

# Centrage et calage...

## Les éléments capitaux pour qu'un modèle soit sain. [Première Partie]

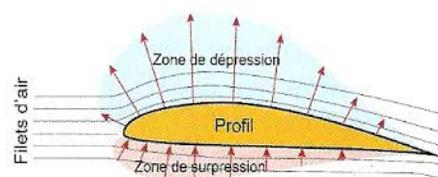
Après votre formation au pilotage sur l'avion école du club qui fonctionne parfaitement parce que votre moniteur le connaît par cœur, vous avez fait l'acquisition de votre premier kit. Il y a de fortes chances que ce soit un RTF et qu'une notice très complète vous ait été livrée avec. Le voilà maintenant terminé et, à la fin de la notice, il est question de centrage...

Mon avion vole queue basse, il doit être mal centré... Combien de fois ai-je entendu ce genre de phrase "à côté de la plaque" sur les terrains de vol ? Combien de fois aussi m'a-t-on demandé de faire voler un avion ou un planeur pour donner "mon avis" quand le pilote s'était fait quelques frayeurs, et qu'avant même de prendre les manches, je pouvais déceler juste en soulevant l'avion, qu'un centrage par trop arrière ne pouvait que donner un résultat catastrophique. Au cours des pages qui suivent, je vous propose de refaire un petit tour de deux points capitaux pour qu'un avion vole sainement, qui sont le centrage, mais aussi le calage. Calage de l'aile, mais aussi calage du stab d'ailleurs (et par conséquent un troisième larron appelé Vé longitudinal qui est indissociable des deux autres...). Nous allons voir tout ça le plus possible par la pratique et en vous donnant le moins possible de grosses formules de maths.

### Petit retour sur les bases de ce qui fait voler un avion

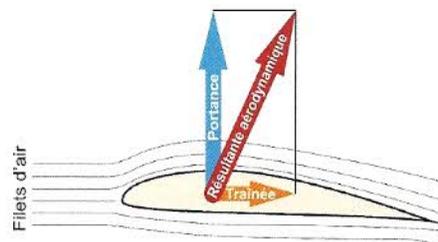
Votre avion ou votre planeur fait une certaine masse. Pour qu'il tienne en l'air, il faut qu'une force le tire vers le haut, avec la même intensité que la masse. Cette force, c'est la "PORTANCE" et ce sont les ailes qui sont chargées de la créer. C'est l'écoulement de l'air autour de l'aile qui crée cette portance, d'une part en exerçant une dépression sur l'extrados de l'aile (et c'est le plus gros de la portance), d'autre part en exerçant une surpression à l'intrados. Mais si la portance est l'effet utile que l'on recherche, la force résultant réellement de la dépression et de la surpression (Que l'on appelle la RESULTANTE AERODYNAMIQUE) n'est pas dirigée "pile" vers le haut... Elle est aussi inclinée vers l'arrière. On la décompose (pour que

ce soit plus pratique) en deux forces, notre portance, et la "TRAINEE", que tout un chacun connaît sous le terme "grand public" de "Résistance de l'air".



L'écoulement des filets d'air autour de l'aile provoque une dépression à l'extrados et une surpression à l'intrados.

Plusieurs facteurs entrent en ligne de compte pour quantifier l'intensité de la portance (et de la traînée) exercée : le carré de la vitesse (la vitesse multipliée par la vitesse), la viscosité de l'air (ça, on ne peut guère y toucher...), la surface de l'aile, et la forme du profil.



Dépression et surpression se combinent en une force : la résultante aérodynamique, que l'on décompose en portance et traînée.

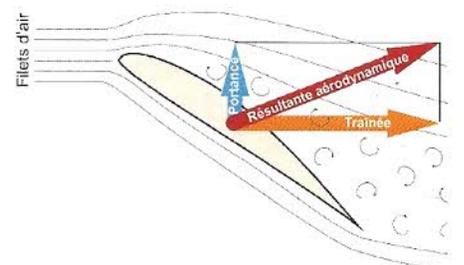
Mais la forme du profil, c'est une chose, l'angle avec lequel ledit profil se présente dans l'écoulement de l'air, c'en est une autre, et c'est un paramètre capital. On l'appelle "INCIDENCE". Pour bien préciser les termes, la CORDE DE REFERENCE du profil est une droite qui passe par le bord d'attaque (le point le plus avant du profil) et le bord de fuite (point le plus arrière). L'incidence

est l'angle formé entre la corde de référence du profil et l'écoulement de l'air.



L'incidence est liée à la direction des filets d'air.

Suivant cet angle, la portance va évoluer, elle peut être nulle, elle peut être positive (dirigée vers le haut) ou négative (dirigée vers le bas)... En général, plus on augmente l'incidence et plus la portance augmente et la traînée aussi, jusqu'à un angle critique où les filets d'air ne parviennent plus à s'écouler en restant collés à l'extrados. Quand ils se décolent, la dépression d'extrados s'effondre, la portance aussi, le point où la résultante aérodynamique s'exerce recule brutalement et c'est le DECROCHAGE dont vous avez tous entendu parler...

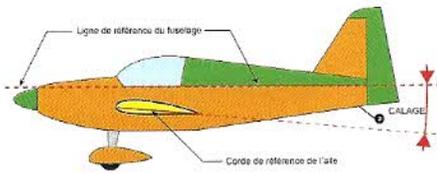


Quand l'incidence est trop forte, les filets d'air ne peuvent plus suivre l'extrados, c'est le "décrochage".

### Êtes-vous calé ?

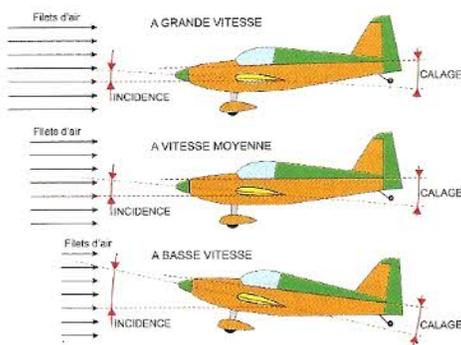
En général, on cherche à ce qu'un avion vole à sa vitesse de croisière avec l'aile fournissant assez de portance pour équilibrer la masse, mais avec une traînée la plus faible possible. On a alors un bon rendement de l'aile et ça correspond à un angle d'inci-

dence assez faible, qui selon les profils et la vitesse recherchée sera de 0,0° à 3,0-4,0° tout au plus (en modèle réduit, car c'est souvent plus fort sur un avion grandeur nature). Maintenant, on va dessiner un modèle "lambda" pour bien comprendre une notion trop souvent floue dans les esprits, le "CALAGE".



Le calage lie la corde de référence d'aile à la ligne de référence du fuselage.

Sur le fuselage, on a dessiné un axe horizontal fictif qui sert de ligne de référence. Notre profil d'aile a sa corde de référence. Le calage de l'aile est l'angle entre la ligne de référence du fuselage et la corde de référence du profil. En règle générale, sur un avion ou un planeur, le calage est une valeur fixe (il existe de rares cas de calage variable en vol, mais on sort de notre sujet). Il est très important d'utiliser les bons termes pour bien comprendre ce que l'on peut régler sur un modèle tant lors de la construction, qu'ensuite, lors des vols de mise au point. Trop souvent, les aéromodélistes confondent calage et incidence et il s'ensuit des grosses confusions. Le calage est un paramètre géométrique dans la construction du modèle, l'incidence est un angle entre l'écoulement de l'air et la corde de référence de l'aile qui donc varie tout au long du vol.



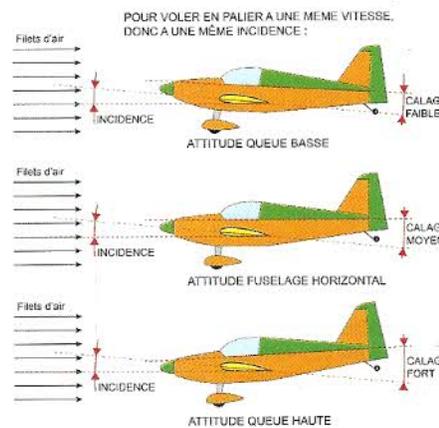
Selon la vitesse de vol, pour tenir un vol en palier, l'incidence doit varier. Le calage, lui, ne change pas.

Nous allons tout de suite comprendre que l'attitude d'un modèle en vol est directement liée au calage de l'aile. Si l'aile vole avec une incidence et une vitesse permettant d'équilibrer la portance, le vol en palier sera tenu. Si le fuselage se présente alors nez bas/queue haute, c'est que le calage est fort. Si le fuselage se présente nez haut/queue basse, c'est que le calage est trop faible... Dans les

deux cas, le fuselage ne se présente pas de manière optimale et crée plus de traînée que nécessaire. Dans l'idéal, le fuselage se présente avec sa ligne de référence parallèle avec les filets d'air et il offre une traînée minimale.



Les «Multis» de voltige type F3A modernes ont un calage faible et un fuselage dessiné pour qu'il semble parfaitement horizontal sur le ventre comme sur le dos.



Selon le calage de l'aile lors de la construction, le modèle volera avec une attitude différente pour voler à la même vitesse, car la portance nécessaire à équilibrer la masse du modèle est liée à l'incidence.



