.*



### Planeur F3J de dernière génération pour tous

Les dernières conceptions (Supra et Pike Perfect) respectent ce paramètre. On ne peut donc plus bénéficier d'améliorations significatives sur ce point. Encore faut-il ne pas en perdre inutilement en ne respectant pas ce critère !

Une fois cette notion bien en tête, il est possible de parler profil.

Un profil est caractérisé par un bord d'attaque, une courbure, une épaisseur et une répartition d'épaisseur, un bord de fuite. Ces cinq facteurs participent à la performance de l'aile et donc sont susceptibles de procurer une différence par rapport aux modèles existants. C'est en mariant judicieusement ces paramètres et en les intégrant dans la conception générale du modèle que l'on peut espérer améliorer les performances.

Différents concepteurs se sont penchés sur le sujet. Il se trouve que leurs réflexions convergent vers des solutions similaires quand on joue sur les volets pour les comparer à iso-courbure. Les quelques différences proviennent des épaisseurs (8% pour les modèles les plus tolérants et un peu moins pour les plus rapides) et les courbures (1.8 à 2.2% pour les plus sages, moins pour les plus rapides).

#### *Travail sur la conception générale du modèle.*

Différents paramètres géométriques interviennent :

- L'envergure du modèle
- L'allongement de chaque surface portante (horizontales et verticales)
- Le bras de levier arrière
- Les surfaces des dérives et stabilisateurs
- Les surfaces des gouvernes
- Les marges de stabilité sur tous les axes
- Les inerties

Le poids du modèle sera pris comme une résultante de la construction. L'objectif est de respecter une plage de charge ailaire et une résistance au facteur de charge donnée.

La comparaison de deux modèles entre eux se fait alors à iso charge ailaire et non à iso masse.

L'amélioration d'un modèle passera donc obligatoirement par des évolutions sur tout ou partie de ces paramètres. Tout sera conduit dans un seul but : Celui d'améliorer le vol. Ce vol a été traduit par trois objectifs principaux (Cf. page 3). Tout n'étant que compromis (les différents objectifs sont souvent contradictoires entre eux), il nous faut donc hiérarchiser ces objectifs, pour espérer un gain efficace. Ensuite, il faudra bien comprendre les conséquences de ces objectifs sur la machine.

#### *Hiérarchisation des objectifs*



### Planeur F3J de dernière génération pour tous

La hiérarchisation des objectifs n'est pas chose aisée.

Faut-il peu chuter ? Pouvoir transiter ? Ou faut-il privilégier de monter le plus haut possible sur le zoom du treuillage quitte à perdre ailleurs ?

Tels sont les dilemmes à résoudre.

Qui dit faible  $V_z$ , dit aussi faible vitesse et donc transition plus lente. Or, il faut pouvoir parcourir du terrain pour trouver l'ascendance salvatrice dans des conditions souvent mauvaises (vent...).

Et puis rester une seconde de plus dans une descendance, c'est perdre facilement 5 à 10 secondes de vol. Faites le calcul : Une descendance, se traduit en général par une vitesse de chute de 2 à 3 m/s. Un modèle de F3J a une  $V_z$  mini de l'ordre de 0.33m/s. Et une seconde représente juste le temps de réaction du pilote. Ajouter celui pour interpréter le vol, celui pour sortir de la zone critique, et vous comprenez qu'il vaut mieux être prompt à réagir et prendre les bonnes décisions : filer le plus vite possible. Encore faut-il une machine avec une très bonne finesse.

Enfin, dans une ascendance, les écarts de vitesse de chute mini entre deux planeurs ne font pas la différence. Ce n'est pas 1 à 2 cm/s de plus ou de moins qui peut se traduire à la fin du vol par de grands écarts d'altitude. Le pilotage est alors bien plus important. Il n'y a qu'un cas où la  $V_z$  min est importante, c'est dans un temps neutre, sans ascendances et où le pilote ne fait que de très larges virages. Une situation pas si courante que cela, même en, hivers.

Il apparaît donc, sauf par temps très neutre et sans vent (il faut alors laisser le planeur voler tout seul à la  $V_z$  mini), que la faible vitesse de chute n'est pas à privilégier. Il vaut mieux pouvoir transiter.

Je me souviens ainsi d'un jour par vent assez moyen et aux ascendances passagères (des conditions courantes donc) que deux modèles totalement différents étaient partis en même temps au sandow. L'un était léger et au profil porteur, l'autre était chargé à 45g/dm<sup>2</sup> (une enclume à cette époque). Les deux pilotes étaient d'égale habileté.

Et pourtant le planeur le plus léger s'est posé le premier pour n'avoir pu parcourir les 200 mètres qui le séparait de l'ascendance. Il est resté englué dans la descendance qui entoure l'ascendance. Au contraire, le planeur chargé a traversé cette zone avec célérité, et, bien qu'il chutât plus dans l'absolu que le planeur léger, il a pu exploiter le thermique. Il s'est posé pour cause de nuque raide du pilote après être passé d'une ascendance à une autre... Un vol de plus de 40 minutes ! Mieux vaut donc pouvoir trouver l'ascendance que de rester sur place dans une zone « moins bonne ».

Voilà pour la comparaison du taux de chute et de la capacité à transiter. Regardons maintenant l'aspect vitesse.

La discipline du F3J demande un treuillage à la course avec un câble de 140m. N'allez pas dire que le treuillage est doux. Deux personnes portant harnais et chaussures à crampons, tirent de toutes leurs forces ! Les planeurs sortent du treuillage à près de 200Km/h après un léger piqué pour utiliser la tension et l'élasticité du câble comme d'une catapulte. Sur la ressource, ils gagnent ainsi de 20 à 50m d'altitude voir plus par jour de grand vent. Les ailes doivent donc



### Planeur F3J de dernière génération pour tous

pouvoir résister à une accélération de plus de 30G. Certains planeurs sont même calculés pour résister à 50G.

Sortir 1m/s plus vite que les autres, c'est pouvoir atteindre une altitude supérieure à celle des autres planeurs de prêt de 6m.

La nature est telle que lorsqu'elle donne d'un côté, elle le reprend en général de l'autre. Si le modèle peut aller plus vite, sa vitesse de chute mini ( $V_z \text{ min}$ ) sera aussi plus grande.

On peut donc facilement faire un petit calcul :

Faut-il pouvoir aller plus vite d'1m/s en vitesse maximale et accepter de chuter d'1cm/s de plus (c'est en général l'ordre de grandeur du facteur d'échange), ou faut-il privilégier la faible  $V_z$  ?

Si vous êtes largué à 200m, et que votre modèle chute à 0.33m/s (c'est très proche de ce qui a été mesuré), vous disposez d'une capacité de vol de 600s (6 minutes). 1cm/s de chute de plus c'est perdre 6 mètres sur ces 600s. -6 m contre +6 m, la balance est donc équilibrée. Reste que les ascendances sont plus facilement exploitables quand le modèle est haut. Donc monter plus haut, plus vite est un avantage.

Voilà pour la vitesse comparée à la vitesse de chute. Regardons maintenant la vitesse comparée à la capacité à transiter (finesse).

Une aile de durée capable d'aller vite est aussi une aile qui transite bien. L'inverse n'est pas forcément vrai (une aile donnant une grande finesse ne permet pas toujours d'aller très vite). On peut concevoir un planeur qui privilégie la finesse. Un gain d'1 ou 2 points de finesse peuvent être gagnés par rapport à une aile standard. De quoi aller de 0.2 à 0.5 m/s plus vite à iso vitesse de chute. Ce n'est pas énorme (3 à 5 %), et cela ne fait pas la différence sur le terrain (cela ne fait pas beaucoup de chemin en plus dans une seconde de descendance ou de temps en moins dans une descendance). Par contre, de telles ailes, taillées pour la finesse, sont vites limitées en vitesse maxi. Elles ne peuvent espérer donner un avantage lors du treuillage, bien au contraire. Et comme plus le modèle est haut et plus il rencontrera des ascendances fortes et larges, sortir plus haut que les autres est d'un réel avantage.

Les deux paramètres (vitesse et transition) ne sont donc pas à égalité et la vitesse est d'un poids plus important.

La hiérarchisation de trois objectifs s'établit ainsi :

1. Etre capable de monter le plus haut possible (voler vite).
2. aller le plus vite possible sans chuter (finesse).
3. Etre capable de peu chuter ( $V_z \text{ min}$ ).

Marier ces trois points demande des compromis :

- Le treuillage demande un longeron résistant à 50G. Voler vite demande des profils à faible épaisseur. Un compromis entre hauteur et résistance / poids du longeron est à trouver. De plus, des profils de très faibles épaisseurs n'ont pas forcément une bonne



### Planeur F3J de dernière génération pour tous

capacité à porter. La portance se traduisant par de la courbure, il faut marier cette dernière à l'épaisseur avec soin.

- La capacité à transiter (finesse) peut être en contradiction avec une vitesse de chute mini et une vitesse maximale élevée.
- La capacité à transiter et à peu chuter impose l'utilisation de volets de courbure les plus larges possibles. C'est la seule façon simple de gagner beaucoup de portance avec un angle de braquage qui ne change que peu la stabilité du modèle (4° environ). Des profils spécifiques acceptants ces grandes gouvernes sont nécessaires, car il y a pour chaque profil une largeur optimale de corde de volet.
- Le rendement aérodynamique demande de grands allongements, de grandes envergures. De grands allongements imposent de faibles cordes. Le longeron est alors moins épais, plus large donc plus lourd pour pouvoir résister aux charges. Il faut alors prendre en compte le facteur poids du modèle dans l'analyse du problème pour valider tout gain aérodynamique.
- Chuter peu demande un pilotage sans ordre. Le modèle doit donc être stable sur tous les axes et demander de faibles mouvements des gouvernes pour changer d'attitude. Il faut donc de faibles inerties et des gouvernes de grandes dimensions. Cet aspect est celui qui a été le moins bien étudié par le passé. C'est donc une source potentielle de gain important.
- Aller chercher une ascendance demande une capacité à pouvoir voler loin et donc, encore une fois, une très bonne stabilité sur tous les axes.

### *Conséquences et Choix sur les profils de l'aile*

Conséquences de la hiérarchisation sur les solutions retenues :

- Choix d'un profil de base de faible courbure (1.7%) et de faible épaisseur (7%). Ceux actuellement utilisés sont plus proches de 2.4%. C'est donc une évolution majeure mais qui est bénéfique. Il n'est qu'à regarder les évolutions des planeurs de F3B, de F3F, de F3K, de F5B de ces toutes dernières années. Cela va dans le sens de l'histoire.
- Evolution des profils en diminuant leur épaisseur le long de l'envergure (5% en bout d'aile). Jusqu'ici, l'épaisseur était imposée par la résistance de l'aile. Les outils informatiques n'étaient pas à notre disposition, en libre service, pour pouvoir jouer sur ce paramètre tout le long de l'aile. Attention ! On ne peut réduire indéfiniment un profil. Car un profil plus fin, a aussi un bord d'attaque plus pointu. Il devient alors plus sensible en incidence, moins performant en portance. On croit gagner en traînée et c'est l'inverse qui se produit. Jouer sur l'épaisseur demande donc de longues heures d'analyses devant son écran. Le SUPRA a une épaisseur à l'emplanture de 8% et celle au saumon de 6.5%. L'aile conçue est un peu plus fine (-1%). Il faut noter que l'on aboutit maintenant à une limite. On ne pourra pas beaucoup descendre en dessous des valeurs du GENOMA sans dégrader fortement les capacités aérodynamiques et mécaniques.
- Adaptation des profils aux conditions de vol (une attention toute particulière a été donnée pour maîtriser le Re critique de chaque section d'aile). Un travail sur le bord d'attaque et sur la position du maxi d'épaisseur a été entrepris. Là encore, l'analyse du SUPRA et du PIKE a permis de trouver des pistes de conception. Il suffit d'observer.



