

# LA FORMULE MIGNET

**Le 8 novembre 1933 Henri Mignet fait au Pou du Ciel HM 14 son premier vol**

**dans le ciel de Vailly près de Soissons. Ainsi naissait, il y a maintenant plus de cinquante ans, une nouvelle formule aérodynamique. Bien que farouchement combattue par des technocrates pseudo-scientifiques qui n'inventèrent jamais rien, depuis sa naissance il y a toujours eu à travers le monde des avions de Formule Mignet en vol.**

Dessin Henry Mignet

Avec son livre *Le Sport de l'Air* dans lequel il donnait les plans du Pou du Ciel, Henri Mignet lança en 1934 un mouvement d'aviation sportive très comparable au mouvement ULM actuel. Est-ce une coïncidence si le Pou du Ciel de 1934 a des caractéristiques qui permettraient aujourd'hui son classement en catégorie ULM ?

Un des premiers ULM européens le Butterfly (fig. 1) belge n'est-il pas dans la définition aérodynamique de sa voilure la pure copie du Pou du Ciel HM 290 dessiné par Mignet en 1946 ? Actuellement sur les mêmes bases de nombreux constructeurs amateurs réalisent des ULM dont plusieurs rejoindront dès le printemps le Visa Pou dans le Ciel.

Les publications techniques concernant la formule Mignet étant quasi inexistantes, nous allons tenter de définir les quelques règles qu'il faut respecter pour voler en toute sécurité en Pou du Ciel. Ceci à partir des résultats des essais en vol et en soufflerie qui ont été accumulés ces cinquante dernières années auxquels nous avons eu accès ainsi que de notre propre expérience acquise dans le réglage et les essais en vol d'un nombre appréciable de Pou du Ciel.

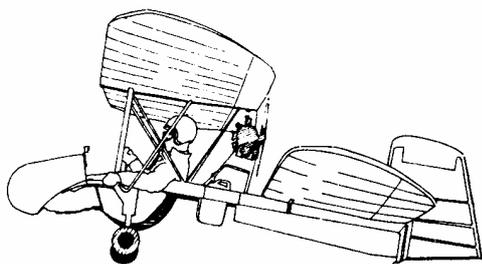


Fig. 1

## CONVENTIONS

**COTES.** — Exprimées en millimètres.

**INCIDENCE.** — Inclinaison de l'aile exprimée en degrés par rapport à une référence horizontale.

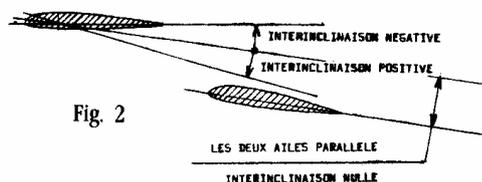


Fig. 2

**PROFONDEUR OU CORDE.** — Largeur de l'aile.

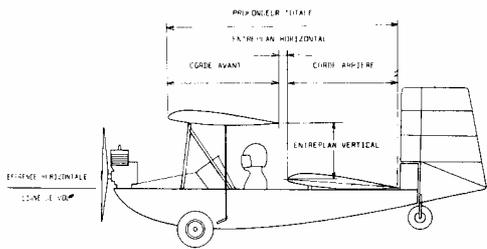
**LIGNE DE VOL.** — Position occupée dans l'espace par l'appareil lorsqu'il vole horizontalement sans monter ni descendre en vol de croisière.

**PROFONDEUR TOTALE.** — Distance horizontale mesurée entre l'aplomb du bord d'attaque de l'aile avant et le bord de fuite de l'aile arrière appareil en ligne de vol.

**ENTREPLAN HORIZONTAL.** — Distance horizontale mesurée entre l'aplomb du bord de fuite de l'aile avant et l'aplomb du bord d'attaque de l'aile arrière appareil en ligne de vol. L'entreplan horizontal est négatif si les deux ailes se recouvrent.

**ENTREPLAN VERTICAL.** — Distance verticale mesurée entre le bord de fuite de l'aile avant et le bord d'attaque de l'aile arrière, appareil en ligne de vol.

**INTERINCLINAISON.** — Différence d'incidence de l'aile avant par rapport à celle de l'aile arrière choisie comme référence. L'interinclinaison est négative lorsque l'incidence de l'aile avant, est plus petite que celle de l'aile arrière. L'interinclinaison est positive lorsque l'incidence de l'aile avant est plus grande que celle de l'aile arrière (fig. 2).



**PREMIER REGIME.** — Conditions où le vol s'effectue à des vitesses et des incidences où le contrôle de l'appareil ne présente ni difficulté ni risque.

**SECOND REGIME.** — Conditions où le vol s'effectue à faible vitesse et à grande incidence au voisinage du  $C_z$  maximum.

**TROISIEME REGIME.** — Ou régime décroché. Conditions de vol au-delà du  $C_z$  maximum.

**DECROCHAGE.** — Régime de vol au-delà du  $C_z$  maximum où en principe l'aile a perdu tout pouvoir sustentateur.

**CENTRE DE POUSSEE.** — Intersection de la résultante aérodynamique sur la corde du profil d'aile.

**STABILITE.** — Faculté pour un Pou du Ciel écarté de son point d'équilibre stable d'y revenir de lui-même.

**MANCEUVRABILITE.** — C'est la possibilité en actionnant les gouvernes de contrôler tout le domaine du vol.

## CONDITIONS DE VOL

Les avions de formule Mignet se caractérisent par la disposition en tandem très rapproché de deux ailes. L'aile avant est à incidence variable. Articulée sur une cabane au niveau de son longeron situé entre le 1/5 et le 1/4 de la profondeur selon le profil utilisé. Le pilote fait varier l'incidence en déplaçant en avant ou en arrière le manche à balai assurant ainsi le contrôle en tangage, il tire pour monter et pousse pour descendre. L'aile arrière est fixe et ne comporte pas de gouverne, elle est calée à une incidence positive et participe à la sustentation.

