

# Le "Solitaire"



*L'auteur est prêt pour le lancer.*

Dans un précédent article (MRA n° 546) nous avons décrit une méthode pour obtenir rapidement un fuselage en matériaux composites à partir d'une forme perdue. Le fuselage obtenu était celui d'un "Fauconnet". Nous présentons aujourd'hui une autre réalisation.

**Jean-Claude Rouais**

*L'atterrissage est imminent.*



Si je n'avais jamais, jusqu'à ce jour, réalisé d'avion de ce type j'avais toujours été impressionné par les polémiques développées sur ce genre d'appareil.

Les inconditionnels de la formule pensent que le fait qu'il est pratiquement impossible de faire décrocher le plan principal rend cet avion le plus sûr qu'il soit. D'autres moins enthousiastes voient en la présence du plan canard la conséquence de trainées supplémentaires et regrettent qu'il soit difficile sinon impossible d'utiliser la portance maximum de l'aile. Cette impossibilité rend le planeur moins performant en spirale et occasionne des atterrissages à vitesses plus élevées.

Un fait certain et je ne pense pas qu'il soit la conséquence d'une mode, est qu'aujourd'hui, les planeurs "haut de gamme" ne sont pas des "Canards".

Les quelques descriptions lues sur des réalisations de "Canards", ainsi que quelques études théoriques ne m'avaient pas permis de répondre à certaines questions, en particulier sur le centrage de ce genre d'appareil. Si pour un appareil classique

ce point est clairement expliqué, celui d'un Canard est souvent traité avec un "flou artistique" ou quelque fois exprimé par des formules qui semblent fortement empiriques (mra n° 520 page 46). J'ai donc effectué quelques calculs qui sont présentés plus loin en encadré.

## Le vrai

Début décembre j'achevais la lecture d'un article signé F. Besse "Voler en solitaire" paru dans la revue "Vol à Voile" d'août 84. Fin décembre la semi-maquette de 3 m d'envergure faisait son premier vol.

Dans cet article l'auteur décrivait une des multiples réalisations de B. Rutan, à savoir un motoplaneur du type Canard, le "Solitaire", qui remporta en septembre 82 le concours organisé par le Soaring Societe of America (SSA).

Le thème était la réalisation d'un planeur autonome (self launching sailplane) monoplace de construction amateur.

Le triptyque permet aux lecteurs d'apprécier la silhouette originale.

Le "Solitaire" a une aile principale de 12,73 m d'envergure, de 7,79 m<sup>2</sup> de surface et un allongement de 20,78. La technique de construction est celle toujours employée par B. Rutan et fort connue des modélistes : découpe d'un noyau d'expansé au fil chaud, recouvert de "peaux" en fibre de verre et résine. Le plan canard a une envergure de 4,68 m, d'une surface de 1,73 m<sup>2</sup> et d'un allongement de 12,72. Sa surface est voisine du 22 % de celle de l'aile.

## Réalisation du modèle

L'échelle 1/4 a été adoptée.

### Fuselage

Il a été réalisé à l'aide d'une forme perdue en polystyrène drapée de tissu de verre de 42 g/m<sup>2</sup> pour les parties à fort rayon de courbure (nez, entourage de la verrière, karman, dérive) et avec du tissu de 109 g/m<sup>2</sup> pour les autres parties.