### Planeur F3J de dernière génération pour tous

- Adaptation des profils pour obtenir une répartition de portance elliptique sur toute la plage de  $C_z$  y compris aux très faibles  $C_z$ . Un tout petit changement de courbure (de l'ordre de 0.2% permet de maintenir la répartition de portance elliptique de  $C_z=0$  à  $C_z$  max.
- Profils adaptés pour des volets de 30% de largeur. Un travail sur l'extrados et l'intrados est nécessaire en plus du travail sur la position du maxi d'épaisseur et de courbure.
- Grâce à la grande profondeur des volets, leur sortie permet un gain important de  $C_z$  (+0.3) sans modification des moments. La répartition de portance reste alors elliptique ce qui traduit le fait que la sortie des volets ne change pas trop le  $Re$  critique de chaque section.
- Le bras de levier arrière a été augmenté afin d'obtenir une machine plus stable sur l'axe de lacet. Ceci est aussi le gage d'un pilotage plus aisé en spirale avec peu d'ordres aux gouvernes. On se rapproche alors d'un lancer main sans pour autant être aussi extrême. Cette augmentation du bras de levier, a permis de diminuer les surfaces arrière tout en gardant une marge de stabilité importante sur l'axe de lacet. En couplant profondeur et volets pour les mouvements sur l'axe de tangage, il est ainsi possible de réduire les débattements. Vous noterez que cette démarche a déjà été adoptée par le F5B où l'on a vu, ces dernières années, une augmentation du bras de levier arrière. Un compétiteur et concepteur français me disait qu'à iso efficacité, il avait divisé ses débattements par deux. Quand on sait que ces machines volent à plus de 50m/s, le moindre gain de traînée permet d'engranger des bases en plus.
- La maîtrise du  $Re$  critique a permis d'augmenter l'allongement (20 au lieu de 17). L'augmentation de l'allongement permet un gain en traînée induite pendant les phases de vol de transition et de  $V_z$  mini. Par contre, la surface de l'aile est plus petite, ce qui impose un poids final plus faible pour rester à iso-charge ailaire. Mais comme les technologies de fabrications permettent d'obtenir une machine légère et solide qui demande souvent du plomb pour voler, il y a donc encore un peu de marge de ce côté là. Le gain de traînée induite compense aussi un peu la perte de portance maximale due à la diminution de la courbure.
- L'envergure de 3.6m a été retenue comme meilleur compromis entre machine légère, résistance et performance. Au-delà, les gains sont peu perceptibles. Les pilotes disent que les grandes machines deviennent de vrais paquebots impossibles à faire virer dans un mouchoir de poche. Si vous avez vu virer un SUPRA, vous aurez vu que cela vire comme un lancé main (sur le saumon). Je pense personnellement que l'agilité tient aussi d'une bonne conception aérodynamique (Des profils qui fonctionnent toujours au dessus du  $Re$  critique, des gouvernes efficaces donc larges, des inerties faibles, et surtout une bonne stabilité en lacet).
- Les dièdres sont importants, pratiquement comme pour un 2 axes. Deux versions de dièdres sont possibles :
  - En répartition « elliptique » sur trois panneaux pour une meilleure spirale. Vous ne pouvez pas savoir l'efficacité en lacet qu'apporte le dernier panneau relevé à 25°. J'ai fait l'expérience sur deux ailes d'électro-7, c'est le jour et la nuit. Mais il est plus difficile d'articuler un volet dans le prolongement de l'aileron.



### Planeur F3J de dernière génération pour tous

- Double dièdre simple avec aileron courant sur toute la longueur jusqu'au saumon.
- La répartition volet / aileron le long de l'aile privilégie la maniabilité. Il y a donc plus d'ailerons que de volets.
- Les ailerons courent sur toute l'envergure car le  $Re$  critique du profil au saumon ne fait pas craindre un décrochage prématuré. Il faut juste réduire leur profondeur de 30% à 20% sur les 15 à 20 derniers centimètres. L'aile garde alors entièrement sa répartition de portance elliptique.

### *Conception des autres éléments du modèle*

#### **Choix du type de stabilisateur**

Peu d'articles ont été publiés sur les avantages et les inconvénients d'un stabilisateur en « Vé » par rapport à celui « en croix » ou en « Té ». Mais grâce à XFLR5, nous pouvons combler cette lacune. Les études montrent qu'un stabilisateur en V est destiné à une machine dont la maniabilité en lacet n'est pas importante (peu de virages) ou pour des machines rapides où les virages ne demandent que peu d'ordres à la direction.

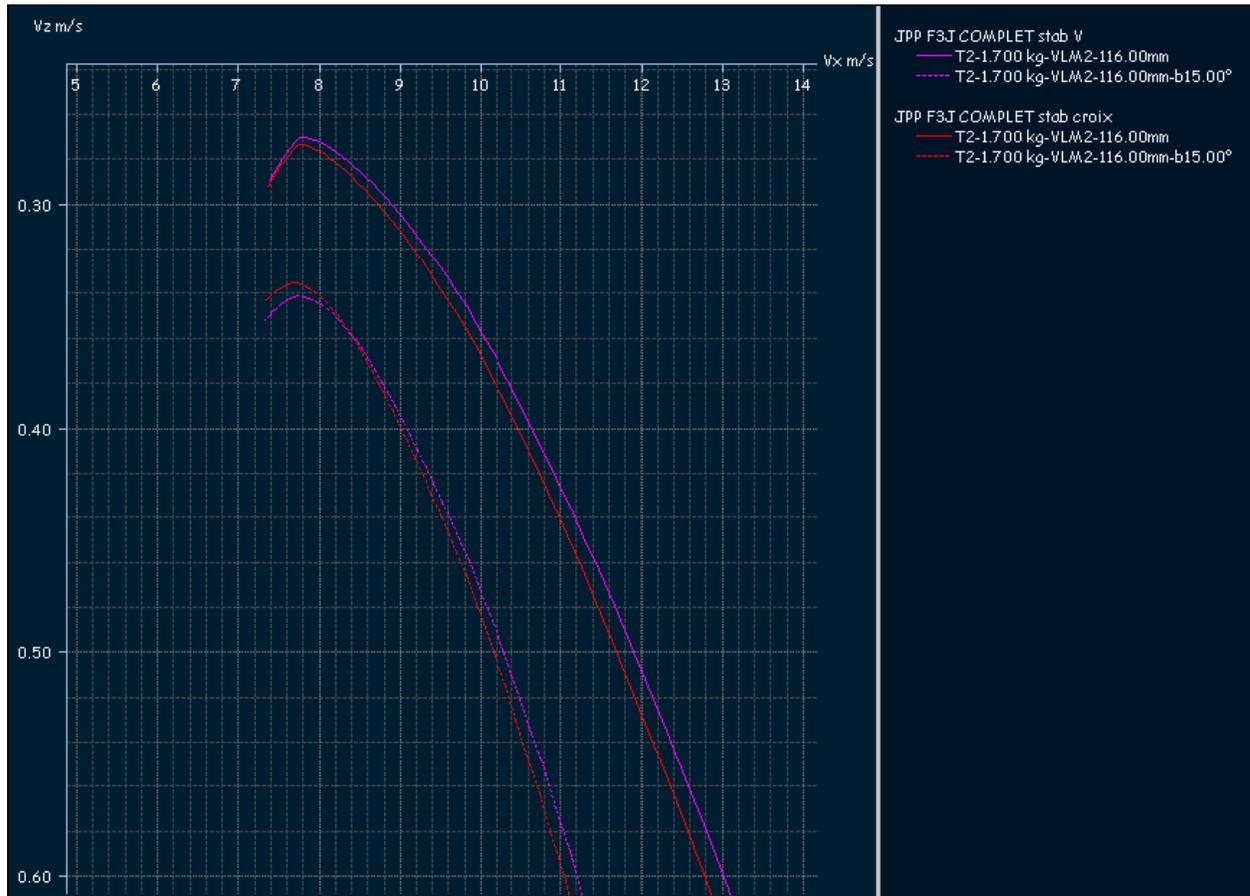
Un stabilisateur en Vé ne pose pas de problèmes sur l'axe de tangage (montée / descendre). Il est même possible d'avoir une aussi bonne efficacité sur cet axe (et même mieux) qu'avec un stabilisateur classique en croix : Avec la même surface horizontale projetée, le stabilisateur en V a plus d'allongement que celui en croix classique. Dès que le stabilisateur n'est plus neutre, c'est à dire dès qu'il a de l'incidence, il est plus efficace car génère moins de traînée induite.

Cette étude montre donc aussi tout l'intérêt pour des stabilisateurs à « grands allongements » (au delà de 6).

Bien sûr, plus l'allongement du stabilisateur en croix est grand, et plus l'écart entre stabilisateur en croix et en V se réduit.



## Planeur F3J de dernière génération pour tous



*Le léger décalage des courbes du modèle avec stabilisateur en V est dû au fait que les calculs se font stabilisateur bloqué. On mesure donc la performance du planeur dans des configurations qui ne correspondent pas exactement au vol réel.*

Si sur l'axe tangage, le stabilisateur en V est intéressant, sur l'axe de lacet, il en va tout autrement :

Le stabilisateur en V est deux fois moins efficace qu'une dérive verticale à iso surface verticale et iso bras de levier. Et ce n'est pas une petite augmentation de 15 ou 20% qui va changer cet état de fait. Pour une machine de durée où les virages sont « continus », c'est catastrophique. Voilà un appendice, qui, au lieu de diminuer la traînée, l'augmente. La pratique du pilotage avec un stabilisateur en V montre que les virages demandent des actions importantes sur cet axe (2 fois plus importante que sur l'axe de tangage). Vous comprenez alors pourquoi M. Drela, pour sa conception du SUPRA a choisi cette configuration alors qu'à l'époque, la mode était principalement avec un stabilisateur en V (plus léger, plus mode, plus...).

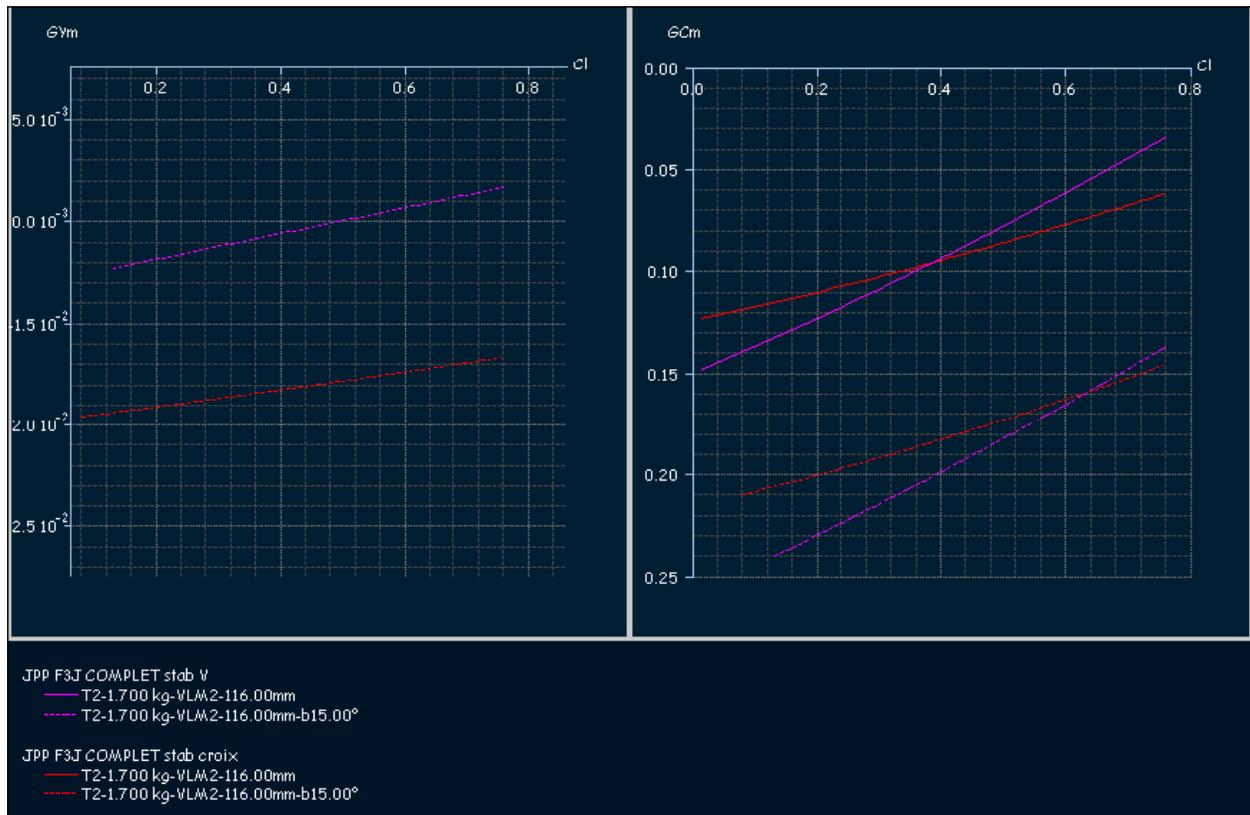
Le stabilisateur sera donc en croix.

La dérive est là pour combattre le lacet inverse et les oscillations que peuvent générer les inerties des ailes autour de l'axe de lacet.