A l'arrière un gouvernail vertical commandé par le déplacement latéral du manche à balai assure le contrôle en lacet.

En virage le contrôle en roulis est automatique, l'appareil s'incline proportionnellement au rayon du virage impulsé initialement par le gouvernail de direction et entretenu ensuite par l'aile avant. Ce système de contrôle permet de faire des virages extrêmement serrés à très grande inclinaison sans dérapage. Un Pou du Ciel ne peut voler droit et incliné, si une turbulence l'incline il revient à l'horizontale automatiquement, pour l'incliner il faut virer.

La formule Mignet ne connaît pas le décrochage au sens classique du terme. Aux grands angles de vol, moteur réduit, le Pou du Ciel se met en descente parachutale au troisième régime. Il reste constamment sous le contrôle du pilote qui peut très bien virer dans ces conditions sans risquer la vrille, et quitter ce régime de vol à tout instant en rendant la main ou en remettant les gaz. C'est le vol stable et pilotable en régime décroché, en symétrique et en dissymétrique.

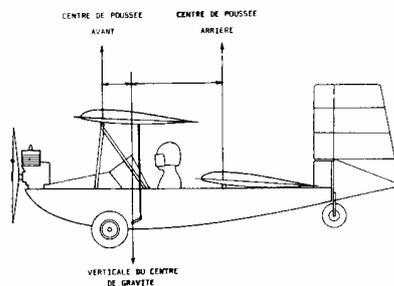
Les conditions de vol des appareils de formule Mignet se résument en trois points.

1. Pilotage sur les trois axes avec deux commandes seulement.
2. Stabilité en roulis automatique.
3. Non décrochage.

## REPARTITION DES PORTANCES

Sur un Pou du Ciel la charge est répartie sur les deux ailes et appliquée au centre de poussée des profils. L'idéal serait de charger de la même façon les deux ailes, mais la loi qui régit la stabilité de la formule s'y oppose.

L'aile avant supporte en conséquence la part la plus importante de la charge.



Il est également clair que la charge appliquée sur l'aile arrière varie selon le rapport des surfaces des deux ailes. Si les deux ailes sont d'égale surface on peut charger d'avantage l'aile arrière en respectant proportionnellement la charge alaire appliquée à une aile arrière plus petite.

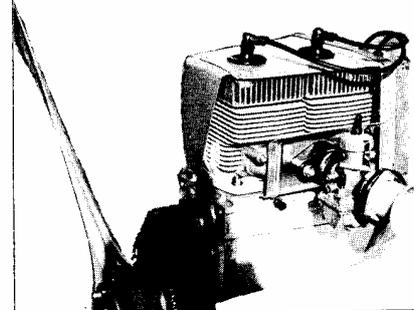
Ainsi l'expérimentation a montré que pour un Pou du Ciel dont l'aile arrière a une surface d'aile égale à environ 63 % de l'aile avant (cas des HM 14, HM 360 et HM 293) on peut appliquer 75 % de la charge sur l'aile avant et donc 25 % sur l'aile arrière. Sur un appareil dont l'aile arrière a une surface égale à celle de l'aile avant on peut envisager une répartition de 60 % sur l'aile avant et donc de 40 % sur l'aile arrière. Naturellement ces valeurs sont des maxima et dans le cas où l'on dispose d'une puissance confortable il est préférable de charger davantage l'aile avant.

Un avion de formule Mignet a une bonne répartition des charges quand en vol de croisière bien à plat sans monter ni descendre l'interinclinaison négative située entre 1 et 2 degrés.

Quelle que soit la formule aérodynamique, classique, aile volante, canard ou Mignet un centrage trop arrière provoquera toujours une instabilité telle qu'en vol aux petits angles d'attaque et à vitesse élevée, la machine passera irrémédiablement sur le dos quoi que fasse le pilote. Ceci est une règle générale pour tous les aérodynes sustentés par des ailes.

(à suivre)

# MOTEURS HIRTH LORAVIA



Moteur HL 2701 RC 240  
équipé d'une hélice propulsive

- Moteur H 2701 : 2 temps, by-cylindres en ligne, cylindrée 493 cm<sup>3</sup>, 43 CV à 6 500 tr/mn, refroidi par turbine, équipé d'un démarreur électrique, pipe d'échappement et carburateur avec buse d'aspiration.

Le moteur complet : 7 750 F TTC

- Moteur HL 2701 - RC 240. Idem mais équipé d'un réducteur à courroie crantée, rapport 1/2,4.

Prix : 10 250 F TTC

- Moteur HL 2701 RR 179, identique au H 2701 mais équipé d'un réducteur à engrenage rapport 1/1,79

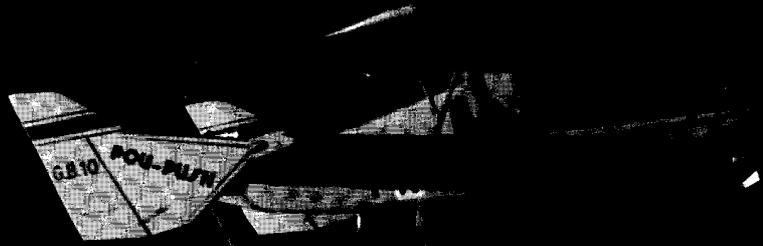
Prix : 11 200 F TTC

Tous nos moteurs et réducteurs  
bénéficient d'une garantie totale  
pièces et main-d'œuvre