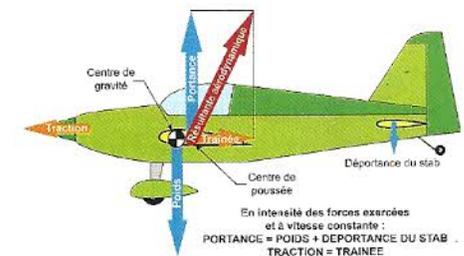
Exemple type d'un avion qui vole avec une allure queue haute : le fuselage est conçu pour donner une visibilité maximum au pilote et bien dégager le stab du sillage de l'aile... et des produits pulvérisés. L'incidence est portant tout à fait «normale».

Vous le voyez, l'attitude d'un modèle en vol est simplement liée au calage de l'aile, et il ne faut rien en déduire d'autre, contrairement à ce que l'on entend trop souvent. Je mets toutefois un bémol, car nous verrons un peu plus loin qu'en théorie, changer la position du centre de gravité peut avoir une très légère influence sur l'attitude... Mais ça reste faible et il faut bien avoir en tête que l'attitude du modèle est avant tout liée au calage de l'aile sur le fuselage.

## Êtes-vous équilibré ?

Maintenant, le fait que la portance ait une intensité qui équilibre la masse ne suffit pas à ce qu'un avion vole bien... Imaginez que vous ayez une boîte de sucre d'un kilo (oui, je sais, ça ne vole pas terrible). Posez un doigt dessous pour la tenir en l'air. Si votre doigt n'est pas pile sous le centre de gravité de la boîte, elle bascule... (lui, il nous raconte des évidences, il se fiche de nous...). Non, c'est juste pour amener au fait que sur votre modèle, c'est vrai aussi, il faut que la force appelée portance soit non seulement de même intensité que la masse mais il faut aussi qu'elle s'exerce au bon endroit pour que l'avion reste en équilibre, bien à plat. Si la portance s'exerce trop en avant par rapport au centre de gravité de l'avion, celui-ci va se cabrer. Si elle l'exerce trop en arrière, il va piquer. Bon, si la portance s'exerçait toujours exactement au même endroit de l'aile, ça serait facile... Mais il faut savoir que quand l'incidence varie, le point où s'applique la résultante aérodynamique se déplace vers l'avant ou vers l'arrière, plus ou moins selon la forme du profil... De plus, il arrive que le centre de gravité change au cours du vol (un réservoir qui se vide est le cas le plus courant). C'est pour ça qu'il faut trouver un truc pour stabiliser notre avion, on l'a d'ailleurs appelé STABILISATEUR (ou STAB). C'est la petite surface que l'on trouve sur les aéromodèles les plus courants à l'arrière (oui, ça, vous le saviez, désolé...). Sans vous faire toute une théorie barbante, pour qu'un modèle de proportions classiques puisse être stable, il faut avoir la configuration suivante :

- Le centre de gravité est en avant du point d'application de la résultante aérodynamique.
- Le stab exerce une petite "déportance", c'est-à-dire une portance qui s'exerce en sens inverse de la portance, donc vers le bas.



La stabilité sur un avion ou planeur de proportions «standards» est obtenue avec le centre de gravité en avant du centre de poussée de l'aile et avec le stab fournissant une portance vers le bas (déportance).

Dans cette configuration, quand pour une raison X ou Y (changement d'incidence provoqué par un mouvement de la masse d'air genre entrée dans une ascendance) l'avion tend à s'écarter de sa position d'équilibre,

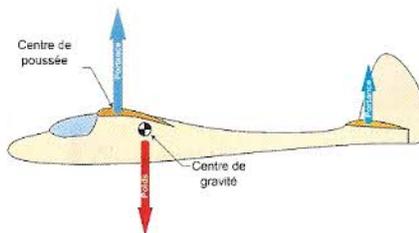
le changement d'incidence du stabilisateur va provoquer une modification de sa déportance qui va contrer le mouvement et ramener l'avion vers sa position d'équilibre.

- Si le centre de gravité est très en avant par rapport au point d'application, l'avion est très stable et autocorrige les variations d'incidence très rapidement, mais aussi parfois avec excès, ce qui fait que voler à une vitesse autre que celle pour laquelle il est réglé, est désagréable.

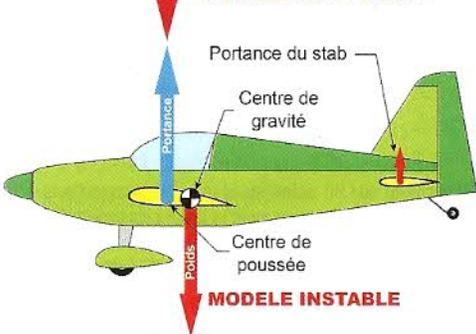
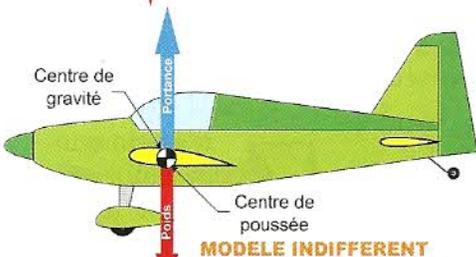
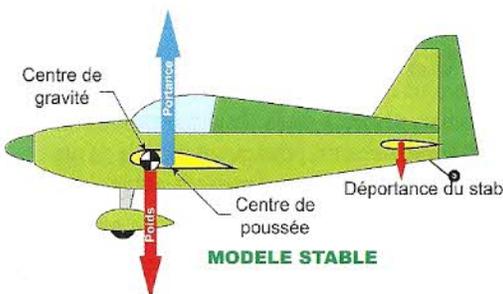
- Si le centre de gravité est très proche du point d'application, le stab n'a qu'une très faible déportance à exercer. Il est facile de voler à des vitesses variées, mais en contrepartie, l'avion est plus chatouilleux, plus difficile à piloter.

- Si le centre de gravité passe en arrière du point d'application de la résultante aérodynamique, le stab doit non plus déporter, mais porter... avec une formule classique au niveau proportions, on a alors un comportement "instable", c'est-à-dire que si le modèle est écarté de sa position d'équilibre, et sans action du pilote, il va continuer à s'écartier de cette position : s'il se met à piquer, le piqué ira en s'aggravant, s'il cabre, il continue à cabrer jusqu'au décrochage, ou il fera une boucle.

Pour ce dernier cas du centre de gravité en arrière du point d'application de la résultante aérodynamique, il convient de parler d'un cas particulier : on peut rencontrer des aéromodèles dotés volontairement d'un stab porteur, c'est-à-dire doté d'un profil dissymétrique, qui en fait une aile à part entière. On peut retrouver une stabilité normale, à une condition : la surface du stab (par rapport à celle de l'aile) doit être très importante. C'est le cas sur des aéromodèles de vol libre, et on trouve ce cas sur quelques planeurs RC anciens, qui dérivent du vol libre. On a alors une surface de stab représentant 20 à 25 % de la surface de l'aile, alors que sur un planeur actuel à stab déporteur, le stab ne représente que 10 à 15 % de l'aile. Cette formule du stab porteur donne en général des aéromodèles au vol lent, inaptes aux accélérations, et volant à une vitesse très constante.



**Cas particulier, les planeurs dits à «stab porteur» :** celui-ci possède une très grande surface et un profil porteur, c'est une «aile»... Le centre de gravité est alors en arrière du centre de poussée de l'aile.

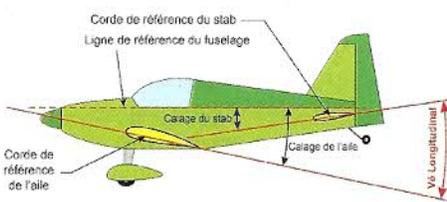


La stabilité du modèle est liée à la position du centre de gravité par rapport au centre de poussée de l'aile, mais aussi à des facteurs dépendant de la surface du stab et sa position.



L'Amigo IV de Graupner est typique de la configuration à aile à profil creux et stab porteur. Il est centré à 55 % de la corde de l'aile.

Donc, dans le cas le plus fréquent, on recherche un vol stable, mais pas à l'excès non plus... Le stab devra être très légèrement déporteur, et donc aura besoin de voler avec une incidence légèrement négative. Comme l'aile, le profil du stab a une corde de référence. Cette corde est "calée" sur le fuselage. On va pouvoir définir un nouvel angle, qui est compris entre la corde de référence de l'aile et la corde de référence du stab. On l'appelle le Vé LONGITUDINAL.

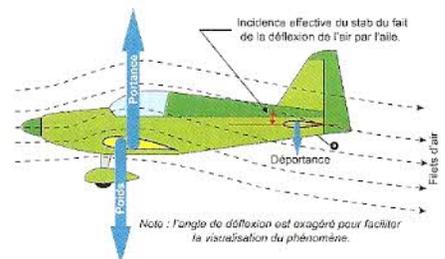


Note : les angles du schéma sont très exagérés pour faciliter la visualisation des angles. Le calage de l'aile va en général de 0 à +5°, le calage du stab de +2° à -2° maxi. Le Vé Longitudinal est le plus souvent compris entre 0 et 4°.

Plus on aura un centrage avant, plus il faudra un vé longitudinal important pour que la déportance du stab équilibre l'avion. Et inversement...