## Planeur F3J de dernière génération pour tous

Le stabilisateur est là pour combattre le moment piqueur de l'aile. Il n'y a que peu d'inertie sur l'axe de tangage. Il est donc plus facile de stabiliser le planeur sur cet axe que sur celui du lacet. Il y a donc un certain intérêt à reculer la dérive le plus possible. Découpler stabilisateur et dérives, comme l'a fait M. Dreila pour son SUPRA, permet d'obtenir de petites surfaces qui soient chacune très efficaces, toutes en étant légères et solides.



*Même avec une surface projetée horizontale plus grande de 15 à 20%, la stabilité en lacet (courbe de gauche) est moitié moins bonne. A droite, la stabilité en tangage avec une équivalence entre les deux solutions (plus de stabilité pour le stabilisateur en V du fait de sa surface projetée plus grande).*

### **Grand ou petit bras de levier**

Pour une même stabilité, un grand bras de levier permet de diminuer les surfaces arrière.

Il y a un gain de poids certes, mais qui ne se traduit pas par un gain sur le bras de levier avant. Attention aussi à la solidité et la flexibilité de la poutre arrière.

Avec un grand bras de levier et les petites surfaces associées, on peut aussi compter sur un léger gain en traînée. C'est toujours cela de pris même si, à faible vitesse, c'est assez limité. Les petits ruisseaux font les grandes rivières !



### Planeur F3J de dernière génération pour tous

C'est surtout en dynamique que les conséquences sont importantes : A iso couple de rappel généré par une dérive, un allongement de 10% du bras de levier augmente aussi la stabilité d'un même facteur. Avec un grand bras de levier, le pilotage est ainsi beaucoup plus précis et confortable. La spirale loin de soi en est donc facilitée. Le modèle est placé sur sa trajectoire et y reste.

Cette augmentation de la stabilité est aussi nécessaire pour compenser la réduction de plage d'incidence  $V_z$  min et Finesse max qui est constatée avec un profil plus optimisé. Un planeur plus pointu doit être plus stable.

#### ***Petit ou grand allongement***

Les allongements du stabilisateur et de la dérive doivent être le plus grand possible pour une meilleure efficacité (diminution de la traînée induite). C'est ainsi qu'un stabilisateur à allongement de 6 est retenu.

Il faut bien sûr veiller au respect des  $Re$  critiques sur ces gouvernes. Les profils HT ont été spécialement étudiés pour cela.

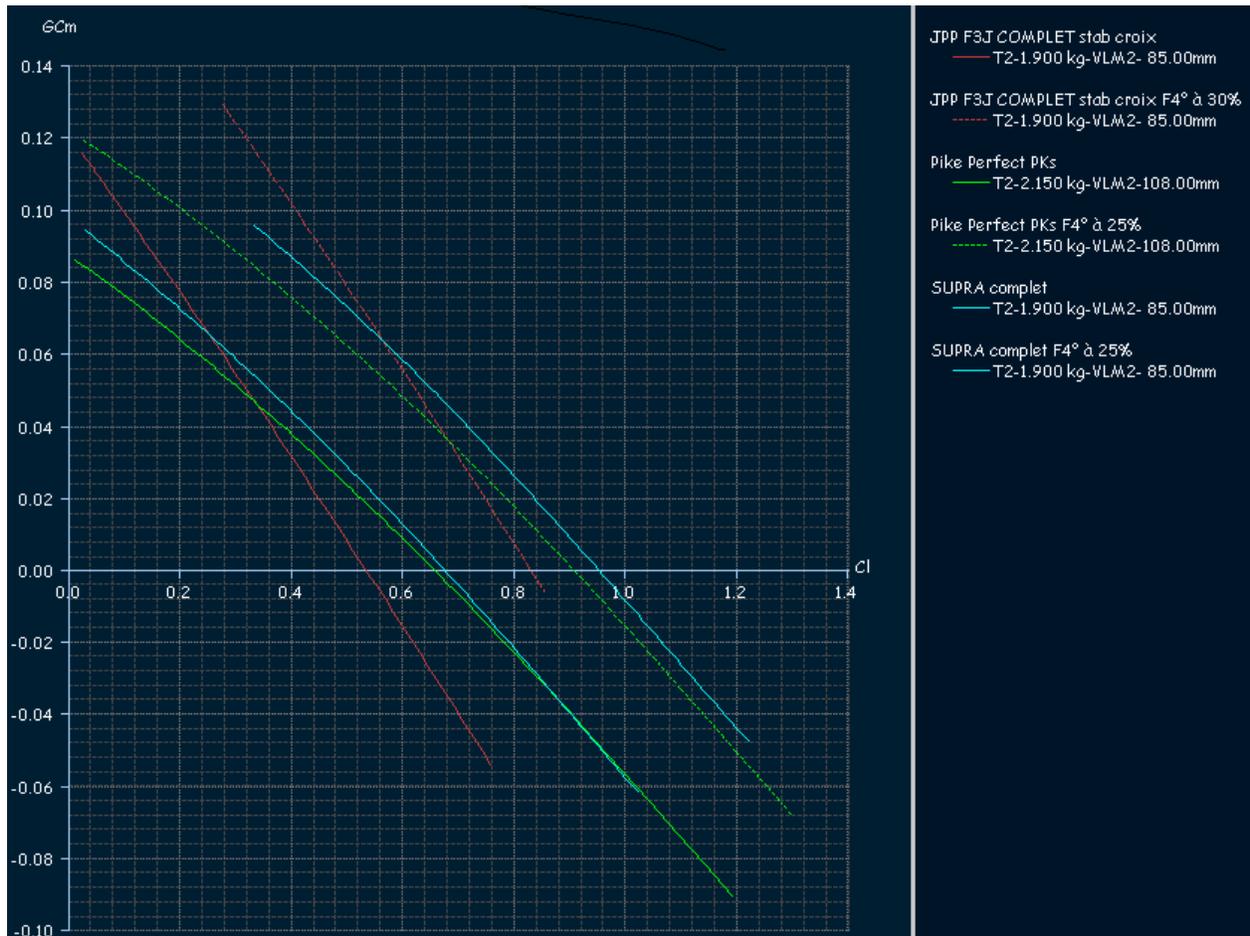
L'allongement et la forme de la dérive permet de loger les servos dans le pied (pour une version moto-planeur). En version planeur, les servos sont placés à l'avant du fuselage. Dans la version moto-planeur, le poids de la batterie et du moteur est contrebalancé par des servos installés dans la queue. Nous avons ainsi 2 modèles en 1.

Le grand allongement est aussi applicable à la dérive comme cela a été adopté sur le SUPRA. Il semble, par contre, que cet axe d'amélioration n'ait pas été retenu sur le PIKE qui possède une dérive très large et peu haute. Sur les courbes données par XFLR5, cela se paie !

Avantage au SUPRA en terme :

- D'efficacité de la dérive,
- De masse de la partie arrière du fuselage

#### ***Stabilité longitudinale***



*Stabilité longitudinale pour les modèles centrés pour la meilleur finesse volets rentrés. Ce centrage correspond aussi à la Vz mini volets sorties.*

Le SUPRA et le PIKE ont une marge de stabilité (pente de la courbe) longitudinale assez proches. Elle correspond à une marge respective autour de 13%. Celle du GENOMA est pratiquement 2 fois plus grande (23%). En conséquence, alors que le SUPRA et le PIKE doivent continuellement être pilotés sur l'axe de tangage, le GENOMA sera beaucoup plus stable

### *Stabilité en lacet*

C'est le plus important pour une mise en virage aisée ou pour avoir un virage « bille au centre » avec très peu d'actions sur les gouvernes.

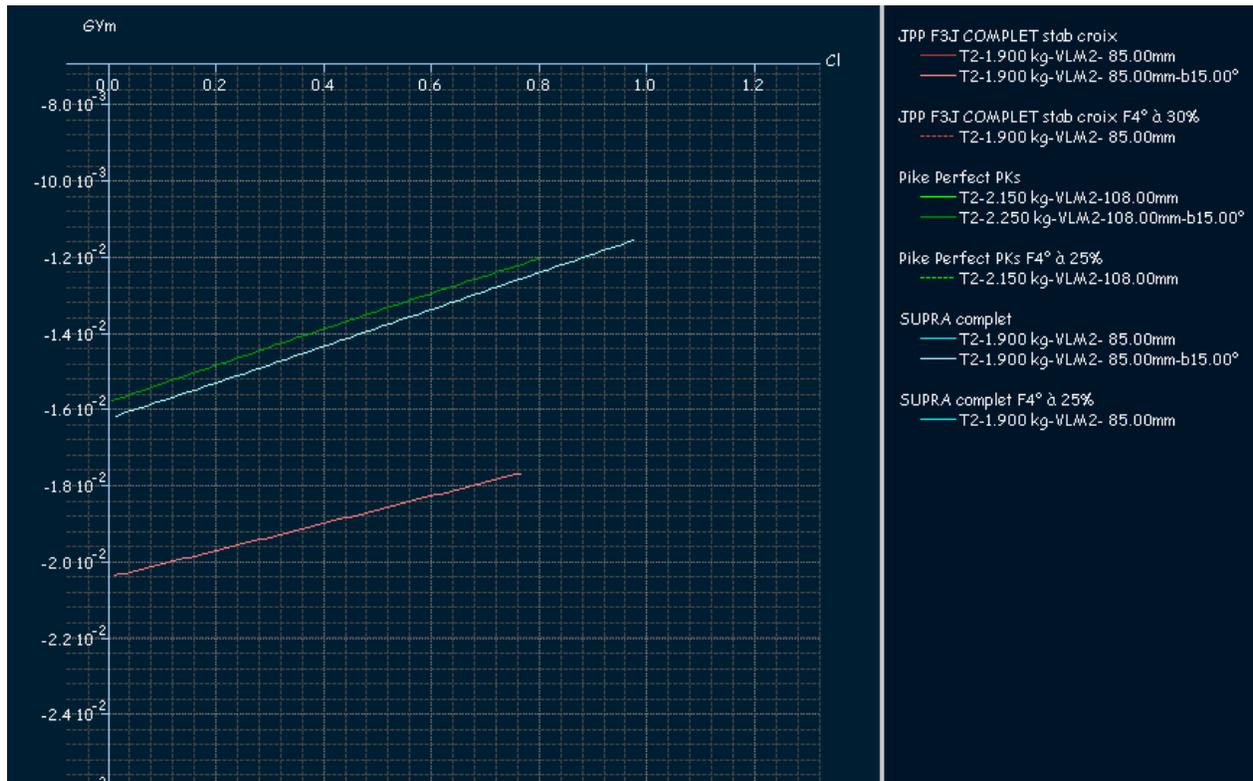
Plus la pente du coefficient de stabilité est forte, plus grande est la stabilité. Plus la valeur du couple est forte moins les ordres à la dérive seront grands.

Le GENOMA a une stabilité sur cet axe bien meilleur que celle du SUPRA ou du PIKE (+25%).



## Planeur F3J de dernière génération pour tous

Tout est fait pour avoir une machine facile à piloter aux réactions ne demandant que de faibles débattements, et des ordres brefs. Un planeur doit voler « tout seul ». Chaque ordre sur une gouverne est une perturbation qui introduit de la traînée, et détruit la belle performance du modèle.



*Le SUPRA, tout comme le PIKE, a une stabilité moins bonne sur l'axe de lacet. Seul le faible dièdre du PIKE lui permet d'avoir un couple sur cet axe plus fort. Mais c'est au détriment de la facilité à voler sans déraper. Comme quoi la compréhension des phénomènes à partir des courbes demande un certain doigté !*

### Stabilité en roulis

L'axe de roulis est l'axe d'inclinaison des ailes. C'est donc l'axe qui permet ensuite une mise en virage. On peut obtenir ce changement de direction soit par les ailerons, soit par la dérive, soit en conjuguant les deux.

Le dièdre permet une mise en virage plus aisée. En braquant la dérive, le modèle part « en crabe » et l'aile extérieure, si elle a du dièdre, s'appuie sur l'air. Elle se lève donc, faisant tourner le modèle.