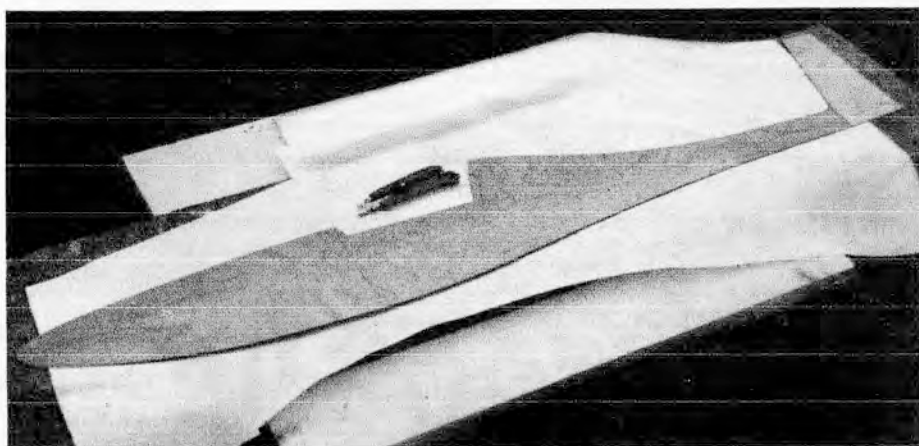
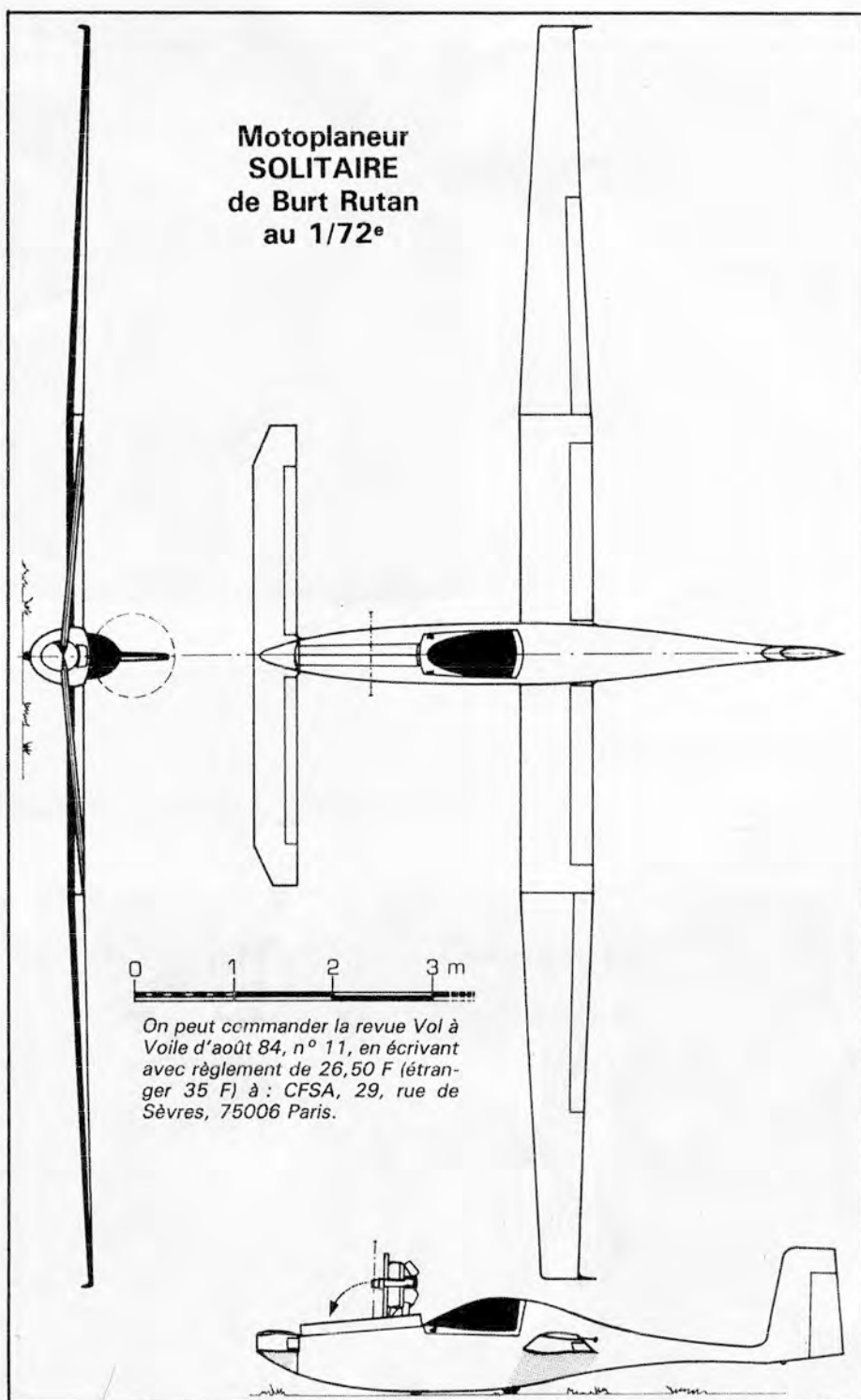
La figure 1 montre la façon de procéder pour mettre en place la nervure d'emplanture dans laquelle on a prévu les orifices pour la commande des ailerons, le fourreau pour la broche d'aile, et pour la corde à piano de centrage de cette dernière. Une fois positionnée, cette partie est drapée avec du tissu de 42 g/m<sup>2</sup>.