Toutes  
pièces détachées  
disponibles

## LORAVIA

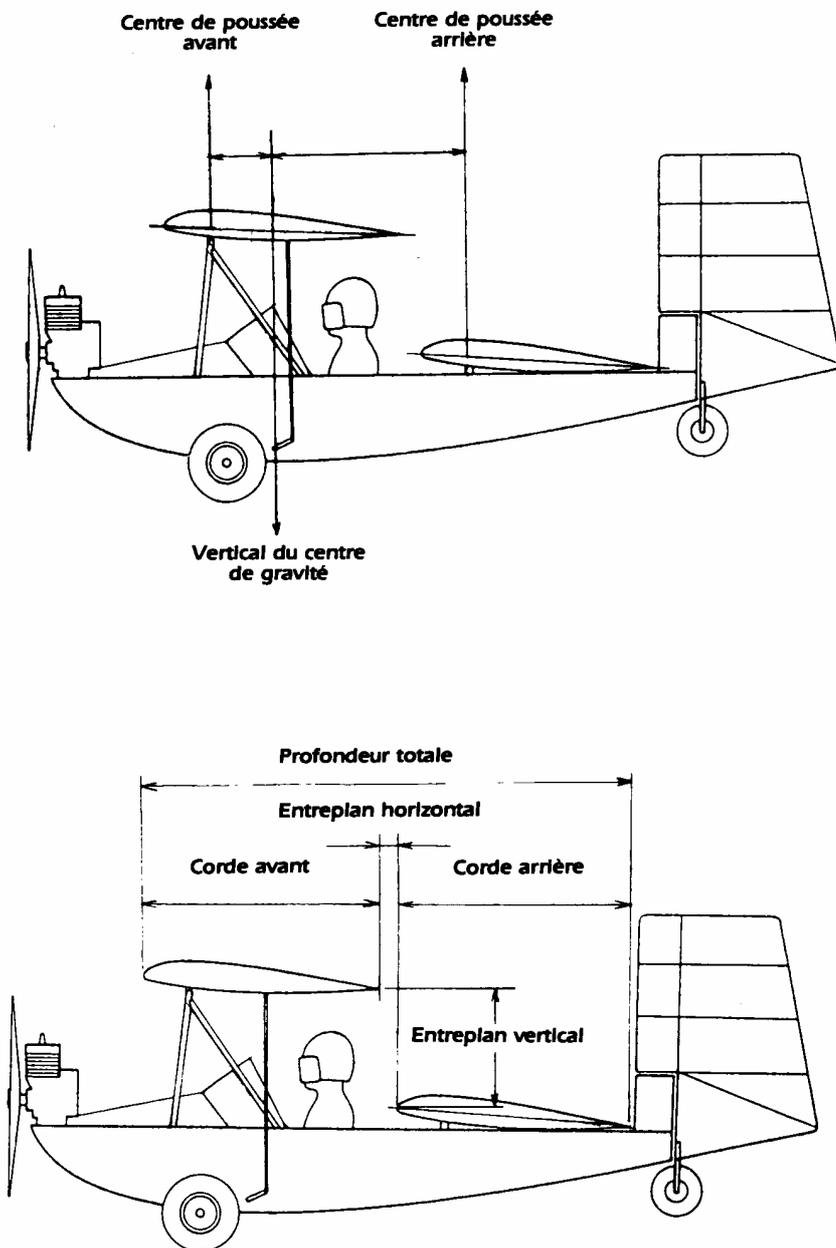
Aérodrome  
57110 YUTZ  
Tél. : (8) 256.63.71



# LA FORMULE MIGNET

Le Pou-Push de Georges Briffaud.

(Suite de l'article paru dans le N°35).



## PROPORTIONS DES AILES

La formule Mignet s'accommode particulièrement bien des petites envergures. Pour ne pas charger exagérément l'aile avant on a donc intérêt à avoir une grande aile arrière, pour pouvoir lui appliquer une part appréciable de la charge. Ceci dans les limites fixées précédemment. Deux ailes d'égales surfaces sont parfaitement concevables.

Mignet a utilisé ce rapport de surface sur son HM 16, Cosandey et Guilhabert également, sur des planeurs. L'expérimentation de la formule Mignet aura vu toutes sortes de rapports de surface. Les deux extrêmes pour les ailes arrière se situant entre 45 et 100 % de l'aile avant.

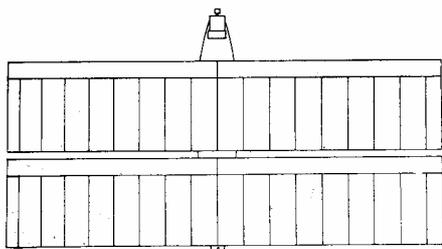
Au-delà de 100 %, nous aurions affaire à un canard ! Chaque solution a ses avantages, la grande aile avant a pour elle un plus grand allongement et une meilleure efficacité ; 1 mètre carré de surface d'aile avant porte plus de charge que 1 mètre d'aile arrière.

Deux ailes égales permettent d'avoir une machine plus compacte, plus légère, ayant moins d'inertie latérale, donc un meilleur taux de roulis. Cela donne aussi des éléments plus petits à construire, transporter et garer.

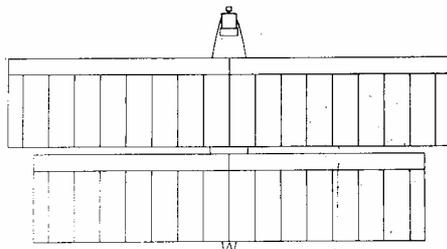
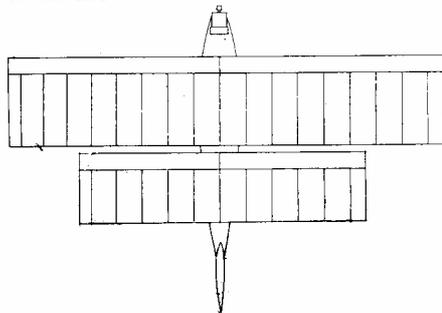
Un autre avantage des grandes ailes arrière est de donner une meilleure manœuvrabilité en tangage. Quand l'interinclinaison devient positive, l'aile arrière se transforme en empennage et son couple de rappel est d'autant plus puissant que sa surface est importante.