C'est là que l'on va comprendre que le centrage peut légèrement influencer quand même sur l'attitude queue haute ou queue basse du modèle : si on est centré très avant, le stab doit déporter beaucoup. La force vers le bas exercée par le stab s'ajoute à la masse du modèle, l'aile doit fournir plus de portance, il faut augmenter l'incidence et si on ne modifie pas le modèle, on doit voler plus cabré. Mais ça se joue sur moins d'un degré en général et c'est pour ça que le centrage n'est pas le réglage déterminant sur l'attitude de vol d'un modèle.

Autre point, je vous dis que le stab doit avoir une incidence négative, or, il est très classique d'avoir un stab "calé à 0°".... Comment ? Ca marche quand même ? Là encore, il ne faut pas confondre calage et incidence. L'air qui circule autour de l'aile (qui a un calage positif) est défléchi vers le bas en arrière de l'aile. Ce qui fait que les filets d'air qui arrivent sur le stab ne sont pas orientés comme ils l'étaient avant d'arriver sur l'aile. Ils descendent légèrement, et ainsi, même avec un stab qui a un calage nul (par rapport à la ligne de référence du fuselage), l'incidence du stab peut être négative et il est alors déporteur... CQFD !

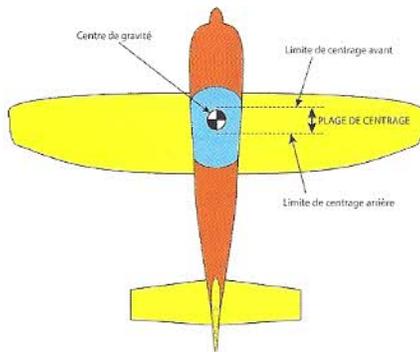


Voilà pourquoi très souvent, un stab calé à 0° marche très bien et fournit la déportance nécessaire à la stabilité. C'est souvent accentué avec les ailes hautes où il est possible d'avoir un stab avec un calage positif. C'est le cas du Piper Cub qui marche mieux avec un stab calé légèrement positif, l'aile encore plus positive (donc avec un Vé longitudinal «dans le bon sens»), et peu de piqueur moteur.

## Allons à la plage...

Selon les préférences de pilotage, le centrage du modèle peut varier... Mais pas trop ! Il y a une valeur maxi arrière, qui correspond au moment où la stabilité est dite indifférente (le modèle reste dans l'attitude où on l'a placé, ou qu'une influence extérieure l'a placé), et une valeur maxi avant, où on n'aura plus assez d'efficacité avec la gouverne de profondeur pour faire ralentir l'avion à des valeurs compatibles avec un atterrissage contrôlé... et ce, même en aug-

mentant le débattement de la gouverne de profondeur. La zone entre la limite avant et la limite arrière où l'avion peut voler de manière saine est appelée PLAGE DE CENTRAGE.

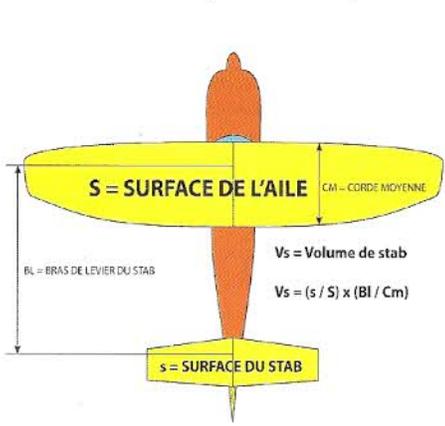


Cette plage peut être tantôt très réduite, tantôt extrêmement large. Voyons ce qui influe sur la largeur de la plage de centrage :

- la corde de l'aile : plus elle est importante, plus la plage de centrage sera large (car la longueur de la plage est un pourcentage de la corde).
- le rapport entre la surface du stab et la surface de l'aile : plus le stab a une surface importante par rapport à celle de l'aile, plus la plage est large.
- le bras de levier du stab : C'est la distance entre le point d'application de la portance de l'aile et le point d'application de la déportance du stab... Mais pour simplifier, car ces points ont la mauvaise idée de se déplacer suivant les variations d'incidence, on se contente en général de mesurer la distance entre un point à 25 % de la corde de l'aile et un autre à 25 % de la corde du stab... Plus le bras de levier est important, plus la plage de centrage est large.

C'est bien beau tout ça, mais on en fait quoi ? Depuis longtemps, on a trouvé une valeur que l'on a baptisée "VOLUME DE STAB", (c'est un nom... mais pas un vrai volume, car le résultat du calcul est un nombre sans unité). Là, je vais vous donner quand même une mini-formule mathématique, elle est vraiment capitale : **Volume de stab = (Surface du stab/Surface de l'aile) x (Bras de levier/Corde moyenne de l'aile)**.

Ce qui est important, c'est de savoir qu'un modèle avec un volume de stab faible voit l'ensemble de la plage de centrage située assez avant, tandis qu'un modèle au volume de stab fort voit l'ensemble de la plage de centrage souvent plus large, mais aussi plus en arrière.



Le Cap 10 est un bon exemple de modèle qui ne doit pas être centré «au tiers»... Son stab n'est pas très grand, il vole sainement centré entre 25 et 27 % de la corde moyenne.

Les unités à utiliser doivent être cohérentes et le plus facile est d'utiliser celle-ci :

- surfaces en décimètres carrés (dm<sup>2</sup>),
- bras de levier en décimètres (dm),
- corde en décimètres (dm).

En général, sur la plupart de nos aéromodèles, la valeur est comprise entre 0,3 et 0,8. Plus la valeur est élevée, plus la plage de centrage sera large.

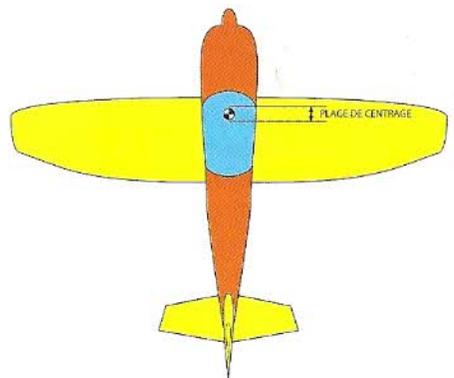
Ça ne veut pas dire qu'il faut toujours un volume de stab de 0,8 pour qu'un modèle vole bien. Suivant le profil d'aile employé, on a besoin de plus ou moins de volume de stab. Ainsi, un profil très creux, genre vol libre, ne vole bien qu'avec un très gros volume de stab. Un profil fin à faible cambrure sur un modèle volant toujours vite se contente parfaitement d'un volume de stab réduit. Il faut bien penser que plus le stab a besoin d'être grand, plus il génère de la traînée et pénalise les performances. Tout est affaire de compromis.

Ce qui est important, c'est de savoir qu'un modèle avec un volume de stab faible voit l'ensemble de la plage de centrage située assez avant, tandis qu'un modèle au volume de stab fort voit l'ensemble de la plage de centrage souvent plus large, mais aussi plus en arrière.

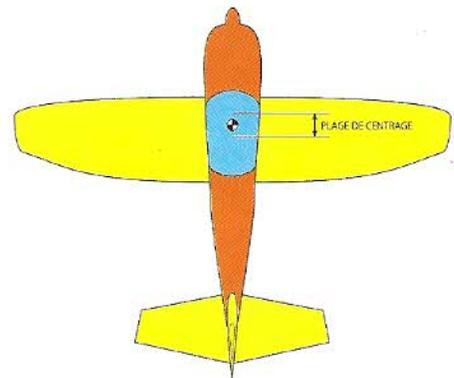
C'est ce qui fait que sur les maquettes où l'on respecte les proportions d'un avion "grandeur", le volume de stab est souvent faible et on doit centrer assez avant. Exemple, un Cap 10 ou un warbird volent souvent très bien avec un centrage situé entre 23 et 28 % de la corde. Alors qu'une majorité de purs aéromodèles réduits qui ont un volume de stab généreux volent avec une plage de centrage entre 30 et 35 % de la corde.

Les avions de 3D qui ont un stab très généreux et un profil parfaitement symétrique peuvent parfois être centrés plus arrière

encore, c'est un élément recherché lors de la conception afin de favoriser maniabilité extrême et performance en torque-roll. Et à l'extrême, les planeurs "à l'ancienne", au stab porteur faisant 25 % de l'aile et un volume de 0,8 volent très bien avec une plage de centrage située entre 50 et 60 % de la corde de l'aile, donc avec le centre de gravité en arrière de la résultante aérodynamique.