Après polymérisation de l'ensemble on découpe, à l'avant, l'emplacement du plan "Canard".

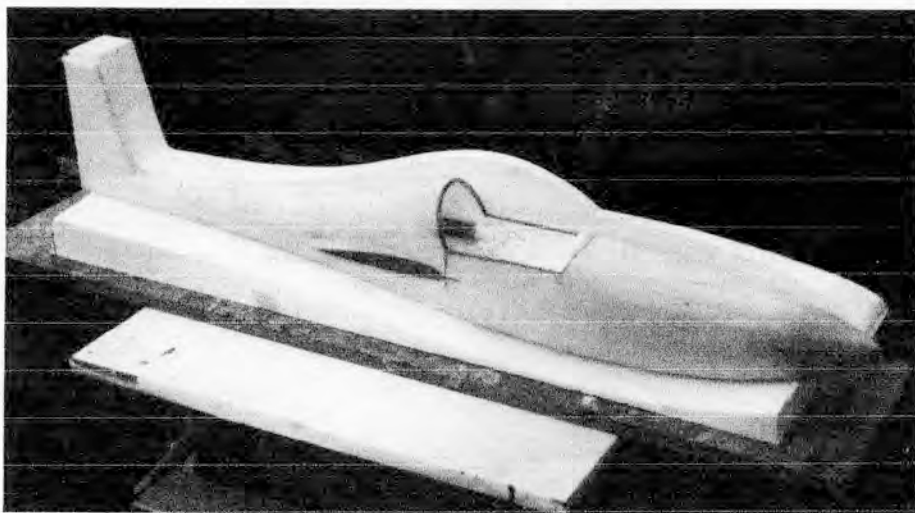
### Aile principale

Pour accélérer la réalisation du planeur, nous avons utilisé la voilure du Fauconnet (MRA 509) dont la forme en plan ainsi que la surface sont très proches de celle du "Solitaire" à l'échelle 1/4.

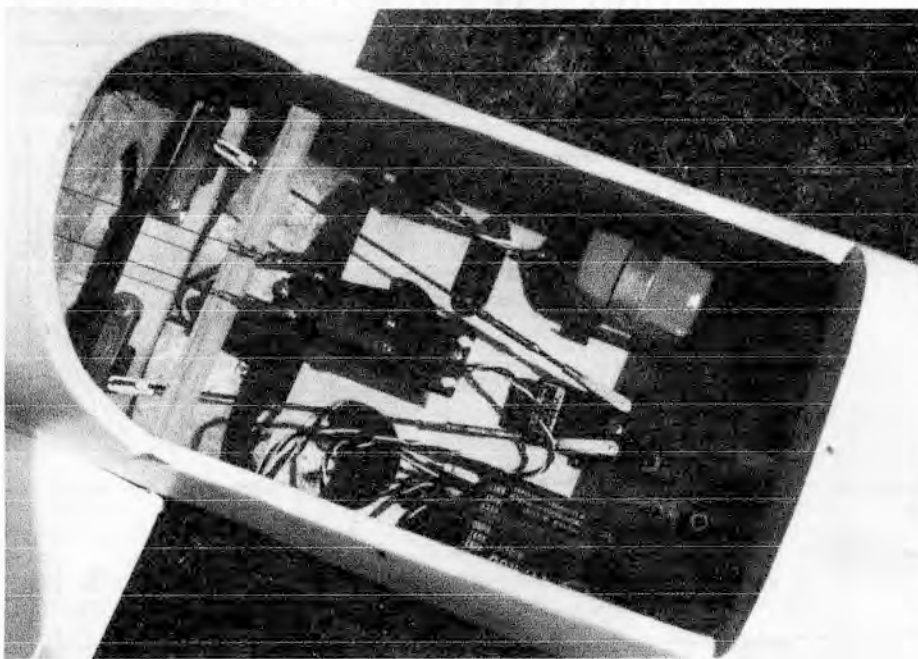
L'aile a été réalisée selon la technique expansé coffré balsa. Profil 3.30.12 - surface 53 dm<sup>2</sup> - corde emplanture 21 cm - corde marginale 12 cm - allongement 17.



Premier travail, exécution du gabarit donnant la vue de côté.



Le fuselage est terminé et placé devant une chute de découpe du polystyrène ; les raccords karman sont en place, la découpe du cockpit a reçu des renforts c.t.p.



L'installation radio.