## ENTREPLAN HORIZONTAL

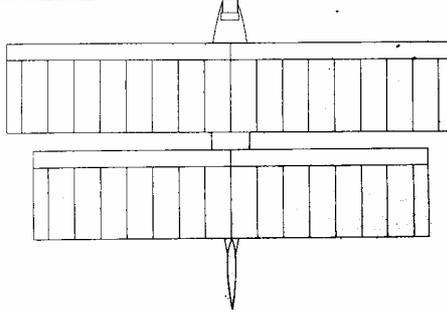
L'expérience a montré que l'écartement des ailes n'avait aucune importance sur la stabilité en tangage du Pou du Ciel. Ainsi, on a pu voir des Pou du Ciel ayant un entreplan négatif très important, de l'ordre de 250 mm, être parfaitement stables, alors que des Pou du Ciel ayant un entreplan positif étaient parfaitement instables. Il faut se souvenir que c'est en avançant l'aile avant, donc en diminuant le recouvrement des ailes, pour reculer le centrage, que le HM 14



Rapport de surface aile avant et arrière



Entreplan horizontal 5 à 20%



est devenu instable.

L'ingénieur J. Mottez, qu'on doit considérer comme le théoricien de la formule Mignet, a démontré que, pour des dimensions données d'ailes avant et arrière, la stabilité reste inchangée lorsque l'entreplan horizontal varie, si la répartition des charges sur les deux ailes est identique. Nous avons pu le vérifier en comparant la répartition des charges sur des appareils possédant des entreplans très différents et que nous avons pilotés.

Par contre, un grand entreplan horizontal éloigne du centre de gravité les centres de poussée des deux ailes et donne, pour une variation d'incidence donnée, une manœuvrabilité en tangage plus grande.

L'écartement excessif des deux ailes a par contre un résultat désastreux sur le roulis. Nous avons beaucoup volé sur un Pou du Ciel qui avait un entreplan horizontal égal à 60 % de la corde de ses ailes et le dérapage en virage était considérable.

En résumé, on peut dire qu'un entreplan horizontal compris entre 5 et 20 % de la profondeur de l'aile avant est un compromis convenable pour une bonne manœuvrabilité en tangage et en roulis.

## ENTREPLAN VERTICAL

Les essais à la soufflerie de Chalais-Meudon du Pou du Ciel ont montré que l'entreplan vertical avait une influence négligeable sur la stabilité en tangage, on peut donc installer son aile avant à la hauteur convenant le mieux pour l'accès à la cabine, en respectant le débattement minimum de l'aile.

## DÉBATTEMENT DE L'AILE

Le respect du débattement de l'aile avant est très important sur le Pou du Ciel. C'est la garantie d'une manœuvrabilité en tangage suffisante dans tout le domaine de vol.

Appareil en ligne de vol horizontal, l'aile a un débattement vers le bas d'au moins 12°, si on peut mettre davantage c'est encore mieux. Vers le haut, 0° est un maximum.

Le débattement négatif est formellement déconseillé. Regardez sur les tableaux des profils la courbe de portance, vers  $-1^\circ$  se trouve l'incidence de portance nulle qui vous guette, avec la chute à la verticale et le passage sur le dos si, par malheur, vous êtes centré un peu trop en arrière.

Rassurez-vous tout de même, un Pou du Ciel se pilote normalement avec un débattement d'aile de 3 à 4°. Si le débattement négatif doit être limité, c'est pour éviter que, dans des conditions de vol très turbulentes, le pilote, en se défendant énergiquement, ne passe par inadvertance à l'incidence de portance nulle.

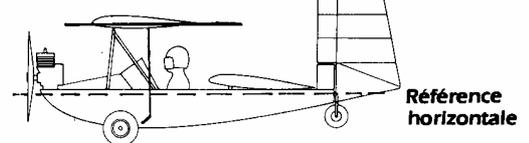
De même, les 12° positifs sont nécessaires pour se récupérer si la turbulence met artificiellement le Pou à une incidence de vol négative. Ces 12° vous permettent aussi de voler en toute sécurité aux grands angles.

## POSITION DE L'AXE D'HÉLICE

Pour des raisons de fixation du moteur sur l'appareil, de garde d'hélice, on n'est pas toujours maître du positionnement de l'axe de l'hélice. Trois cas sont possibles :

— L'axe de l'hélice est dans l'axe de la ligne de vol et passe par le centre de gravité, en gros tangent au-des-

Manche à fond en avant 0°



Manche à fond en arrière + 12°



Incidence négative : danger



sous de l'aile arrière ; dans cette situation, son action sera probablement neutre.

— Second cas, le plus fréquent : il est au-dessus du centre de gravité ; dans cette position, il engendre un couple piqueur qu'il faudra contrer en lui donnant une incidence positive.