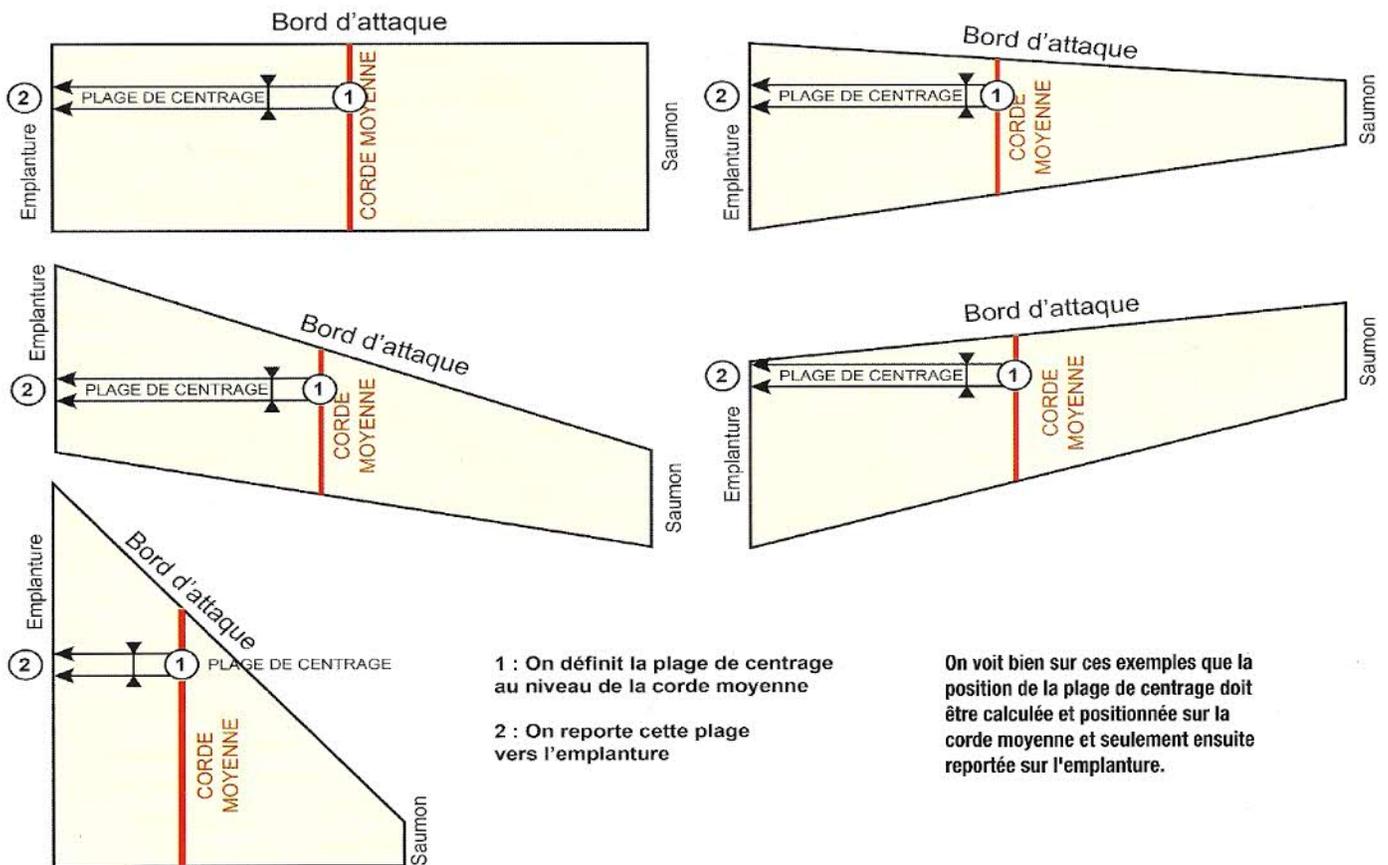


Volume de stab faible :  
Plage de centrage étroite et avancée.



Volume de stab fort :  
Plage de centrage large et reculée.

Le volume de stab influe sur la largeur et la position de la plage de centrage.



**Ne tirez pas sur la corde...**

Depuis le début, je parle de corde d'aile... Mais il va falloir préciser un peu plus. Si l'aile a une forme en plan rectangulaire, c'est facile, la corde est la même en tous points. Mais l'aile peut avoir de la flèche, ou la profondeur de l'aile peut varier au fil de l'envergure. On trouve même des ailes carrément triangulaires (les "Deltas"). La corde qui sert à régler le centrage, ou la plage de centrage sur cette corde moyenne, on la reporte en général au niveau de l'emplanture, au plus près du fuselage, car c'est souvent plus facile de porter le modèle à ce niveau lors de l'équilibrage en atelier. Voici quelques exemples de position de la corde moyenne et de plage de centrage.

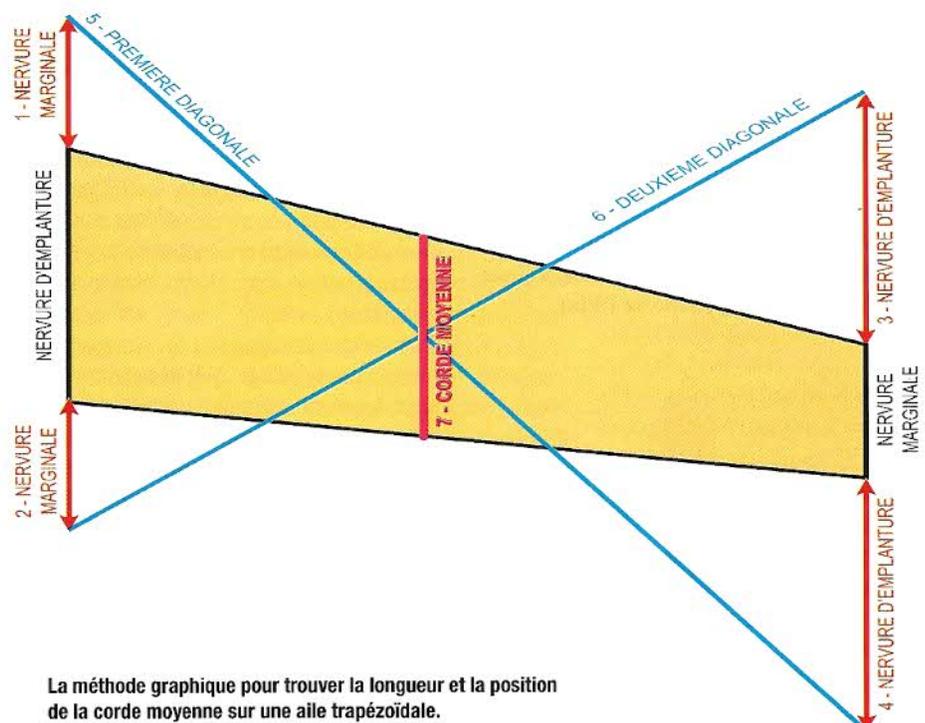
**Calculer la position de la corde moyenne**

Pour une aile rectangulaire sans flèche, c'est facile, la corde moyenne est au milieu de la demi-envergure, et à cet endroit comme reporté à l'emplanture, le centrage est à la même distance du bord d'attaque. Avec une aile trapézoïdale, voici une méthode graphique qui permet de déterminer la position de la corde moyenne : Tracez la demi-aile vue du dessus (à une

échelle qui rentre dans votre feuille...).

- 1 - A partir du bord d'attaque de l'emplanture, tracez un trait vertical vers le haut de longueur égale à la corde de la nervure marginale.
- 2 - A partir du bord de fuite de l'emplanture, tracez un trait vertical vers le bas de longueur égale à la corde de la nervure marginale.
- 3 - A partir du bord d'attaque de la nervure marginale, tracez un trait vertical vers le haut de longueur égale à la corde de la nervure d'emplanture.

- 4 - A partir du bord de fuite de la nervure marginale, tracez un trait vertical vers le bas de longueur égale à la corde de la nervure d'emplanture.
- 5 - Tracez une ligne allant du haut du trait "au-dessus" du bord d'attaque à l'emplanture, vers l'extrémité du bas du trait "sous" la nervure marginale.
- 6 - De la même façon, tracez une ligne allant du haut du trait "au-dessus" du bord d'attaque



de la nervure marginale vers l'extrémité du bas du trait "au-dessus" de la nervure d'emplanture.

7 - Par l'intersection des traits faits en 5 et 6, tracez une ligne verticale entre le bord d'attaque et le bord de fuite. Vous avez obtenu la position et la longueur de votre "CORDE MOYENNE".

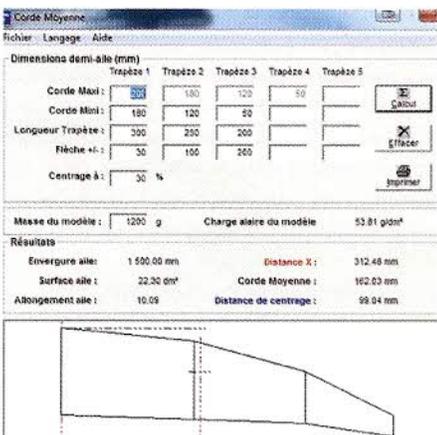
Une fois cette corde moyenne tracée, placez dessus la position du centrage (ou de la plage de centrage) en pourcentage de cette corde. Comme nous l'avons vu, ce pourcentage dépend du profil, et du volume de stab.

Vous pouvez maintenant reporter ce centrage (ou cette plage de centrage) au niveau de la nervure d'emplanture en traçant une horizontale du point de centrage jusqu'à la nervure d'emplanture.