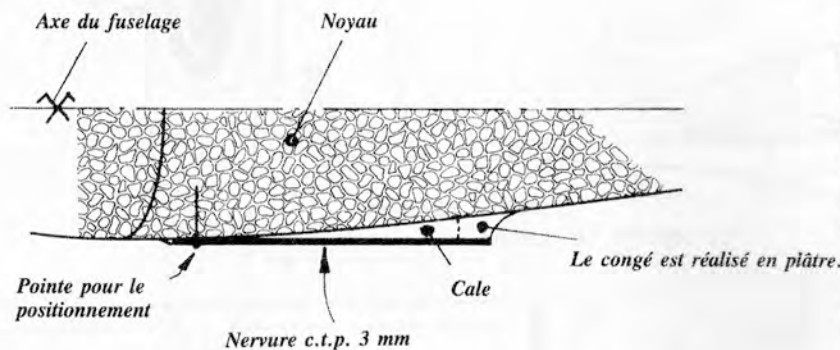


Figure 1 : mise en place de la nervure d'emplanture sur le moule du fuselage.

### Plan "Canard"

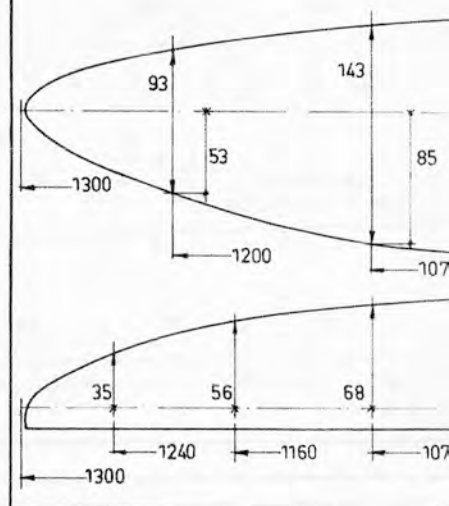
Il a été réalisé avec la même technique que l'aile. Profil : Ritz 3.30.12 - envergure 90 cm - corde 12 cm - surface 11 dm<sup>2</sup> (20 % de l'aile principale) - volet de profondeur 1/4 de la surface - dièdre 4°. Sa fixation se fait à l'aide d'une vis nylon et la partie découpée du fuselage sert de capotage. Lors de la réalisation du fuselage nous

avons calé l'aile principale à + 2° par rapport à l'axe de référence. Le plan "Canard" a été calé à + 4° par rapport à ce même axe.

### Essais

L'arrivée sur la pente d'un "Canard" provoque toujours une certaine animation et vous ne manquerez pas d'être l'objet de remarques plus ou moins ironiques du

### Tracé des gabarits pour la fabrication de



genre "vous avez dû vous tromper dans la disposition des plans" ou lorsque l'appareil est en vol "comment faites-vous pour voler à reculons?".

Le 1<sup>er</sup> vol eut lieu le 28 décembre 1984 par des conditions très sévères (forte brise du Nord, température négative), le pilote d'essai était R. Stuck.

A l'issue de ce bref 1<sup>er</sup> vol, on pouvait conclure : l'appareil est très manœuvrant, la finesse est bonne, mais le plan "canard" est très exposé aux chocs de l'atterrissage ce qui justifie la fixation par vis nylon qui se rompt lors d'impacts violents.

D'autres vols ont eu lieu dans des conditions normales pendant lesquelles nous avons pu constater que le décrochage du plan "canard" se manifeste en premier, ce qui se traduit par une très courte abattée avec un bon contrôle en roulis grâce aux ailerons.

L'aptitude à la spirale est bonne et le lacet inverse est facilement contrôlé par l'action de la dérive.

Le planeur évolue dans une gamme de vitesse assez large ce qui permet des approches à une vitesse raisonnable et, du fait de la forte cambrure inférieure du fuselage, le plan "canard" ne se trouve pas trop exposé lors d'atterrissage dans des conditions normales.

### Conclusion

Cette étude nous a permis de comprendre l'engouement de certains pour la formule "Canard" et de nous rendre compte que faire voler un tel planeur avec succès ne demandait guère plus de contraintes que pour un planeur classique.