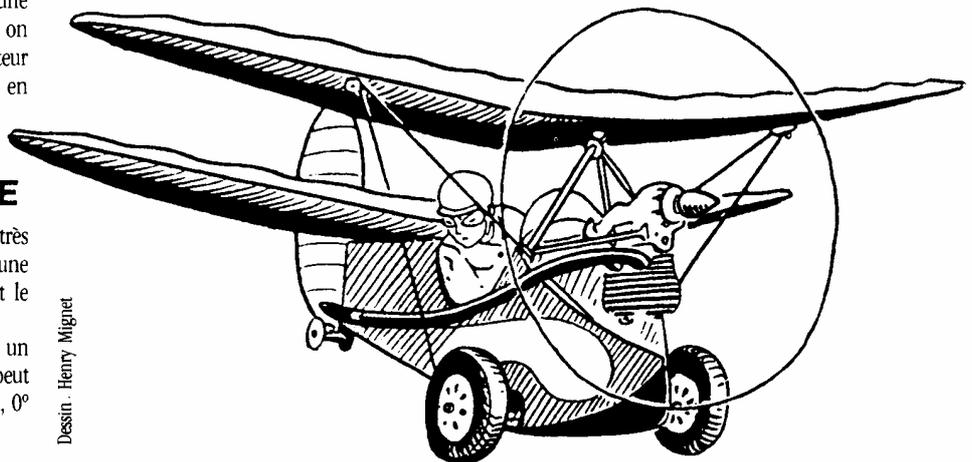
— Enfin, il est sous le centre de gravité et il engendre alors un couple cabreur qu'il faudra combattre en lui donnant une incidence négative.

— Il est impossible de chiffrer la valeur de ces angles, ce que nous vous indiquons c'est la tendance vers laquelle il faut aller.

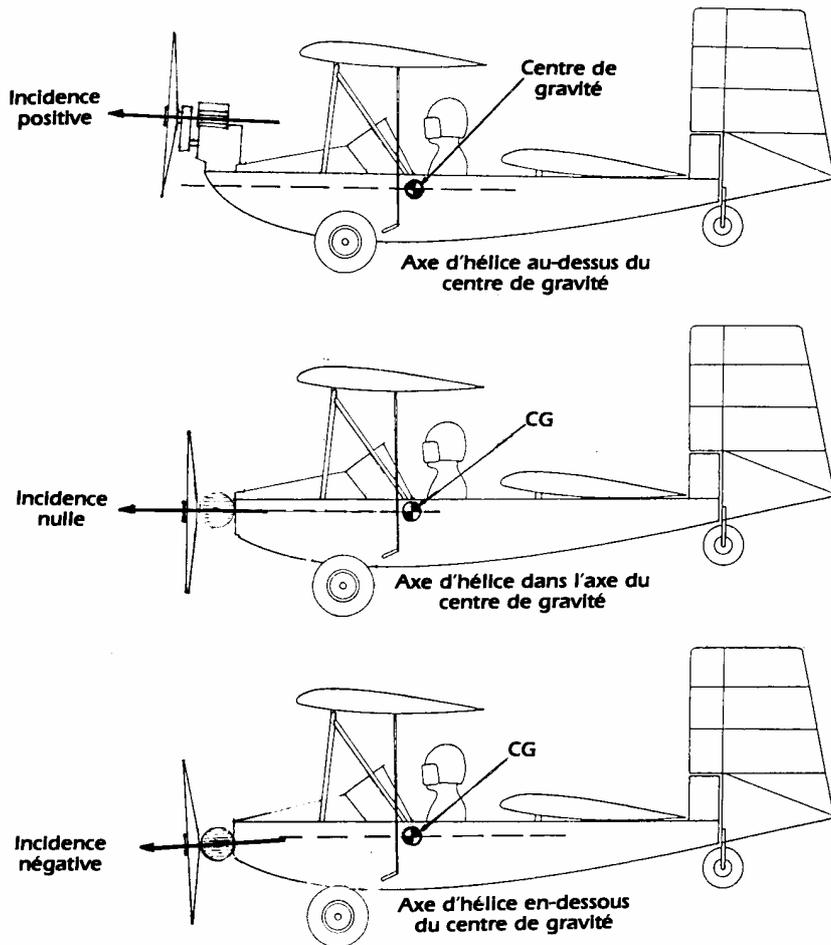
— Sur un Pou dont l'axe d'hélice est convenablement calé, on passe de la montée plein gaz au vol en palier uniquement en réduisant les gaz, sans toucher au manche. Quand on est en vol horizontal et qu'on réduit les gaz, l'appareil doit se mettre de lui-même en pente de descente.

## PROFIL DES AILES

Sur les derniers Pou du Ciel que Mignet a conçus, il a utilisé un profil à double courbure qu'il désigne 3.40, qui donne, sur des machines convenablement centrées, de bons résultats. Malheureusement, on ne dispose d'aucune valeur concernant les caractéristiques théoriques de ce profil.



Dessin : Henry Mignet



En 1979, nous avons réactualisé un profil étudié en 1935 par le NACA, dont les caractéristiques de tangage conviennent particulièrement bien à la formule Mignet, il s'agit du NACA 2.31. Nous vous donnons les cotes et les résultats d'essais en soufflerie publiés par le NACA pour le 2.31.12, c'est-à-dire un profil de 12 % d'épaisseur maximum. En utilisant les méthodes de calcul du NACA, on peut naturellement dériver un profil d'épaisseur maximum à sa convenance.

Vous remarquerez le sens du déplacement du centre de poussée qui avance aux petits angles d'attaque. Ceci est très favorable à la stabilité à ces régimes de vol. Le squelette de ce profil est à double courbure, avec un reflexe assez léger, ce qui lui donne un coefficient de traînée très faible pour un profil de cette catégorie.

