

# CANARDO

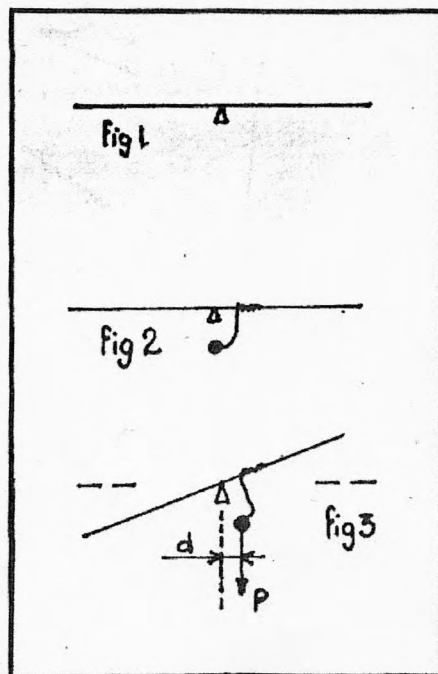
**L** n'est que de parcourir les revues pour voir que les canards relèvent le bec. RCM, bon canard lui-même se devait d'aider ses lecteurs à domestiquer ce volatile.

On essaiera d'abord de mieux faire connaître l'animal ; puis, les questions qu'il pose concernant l'importance relative et la place des surfaces, leur calage, celle du CG, on tentera d'y répondre le plus complètement possible.

Là est la difficulté : ou bien on prend en compte tous les intervenants et la sauce risque de devenir immangeable,

ou bien on est moins précis mais plus on néglige de facteurs mineurs, plus on s'écarte de la vérité.

On s'emploiera à viser un compromis suffisant à obtenir des modèles volables. On implore l'absolution des insatisfaits qu'on adressera à des ouvrages plus complets. Mais d'abord mettons-nous d'accord sur le sens des mots :



**Incidence (fig. 4) :**

Angle que fait le vent relatif avec la corde de référence du profil.

**Calage (fig. 5) :**

Angle que fait la référence fuselage avec la corde de référence du profil.

**Assiette (fig. 6) :**

Angle que fait l'horizon avec la référence fuselage.

**Attaque oblique (fig. 7) :**

Angle que fait la trajectoire avec le vent relatif.

**Diverger :** S'éloigner de son orientation initiale.

**Converger :** Revenir vers son orientation initiale.

**Moment (fig. 8) :**

Produit d'une force s'exerçant perpendiculairement à l'extrémité d'un bras par la longueur de ce bras.

**Couple (fig. 9) :** Système de deux forces égales de sens opposés s'exerçant perpendiculairement aux extrémités d'une tige.

**Moment d'un couple (fig. 9).**

« **Volume** » d'une surface (fig. 10) :

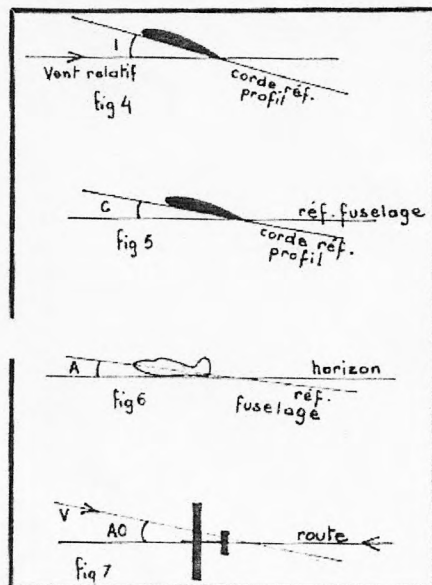
Produit d'une surface par son bras de levier.

**Rotation (fig. 11).**

**Directions (fig. 12).**

**Déplacements (fig. 13).**

Rappelons maintenant comment on obtient la stabilité de nos engins volants.