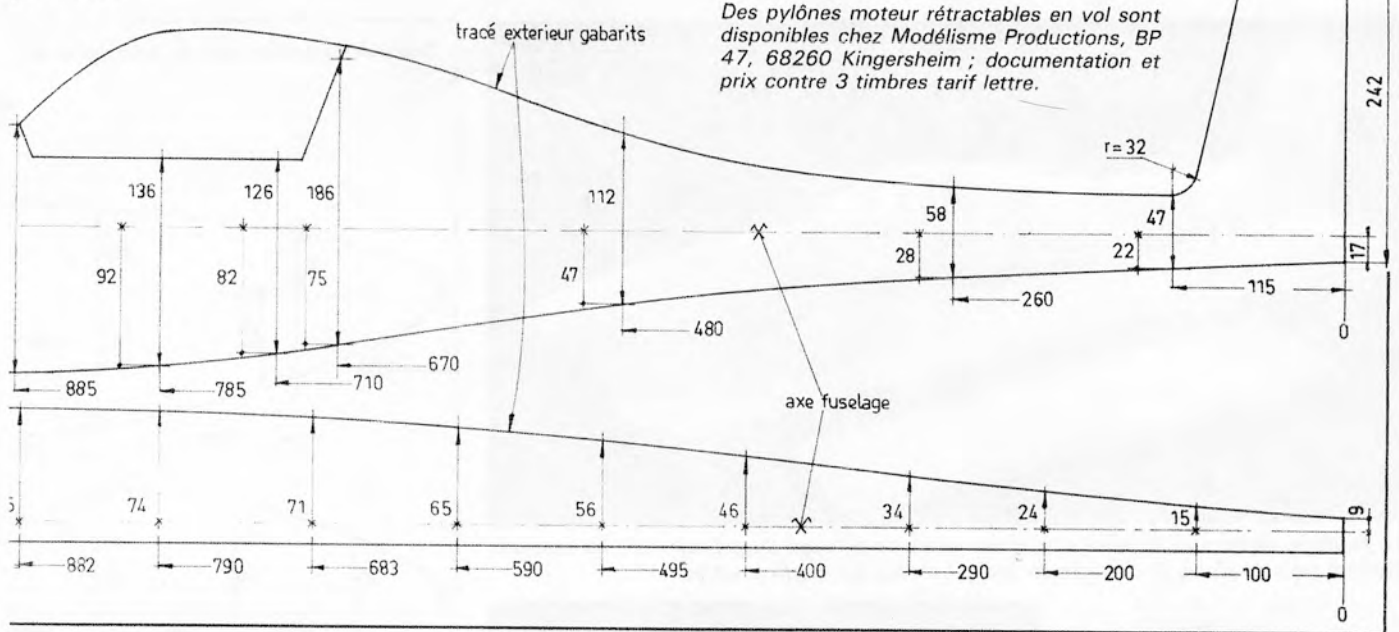
Le choix de la valeur  $K = 0,85$  et le contrôle de la charge alaire du plan "Canard" (voir encadré) nous ont suffi, en plus des réglages habituels, à obtenir un planeur différent de ceux que l'on voit sur les pentes et n'ayant rien à envier en qualités volielles à ces derniers.

Nous espérons que cet article provoquera la naissance de "Canard aux grandes plumes".