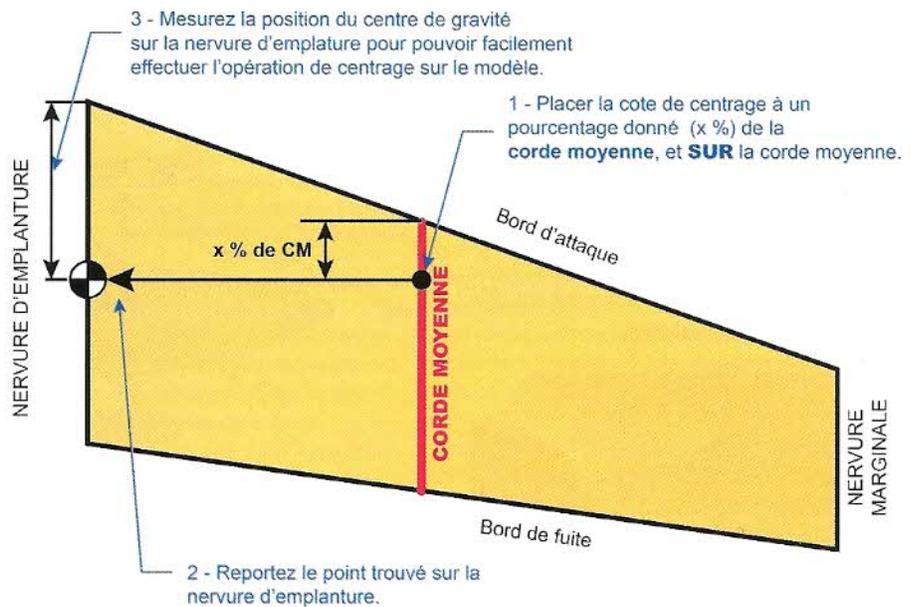
Cette méthode marche pour toutes les ailes en trapèze simple, ce qui inclut aussi les deltas (notez qu'un delta sans stabilisateur, ou une aile volante, doit être centré très avant, entre 15 et 25 % de la corde moyenne selon la formule et le profil. Une aile volante droite se centre souvent entre 15 et 18 %, un delta pur avec une très forte flèche entre 20 et 25 %).

Quand l'aile se complique, avec de multiples trapèzes, ça devient un peu plus ardu à calculer et je n'ai pas très envie de vous faire un cours de maths... Vous non plus ? Ça tombe bien ! Alors, on fait comment ? Vous avez (presque tous...) un ordi à la maison... et il existe un merveilleux petit programme qui va vous faire ça parfaitement ! Il est gratuit (chic !), vous avez aussi le droit de faire un don à son auteur, Jean-Claude Etiemble (c'est sympa pour lui, il vous aide bien) et ce doit être votre premier outil informatique ! Il s'appelle "Corde Moyenne" et se trouve ici : <http://tracfoil.com/cm/>

Il suffit d'entrer la géométrie de l'aile, de dire à quel pourcentage vous voulez centrer et magie, il vous donne le centrage à la corde moyenne et même la projection sur l'emplanture... Avouez qu'il serait dommage de s'en priver ! Il vous calcule même la surface de l'aile et la charge alaire.

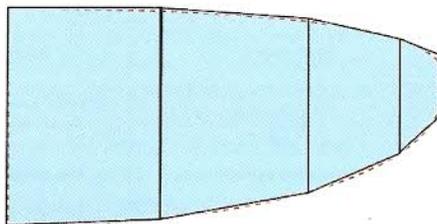


«Corde Moyenne» est l'utilitaire à installer sur son PC ! Il facilite les calculs de centrage des ailes complexes.



Une fois la corde moyenne déterminée, on calcule le centrage à son niveau avant de le reporter sur l'emplanture.

Si vous avez une aile avec des portions de bord d'attaque ou de bord de fuite elliptique, vous pouvez faire une bonne approximation en traçant une aile en trapèzes multiples "à peu près" équivalente et en rentrant les données dans "Corde Moyenne". Ça marche très bien !



En rouge pointillé, votre aile elliptique, en noir, la décomposition en plusieurs trapèzes, faciles à entrer ensuite dans le logiciel «Corde Moyenne». L'approximation est suffisante pour un premier vol en sécurité.

### Si vous faites un biplan...

Allons bon, ça se complique... Si les deux ailes sont identiques et posées pile l'une au-dessus de l'autre, le centrage sera comme s'il

n'y avait qu'une des ailes... Mais c'est rarement le cas, les ailes peuvent avoir des envergures différentes, pas les mêmes cordes, et même pas du tout la même géométrie... l'une droite, l'autre en flèche ! Et en prime, il est fréquent qu'elles soient décalées.

Dans tous ces cas, voici comment procéder : Calculez le centrage du modèle comme s'il n'avait que l'aile supérieure. Reportez ce centrage sur l'emplanture. C'est le point CG-H. Calculez le centrage du modèle comme s'il n'avait que l'aile inférieure. Reportez ce centrage sur l'emplanture. C'est le point CG-B. Le centrage réel CG sera quelque part entre CG-H et CG-B... Graphiquement (pour ceux qui n'aiment pas les calculs), reportez CG-H et CG-B sur la ligne moyenne du fuselage vu de profil.

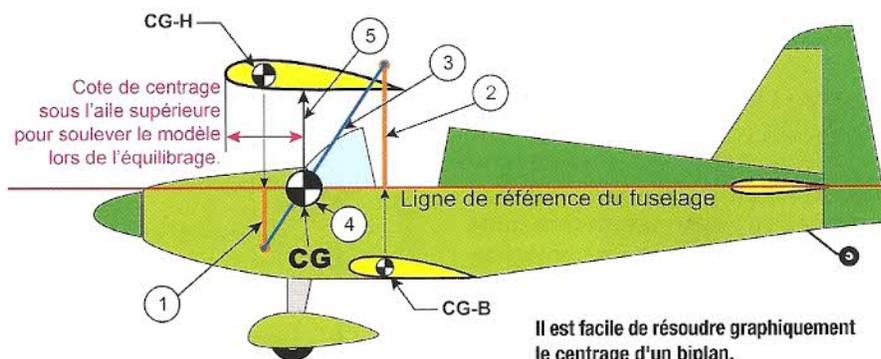
1 - Au niveau du point correspondant à CG-H, tracez une ligne verticale vers le bas dont la longueur est proportionnelle à la surface de l'aile inférieure (par exemple, 3 cm si la surface est de 30 dm²...).



Sur les biplans, les ailes peuvent être de surface et de géométrie différente. Sur ce Super Tiger, l'aile haute a de la flèche, et plus de surface que celle du bas, qui est de plus décalée vers l'arrière.

- 2 - Au niveau du point correspondant à CG-B, tracez une ligne verticale vers le haut dont la longueur est proportionnelle à la surface de l'aile supérieure (par exemple, 4 cm si la surface est de 40 dm<sup>2</sup>).
- 3 - Reliez les extrémités des deux lignes.
- 4 - Là où ce dernier trait coupe la ligne de référence du fuselage, vous avez votre centrage.
- 5 - Il suffit de le "remonter" sous votre aile supérieure pour savoir où soulever le modèle pour faire votre équilibrage.

Longueur de la **ligne 1** proportionnelle à la surface de l'aile inférieure.  
 Longueur de la **ligne 2** proportionnelle à la surface de l'aile supérieure.  
 Position du CG de l'avion : intersection de la ligne 3 et de la **ligne de référence du fuselage**.



Il est facile de résoudre graphiquement le centrage d'un biplan.

Un détail d'importance concernant les biplans : les deux ailes sont souvent calées de manière différente, et il y existe deux cas : l'aile supérieure calée plus ou moins fort que l'aile inférieure... Ces formules ont leurs avantages et inconvénients, mais nous sortons trop du cadre général de l'étude du centrage et ça pourra faire l'objet d'un développement ultérieur

## Pour les ailes volantes ?

Les ailes volantes n'ont pas de stab, pas de Vé longitudinal... Et pourtant, elles sont stables. La stabilité d'un aéronef "sans queue" doit être trouvée autrement. Sur les ailes droites, ou en légère flèche, on peut utiliser un profil particulier, qui est à double courbure, et est dit "autostable". Contrairement aux profils classiques, la variation de la position du centre de poussée (le point d'application de la résultante aérodynamique) se fait de telle manière qu'il recule quand l'incidence augmente et avance quand l'incidence diminue, ce qui stabilise naturellement le profil dans l'écoulement d'air. Avec les profils, le centrage doit être très avant, en général entre 15 et 20 % de la corde moyenne.

Les ailes en flèche peuvent aussi utiliser ce type de profil, mais plus souvent, c'est une évolution de profil tout au long de l'envergure et un vrillage négatif progressif qui assurent la stabilité. Pour simplifier, on peut dire que le centre de l'aile porte, et que les extrémités servent de stabilisateur. Il existe tant de formules différentes pour les ailes volantes qu'il faudrait un article complet dédié... Si la demande est forte, nous envisagerons de trouver un spécialiste pour parler du centrage des ailes volantes.