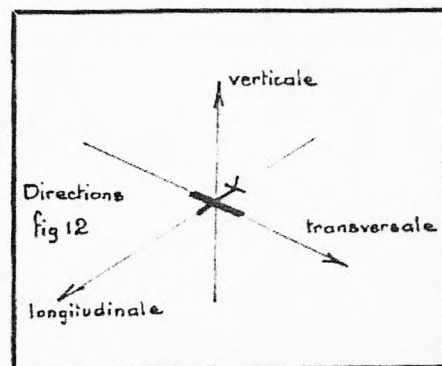
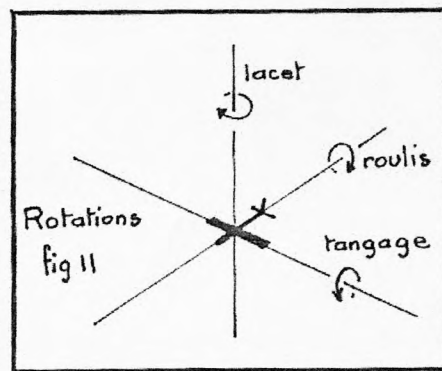
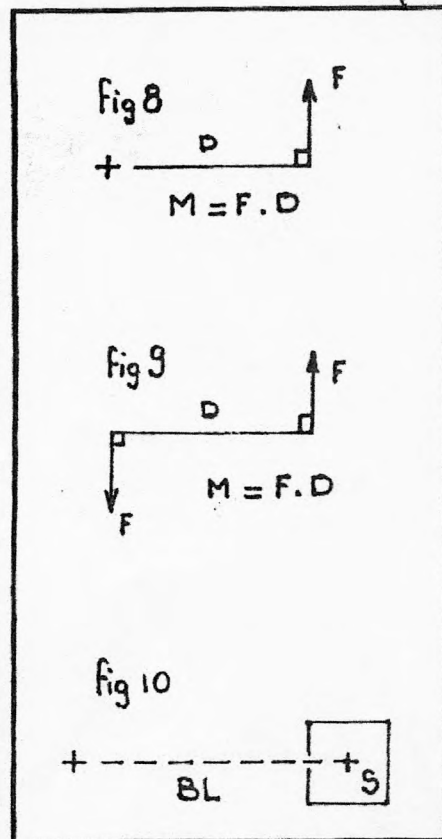


**Équilibre (fig. 1) :**

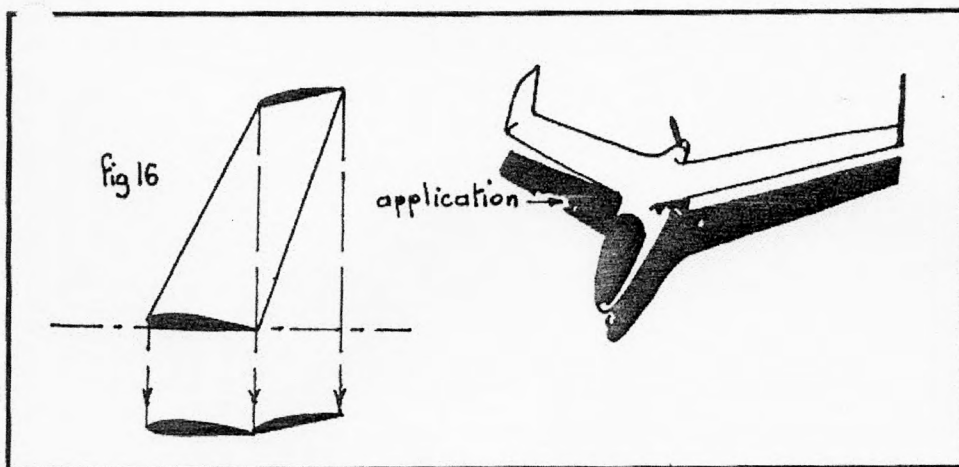
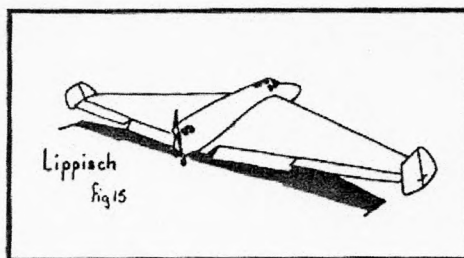
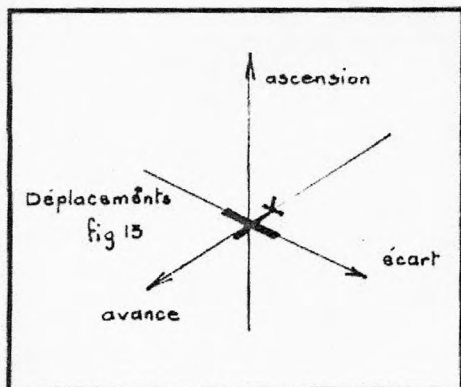
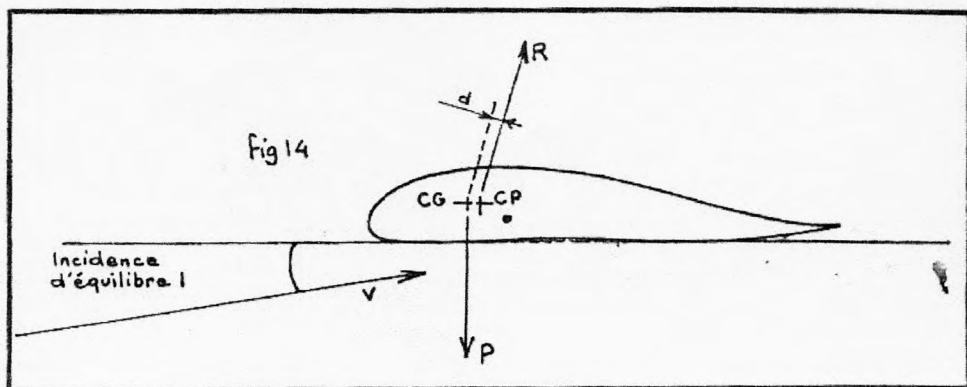
Un éternuement peut rompre l'équilibre de la barre sur le couteau. Si la barre s'incline, il n'apparaît aucune force de rappel et elle tombe. Il y avait équilibre mais non stabilité.