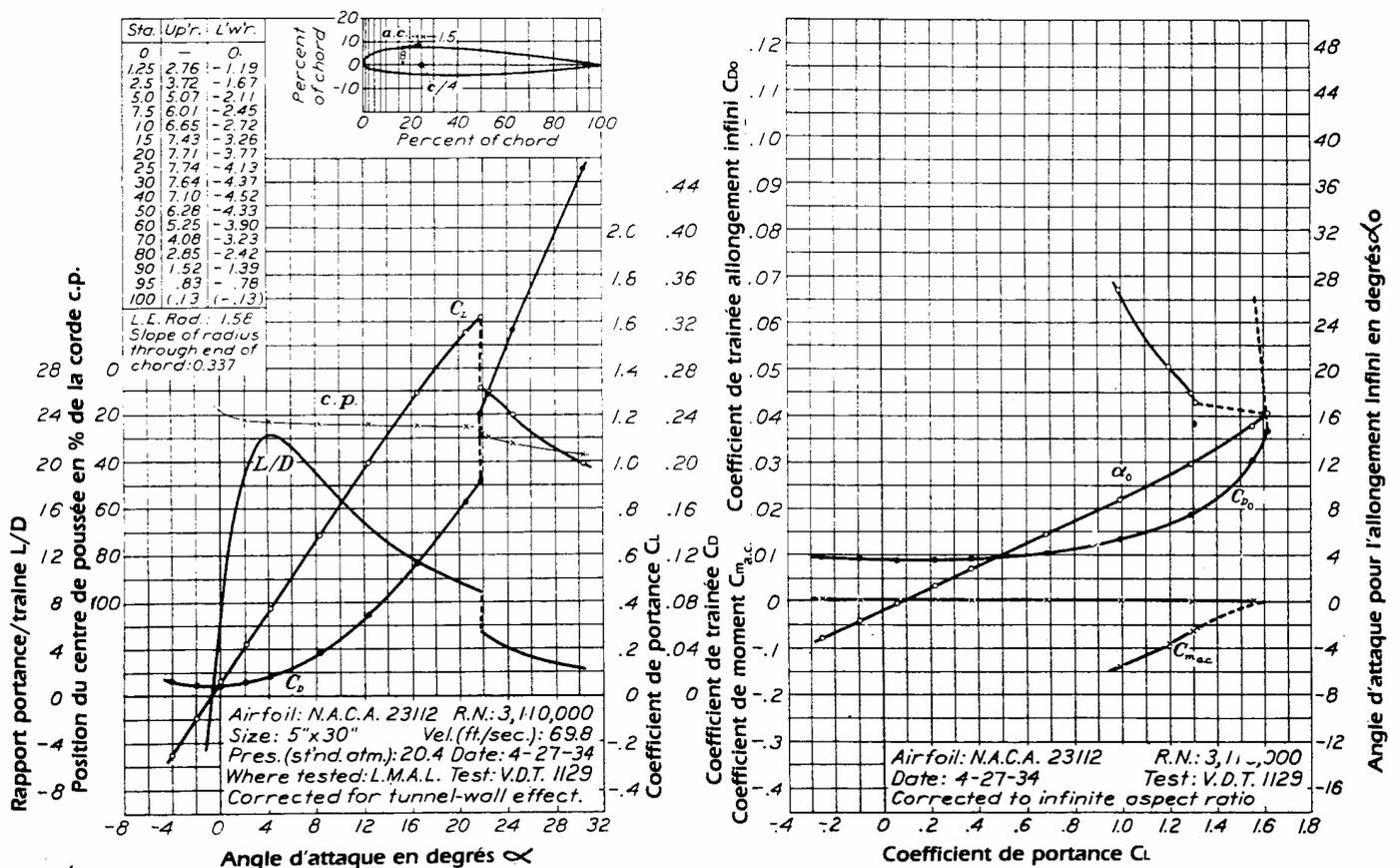
Le profil NACA 2.31 a été expérimenté en vol sur trois Pou du Ciel différents construits par Gilbert Landray, dont son ULM Visa-Pou. Nous les avons pilotés et pouvons affirmer que les résultats sont conformes aux résultats du NACA. En particulier, le moment de tangage nul, qui donne une absence d'efforts dans le manche pour tout le domaine de vol.

Le point d'articulation de l'aile avant avec ce profil se situe aux alentours de 21 % de la corde.

En tout état de cause, il est impératif d'utiliser sur les Pou du Ciel, qui sont des avions sans empennages, des profils dits autostables à  $C_{m0}$  nuls ou positifs dont le centre de poussée reste toujours en avant du foyer.

A suivre...

YVES MILLIEN



Profil N.A.C.A. 23112

Pour la lecture de ces courbes se reporter aux numéros 31 et 32 de Finesse

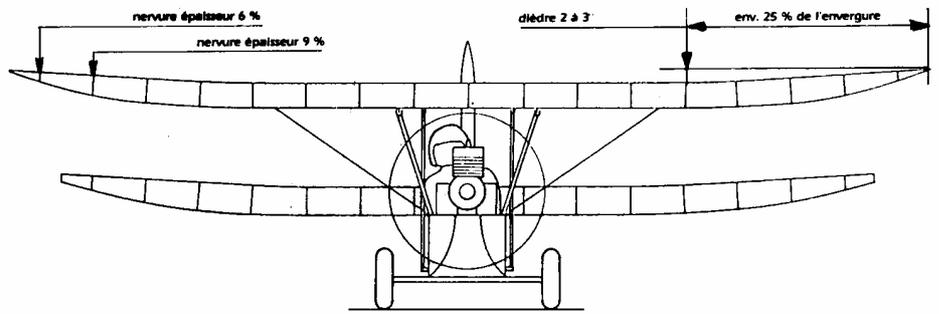
# FORMULE MIGNET



de chaque côté. Il est également possible d'avoir l'origine du dièdre au centre de l'aile et d'avoir un dièdre constant sur chaque demi-aile avec toujours 2 à 3 degrés.

— Encore une fois les choix sont multiples l'essentiel étant de mettre du dièdre.