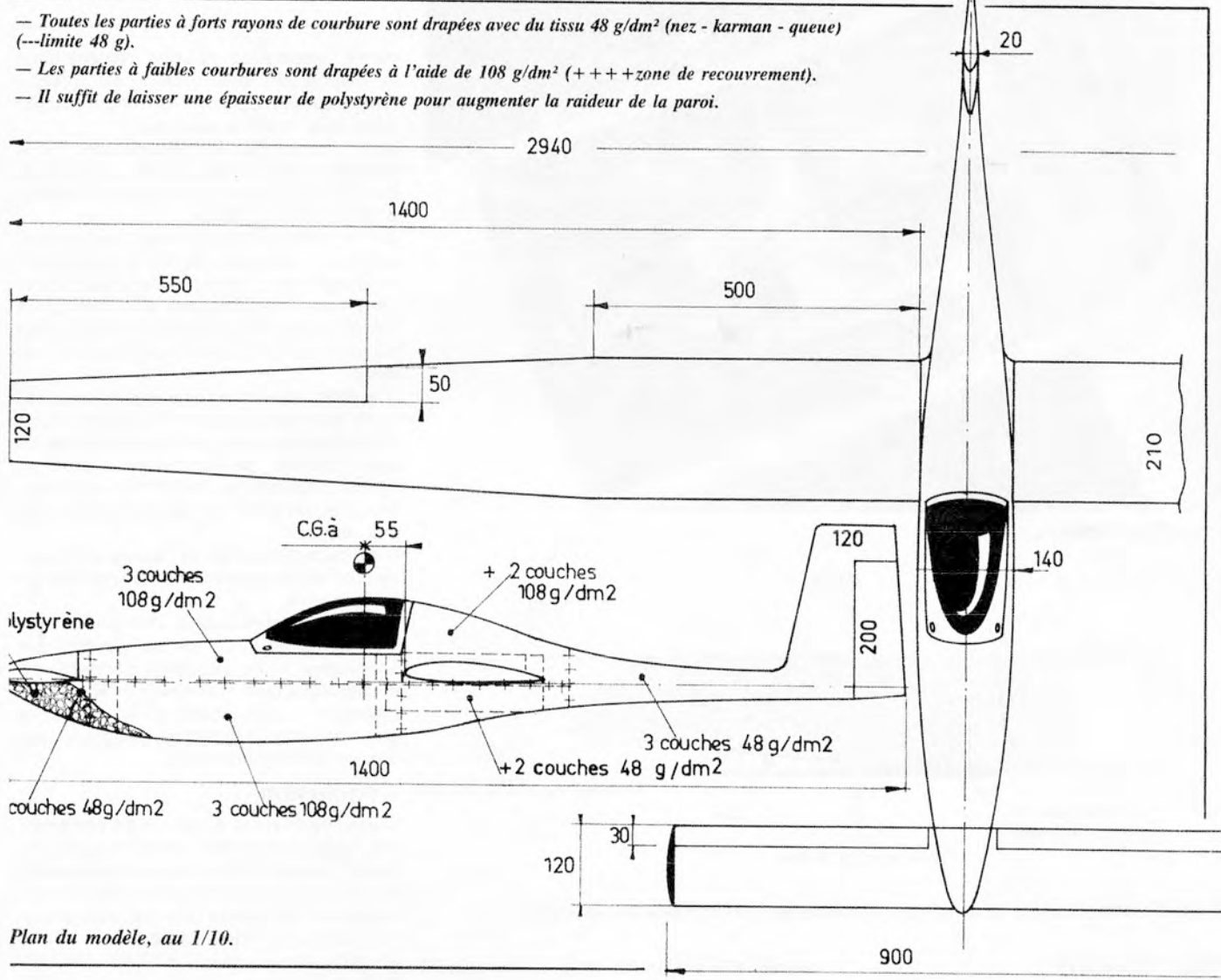
J.-C. R.



ge, au 1/5.



Des pylônes moteur rétractables en vol sont disponibles chez Modélisme Productions, BP 47, 68260 Kingersheim ; documentation et prix contre 3 timbres tarif lettre.



Plan du modèle, au 1/10.

Coordonnées du profil Ritz 3.30.12.

x %	1,25	2,50	5,0	7,50	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
Y sup.	2,05	3,15	4,6	4,8	6,75	7,9	8,65	9	8,65	7,75	6,55	5,3	3,8	2,1	1,2	0,10
Y inf.	-1,1	-1,35	-1,75	-2	-2,2	-2,55	-2,8	-3	-2,85	-2,55	-2,2	-1,75	-1,3	-0,8	-0,5	-0,10

# Contribution à l'étude de la stabilité de la formule canard

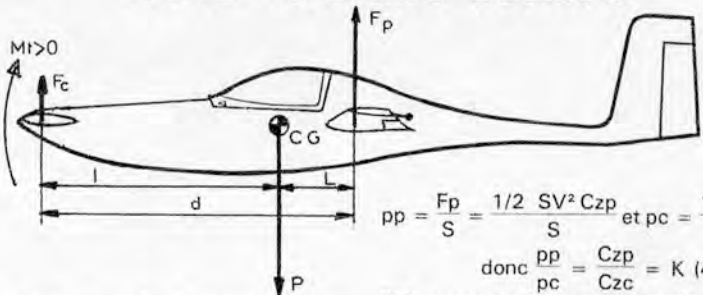


Figure 1 : diagramme des forces et moments agissant sur un planeur.

A l'aide d'hypothèses simplificatrices, et en nous servant de la maquette du "Solitaire", nous nous proposons d'établir quelques règles très simples pour centrer et régler un "Canard".

## Etude de la stabilité d'un planeur "Canard"

Soit un planeur "Canard" dont les caractéristiques sont les suivantes (fig. 1).

- Poids total équipé P
- Plan "Canard" :
  - Surface s (cette surface sera comprise entre 20 et 30 % de la surface de l'aile).
  - Distance centre de poussée - centre de gravité l.
  - Portance Fc.
  - Coefficient de portance Czc.
- Plan principal :
  - Surface S.
  - Distance centre de poussée - centre de gravité L.
  - Portance Fp.
  - Coefficient de portance Czp.