**Stabilité :**

Un léger lest est lié à la barre (fig. 2). Si elle s'écarte de l'horizontale, il va apparaître un moment  $P \cdot d$  redresseur. (Heureusement qu'il ne s'agit pas d'un « couple »... Nous aurions des ennuis avec la censure qui couvre désormais cette catégorie de citoyens !). L'équilibre est stable (fig. 3).



# NS!



## Profil autostable (fig. 14) :

R : Résultante portance et traînée.

R.d : Moment piqueur équilibrant le moment cabreur de portance nulle.

CP : Position du Centre de Poussée pour l'incidence d'équilibre désirée.

Pour ces profils, tout accroissement de I fait naître un moment piqueur car le CP recule ; toute diminution un moment cabreur car le CP avance. Si ces moments sont suffisants, on peut se passer de stabilisateur.

Selon l'importance du rajonissement de l'aile, on a toute une gamme de formes depuis les ailes volantes rectangle jusqu'au triangle (deltas) en passant par les trapèzes

(Lippisch, 1930, fig. 15) et les mixtes (Fauvel, 1951).

On peut aussi voler stable avec une aile seule démunie de profil autostable si la combinaison de flèche et de vrillage en reconstitue un (fig. 16).

## Profil indifférent :

Munie d'un profil symétrique à CP fixe, une aile seule peut voler stable (ailes de combat VCC et RC)... si on reconstitue un profil autostable en relevant le volet de BF. On est ramené au cas précédent. Le CP est légèrement avancé et rendu mobile dans le bon sens.

## Profil instable (fig. 17) :

R.d : Moment cabreur équilibrant le

moment piqueur de portance nulle.

CP : Position du Centre de Poussée pour l'incidence d'équilibre désirée.

Pour ces profils, tout accroissement de I fait apparaître un moment cabreur car le CP avance ; toute diminution un moment piqueur car le CP recule. Dans les deux cas, l'aile diverge en tangage. Pour obtenir une stabilité, ces moments indésirables doivent être surpassés par des moments de sens opposés fournis par un stabilisateur arrière de volume suffisant. Là encore on retrouve une combinaison reconstituant un profil autostable. On dit qu'il y a un dièdre longitudinal. (Ici confondu avec I.)

Le stab étant lié à l'aile par le fuselage tout accroissement de l'incidence de l'aile entraîne le même accroissement d'incidence de l'empennage qui de nulle devient positive. L'empennage fournit alors une portance vers le haut qui ramène l'ensemble à son incidence initiale pour peu que le moment piqueur fourni par l'empennage soit supérieur au moment cabreur de l'aile.

$$r.D > R.d \text{ (fig. 18).}$$

Même processus en sens inverse dans le cas de diminution d'incidence de l'ensemble.

## Le cas du canard.

Il est plus subtil. Remarquons d'abord que le CG est très en avant de l'aile principale et que l'empennage avant est porteur.

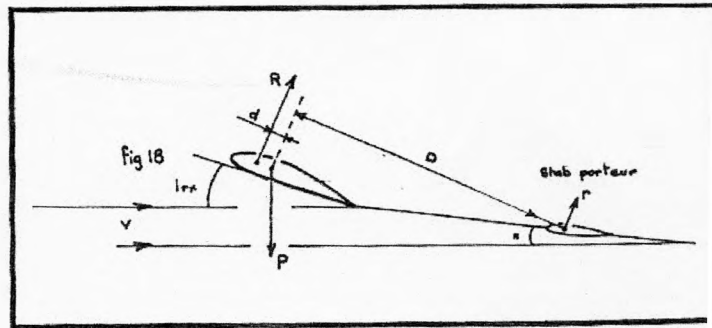
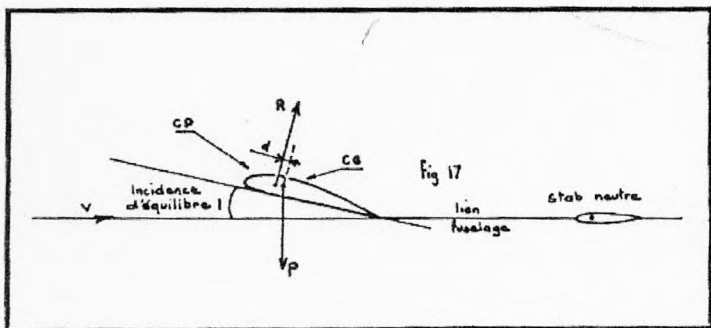
## Équilibre (fig. 19) :