Cette capacité à « rouler » est donnée par la valeur du couple de roulis ainsi que par le niveau du coefficient de stabilité en roulis. On voit alors sur les courbes que le faible dièdre du PIKE est «

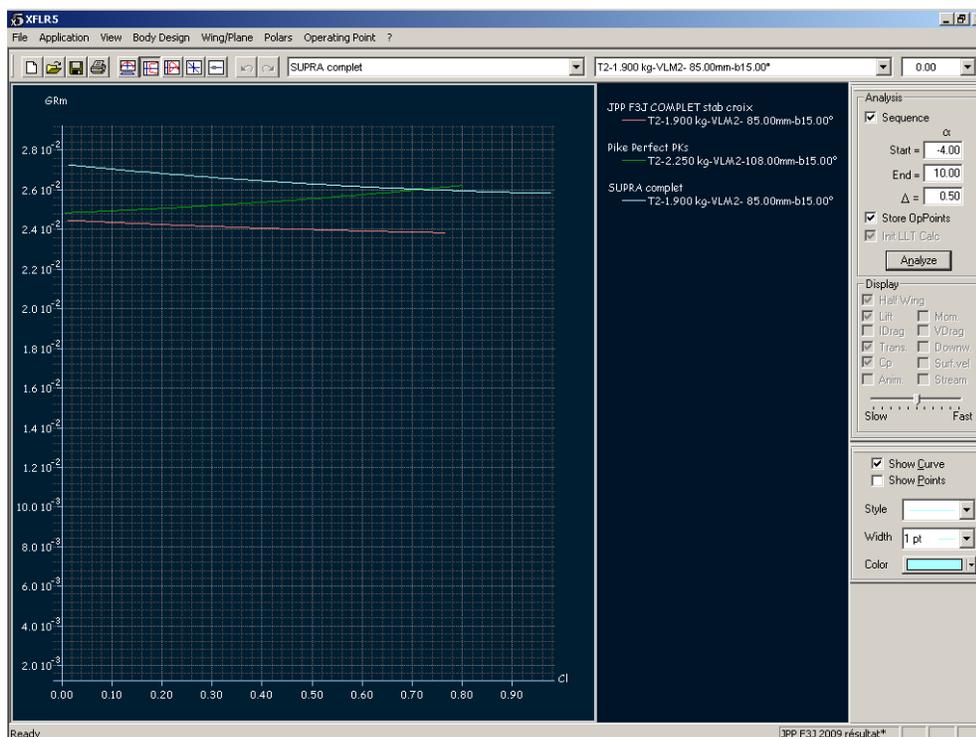


un vrai handicapé ». Le faible dièdre tend à rendre le virage légèrement instable. Une fois rentré en virage, le modèle va accentuer progressivement son inclinaison et avoir ainsi un virage plus prononcé. Le SUPRA, lui, possède un dièdre qui permet une mise en virage à la dérive plus aisée. Il est légèrement stable sur cet axe, ce qui veut dire que le modèle a naturellement tendance à revenir à plat et voler tout seul.

Double avantage donc du SUPRA sur le PIKE sur l'axe de roulis :

- Mise en virage plus facile.
- Stabilité sur l'axe de roulis.

Le GENOMA est conçu pour pouvoir aussi virer à la dérive avec de faibles ordres aux ailerons. Moins il y a d'ordre, moins il y a de traînée supplémentaire.



***Le PIKE a une stabilité en roulis divergente (lente accélération du virage) alors que le SUPRA et le GENOMA avec leur fort dièdre ont une stabilité positive (retour lent à plat). Tout cela étant confirmé en vol par les pilotes de ces machines.***

A ce stade, les grandes lignes du GENOMA F3J s'esquissent.

## Le modèle

Il utilise donc les stabilisateurs et dérives du SUPRA. Ils sont bien conçus, et sont disponibles sur le marché pour un poids réduit et une résistance idoine ! Quand c'est du bon, c'est du bon !



## Le GENOMA

### Planeur F3J de dernière génération pour tous

Nous avons vu que les profils de l'aile sont moins creux et légèrement moins épais pour gagner en traînée.

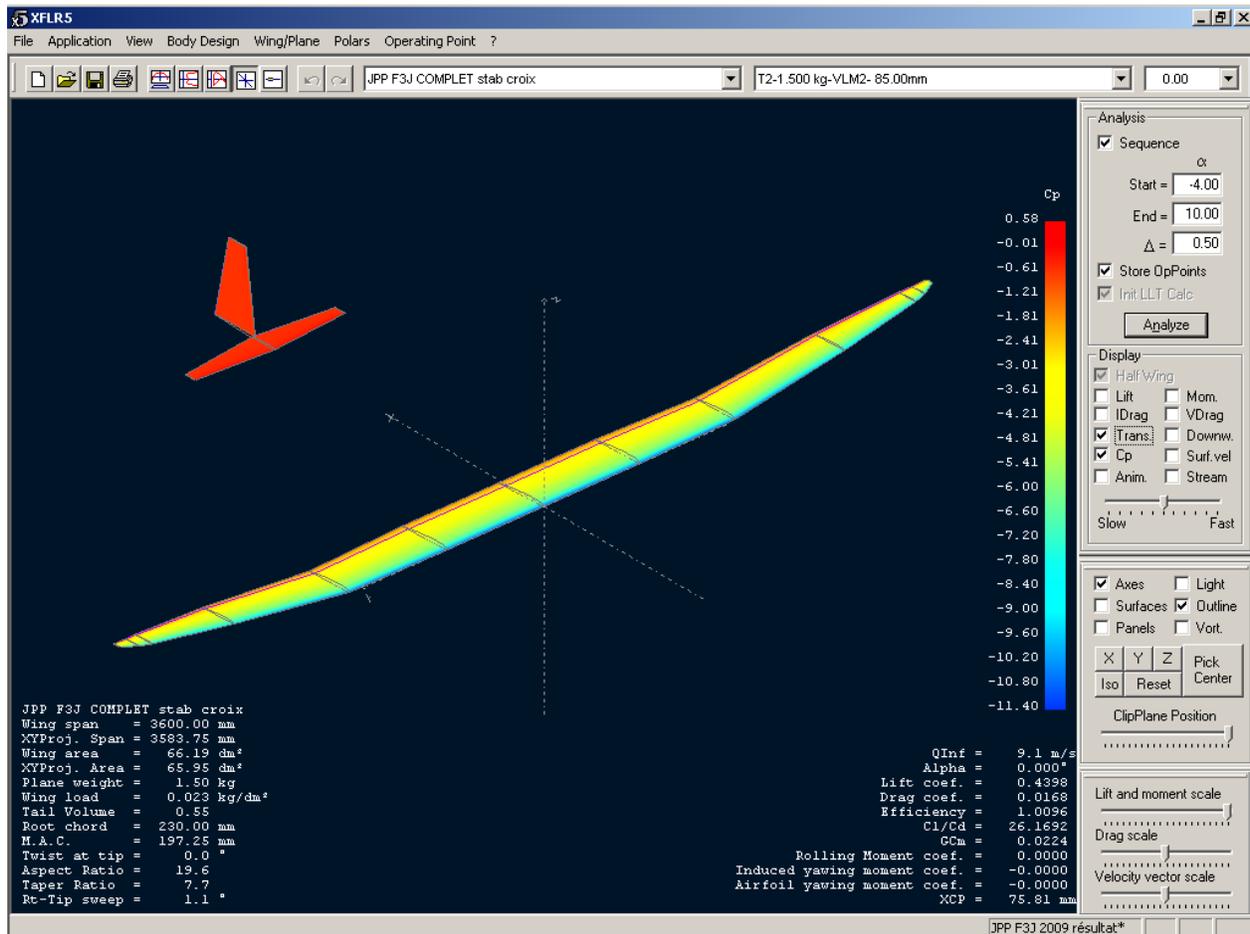
Le bras de levier arrière est le plus grand possible et est donc rallongé par rapport au SUPRA et PIKE du commerce.

Le dièdre est important (proche de celui du SUPRA).

Les gouvernes des ailes sont de grandes surfaces (30% au lieu de 25% pour les volets et ailerons).

L'allongement est augmenté afin de compenser la plus faible portance des profils par une meilleure efficacité de l'aile. Au final, la surface du GENOMA est proche de celle d'un SUPRA mais avec 20cm d'envergure en plus.

Modèle	Envergure (m)	Surface (dm <sup>2</sup> )	allongement	Volume stab	courbure profil (%)	épaisseur profil (%)	profondeur volet (%)
SUPRA	3.4	67.2	17.2	0.37	2.4	8 à 6.5	25
PIKE	3.54	74.9	16.7	0.45	2.39	8.3 à 7	25
GENOMA	3.6	66.2	19.7	0.55	1.7	7 à 5.5	30



### Les performances

Comparé au SUPRA et au PIKE, le GENOMA, ramené à la même charge ailaire, donne les résultats suivants.

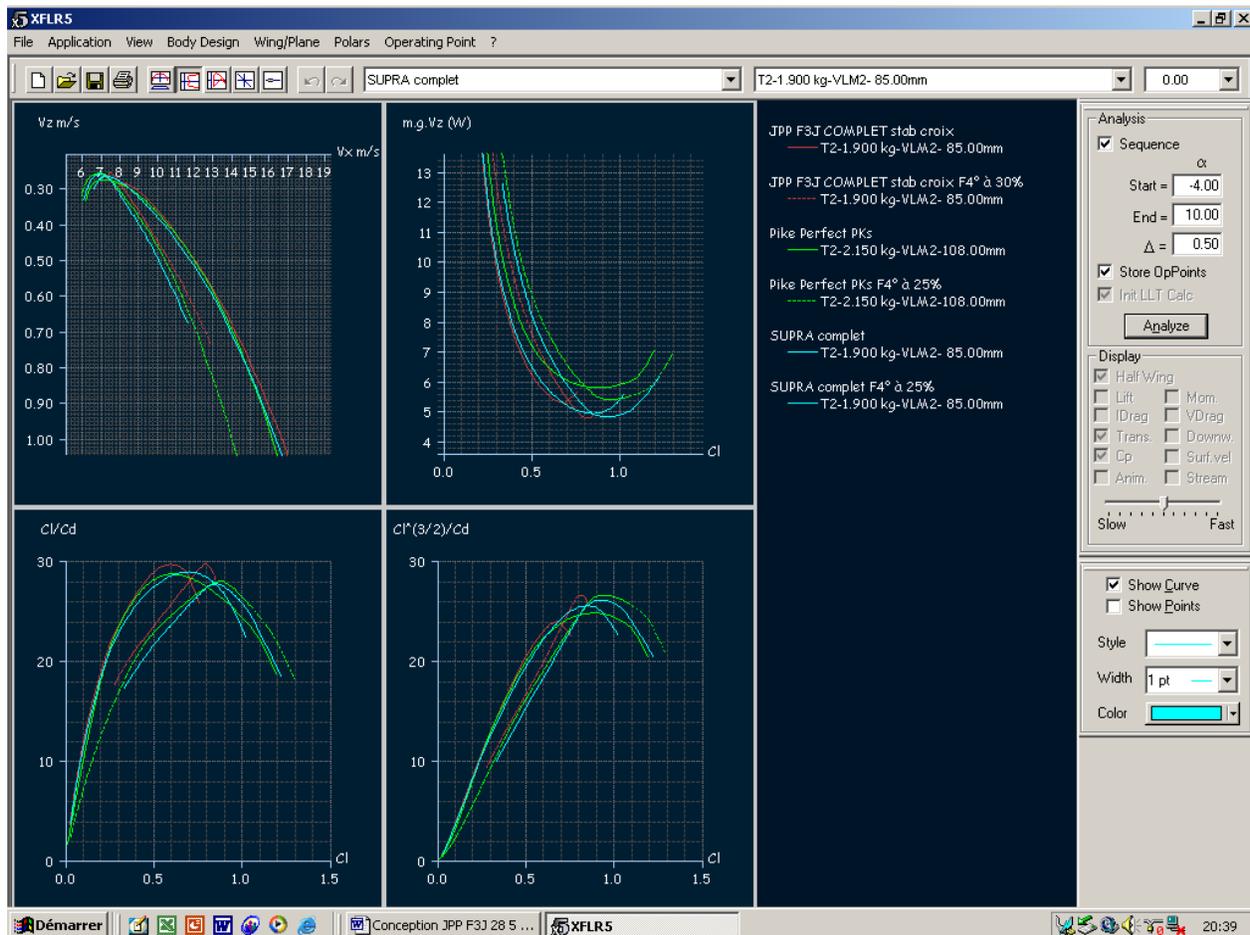
- Gain de 2m/s en vitesse pendant le Zoom.
- Gain de 2 points de finesse max.
- Bonne plage de finesse maximale volets rentrés bien que moins étendue que celle des 2 autres planeurs.
- Meilleure vitesse à iso vitesse de chute quelque soit la vitesse, avec un gain de 0.5 à 0.6 m/s autour de la finesse maximale.
- Vitesse de chute plus réduite de 1 à 2 cm/s sans volet. Le gain global par rapport au couple (gain sur zoom / Vz plus importante) reste en faveur du GENOMA et s'établit autour de 30 secondes en temps neutre. Mais ce critère n'est pas le plus important. L'expérience nous le rappelle à chaque compétition.
- Vitesse de chute du GENOMA équivalente à celle du SUPRA ou du PIKE avec volets. Le GENOMA sera par contre plus pointu volet sorti. Il faudra bien régler la machine pour pouvoir en bénéficier et surtout laisser la machine voler. Pas de sur-pilotage intempestif !