## Et pour les canards ?

Là encore, on sort des formules classiques. Un "canard" a un stab en avant de l'aile principale, qui est porteur lui aussi. Le centre de gravité est donc quelque part entre l'aile et ce stab... Plus près de l'aile

STYLE D'AÉROMODÈLE	STYLE DE PROFIL	VOLUME DE STAB	PLAGE DE CENTRAGE POUR LE PREMIER VOL
Avion de début, trainer aile basse	Plan convexe, biconvexe dissymétrique	0,5 à 0,6	25 à 30 %
		0,6 à 0,7	30 à 35 %
Warbird simplifié (avec stab agrandi par rapport au grandeur)	Biconvexe dissymétrique ou symétrique	0,55 à 0,7	30 à 33 %
Warbird maquette, avion de tourisme maquette (Stab à l'échelle)	Plan convexe, biconvexe dissymétrique	0,35 à 0,5	25 à 28 %
Avion destiné à du vol à très haute vitesse (Racer)	Profil très minces, le plus souvent dissymétriques	Plutôt réduit pour limiter la traînée...	23 à 27 %
Deltas	Planche, biconvexe symétrique	-	20 à 25 %
Biplan old-timer	Profil creux, ou plan convexe	Souvent un peu faible...	25 à 27 %
Biplan moderne	Biconvexe symétrique	Souvent un peu plus fort...	27 à 32 %
Planeur de début	Plan convexe, ou profils avec un léger creux à l'intrados vers le bord de fuite	0,45 à 0,55	30 à 33 %
Planeurs anciens à stab porteur	Plan convexe ou profil très creux	0,7 à 0,8	50 à 60 %
Planeur de performance moderne	Profil très variables...	0,35 à 0,45	30 à 35 %
		0,45 à 0,55	33 à 37 %
Planeur aile volante droite ou faible flèche (style Corback, Geier)	Autostable	Pas de stab	15 à 17 %
Planeur aile volante en flèche marquée	Evolution de profil, avec vrillage	Pas de stab	16 à 20 % (mais trop de formules pour bien généraliser...)
Planeur maquette bois et toile (ancien)	Profil épais, porteur	0,35 à 0,5	27 à 32 %
Planeur maquette moderne (perfo)	Profil moderne mince	0,35 à 0,45	30 à 37 %

bien sûr. En fait, c'est un peu comme nos planeurs anciens à stab porteur, à part que les proportions aile/stab sont inversées. C'est là aussi un sujet qui sort du cadre de cet article et qui pourra être traité si la demande se fait sentir. La rédaction d'Aéromodèles programmera peut-être un tel sujet si vous êtes nombreux à la souhaiter.

## Quelques valeurs pour fixer les idées

Voici quelques ordres de grandeur qui peuvent vous aider à avoir une première approximation d'un centrage où vous ne casserez pas le modèle au premier vol... Les premiers vols

servant à affiner la valeur, mais il faut bien partir de quelque chose !

Ces valeurs sont un peu des "recettes de cuisine" empiriques, mais qui peuvent vraiment vous aider si vous n'avez pas d'outils plus sophistiqués à disposition. Pour ceux qui veulent aller plus loin, il existe un excellent programme : PredimRC, que l'on doit à Franck Aguerre. Vous le trouvez ici :

<http://a190754.free.fr/PREDIMRC.php>

C'est un logiciel payant, mais il vous permet de calculer non seulement votre centrage, mais il va calculer les performances de votre modèle et bien plus. Une sacrée boîte à outils !

■ Jean-Louis Coussot

À suivre...

# Centrage et calage...

## Les éléments capitaux pour qu'un modèle soit sain. [Seconde et dernière Partie]

Dans le précédent numéro, nous avons traité de toute la théorie relative au calcul du calage et du centrage. Les pages qui suivent vont vous permettre de découvrir comment l'on met en pratique ce que nous avons précédemment appris.

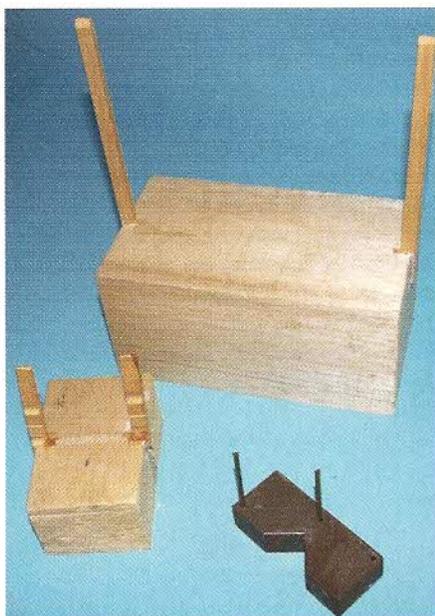
### Et comment fait-on pour centrer ?

Pour beaucoup, c'est évident, mais pour le débutant, il est bon de le rappeler. Une fois la position du centre de gravité (ou de la plage de centrage) définie, soit à partir de la documentation du modèle, soit avec les méthodes décrites plus haut, il va falloir le matérialiser : sous l'aile si c'est une aile haute, ou sur l'extrados si c'est une aile basse... du côté qui ira le mieux avec une aile médiane et en général sous l'aile supérieure d'un biplan. Mesurez avec précision et avec un réglet la distance à partir du bord d'attaque et faites une marque avec un feutre pour marquer les CD. Ça s'efface au besoin avec un papier essuie-tout et de l'alcool à brûler. Idéalement, collez une fine bande (2 mm de large maxi) de ruban adhésif de couleur sur la marque, car si vous soulevez le modèle sur les doigts, vous les sentirez facilement sans regarder.



De petites bandes d'adhésif collées à l'intrados ou à l'extrados permettent de "sentir" les limites de centrage quand on soulève l'avion sur les doigts.

Ensuite, vous soulevez le modèle sur vos doigts placés sur cette marque. Vous pouvez aussi le poser sur un outillage, fait de tiges un peu affûtées si le modèle est léger, de baguettes plus larges pour un modèle



Fabriquer des supports d'équilibrage adaptés à diverses tailles d'aéromodèles est très facile !

plus lourd, ou d'un appareil de centrage du commerce comme il en existe plusieurs types dans les magasins de modélisme. Certains vous évitent le traçage grâce à des verniers gradués qu'il suffit de régler à la cote choisie.

Notez que les doigts ne sont pas précis, la surface de contact étant importante. Plus le modèle nécessite un centrage précis, plus il faut se tourner vers un outil dédié (pour les planeurs à faibles cordes, c'est impératif).

Une fois le modèle en appui, soit il reste fuselage horizontal ou le nez penchant très légèrement en avant et c'est "tout bon"... soit il penche en avant ou en arrière ! Dans les deux cas, il faut rectifier le centrage. Voici les moyens à utiliser dans l'ordre :

- Déplacer dans le modèle tout ce qui peut l'être afin d'obtenir l'équilibre : accu, récepteur, accessoires... Avec les aéromodèles



L'avion est posé sur un support d'équilibrage au niveau des marques de position du centre de gravité. Il est plus facile de le faire en retournant l'avion quand on a une aile basse.



Mais on peut aussi utiliser des produits plus sophistiqués du commerce telle la CG Machine de Great Planes.

électriques, le plus souvent, on choisit la position de l'accu de réception pour que le modèle soit centré.

- Ajouter du lest à l'avant ou à l'arrière. A l'avant, sur un avion, on fixe le lest (plombs de pêche, plombs d'équilibrage de roues de voitures, lests sécables adhésifs pour aéromodèles), au bâti moteur ou à la cloison pare-feu. Il doit être bien fixé et

**ERRATUM :** Le logiciel PREDIM RC indiqué dans la première partie comme étant un logiciel payant est devenu gratuit et le lien donné pour le site est à remplacer par : [http://www.jivaro-models.org/predim\\_rc/page\\_predim\\_rc.htm](http://www.jivaro-models.org/predim_rc/page_predim_rc.htm) où vous trouverez la dernière mise à jour qui est datée d'août 2015. Vous trouverez une version Lite bien suffisante dans la plupart des cas et la version "Full" plus complète et destinée à la conception de modèles."

pas juste collé au double face, car à la longue, la colle finira par lâcher. Ne le fixez pas non plus dans un capot dont les fixations ne sont pas faites pour supporter de lourdes charges. Selon le cas, un collage à l'époxy, un vissage, ou des colliers rilsan sont efficaces. A l'arrière, il est souvent utile de faire une petite découpe sous le fuselage pour coller le lest à l'intérieur. Dans les planeurs, le lest est collé dans le nez ou dans la poutre arrière. Approchez le centrage en fixant le plus gros du lest, mais gardez une possibilité de moduler une petite partie, que vous réglez lors des essais en vol.

## La mise au point du modèle

Vous êtes maintenant sur le terrain, avec un modèle centré en atelier... Il faut le faire voler et déterminer si votre centrage va bien ou s'il doit être modifié. Nous allons voir diverses méthodes qui en fait reviennent au même... mais sont adaptées à divers types de aéromodèles.

En planeur ou motoplaneur : le test dit "du piqué" est le plus utilisé. Le modèle est d'abord monté en altitude, trimé pour qu'il tienne une vitesse de "croisière" normale. Ailes à plat, moteur coupé sur un motoplaneur, on pousse la profondeur

pour mettre le modèle en descente sous 30 à 40° et on lâche la profondeur.

- Si le modèle accentue le piqué, le centrage est trop arrière, c'est une situation à risque, ramenez en douceur le modèle à plat et posez-le avec précaution avant d'avancer le centrage.

- Si le modèle reste sur son plan de descente, il est dit "indifférent", son centrage est juste à la limite. En général, le pilotage à la profondeur demande encore beaucoup de douceur et de faibles débattements. Seuls quelques pilotes de haut niveau utilisent un planeur "à la limite".