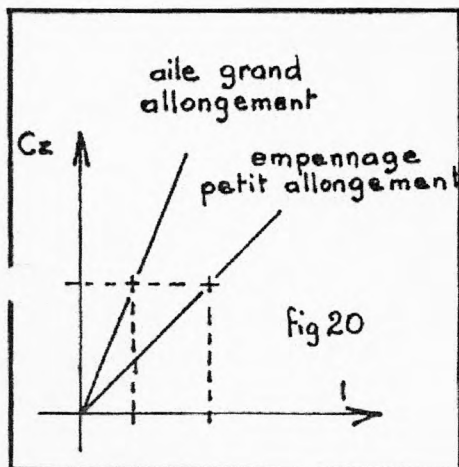
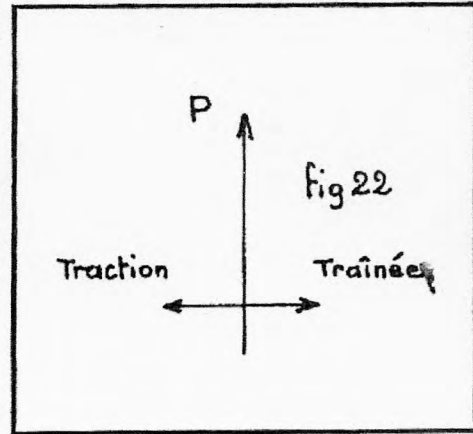
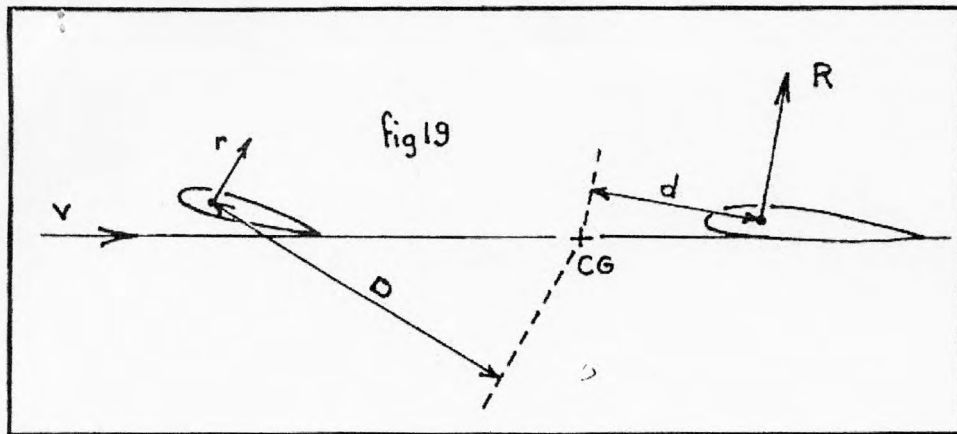
Il est obtenu lorsque  $R.d = r.D$ .

## Stabilité :

Pour ne pas avoir à tenir compte des déplacements des CP, on raisonnera sur des profils symétriques.

Le plan avant est de moindre allongement que l'aile. Le graphique (fig. 20) représente la croissance de la portance en fonction de l'incidence pour deux allongements : un grand et un plus petit.





On voit que pour le petit allongement, il faudra une incidence plus grande pour obtenir la même portance (toutes choses égales par ailleurs).

Tout accroissement d'incidence de l'ensemble avion va accroître les portances mais celle de l'empennage, de moindre allongement, **va croître moins vite que celle de l'aile**. La portance de celle-ci devient prépondérante et la balance revient à sa position d'équilibre initiale.

Pour toute diminution d'incidence de l'ensemble, la portance de l'empennage **va croître moins vite que celle de l'aile**.

... va donc retrouver une portance prépondérante et la balance va revenir. L'équilibre est stable.

Ceux qui veulent avoir une vision plus précise peuvent établir un tableau des moments de l'aile autour du CG en fonction des incidences en tenant compte des déplacements éventuels du CP et du moment de portance nulle. Ils n'oublieront pas de tenir compte de la déflexion due à l'empennage avant qui va amoindrir l'incidence donc la portance d'une partie de l'aile (voir plus loin) et de l'influence du fuselage (portance, déplacement du CP). Ils feront de même pour l'empennage.

Ils feront ensuite les bilans des deux séries de valeurs pour obtenir les moments résultants.

Pour que l'ensemble soit stable, les moments résultants doivent toujours s'opposer aux variations d'incidence et ce de façon croissante lorsque l'incidence s'écarte davantage de sa position d'équilibre.