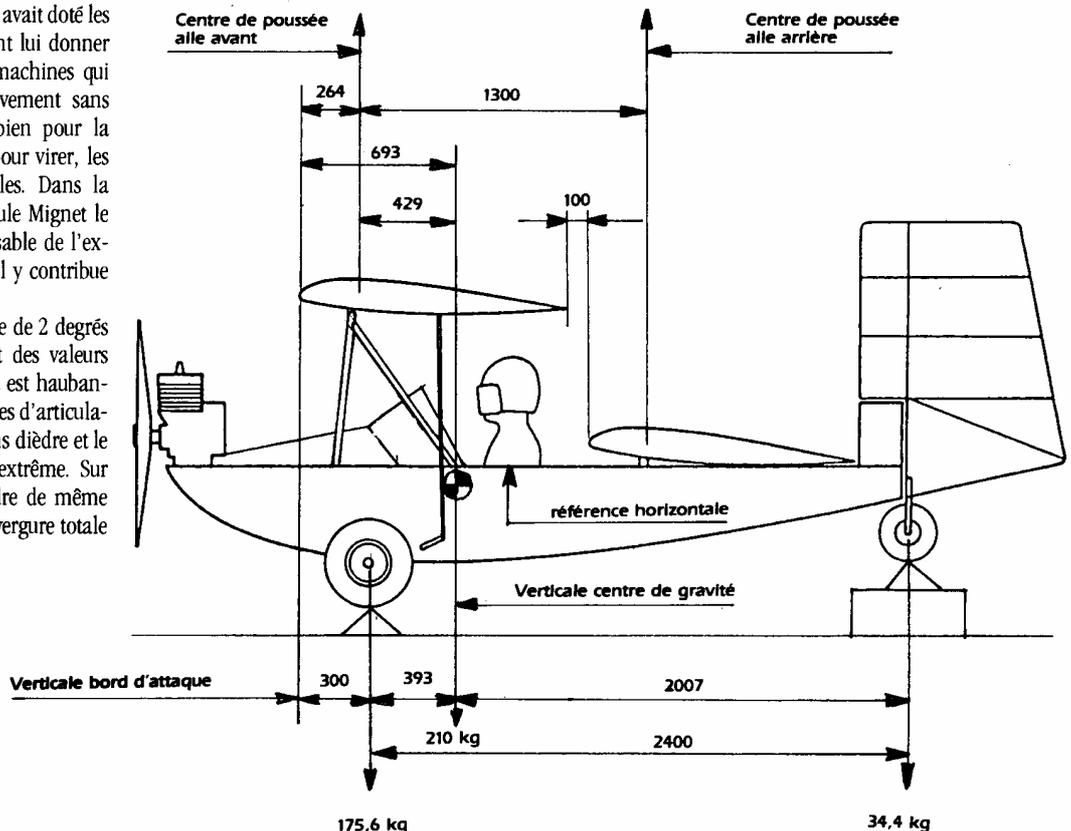
Pour les ailes de forme rectangulaire, on amincit les bouts d'ailes en dotant les deux dernières nervures de profils d'épaisseur relative plus faible, cette façon de procéder améliore l'effet de dièdre. L'avant-dernière nervure peut faire 9 % d'épaisseur relative et la dernière 6 %.