- Si le modèle redresse et revient progressivement à l'horizontale, mais avec une courbe très ample, le modèle est stable, avec un centrage très légèrement avant. C'est l'idéal pour assurer à la fois un pilotage confortable et des performances optimales. C'est ce qu'il faut chercher à obtenir.

- Si le modèle redresse rapidement, au point de se remettre nez haut (avec le risque de décrocher), il est centré trop avant et ce n'est pas très plaisant. En effet, chaque fois que vous voudrez voler vite, vous devrez maintenir une pression constante sur la profondeur à piquer et le modèle entrera facilement en "montagnes russes", avec malgré ce centrage avant un risque de décrochage. Reculez le centrage.

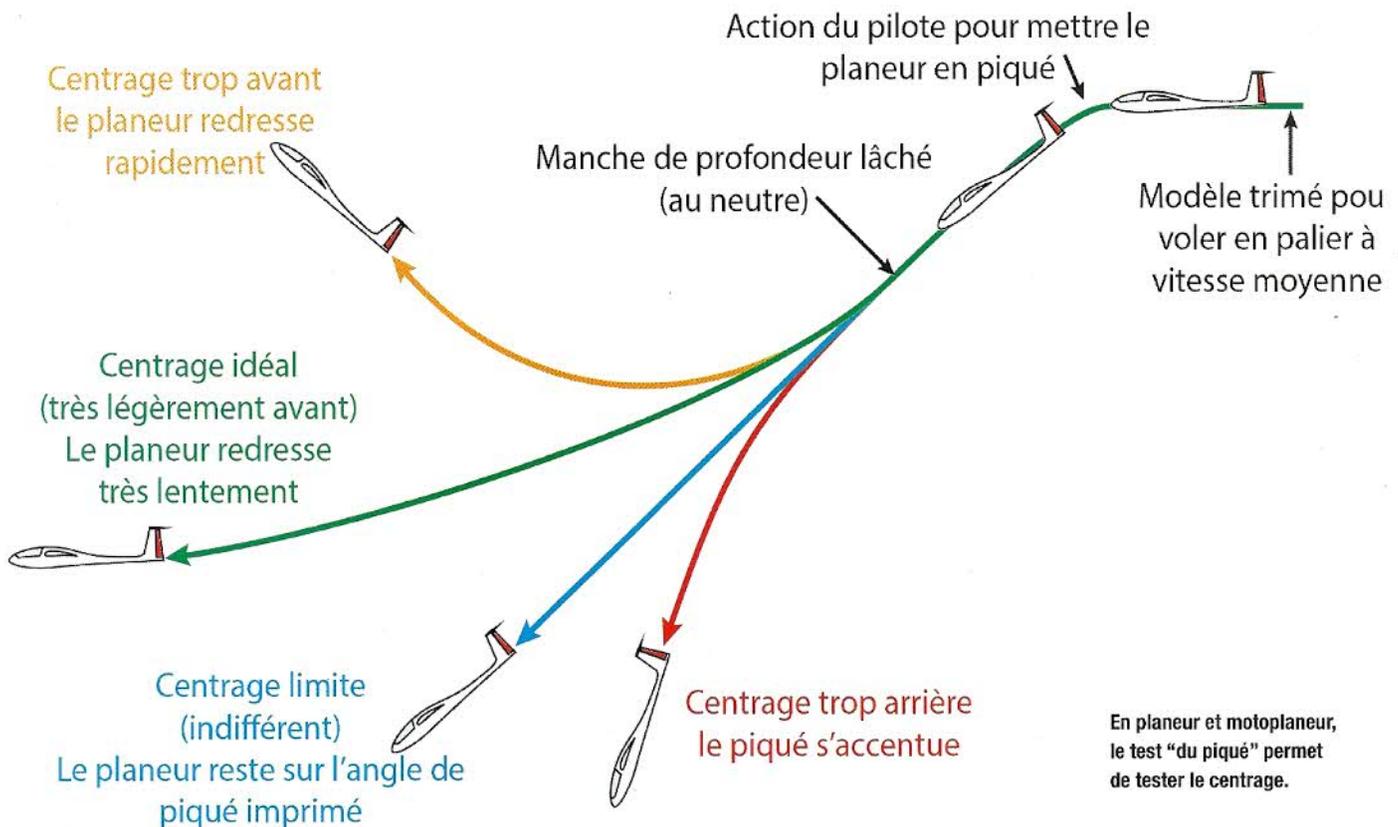
En avion : le test du piqué est également possible, moteur réduit, mais comme on ne vole pas toujours très haut, il ne laisse pas beaucoup de temps pour bien observer ce qui se passe. Avec un avion, qu'il soit thermique ou électrique, on fera un test... en cabrant. Là encore, on commence par trimer le modèle pour qu'il vole en palier, profondeur lâchée, un peu plus vite que la croisière normale. Sur beaucoup d'avions, ce sera avec le manche vers 2/3 à 3/4 des gaz. Ainsi réglé, ailes à plat, mettez l'avion en montée sous un angle de 40-45° et lâchez la profondeur (sans changer le régime moteur).

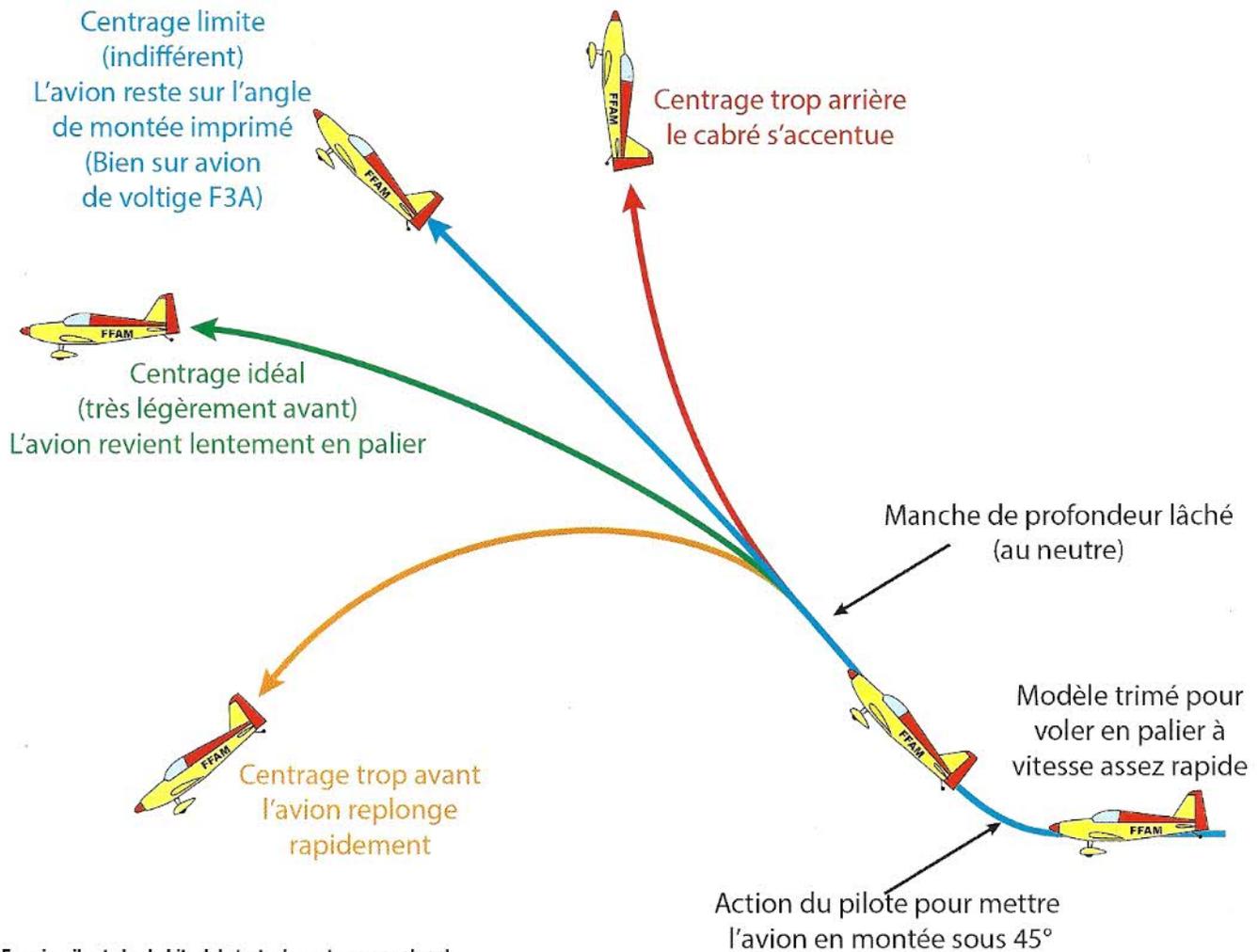
- Si l'avion accentue le cabré, il est centré arrière. Ramenez-le à plat, posez-vous avec précaution et avancez le centrage.

- S'il reste sur la trajectoire, il est indifférent. C'est l'idéal avec un multi de voltige, le vol sera parfaitement "tendu" et vous pourrez piloter vos trajectoires avec précision. Sur une maquette ou un trainer, c'est un peu "limite" et vous préférerez avancer légèrement le centrage.