Si le cas de figure apparaît instable, réduire

le volume d'empennage, augmenter son calage, avancer le centrage... et recommencer.

Les moments stabilisateurs doivent être au moins doubles des moments perturbateurs. Aux insatiables, nous conseillons l'« Étude approfondie du canard KI » par Cante, Flavigny et Granville, ingénieurs ENSICA 81, Association des anciens élèves, 49, avenue Léon-Blum, 31056 Toulouse Cedex. Mais comparons les **canards aux classiques**.

### En finesse.

La fig. 21 représente un canard et un classique de mêmes caractéristiques.

Sur le canard, les deux ailes portent. La voilure principale travaille à  $C_z$  et  $C_x$  inférieurs à ceux du classique, mais l'empennage du canard porte beaucoup et traîne fort alors que celui du classique ne porte pas et traîne peu.

La comparaison chiffrée des deux solutions donne souvent l'avantage en finesse ( $C_z/C_x$ ) au classique. Les rares planeurs canards expérimentaux (Farner) n'ont pas démontré une finesse supérieure aux classiques.

Cependant, dans certains cas de figure, l'avantage peut aller au canard.

En vol horizontal, la traction égale la traînée ; la finesse peut alors s'exprimer par le rapport Portance/Traction, ou plus pratiquement par la « portance possible avec un moteur donné ». Mac Cready pour son avion à pédales, a certainement choisi l'architecture canard parce qu'elle lui était la plus favorable. Le choix a aussi été dicté par la position voulue de l'hélice propulsive de rendement meilleur et la proximité du « moteur » et de l'hélice pour faciliter

la transmission avec pertes faibles (fig. 22 bis). Chez les canards lourds, on se souvient des performances du Griffon aux mains de Turcat (fig. 22 ter).

## Avantages en longitudinal.

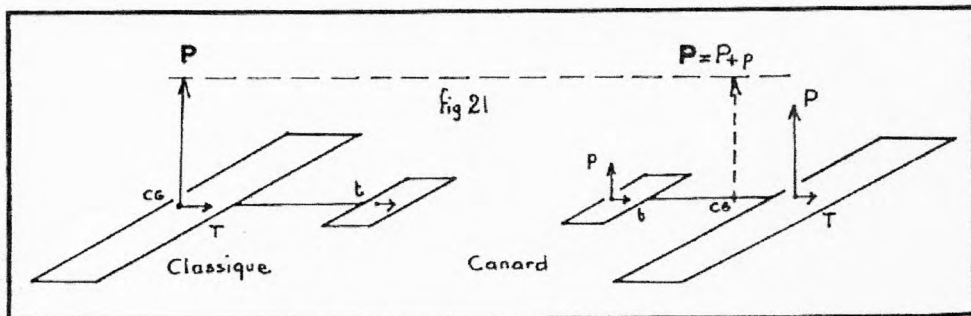
Pureté des gouvernes et sécurité.

Gabriel Voisin, père du canard et tempérament fougueux, se fâchait lorsqu'il voyait son enfant si peu adopté :

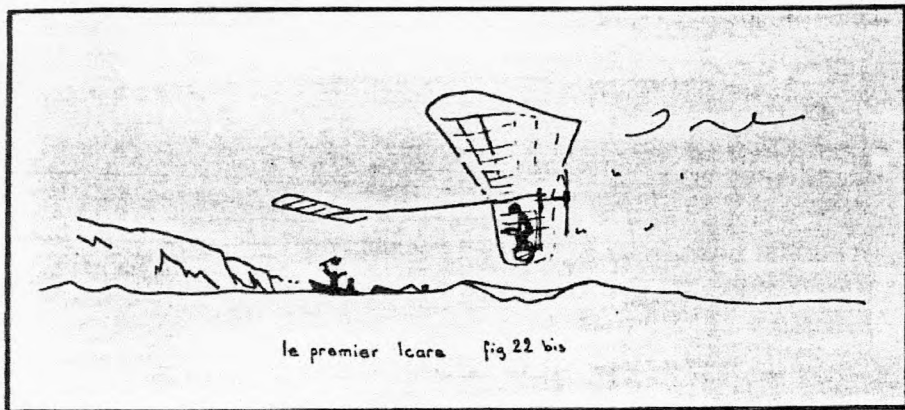
« ... Les avions sont demeurés ce qu'était le Blériot de la traversée de la Manche : On les charge pour les faire monter et on les allège pour la descente... » G.V. Mes dix-mille cerf-volants. Éditions de la Table Ronde.