Ce planeur a des voilures dont les profils sont à faible déplacement du centre de poussée genre Eppler 205 - Ritz 3-30-12.

## Caractéristiques à vitesse constante sur trajectoire

Le planeur est dans une position d'équilibre. La formule "Canard" fait participer le plan "Canard" à la portance.

Cet équilibre peut se traduire par les relations suivantes exprimant les modules des grandeurs mises en présence.

$$F_c + F_p = P \quad (1)$$

Moment de Fc par rapport au CG = Moment de Fp par rapport au CG (2)

La relation (2) peut s'exprimer par  $1/2 \rho s V^2 C_{zc} \cdot l = 1/2 \rho S V^2 C_{zp} \cdot L$   
 ou si  $C_{zc} = S L C_{zp}$ , soit  $\frac{s l}{S L} = \frac{C_{zp}}{C_{zc}}$

Posons  $\frac{s l}{S L} = K$  d'où  $\frac{C_{zp}}{C_{zc}} = K \quad (3)$

- Le rapport des coefficients de portance est égal au rapport des volumes des plans porteur. Corollaire : charge alaire.

Soit pc la charge alaire du plan "Canard" et pp la charge alaire du plan principal.

$$pp = \frac{F_p}{S} = \frac{1/2 S V^2 C_{zp}}{S} \quad \text{et} \quad pc = \frac{1/2 s V^2 C_{zc}}{s}$$

$$\text{donc} \quad \frac{pp}{pc} = \frac{C_{zp}}{C_{zc}} = K \quad (4)$$

Si le rapport s/S est une donnée connue dès que l'on a construit la maquette, le centrage ne sera possible que si le rapport l/L est connu, ce qui impose d'évaluer la valeur de K. Cette détermination nécessite l'étude de la stabilité du planeur autour de sa position d'équilibre.

## Etude de la stabilité suite à l'action d'une perturbation

Le planeur étant écarté de sa trajectoire par l'action d'une perturbation, il sera stable s'il retrouve de lui-même sa position d'équilibre. Supposons que cette action cabre l'appareil par une rotation autour de son CG et donc provoque une augmentation  $\Delta i$  de l'incidence. Nous compterons positif les moments à cabrer ( $M > 0$ ).

Le planeur doit être soumis à un moment piqueur ( $M < 0$ ) pour que l'équilibre soit retrouvé ; l'aile principale doit donc fournir un couple supérieur à celui engendré par le plan "Canard".

Dans la position hors équilibre, en supposant que les centres de poussée ont peu varié, l'on peut écrire  $F'pL > F'cl$   
 ou  $1/2 \rho S V^2 C'_{zp} \cdot L > 1/2 \rho s V^2 C'_{zc} \cdot l$   
 ou  $S C'_{zp} \cdot L > s C'_{zc} \cdot l \quad (5)$

Exprimons les nouvelles valeurs des coefficients de portance en fonction des anciennes à l'aide de la relation

$$C_z' = C_z + \Delta C_z = C_z + \frac{dC_z}{di} \Delta i$$

ou  $\Delta C_z$  est l'augmentation de portance, due à l'augmentation d'incidence  $\Delta i$ , et  $dC_z/di$  la pente de la courbe  $C_z = f(i)$ , fig. 2.

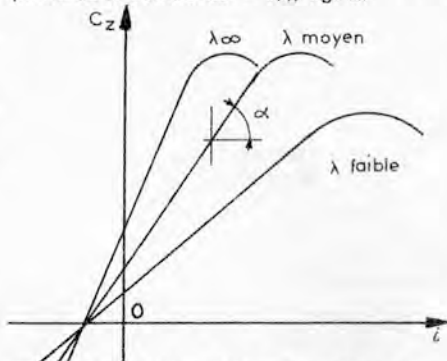


Figure 2 : variation de la portance Cz en fonction de l'angle d'incidence i, pour différents allongements.

Dans la partie linéaire de la courbe cette pente est pratiquement la même pour tous les profils (0,1 Cz par degré) pour un allongement  $= \infty$ .

Dans le cas d'une aile d'allongement fini et pour un même profil, cette pente diminue lorsque l'allongement diminue.