## Le GENOMA

### Planeur F3J de dernière génération pour tous

Les autres planeurs ont une plage d'incidence exploitable volets sortis plus large. Le grand bras de levier arrière est là pour stabiliser la machine et permettre le vol dans ces conditions plus difficiles.



*En haut à gauche : Polaire de vitesse. Le GENOMA permet d'aller plus vite de 2m/s dans le zoom que ses concurrents.*

*En haut à droite : La puissance nécessaire pour le vol horizontal. Avec son faible poids, le GENOMA fait presque jeu égal avec le SUPRA. Le PIKE est par contre plus lourd car avec plus de surface. Il demande donc plus de puissance. Cette courbe sert à comprendre ou va la puissance du treillage ou pour une motorisation électrique. Plus elle est faible et plus le modèle montera vite et pourra accélérer rapidement dans le zoom.*

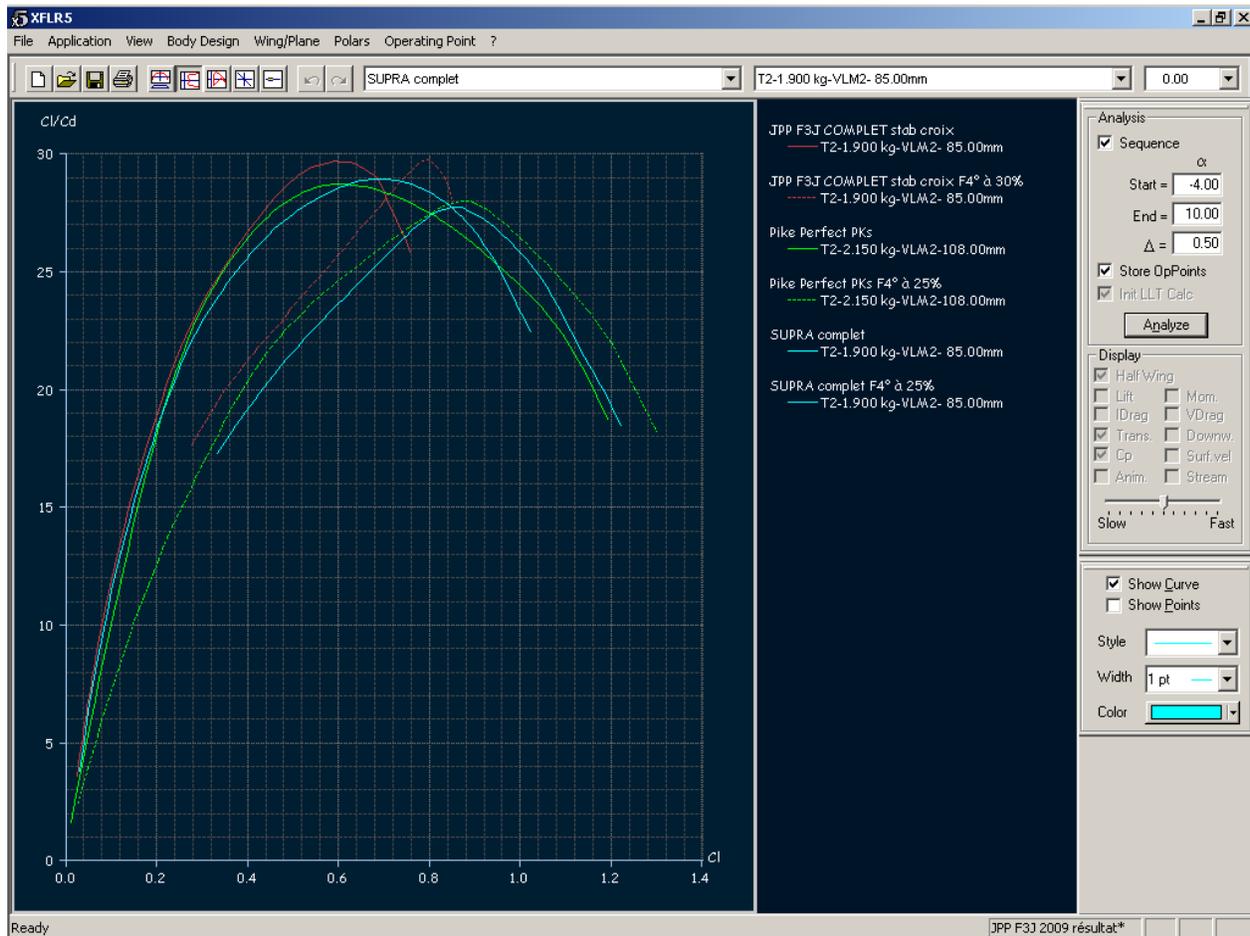
*En bas à gauche : Polaire de finesse. Le GENOMA fait mieux que le SUPRA ou le PIKE. L'allongement y fait beaucoup.*

*En bas à droite : Cette courbe est homogène à celle de la vitesse de chute mini. A ce jeu, le SUPRA supplante tous les autres. Le GENOMA tire toutefois bien son épingle du jeu face au PIKE avec des profils moins porteurs (courbe décalé à gauche, vers des Cz plus petit). Le GENOMA volera plus vite en spirale.*

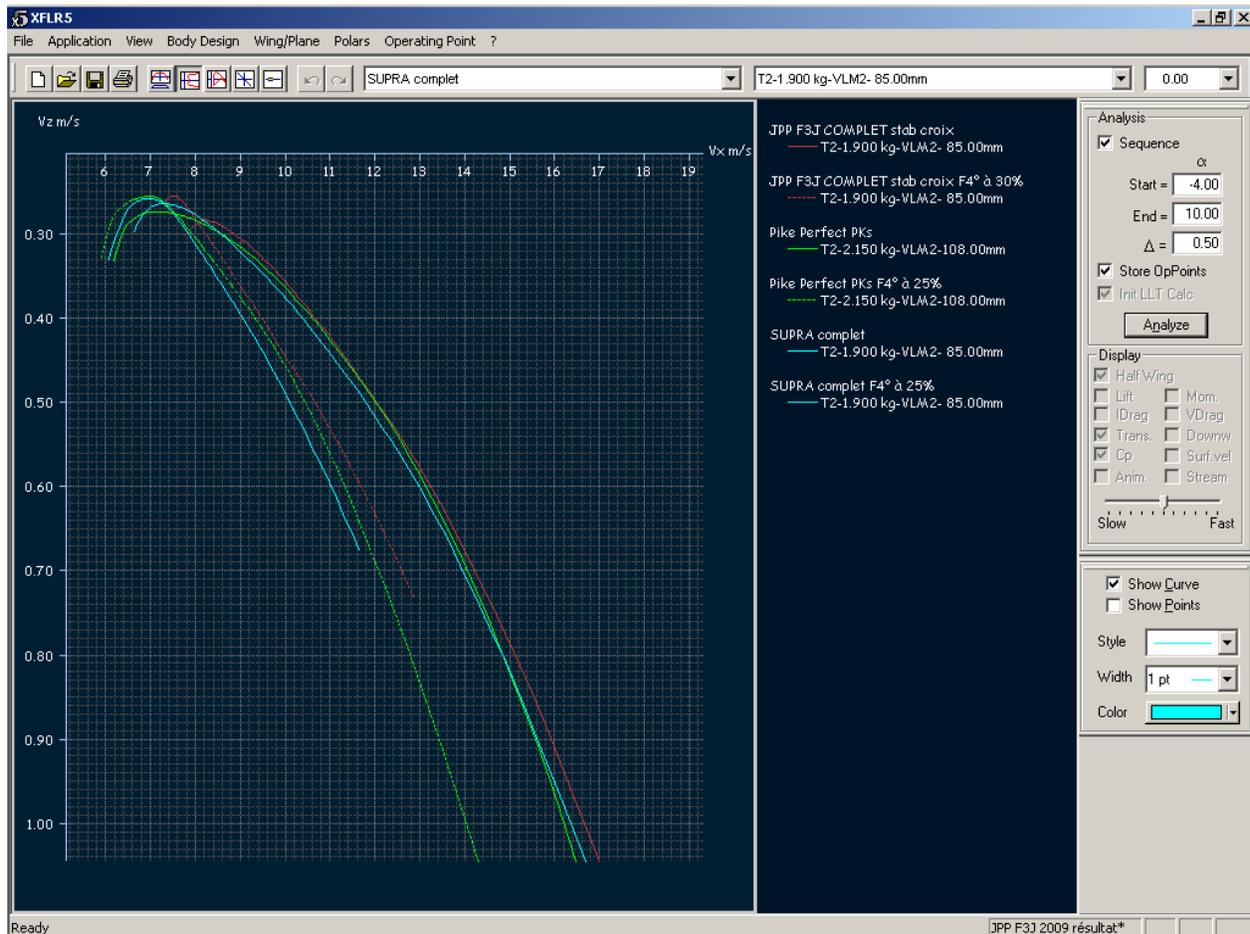


# Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous



*Meilleure finesse du GENOMA comparé aux autres planeurs. Cette finesse n'est pas trop au détriment de la vitesse de chute.*



*Polaire de vitesse avec ou sans volets pour les trois planeurs. Attention à l'interprétation de ces courbes. Cela correspond à un exercice stabilisateur bloqué. La réalité est un peu différente. On peut aussi regarder les courbes ailes seules qui montrent aussi le bon comportement du GENOMA par rapport aux autres.*

### Les profils

Ils sont issus au départ d'un mélange de courbure de MH32, de répartition d'épaisseur de MG06, le tout retravaillé au BA, au BF, dans les positions du maxi d'épaisseur et du maxi de courbure, des épaisseurs, plus quelques modifications de forme autres. Que reste t'il des origines ? pas grand chose à l'évidence.

Le premier profil dénommé JPP218 (JPP comme Jean Pierre PUJOL et 218 comme essai n° 218) est sorti en 1998 et était destiné au lancer main. Le Re critique était autour de 50 000. Des essais en 2002 ont incité à poursuivre les recherches sur cette base.

Les profils proposés représentent une évolution progressive de 4 ans de recherches et d'expérimentations.



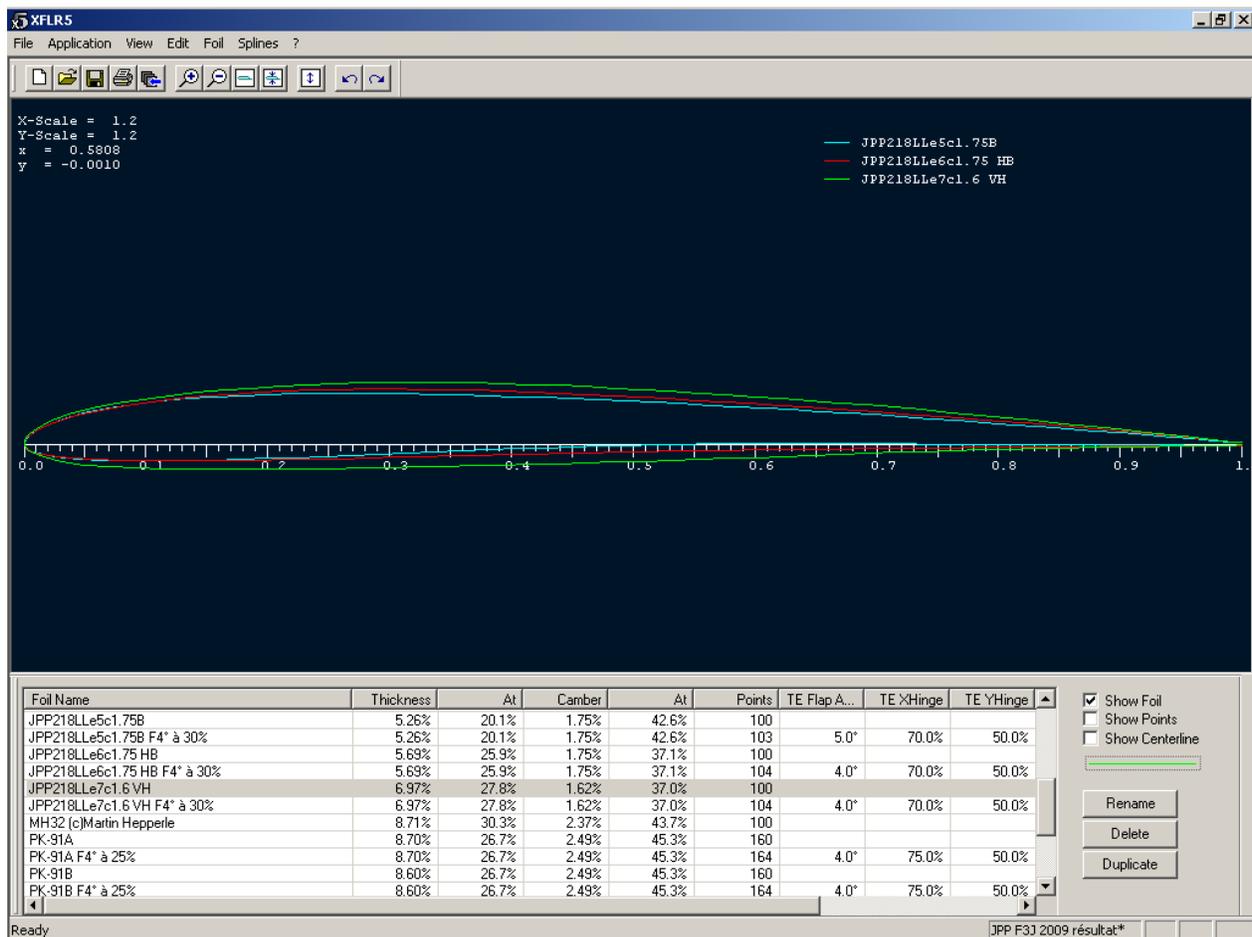
## Planeur F3J de dernière génération pour tous

Ces profils sont faits pour avoir des volets qui se baissent uniquement. Tout braquage en négatif n'apporte aucun gain en vitesse, bien au contraire. Ceci est fait pour privilégier l'aspect vitesse.