En effet, pour monter (accroître l'incidence à puissance moteur inchangée) sur appareil à gouverne arrière on tire sur le manche. Ce faisant, on confère une déportance à l'empennage. Le bilan de portance est momentanément amoindri... Quand on ne le souhaiterait pas ! Sur gros porteur à l'arrondi, la chose est sensible (Lecarme) et tirer sur le manche a pour effet de charger l'aile davantage. (D'où, pour compenser, l'accroissement automatique de la courbure et l'automanette qui met la gomme toute seule pour étaler le surplus de traînée.) Sur canard au contraire pour accroître l'incidence, on accroît la portance de l'empennage avant, soulageant la voilure. L'enfoncement à la rotation tangage n'existe pas. La gouverne d'incidence est donc pure, sans effets secondaires indésirables. Les concepteurs du B.70 ont dû y songer pour pouvoir poser leur monstre sans le casser (fig. 22-4).

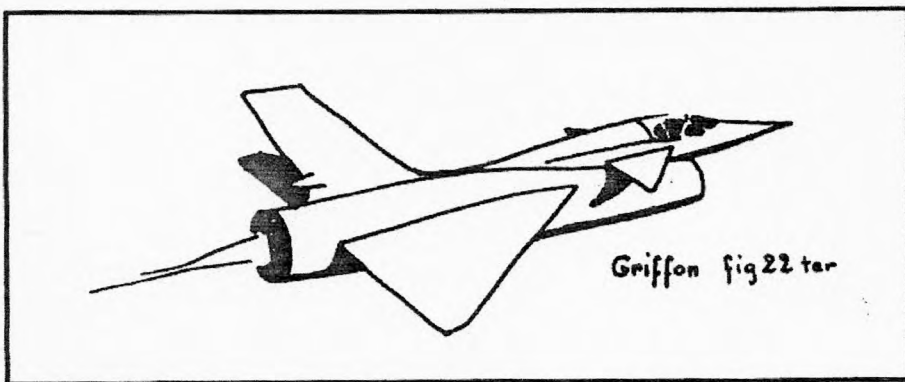
... Ce que G.V., analyste claire et écrivain concis, résumait en une phrase !...



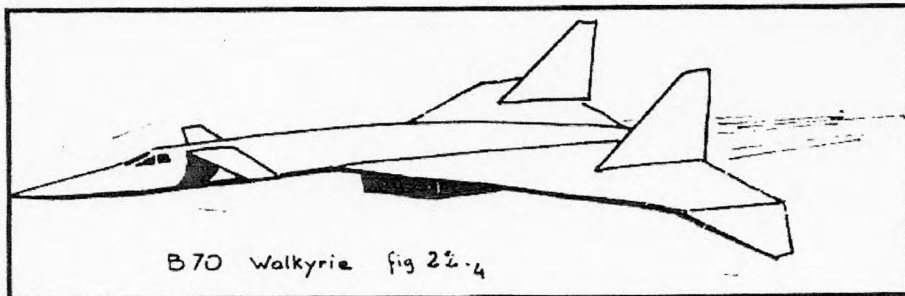




le premier Icare fig 22 bis



Griffon fig 22 ter



B70 Walkyrie fig 22-4

Autre avantage : le décrochage est en général obtenu d'abord à l'empennage avant (supérieur à celui de l'aile). Si l'empennage avant est de faible allongement, la courbure du haut de sa polaire est douce et l'abattée presque inexistante ; l'avion refusant, en oscillant parfois en tangage, une incidence supérieure.

## Avantages en transversal.

De même, si la gouverne de lacet est à l'avant, elle est directe et pure d'effets secondaires. En comparaison, la gouverne de lacet à l'arrière de l'avion classique est d'action indirecte puisque pour tirer à droite, il faut d'abord envoyer la queue à gauche ! (Que la censure ne se sente pas biaisée en canard en voulant voir une astuce où il n'y a qu'infortune de langage). Cf. « Les surprises de la direction », RCM n° 30. Avec la gouverne à l'avant et une surface arrière (dérive) on a un « canard » dans le plan vertical. On peut obtenir le décrochage transversal à l'avant d'abord et refuser les attaques obliques dangereuses.

Somme toute on peut avoir un appareil réfractaire au décrochage sec comme à la vrille (puisque celle-ci est engagée par l'attaque oblique).

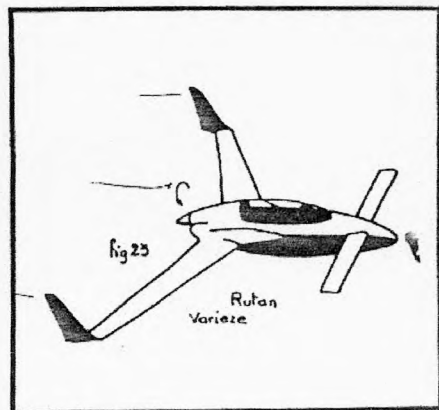
En prime avec moteur arrière propulsif les gouvernes sont hors du souffle de l'hélice et n'en subissent pas les perturbations (en particulier au freinage, voir expérience de Destelle, RCM n° 35).