L'inégalité (5) s'écrit  $S \cdot L (C_{zp} + \Delta C_{zp}) > s \cdot l (C_{zc} + \Delta C_{zc})$   
 soit  $S \cdot L \cdot C_{zp} + S \cdot L \cdot \Delta C_{zp} > s \cdot l \cdot C_{zc} + s \cdot l \cdot \Delta C_{zc}$   
 or  $S \cdot L \cdot C_{zp} = s \cdot l \cdot C_{zc}$ , relation 2  
 d'où  $s \cdot l \cdot \Delta C_{zc} < S \cdot L \cdot \Delta C_{zp}$   
 que l'on peut écrire  $\frac{s \cdot l \cdot \Delta C_{zc}}{S \cdot L \cdot \Delta C_{zp}} = K \cdot \frac{\Delta C_{zc}}{\Delta C_{zp}} < 1$

Pour être certain que ceci soit toujours vérifié il faut que  $\Delta C_{zc}/\Delta C_{zp}$  soit plus petit que 1, c'est-à-dire jamais plus grand, donc que l'allongement du plan canard soit inférieur à celui de l'aile, voir figure 2

et que  $\frac{s \cdot l}{S \cdot L} = K < 1 \quad (6)$

## Conclusion

Un planeur "Canard" sera stable si le rapport des volumes des voilures K est inférieur à 1. Cette relation, nécessaire à la stabilité satisfait aussi à la condition qui veut que le plan "Canard" décroche avant le plan principal. En effet la relation (3) montre que le  $C_{zc}$  du plan "Canard" est supérieur au  $C_{zp}$  du plan principal, donc l'angle d'incidence à partir duquel le plan Canard décroche doit être atteint avant celui du plan principal. Le plan avant "décroche", mais l'aile principale fonctionne toujours et permet de contrôler ce pseudo-décrochage.

Si cette condition n'est pas remplie le comportement au grands angles peut être catastrophique ; on doit vérifier que  $C_{zp} \text{ max.} / C_{zc} \text{ max.} > K$ , valeur choisie pour le planeur. Signalons le cas particulier au  $C_{zp} \text{ max.} / C_{zc} \text{ max.} = K$  qui correspond au décrochage simultané des 2 plans.

Si la valeur limite à ne pas dépasser a été précisée, qu'elle est la valeur pratique de K que nous devons prendre ? La relation (3), et son corollaire (4), nous indique que plus la valeur de K est faible plus le plan "Canard" est chargé et moins l'aile principale prendra une part active dans la portance.

La valeur de K devra donc être choisie par l'utilisateur en essayant de concilier ces deux impératifs : K doit être inférieure à 1, mais pas trop faible sinon l'aile principale fonctionnera avec un très faible rendement.

Une étude bibliographique et un exemple concret donnerons quelques valeurs de K.

### Centrage et réglages

Nous choisissons pour K la valeur 0,85. Pour faciliter les calculs nous avons établi un tableau qu'il suffit de compléter.

Le plan "Canard" est légèrement plus chargé que le plan principal. Il décrochera donc avant le plan principal, ce que nous recherchons. Quand a sa valeur, 43 g/dm<sup>2</sup>, elle est raisonnable pour ce type de voilure.

Cette charge alaire doit être calculée pour estimer les performances du plan "Canard".

Dans l'étude bibliographique faite nous avons très souvent trouvé une charge alaire moyenne obtenue en divisant le poids de l'appareil par la surface totale des plans. Cette valeur est trompeuse et ne donne aucune indication sur le rendement du plan "Canard".

Jean-Claude Roua

Modèle	K	S/s	$\Delta = K \cdot \frac{S}{s}$	$L = \frac{d}{1+\Delta}$	l = d - L	$\gamma = \frac{L}{l}$	Aile principale		Plan "Canard"	
							$F_p = \frac{P}{1+\gamma}$	Charge alaire $F_p/S$	$F_c = P \cdot F_p$	Charge alaire $F_c/s$
Solitaire	0,85	4,8	4,1	12,5 cm	51 cm	0,245	1920 g	36 g/dm <sup>2</sup>	470 g	43 g/dm <sup>2</sup>
Sapho VP - MRA 520	0,82	3,15	2,52	10,6 cm	27 cm	0,392	804 g	27,7 g/dm <sup>2</sup>	316 g	34,3 g/dm <sup>2</sup>
Polycanard - MRA 540	0,86	3,8	3,25	14,5 cm	48 cm	0,3	1538 g	41,5 g/dm <sup>2</sup>	462 g	47,5 g/dm <sup>2</sup>
Votre modèle										