Les bords de fuite sont fins pour supporter les faibles  $Re$  et procurer une meilleure finesse.

Ces profils ne sont pas des profils de vitesse pure. Au delà de 250 km/h, ils commencent à « bourrer ». Pour aller au-delà, il faudrait épaissir le BF et revoir la position du maxi d'épaisseur. Mais le F3J n'est pas concerné par de telles vitesses. Ce n'est pas un profil de F5B ou de F3B.

Compte tenu de la faible épaisseur du bord de fuite de l'aile, la construction des gouvernes doit être soignée pour une bonne résistance en torsion. Mais rien d'insurmontable, bien au contraire.





### Les Coordonnées des profils de l'aile

JPP F3J e7c1.6 VH	0.27542	0.05080	0.26852	-0.01958
1.00005 0.00112	0.25955	0.05038	0.28465	-0.01922
0.99342 0.00187	0.24369	0.04984	0.30079	-0.01883
0.97954 0.00342	0.22786	0.04918	0.31694	-0.01842
0.96399 0.00515	0.21206	0.04838	0.33310	-0.01800
0.94800 0.00691	0.19630	0.04744	0.34927	-0.01757
0.93193 0.00867	0.18057	0.04635	0.36544	-0.01713
0.91585 0.01044	0.16490	0.04510	0.38161	-0.01668
0.89977 0.01220	0.14929	0.04367	0.39779	-0.01623
0.88369 0.01395	0.13376	0.04205	0.41397	-0.01577
0.86759 0.01570	0.11833	0.04022	0.43015	-0.01531
0.85151 0.01744	0.10304	0.03814	0.44632	-0.01485
0.83543 0.01917	0.08793	0.03580	0.46250	-0.01437
0.81937 0.02090	0.07306	0.03315	0.47868	-0.01390
0.80340 0.02259	0.05865	0.03016	0.49486	-0.01341
0.78744 0.02422	0.04497	0.02676	0.51104	-0.01293
0.77142 0.02581	0.03246	0.02293	0.52722	-0.01244
0.75540 0.02736	0.02186	0.01885	0.54341	-0.01195
0.73936 0.02888	0.01384	0.01490	0.55959	-0.01146
0.72333 0.03036	0.00845	0.01152	0.57578	-0.01097
0.70729 0.03181	0.00498	0.00870	0.59197	-0.01047
0.69125 0.03322	0.00270	0.00627	0.60815	-0.00999
0.67521 0.03460	0.00121	0.00412	0.62433	-0.00950
0.65917 0.03594	0.00034	0.00218	0.64051	-0.00902
0.64313 0.03724	0.00000	0.00038	0.65669	-0.00854
0.62710 0.03850	0.00026	-0.00132	0.67286	-0.00807
0.61107 0.03971	0.00122	-0.00302	0.68903	-0.00760
0.59504 0.04088	0.00297	-0.00464	0.70520	-0.00715
0.57901 0.04200	0.00557	-0.00630	0.72136	-0.00670
0.56298 0.04307	0.00926	-0.00816	0.73752	-0.00627
0.54696 0.04409	0.01483	-0.01026	0.75367	-0.00585
0.53094 0.04506	0.02340	-0.01265	0.76983	-0.00544
0.51492 0.04597	0.03490	-0.01498	0.78601	-0.00505
0.49891 0.04682	0.04816	-0.01688	0.80218	-0.00465
0.48290 0.04760	0.06257	-0.01832	0.81831	-0.00428
0.46690 0.04832	0.07756	-0.01933	0.83446	-0.00392
0.45090 0.04898	0.09293	-0.02003	0.85061	-0.00358
0.43491 0.04956	0.10856	-0.02050	0.86677	-0.00326
0.41892 0.05007	0.12432	-0.02079	0.88292	-0.00295
0.40294 0.05051	0.14019	-0.02096	0.89908	-0.00266
0.38696 0.05086	0.15613	-0.02102	0.91525	-0.00237
0.37100 0.05113	0.17210	-0.02098	0.93141	-0.00210
0.35504 0.05132	0.18812	-0.02088	0.94756	-0.00184
0.33909 0.05141	0.20417	-0.02071	0.96367	-0.00159
0.32315 0.05141	0.22023	-0.02049	0.97932	-0.00136
0.30723 0.05131	0.23631	-0.02023	0.99328	-0.00117
0.29132 0.05111	0.25241	-0.01992	0.99995	-0.00108



Planeur F3J de dernière génération pour tous

JPP F3J e6c1.75 H	0.28042	0.04532	0.27418	-0.01088	
1.00005	0.00110	0.26464	0.04504	0.29024	-0.01050
0.99382	0.00174	0.24887	0.04466	0.30630	-0.01011
0.98004	0.00314	0.23312	0.04417	0.32235	-0.00973
0.96465	0.00467	0.21737	0.04358	0.33839	-0.00936
0.94886	0.00620	0.20166	0.04287	0.35443	-0.00900
0.93292	0.00771	0.18605	0.04203	0.37046	-0.00864
0.91706	0.00918	0.17049	0.04103	0.38650	-0.00830
0.90117	0.01060	0.15497	0.03987	0.40253	-0.00797
0.88523	0.01202	0.13952	0.03853	0.41856	-0.00766
0.86924	0.01344	0.12416	0.03699	0.43459	-0.00735
0.85325	0.01487	0.10892	0.03523	0.45063	-0.00706
0.83726	0.01629	0.09385	0.03322	0.46666	-0.00678
0.82128	0.01770	0.07902	0.03092	0.48270	-0.00651
0.80530	0.01911	0.06452	0.02829	0.49874	-0.00625
0.78933	0.02050	0.05051	0.02526	0.51478	-0.00601
0.77336	0.02187	0.03728	0.02180	0.53082	-0.00577
0.75740	0.02323	0.02549	0.01800	0.54686	-0.00554
0.74145	0.02456	0.01601	0.01416	0.56290	-0.00533
0.72549	0.02587	0.00961	0.01081	0.57895	-0.00512
0.70955	0.02716	0.00557	0.00809	0.59500	-0.00492
0.69361	0.02842	0.00297	0.00581	0.61105	-0.00473
0.67767	0.02965	0.00131	0.00379	0.62710	-0.00454
0.66173	0.03086	0.00036	0.00193	0.64315	-0.00436
0.64580	0.03202	0.00001	0.00016	0.65921	-0.00418
0.62987	0.03316	0.00026	-0.00154	0.67527	-0.00401
0.61394	0.03425	0.00116	-0.00317	0.69133	-0.00384
0.59801	0.03531	0.00289	-0.00457	0.70739	-0.00367
0.58208	0.03633	0.00557	-0.00584	0.72345	-0.00351
0.56616	0.03731	0.00953	-0.00715	0.73951	-0.00335
0.55024	0.03825	0.01581	-0.00863	0.75557	-0.00320
0.53432	0.03914	0.02551	-0.01019	0.77163	-0.00305
0.51840	0.03999	0.03834	-0.01151	0.78770	-0.00290
0.50250	0.04079	0.05274	-0.01245	0.80376	-0.00275
0.48659	0.04153	0.06780	-0.01307	0.81982	-0.00261
0.47069	0.04222	0.08321	-0.01343	0.83588	-0.00246
0.45479	0.04286	0.09881	-0.01361	0.85195	-0.00233
0.43890	0.04344	0.11453	-0.01365	0.86801	-0.00219
0.42302	0.04395	0.13033	-0.01359	0.88408	-0.00205
0.40714	0.04440	0.14620	-0.01344	0.90014	-0.00192
0.39127	0.04479	0.16212	-0.01323	0.91621	-0.00179
0.37540	0.04510	0.17807	-0.01297	0.93226	-0.00166
0.35955	0.04534	0.19405	-0.01267	0.94830	-0.00153
0.34370	0.04550	0.21004	-0.01235	0.96427	-0.00140
0.32786	0.04559	0.22606	-0.01200	0.97983	-0.00127
0.31204	0.04558	0.24209	-0.01164	0.99369	-0.00115
0.29622	0.04550	0.25813	-0.01127	0.99995	-0.00110



Planeur F3J de dernière génération pour tous

JPP F3J e5c1.75		0.17362	0.04010	0.50310	-0.00218
1.00004	0.00110	0.15811	0.03916	0.51899	-0.00184
0.99362	0.00162	0.14267	0.03805	0.53488	-0.00153
0.97960	0.00277	0.12731	0.03675	0.55076	-0.00123
0.96412	0.00403	0.11208	0.03524	0.56665	-0.00097
0.94829	0.00531	0.09697	0.03347	0.58254	-0.00072
0.93242	0.00658	0.08209	0.03142	0.59843	-0.00050
0.91655	0.00785	0.06759	0.02901	0.61433	-0.00030
0.90067	0.00911	0.05344	0.02615	0.63022	-0.00012
0.88479	0.01036	0.04004	0.02281	0.64611	0.00004
0.86891	0.01160	0.02784	0.01902	0.66201	0.00018
0.85304	0.01283	0.01722	0.01481	0.67791	0.00029
0.83717	0.01405	0.01006	0.01113	0.69380	0.00038
0.82130	0.01526	0.00571	0.00815	0.70970	0.00046
0.80543	0.01645	0.00297	0.00563	0.72560	0.00051
0.78957	0.01762	0.00125	0.00354	0.74150	0.00054
0.77374	0.01878	0.00031	0.00169	0.75741	0.00056
0.75789	0.01994	0.00002	-0.00006	0.77331	0.00055
0.74201	0.02111	0.00040	-0.00172	0.78921	0.00053
0.72611	0.02228	0.00154	-0.00333	0.80512	0.00049
0.71023	0.02345	0.00358	-0.00479	0.82102	0.00044
0.69435	0.02461	0.00681	-0.00623	0.83693	0.00036
0.67848	0.02575	0.01182	-0.00787	0.85284	0.00027
0.66261	0.02688	0.01993	-0.00964	0.86875	0.00016
0.64674	0.02799	0.03176	-0.01125	0.88466	0.00004
0.63088	0.02907	0.04565	-0.01247	0.90057	-0.00010
0.61503	0.03014	0.06029	-0.01324	0.91648	-0.00026
0.59918	0.03118	0.07543	-0.01368	0.93239	-0.00042
0.58333	0.03220	0.09084	-0.01386	0.94830	-0.00060
0.56749	0.03318	0.10638	-0.01386	0.96420	-0.00079
0.55165	0.03413	0.12204	-0.01372	0.97973	-0.00098
0.53581	0.03505	0.13776	-0.01348	0.99356	-0.00110
0.51998	0.03594	0.15353	-0.01316	0.99996	-0.00110
0.50415	0.03678	0.16932	-0.01278		
0.48833	0.03758	0.18514	-0.01233		
0.47251	0.03834	0.20099	-0.01185		
0.45669	0.03906	0.21685	-0.01133		
0.44088	0.03972	0.23274	-0.01078		
0.42508	0.04034	0.24865	-0.01022		
0.40928	0.04089	0.26457	-0.00965		
0.39348	0.04140	0.28050	-0.00907		
0.37770	0.04184	0.29643	-0.00849		
0.36191	0.04221	0.31235	-0.00791		
0.34614	0.04252	0.32827	-0.00734		
0.33038	0.04276	0.34418	-0.00678		
0.31462	0.04293	0.36008	-0.00624		
0.29888	0.04301	0.37598	-0.00571		
0.28315	0.04301	0.39188	-0.00520		
0.26743	0.04292	0.40777	-0.00470		
0.25173	0.04273	0.42366	-0.00423		
0.23605	0.04244	0.43955	-0.00377		
0.22040	0.04204	0.45544	-0.00334		
0.20477	0.04152	0.47133	-0.00293		
0.18917	0.04088	0.48722	-0.00255		