Devant toutes ces qualités, on s'étonne moins de l'opinion tranchée de G.V. sur le canard : « ... le seul avion intelligent !... » Alors on se demande pourquoi le canard n'a pas surclassé le type classique. Sans doute parce que c'est un Blériot qui a traversé la Manche. Le Voisin a pris une fantastique revanche 70 ans plus tard... à pédales.

Il y a aussi des inconvénients.

## Inconvénients.

La stabilité des canards est moins « évidente ». Santos Dumont s'y essaya avec le XIV bis puis revint au classique avec l'efficace « Demoiselle », ultra-légère avant les autres. (Nous prions le MLF de nous absoudre pour cette autre astuce fortuite à



propos d'une demoiselle ultra légère et efficace qui a toute notre sympathie.) Seuls Voisin et Fabre avec son hydro dominèrent parfaitement le sujet. Le Wright est un canard mais centré volontairement trop en arrière pour « favoriser l'obéissance au détriment de l'autostabilité ». (On sait maintenant que ces deux qualités ne sont pas contradictoires.) Particularité dangereuse acceptée par les Wright brothers qui étaient déjà pilotes entraînés de planeur. La disposition canard conduit, en monomoteur, à placer celui-ci le plus souvent à l'arrière. En cas de bûche, il peut écraser le pilote. (Colombo sur canard Stefanutti. Voir Fana n° 161.) La place du moteur ne favorise pas le centrage d'où les ailes en flèche du Variéze Rutan (fig. 23) pour reculer les surfaces et la disposition bimoteur latéral tractif du MP 200 (voir plus loin) pour avancer les masses. Voir aussi le long nez du Starship (fig. 24). Si l'empennage bas à l'avant fait arrondir automatiquement par effet de sol lorsque la voilure arrière est haute, il gêne la visibilité, d'où le stab haut et la cabine avancée de l'Avtek 400 (fig. 25).

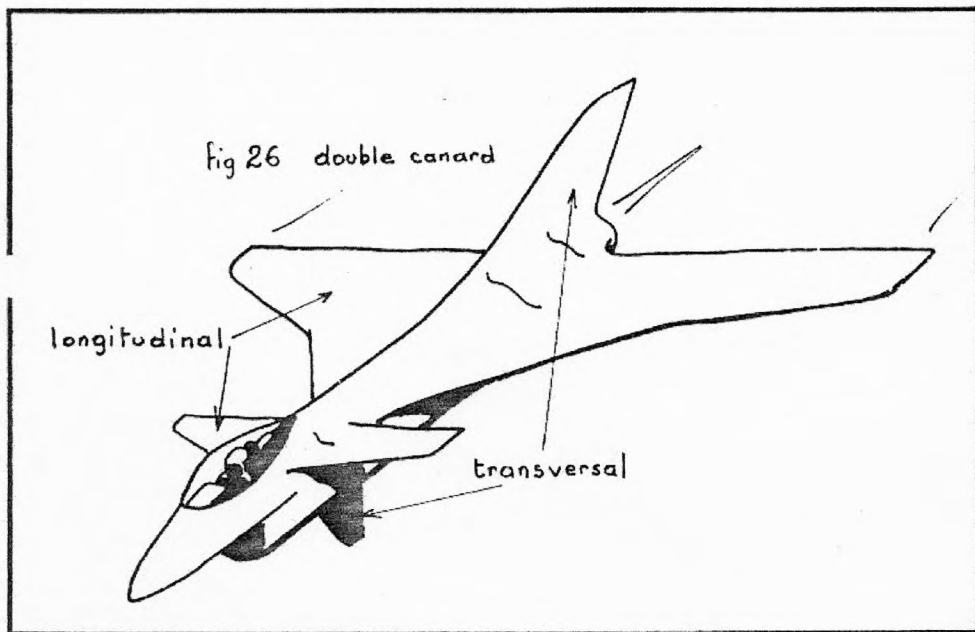
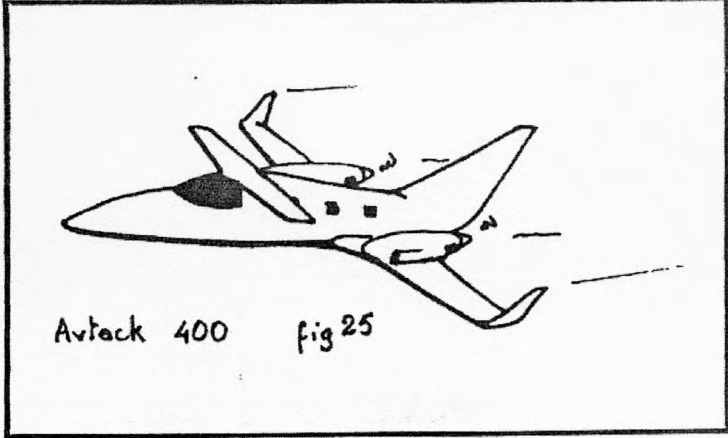
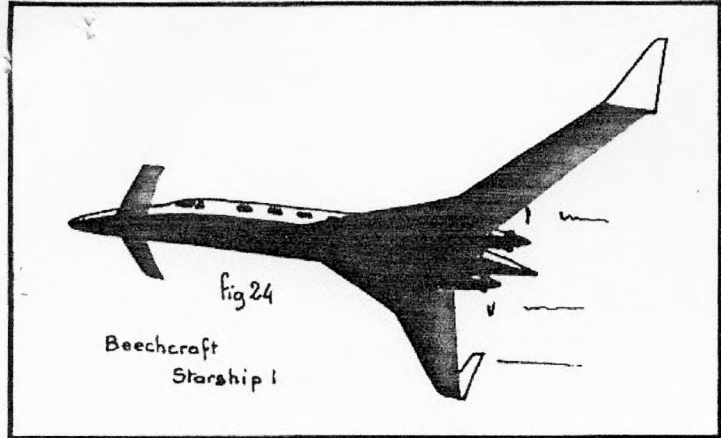
L'hypersustentation est double car pour conserver l'équilibre, elle doit s'appliquer aux deux voilures.