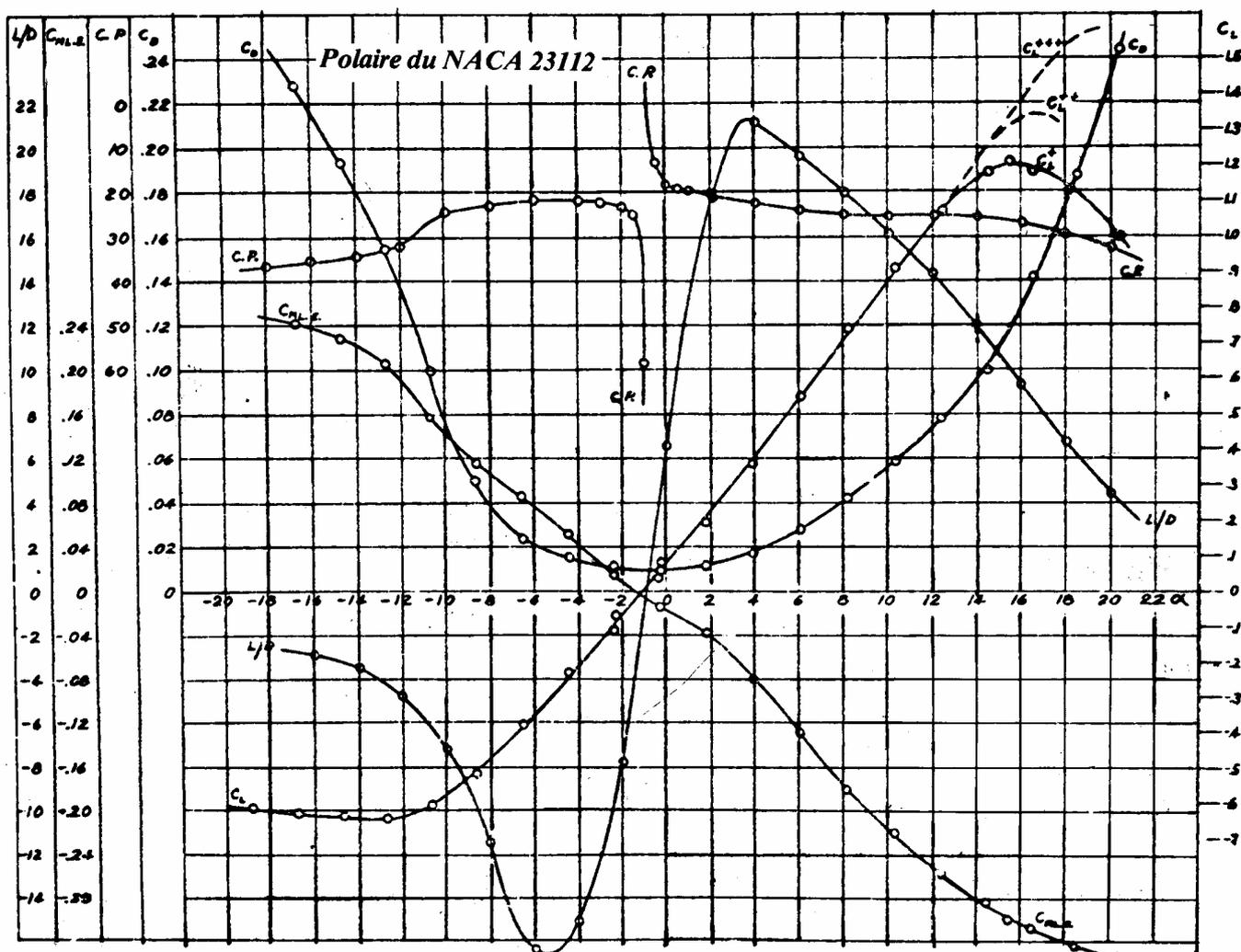


## LE DIEDRE

Sur le premier Pou du Ciel Henri Mignet avait doté les ailes d'un dièdre très important pensant lui donner une grande stabilité latérale. Sur les machines qui suivirent le dièdre diminua progressivement sans affecter la stabilité en roulis. Aussi bien pour la correction aérodynamique du vol que pour virer, les ailerons de gauchissement sont inutiles. Dans la disposition des ailes propres à la formule Mignet le dièdre n'est sans doute pas seul responsable de l'excellente stabilité latérale du Pou mais il y contribue pour une grande part.

— L'expérience a montré qu'un dièdre de 2 degrés minimum et 3 degrés maximum sont des valeurs limites convenables. Quand l'aile avant est haubanée, pour des raisons d'alignement d'axes d'articulations, on a une partie centrale d'aile sans dièdre et le dièdre commence au-delà du hauban extrême. Sur une aile sans hauban on met un dièdre de même valeur sur environ 25 pour cent de l'envergure totale





**Caractéristiques du Profil NACA 23112**  
 Allongement 6,6 - Nombre de Reynold 1.200.00  
 + N.R. 1.200.000 tests au Tunnel  
 ++ N.R. 2.400.000 tests en vol  
 +++ N.R. 8.200.000 tests NACA

### LE CENTRAGE

Centrer un Pou du Ciel c'est faire passer la verticale du centre de gravité à une distance déterminée du bord d'attaque de l'aile avant l'appareil étant en ligne de vol. Pour des raisons de clarté nous allons prendre un exemple pratique.

— Soit un Pou du Ciel dont l'aile avant fait 6 m d'envergure et 1,20 m de corde, soit 7,20 m<sup>2</sup> de surface. L'aile arrière fait 5,30 d'envergure pour 1,20 m soit 6,36 m<sup>2</sup> de surface. Dans ce cas la surface de l'aile arrière est entièrement comptée son extrados n'étant pas oblitéré par un carénage.

— La surface de l'aile arrière représente :  $6,36 : 7,20 = 88\%$  de l'aile avant.

Nous savons que dans le cas de deux ailes égales nous pouvons appliquer sur l'aile arrière 40 % de la charge totale.

Nous savons aussi que pour une diminution du rapport de surface aile arrière, aile avant de 1 % il faut diminuer la charge qui lui est appliquée d'environ 0,6 %.

Dans notre cas l'aile arrière a une surface inférieure à

celle de l'avant de 12 % nous pouvons donc lui appliquer 40 % —  $(12 \times 0,6) = 32,8\%$  de la charge totale que nous arrondissons à 33 % soit 67 % sur l'aile avant.

— Sur les tableaux du NACA 23112 on relève qu'à l'incidence de 3 degrés le centre de poussée du profil se situe à 22 % de la corde, soit dans notre cas  $1,20 \text{ m} \times 22 = 0,264$ .

— Le centre de poussée de l'aile arrière se trouve 1,20 m en arrière de celui de l'aile avant distance à laquelle il faut ajouter l'entreplan horizontal soit  $1,20 + 0,10 = 1,30 \text{ m}$ .

— Nous pouvons maintenant situer la position du centre de gravité - posons  $1,30 \times 33 : 100 = 0,429 \text{ m}$ .

— Si nous ajoutons la cote du centre de poussée nous obtenons la distance du centre de gravité par rapport au bord d'attaque soit  $0,264 + 0,429 = 0,693 \text{ m}$ .

— C'est la position extrême arrière du centre de gravité pour le rapport des surfaces d'ailes de notre exemple avec un entreplan de 0,10 m.

— Le centrage pratique a pour but de vérifier la concordance avec les calculs.

— On installe une bascule sous chaque roues avant et sous la roulette arrière, sous celle-ci on dispose une cale pour que l'appareil soit bien en ligne de vol. Elle est confirmée par un niveau à bulles posé sur le dessus du fuselage.

— On met dans le réservoir environ 5 litres de carburant. On installe dans le fuselage un pilote d'environ 90 kg, n'oublions pas que notre pesée a pour but de vérifier le centrage maxi arrière.

— La pesée nous donne 175,6 kg sur les roues avant et 34,4 kg sur la roulette arrière soit un poids total de 210 kg.

— On obtient la position du centre de gravité par rapport aux roues en posant  $34,4 \times 2,40 : 210 = 0,393 \text{ m}$ .

— Si on ajoute à cette valeur la distance entre l'aplomb du bord d'attaque et l'axe des roues avant on obtient :  $0,393 + 0,300 = 0,693 \text{ m}$ .

— Et on s'aperçoit qu'on a gagné la réalité correspond au calcul !

— Maintenant ça peut ne pas coller, alors il faut bouger l'aile avant, ce qui modifie l'entreplan horizontal. Il faut intégrer dans les calculs la nouvelle valeur de l'entreplan. La règle directrice est que si le centre de gravité tombe trop en arrière il faut RECULER l'aile avant et s'il tombe trop en avant l'AVANCER.

Yves Millien