### Les coordonnées des profils du stabilisateur et de la dérive

HT 14	0.153259 0.037067	0.153257 -0.037031
1.000020 0.000944	0.136364 0.036575	0.170651 -0.037316
0.993315 0.001264	0.120089 0.035878	0.188376 -0.037435
0.981240 0.001846	0.104698 0.034948	0.206394 -0.037385
0.966654 0.002556	0.090415 0.033812	0.224603 -0.037210
0.949982 0.003374	0.077497 0.032466	0.242988 -0.036898
0.931974 0.004265	0.066047 0.030960	0.261513 -0.036491
0.913271 0.005201	0.056079 0.029306	0.280138 -0.035976
0.894255 0.006164	0.047459 0.027565	0.298896 -0.035385
0.875100 0.007133	0.040058 0.025796	0.317704 -0.034718
0.855883 0.008114	0.033710 0.024024	0.336630 -0.033982
0.836637 0.009091	0.028250 0.022272	0.355601 -0.033201
0.817377 0.010074	0.023533 0.020535	0.374643 -0.032360
0.798110 0.011053	0.019432 0.018819	0.393764 -0.031490
0.778841 0.012037	0.015851 0.017123	0.412904 -0.030583
0.759569 0.013013	0.012716 0.015430	0.432127 -0.029647
0.740298 0.013998	0.009966 0.013734	0.451354 -0.028703
0.721027 0.014973	0.007554 0.012034	0.470588 -0.027733
0.701756 0.015956	0.005457 0.010315	0.489848 -0.026761
0.682485 0.016934	0.003658 0.008565	0.509097 -0.025782
0.663216 0.017914	0.002159 0.006772	0.528355 -0.024792
0.643944 0.018900	0.001018 0.004906	0.547616 -0.023811
0.624676 0.019879	0.000321 0.002958	0.566878 -0.022820
0.605410 0.020869	0.000032 0.000990	0.586141 -0.021833
0.586142 0.021853	0.000032 -0.000948	0.605408 -0.020850
0.566880 0.022840	0.000320 -0.002915	0.624675 -0.019861
0.547618 0.023832	0.001018 -0.004863	0.643943 -0.018883
0.528356 0.024814	0.002159 -0.006730	0.663214 -0.017898
0.509099 0.025804	0.003658 -0.008522	0.682483 -0.016918
0.489849 0.026784	0.005456 -0.010273	0.701755 -0.015941
0.470589 0.027757	0.007554 -0.011992	0.721026 -0.014959
0.451356 0.028728	0.009965 -0.013692	0.740298 -0.013984
0.432128 0.029673	0.012715 -0.015387	0.759569 -0.013001
0.412905 0.030610	0.015850 -0.017081	0.778840 -0.012025
0.393765 0.031517	0.019432 -0.018778	0.798109 -0.011042
0.374644 0.032388	0.023533 -0.020493	0.817376 -0.010064
0.355602 0.033230	0.028250 -0.022230	0.836636 -0.009082
0.336631 0.034011	0.033710 -0.023983	0.855883 -0.008105
0.317705 0.034748	0.040058 -0.025755	0.875099 -0.007125
0.298897 0.035416	0.047458 -0.027524	0.894254 -0.006157
0.280139 0.036008	0.056078 -0.029265	0.913271 -0.005195
0.261515 0.036523	0.066046 -0.030920	0.931974 -0.004259
0.242989 0.036931	0.077496 -0.032426	0.949982 -0.003369
0.224604 0.037243	0.090413 -0.033773	0.966655 -0.002551
0.206395 0.037420	0.104696 -0.034910	0.981241 -0.001842
0.188377 0.037470	0.120088 -0.035840	0.993315 -0.001260
0.170653 0.037352	0.136362 -0.036538	1.000020 -0.000941



Planeur F3J de dernière génération pour tous

HT 12	0.234968 0.024564	0.267793 -0.023789
1.000020 0.001191	0.218625 0.024838	0.284271 -0.023332
0.993423 0.001393	0.202334 0.025024	0.300784 -0.022837
0.980225 0.001798	0.186098 0.025114	0.317329 -0.022312
0.964551 0.002278	0.169920 0.025090	0.333900 -0.021767
0.948134 0.002780	0.153812 0.024939	0.350490 -0.021207
0.931565 0.003286	0.137786 0.024646	0.367093 -0.020637
0.914968 0.003793	0.121867 0.024191	0.383704 -0.020062
0.898366 0.004299	0.106094 0.023553	0.400310 -0.019486
0.881764 0.004806	0.090528 0.022704	0.416911 -0.018912
0.865159 0.005312	0.075278 0.021606	0.433508 -0.018338
0.848556 0.005816	0.060558 0.020225	0.450101 -0.017769
0.831953 0.006320	0.046776 0.018534	0.466694 -0.017203
0.815348 0.006824	0.034610 0.016575	0.483286 -0.016642
0.798744 0.007327	0.024801 0.014519	0.499882 -0.016167
0.782140 0.007829	0.017492 0.012547	0.516478 -0.015688
0.765535 0.008330	0.012184 0.010726	0.533078 -0.015209
0.748931 0.008830	0.008276 0.009024	0.549679 -0.014726
0.732326 0.009329	0.005349 0.007390	0.566283 -0.014242
0.715722 0.009828	0.003156 0.005769	0.582887 -0.013756
0.699117 0.010325	0.001571 0.004128	0.599490 -0.013269
0.682513 0.010821	0.000546 0.002462	0.616094 -0.012780
0.665908 0.011314	0.000057 0.000808	0.632699 -0.012289
0.649303 0.011808	0.000001 0.000014	0.649303 -0.011797
0.632699 0.012301	0.000057 -0.000780	0.665908 -0.011304
0.616095 0.012792	0.000546 -0.002434	0.682513 -0.010811
0.599490 0.013281	0.001571 -0.004100	0.699117 -0.010315
0.582887 0.013769	0.003156 -0.005741	0.715722 -0.009818
0.566283 0.014255	0.005349 -0.007362	0.732326 -0.009320
0.549680 0.014740	0.008276 -0.008997	0.748931 -0.008822
0.533078 0.015223	0.012184 -0.010699	0.765535 -0.008322
0.516479 0.015703	0.017492 -0.012519	0.782140 -0.007821
0.499882 0.016182	0.024801 -0.014492	0.798744 -0.007319
0.483286 0.016658	0.034609 -0.016548	0.815347 -0.006818
0.466694 0.017218	0.046775 -0.018507	0.831952 -0.006314
0.450102 0.017785	0.060557 -0.020199	0.848556 -0.005810
0.433508 0.018355	0.075276 -0.021580	0.865159 -0.005306
0.416912 0.018929	0.090527 -0.022678	0.881763 -0.004801
0.400311 0.019504	0.106093 -0.023528	0.898366 -0.004295
0.383704 0.020080	0.121866 -0.024167	0.914968 -0.003789
0.367094 0.020655	0.137786 -0.024622	0.931565 -0.003283
0.350490 0.021226	0.153811 -0.024915	0.948134 -0.002777
0.333900 0.021786	0.169919 -0.025066	0.964551 -0.002275
0.317329 0.022332	0.186097 -0.025091	0.980225 -0.001796
0.300785 0.022857	0.202333 -0.025002	0.993423 -0.001391
0.284271 0.023352	0.218625 -0.024816	1.000020 -0.001189
0.267794 0.023810	0.234968 -0.024542	
0.251359 0.024218	0.251358 -0.024196	



### La géométrie de l'aile

Wing Data

Wing Name: PP F3J COMPLET stab croix\_Wing

Symetric     Right Wing     Left Wing

Developed Wing Span: 3600.00 mm    Mean Aero. Chord: 197.25 mm

Projected Wing Span: 3583.75 mm    M.A.C. Span Pos: 770.06 mm

Developed area: 66.19 dm<sup>2</sup>    Mean Geom. Chord: 183.85 mm

Projected area: 65.95 dm<sup>2</sup>    Aspect Ratio: 19.58

Volume: 2.90e+007 mm<sup>3</sup>    Taper Ratio: 7.67

Number of Flaps: 00    Root to Tip Sweep: 1.11 °

Total VLM Panels: 580 (Max is 1000)    Total 3D Panels = 1180 (Max is 2000)

	Pos. (mm)	Chord (mm)	Offset (mm)	Dihedral (°)	Twist (°)	FoilName	X-Panels	X-Dist	Y-Panels	Y-Dist
0	0.000	230.000	0.000	0.00	0.00	JPP218LLe7c1.6 VH	10	Cosine	5	Sine
1	425.000	230.000	0.000	0.00	0.00	JPP218LLe7c1.6 VH	10	Cosine	5	Cosine
2	850.000	205.000	7.000	7.50	0.00	JPP218LLe7c1.6 VH	10	Cosine	8	Cosine
3	1 350.000	160.000	20.000	7.50	0.00	JPP218LLe6c1.75 HB	10	Cosine	5	Cosine
4	1 690.000	90.000	45.000	7.50	0.00	JPP218LLe5c1.75B	10	Cosine	3	Cosine
5	1 740.000	70.000	55.000	7.50	0.00	JPP218LLe5c1.75B	10	Cosine	3	Cosine
6	1 800.000	30.000	85.000		0.00	JPP218LLe5c1.75B				

*Une aile à fort allongement qui privilégie la maniabilité (panneau extérieur important).*

### Géométrie du stabilisateur



Planeur F3J de dernière génération pour tous

Wing Data

Wing Name: JPP F3J COMPLET stab croix\_Elev

Symetric     Right Wing     Left Wing

Developed Wing Span: 660.00 mm    Mean Aero. Chord: 86.51 mm

Projected Wing Span: 660.00 mm    M.A.C. Span Pos: 144.00 mm

Developed area: 5.45 dm<sup>2</sup>    Mean Geom. Chord: 82.50 mm

Projected area: 5.45 dm<sup>2</sup>    Aspect Ratio: 8.00

Volume: 2.22e+006 mm<sup>3</sup>    Taper Ratio: 2.24

Number of Flaps: 00    Root to Tip Sweep: 1.61 °

Total VLM Panels: 260 (Max is 1000)    Total 3D Panels = 540 (Max is 2000)

	Pos. (mm)	Chord (mm)	Offset (mm)	Dihedral (°)	Twist (°)	FoilName	X-Panels	X-Dist	Y-Panels	Y-Dist
0	0.000	114.000	0.000	0.00	0.00	HT 14	10	Cosine	13	Cosine
1	330.000	51.000	25.000		0.00	HT 12				

HT 14    m.a.c.    HT 12

OK    Cancel

*C'est le stabilisateur du SUPRA*

Géométrie de la dérive



Planeur F3J de dernière génération pour tous

Wing Data

Wing Name: JPP F3J COMPLET stab croix\_Fin

Symetric     Right Wing  
 Left Wing

Developed Wing Span: 660.00 mm    Mean Aero. Chord: 153.42 mm  
Projected Wing Span: 660.00 mm    M.A.C. Span Pos: 143.53 mm  
Developed area: 4.82 dm<sup>2</sup>    Mean Geom. Chord: 146.00 mm  
Projected area: 4.82 dm<sup>2</sup>    Aspect Ratio: 4.52  
Volume: 2.09e+006 mm<sup>3</sup>    Taper Ratio: 2.28  
Number of Flaps: 00    Root to Tip Sweep: 2.86 °

Total VLM Panels: 100 (Max is 1000)    Total 3D Panels = 220 (Max is 2000)

	Pos. (mm)	Chord (mm)	Offset (mm)	Dihedral (°)	Twist (°)	FoilName	X-Panels	X-Dist	Y-Panels	Y-Dist
0	0.000	203.000	0.000	0.00	0.00	HT 14	10	Cosine	5	Cosine
1	165.000	146.000	22.500	0.00	0.00	HT 14	10	Cosine	5	Uniform
2	330.000	89.000	45.000		0.00	HT 12				

*C'est la même géométrie que celle du SUPRA avec un profil en pieds de dérive plus épais pour pouvoir y loger des servos (HT14 au lieu du HT13).*

### Le fuselage

Faut-il mettre l'aile au-dessus du fuselage sur un pylône ? Faut-il la mettre directement posée dessus ? Avec un Karman ? Autant de questions qu'il faut se poser. Et puis il y a le bras de levier avant.