## D'hier à demain.

L'architecture canard n'a donc été envisagée que lorsqu'on acceptait de payer l'avantage de stabilité aussi bien en vol rapide qu'en vol lent (Viggen, Kfir, Mirage 4000), de sécurité (Beech) ou de pureté des gouvernes pour viser vite et bien à la guerre (missiles).

On peut justifier cette opinion par l'ordre d'apparition des canards : d'abord chez les pionniers qui par nécessité essayaient toutes les architectures ; ensuite à titre expérimental (Stefanutti, 1939) ; puis chez les militaires pendant la guerre (Curtiss, Shid-den) ; depuis peu chez les amateurs (Rutan) libres des contraintes industrielles et des modes ; actuellement dans l'aviation de luxe (Beech). Dans le transport, la solution canard était envisagée pour Super Caravelle avant qu'elle s'appelle Concorde. Voir aussi les moustaches du Concordov.

Le canard est bien de tous temps, genres et vitesses.



## Top secret.

Des essais ont été faits à la NASA (40 ans après le LEO 48 Français, voir Lecarme dans Aviation Magazine, n° 681) sur le contrôle de la portance transverse. La meilleure solution semble être une disposition canard verticale.

On veut moduler la portance verticale sans variation d'assiette et la portance transverse sans rotation lacet, pour échapper aux missiles ou affiner rapidement un tir, l'architecture des chasseurs de l'an 2000 pourrait être celle d'un double canard (fig. 26). Les ailes en flèches sont gênantes car induisant du roulis, indésirable ici, sur attaque oblique ; heureusement, capteurs et boîtes noires empêcheront d'entrer dans le domaine dangereux par action sur les commandes électriques à travers les ordres du pilote.

Mais où placer commodément les deux commandes supplémentaires ? Déplacement latéral de la manette des gaz pour l'écart et anneau à déplacement vertical pour le pouce sur le minimanche pour l'ascension ? Les paris sont ouverts !

Voir aussi la disposition des commandes sur le fauteuil spatial de Mc Candless : rotations à main droite, déplacement à main gauche. Mais osera-t-on sur avion supprimer le palonnier ?

## Les modélistes.

Si un des premiers modèles volants — à moteur caoutchouc — commercialisé était un canard (bi-moteur contra-rotatif supra-convergent) (fig. 27), par la suite ce n'est qu'épisodiquement que les modélistes chassèrent ce gibier malgré les efforts de M. Bayet, ancien directeur du MRA, esprit ouvert instigateur de beaucoup de recher-

ches et d'applications nouvelles et qui s'est toujours efforcé de sortir les modélistes des sentiers rebattus.

On se devait de réagir en remettant le Voisin-Fabre à l'honneur et le Blériot à sa place (Chauvin ! NDLR).

## Une formule à tout faire ?

Joël Jules, à Moulins, a mis au point un petit canard racer qui démontre d'impeccables qualités de vol et de stabilité même en atmosphère turbulente. Le centrage lui a donné bien du tracas. Certes le calcul existe mais la petite taille de l'engin empêchait un chiffrage suffisamment rigoureux par manque de documents appropriés.

De nombreux essais conduits avec trois appareils, patience et méthode exemplaire en vinrent à bout (plan RCM !). Devant les valeurs obtenues et en les comparant à celles d'appareils divers, du classique au canard en passant par le tandem, on en vint à soupçonner la possibilité d'établissement d'une « formule à tout faire » fournissant une valeur approchée du centrage pour tous les modèles.

Recherche faite, elle existait déjà !

B. Rigoulot.

**A suivre**