### Positionnement de l'aile par rapport au fuselage

Il revient régulièrement sur le devant de la scène des ailes posées sur une cabane au-dessus du fuselage. L'objectif est de dégager l'aile de toute interaction. Gain réel ou virtuel ? XFLR5 ne permet pas de le dire même avec la version 3D. Le « meilleur » qui décompose les surfaces en petits « carrés » n'est pas assez performant. Ce qui est certain, c'est que le pylône introduit une surface verticale, qui, comme le dièdre, diminue la stabilité sur l'axe de lacet.

Les masses positionnées sous l'aile descendent le centre de gravité par rapport au centre d'application des forces sur l'aile, ce qui diminue l'efficacité de mise en virage.



## Le GENOMA

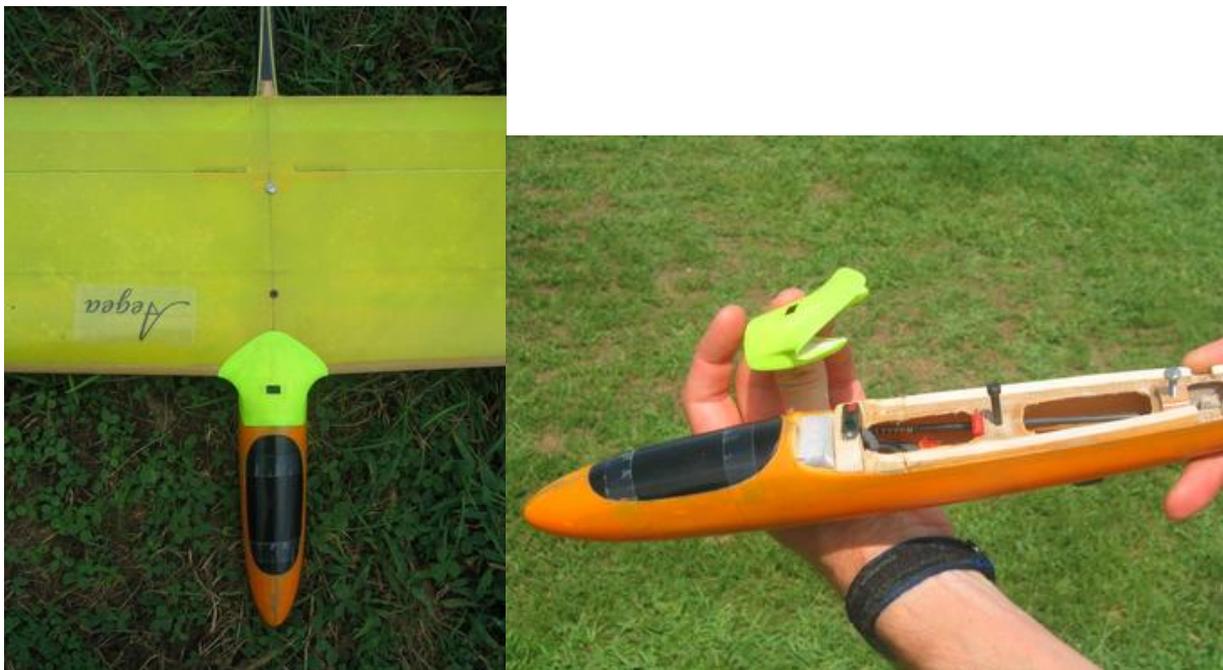
### Planeur F3J de dernière génération pour tous

Enfin, un pylône doit être très fin pour ne pas introduire de traînée frontale et il faut y prévoir le passage de fil et de la connectique des servos d'ailes.

Donc, si cabane il y a, il faut qu'elle soit petite en hauteur, fine en épaisseur et courte en profondeur. Et avec cela, il faut faire solide et léger...

De ce point de vue, le PIKE a retenu une solution plus classique, avec un fuselage le plus fin possible intégrant un mini-karman.

M. Drela a réalisé aussi dans le passé un petit planeur nommé « Aegea » qui possède une aile posée sur le fuselage, et munie d'une pièce moulée servant de Karman entre les deux.



*Exemple de raccord aile fuselage fait pour diminuer les interactions entre ces deux éléments. Ce petit capotage est léger et ne demande qu'un peu d'expertise en moulage.*

La solution est intéressante et facile à mettre en œuvre.

Simple is beautiful isn't it?

Pour le bras de levier avant, il faut positionner les différents éléments dans l'espace et faire un petit calcul de barycentre.

Pour une version planeur, un bras de levier avant de l'ordre de 600 mm (distance entre la pointe avant et le centre de gravité) doit permettre d'assurer un centrage sans plomb et un équilibre parfait en version moto-planeur.



### **Longueur du fuselage**

Le bras de levier arrière a déjà fait l'objet de discussions dans un précédent paragraphe.

Par rapport à ses congénères, le GENOMA F3J avec son grand bras de levier arrière, est beaucoup plus long.

J'aime en général les modèles dont le fuselage est au moins aussi grand que la demi-envergure. Ici, ce n'est pas un planeur « carré » (le fuselage n'aurait été que de 1.8m de long), mais plutôt un lancer main XXL au fuselage « court ».

Le bras de levier arrière est de 1350 entre le BA de l'aile et celui du stabilisateur, et 1450 pour aller jusqu'au BA de la dérive.

Avec le bras de levier avant de près de 600mm, cela fait donc un fuselage de 2.2m de long du bout du nez au bout de la dérive (un ratio de 1.22 par rapport à la 1/2 envergure alors qu'un lancer main aurait un ratio supérieur à 1.5)...

**Plane Editor**

Plane Name: JPP F3J COMPLET stab croix

Description:

Body:  Body Edit... x= 0.00 mm z= 0.00 mm

Main Wing: Define x= 0.00 mm Import z= 0.00 mm Export Tilt Angle= 3.0 °

Wing 2:  Biplane Define x= 0.00 mm Import z= 0.00 mm Export Tilt Angle= 0.00 °

Elevator:  Elevator Define x= 1350.00 mm z= 0.00 mm Tilt Angle= 0.8 °

Fin:  Fin Define x= 1450.00 mm  Symetric Fin y= 0.00 mm  Double Fin z= 0.00 mm Tilt Angle= 0.0 °

Wing Area =	66.19 dm2	Fin Area =	4.82 dm2
Wing Span =	3600.00 mm	Plane Volume =	7.00 3.37e+07
Elev. Area =	5.45 dm2	TailVolume =	0.55
Elev. Lever Arm =	1321.00 mm	Total Panels =	1940

**Définition des différents bras de leviers arrière du fuselage.**



### **Retour sur le comportement dynamique en « lacet » des modèles**

XFLR5, dans sa version 6 intègre maintenant un module d'analyse des modes propres en lacet ou tangage. Le mode propre du « Deutsch roll » et sa représentation graphique ou 3D sont assez proche du comportement réel du modèle soumis à une rafale latérale.

Deux paramètres sont intéressants pour caractériser l'aspect dynamique du « Deutsch Roll » :

- La fréquence d'oscillation sur cet axe. Cette fréquence est la principale conséquence des efforts stabilisants de la dérive. Surface et bras de levier arrière sont donc les principaux contributeurs. La masse est un contributeur de second ordre. Pas étonnant alors que les forts « volumes de dérive » génèrent des fréquences plus élevées (oscillations plus rapides).

Tous les modèles ont une fréquence d'oscillation assez proche (0.4Hz pour le Pike ou le Supra du commerce et 0.57Hz pour le Génoma soit une augmentation de 43%).

Vous remarquez ainsi que le Génoma avec son volume de dérive plus grand, a un meilleur comportement en lacet (il est proche du SUPRA originel).

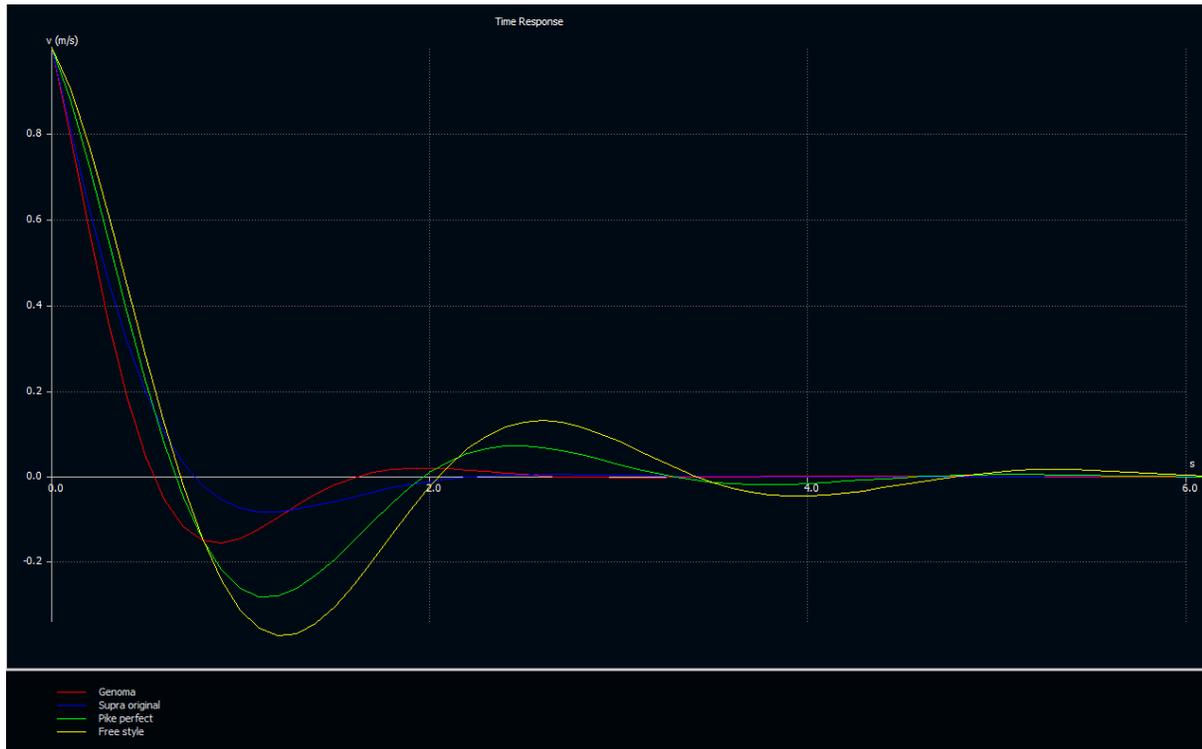
- Le temps mis pour revenir au neutre ou encore le nombre de périodes d'oscillations mis pour revenir en vol stabilisé. Là, ce sont les inerties qui interviennent principalement. Plus les ailes sont lourdes et plus le temps pour revenir à un vol stabilisé est grand.

Les inerties de la queue interviennent aussi, mais les masses en jeux font qu'elles interviennent dans un second ordre.

Le Pike est le plus mauvais des trois planeurs ; Il faut près de 5 secondes (2.5 périodes) pour revenir (d'après XFLR5 pour une amplitude maximale de la perturbation).

Le Supra, dans sa version originale de 1.4 Kg met 2.5 secondes soit 1.25 périodes. Dans sa version du commerce standard, il faut compter 4 secondes (2 périodes).

Le Génoma, quant à lui, dans sa version moto planeur, mettra 2.5 secondes (1.25 périodes) pour revenir à l'équilibre. Si la fréquence est plus courte pour le GENOMA que pour le SUPRA, son amortissement est légèrement moins bon. En final, le Genoma fait jeu égale avec le Supra. Nous sommes donc en présence d'un planeur hyper raide sur l'axe de lacet.



*Réponse temporelle pour une forte incidence de différents modèles. La conception de M. Drelea originelle semble particulièrement bien conçue.*

### **Dynamique sur l'axe de lacet : Qu'est ce qui est acceptable, qu'est ce qui ne l'est pas ?**

Le comportement du Pike est, à mon sens, la limite supérieure à ne pas dépasser. Le planeur est alors « lourd » sur l'axe de lacet. Le pilotage devra être doux et soigné.

Le comportement du Supra, dans sa version originelle est sûrement un très bon compromis. Un optimum ? Je suis pas loin de le penser.

Dans sa version commercialisée, la dégradation, due aux ailes et empennages plus lourds, est importante, mais le résultat est quand même meilleur que pour le Pike. Le planeur est plus vif. Je caractériserai ce comportement comme acceptable.

Le Génoma, dans sa version actuelle, peut être donné par certains comme trop raide. C'est dû à la très faible inertie des ailes et empennages. On pourrait raccourcir un peu le bras de levier arrière. Mais cela n'en fait pas un modèle inutilisable. Bien au contraire. Le confort sur cet axe, et la précision du vol est aussi un avantage à ne pas négliger.