- S'il redescend lentement le nez et revient à l'horizontale, il est naturellement stable et dans une majorité de cas, c'est le bon réglage.

- S'il retombe le nez très vite et passe en piqué, il est centré trop avant... A vous les corrections permanentes si vous ne reculez pas le centrage.





En avion, il est plus habituel de tester le centrage en cabrant.

Attention, avec les avions thermiques, le centrage peut se modifier au fil de la vidange du réservoir... Vérifiez qu'en fin de réservoir, vous n'arrivez pas à un centrage arrière.

## Mise au point du V<sub>e</sub> longitudinal et du calage

Vous avez réglé votre centrage, l'avion vole, mais est-ce parfait ? En planeur à vitesse moyenne (dite de transition), ou en avion à régime moteur bien adapté pour une vitesse de croisière (si le moteur est bien adapté, c'est vers mi-gaz), vous avez réglé le trim de profondeur pour que le modèle reste en vol à plat sans avoir à toucher à la profondeur. Une fois l'avion posé, regardez votre gouverne de profondeur (dans le cas d'un stab à plan fixe et gouverne mobile, car avec un pendulaire... il n'y a rien à voir !).

- Au trim que vous avez réglé en vol, la gouverne est braquée vers le haut par rapport au plan fixe : votre V<sub>e</sub> longitudinal est insuffisant. Si c'est possible, mettez une cale sous le bord de fuite du stab (et ramenez la gouverne dans l'axe du stab) pour augmenter le V<sub>e</sub> longitudinal. Il est aussi possible de modifier le calage de l'aile en l'augmentant. Dans le premier cas, l'attitude du modèle ne changera pas, dans le second, le

modèle volera d'avantage queue haute.

- Au trim que vous avez réglé en vol, la gouverne est braquée vers le bas par rapport au plan fixe : votre V<sub>e</sub> longitudinal est trop fort. Si c'est possible, mettez une cale sous le bord d'attaque du stab, ou une cale sous le bord de fuite de l'aile. Là encore, en calant le stab, l'attitude ne changera pas, en calant l'aile, l'attitude deviendra plus queue basse.

Allez-y progressivement, il peut falloir plusieurs vols avec des réglages successifs pour arriver à voler gouverne de profondeur bien alignée avec le plan fixe.

Si vous modifiez le calage de l'aile pour rectifier le V<sub>e</sub> longitudinal, vous modifiez aussi l'effet du "piqueur moteur" sur un modèle motorisé, pensez-y... Préférez régler le stabilisateur chaque fois que c'est possible.

Pour finir, l'attitude de vol de votre avion peut vous convenir, ou vous pouvez trouver qu'il vole "trop queue haute" ou trop "queue basse". Comme nous l'avons vu, c'est lié avant tout au calage de l'aile par rapport au fuselage. Vous pouvez modifier l'attitude de vol en modifiant le calage de l'aile. Mais pensez que toute modification du calage de l'aile doit s'accompagner d'un recalage du stabilisateur afin de conserver la même valeur de V<sub>e</sub> longitudinal une fois celui-ci déjà affiné. Et de même, le piqueur moteur pourra

nécessiter une retouche si vous modifiez le calage. Les réglages de piqueur et d'anticouple sortent de ce sujet, mais sur un modèle volant, tout est lié...

## Ce qui est normal, et ce qui ne l'est pas...

Le ressenti de l'attitude d'un modèle en vol est un peu subjectif, mais on a quelques références pour savoir si elle est "normale" ou pas.

- Un trainer est visuellement plus agréable s'il vole très légèrement queue haute.



Les trainers sont les plus faciles à centrer avec une aile rectangulaire et un très gros volume de stab. Ils sont particulièrement tolérants.

- Une maquette d'avion de tourisme un peu ancien (Piper Cub, Jodel D112...) vole normalement avec une attitude queue haute. C'est lié au fait qu'en grandeur, le calage de l'aile est bien plus fort qu'en modèle réduit, et c'est recherché pour que le pilote ait une bonne visibilité en faisant un capot un peu plongeant. Il en est de même pour des avions de voltige maquette anciens comme le Stampe, le Cap 10, les Bucker, qui volent queue assez haute en vol ventre, et du fait d'un calage assez important (parce que les moteurs de l'époque ne permettaient pas de voler vite et qu'il fallait donc plus d'incidence pour tenir en l'air) doivent au contraire voler avec "le cul par terre" quand ils sont en vol dos.

- Une maquette d'avion de voltige moderne doit pouvoir voler avec un fuselage pratiquement horizontal sur le ventre et sur le dos, mais la vitesse de vol est nettement plus élevée qu'avec les maquettes d'avions de voltige anciens. Ça permet d'offrir aux yeux des juges voltige une ligne de vol moins trompeuse et donc, de mieux être noté. A l'extrême, les multis F3A actuels ont presque un fuselage donnant une allure queue basse sur le ventre, alors que le fuselage semble parfaitement horizontal sur le dos.

- Un planeur maquette de vieille toile aura le plus souvent une attitude de vol queue haute. C'est vrai également avec les purs aéromodèles réduits "anciens" à stab porteur, qui ont une aile avec un calage important.

- Les planeurs maquettes "modernes" sont plus "trompeurs" : l'arrière du fuselage vole "à plat", mais l'avant est souvent plongeant, afin que, sur le grandeur, le pilote ait une bonne visibilité vers l'avant et le bas. Cette forme donne globalement une sensation de voler queue haute, alors que seul le nez est "bas". Ces planeurs, s'ils sont munis de volets, auront nettement une attitude queue haute en spirale volets en position "thermique".



L'ASW 15b est un planeur maquette typique des fuselages à avant plongeant. En palier, la poutre arrière est horizontale, mais la forme du nez donne une fausse impression de voler queue haute.



Cas typique d'aile en flèche inverse sur ce Bergfalke : le centrage reporté sur l'emplanture va être très proche du bord d'attaque, et c'est normal !



Les planeurs maquette de type "vieux toile" spiralent généralement avec une belle attitude "queue haute".

- Les planeurs aéromodèles réduits "purs" taillés pour la perfo volent avec un fuselage qui doit traîner le moins possible, et donc avec un fuselage très à plat. Ce n'est pas une attitude des plus esthétique, mais c'est le plus efficace !

## Les pièges à éviter

Quand vous vous préparez à un premier vol, vous devez centrer avant tout votre modèle dans une plage qui sans être forcément optimale, assure la sécurité. Voici quelques conseils utiles :

- Le plan (ou la notice) donne en général un centrage ou une plage de centrage. Si dans la plupart des cas, cette valeur est valable, il est bon de faire son propre calcul est de vérifier qu'il n'y a pas "un loup". J'ai, en 30 ans d'essais de kits, vu de temps à autre des indications qui auraient conduit à des catastrophes ! Soyez donc prudents et ne faites pas une confiance aveugle à une notice, quelle que soit la marque. Une lecture d'un essai du même modèle dans les revues spécialisées peut confirmer ce que dit une notice... mais là encore, faites-vous votre

propre opinion par un calcul rapide de "plausibilité" de l'information (une erreur typographique peut vite arriver).

- "Un centrage à 30 %, ça marche à tous les coups." Oups... Y'en a qui le disent et le croient... Reprenez ce que nous avons vu sur la plage de centrage et le volume de stabilisateur ! Avec un Cap 10, un RF6b ou un warbird maquette centrés à 30 %, vous allez attraper un tigre par la queue au premier vol ! Petit stab, centrez plus avant ! A l'inverse, j'ai lu sur un forum, la prose d'un modéliste qui se plaignait des mauvaises qualités de vol de son planeur "ancien"... Et quelqu'un lui répondait de le centrer plus avant, à 30 %... Il s'agissait d'un planeur à stab porteur de surface gigantesque qui vole bien centré à 60 %. Ne croyez pas tout ce qui est écrit sur les forums, les réponses viennent parfois de gens soit sans compétences réelles, soit qui n'ont pas tous les éléments en main pour donner une réponse fiable. Faites plus confiance au pilote confirmé que vous voyez voler toujours en sécurité sur votre terrain ! Ça sert à ça aussi, les clubs !

- "Houla, mais avec autant de lest, il ne va plus voler !".... Certains aéromodélistes ont peur de trop alourdir leur modèle en mettant du lest pour obtenir un centrage correct. Il vaut TOUJOURS mieux être un peu lourd et bien centré que léger et mal centré. Mal centré, le crash est assuré. Lourd, il faudra seulement voler plus vite.

- Ne confondez pas un problème de centrage et un problème de débattement de la profondeur. Un avion trop sensible peut être centré arrière, mais il peut aussi avoir tout simplement trop de débattement à la profondeur, ou manquer d'expo... D'une manière générale, plus on recule le centrage, plus on doit diminuer le débattement. Plus on augmente le débattement et plus on a besoin d'expo. Je vais vous indiquer un peu plus loin après ma recette pour régler le débattement d'une profondeur.

- Il arrive que le test du piqué (ou du cabré) ne soit pas "significatif"... A savoir que ce test détermine un centrage trop avant, alors que le modèle vous décroche dans les pattes, part en vrille pour un oui ou pour un non, ce qui est plutôt un symptôme de centrage trop arrière. Dans ce cas, mesurez impérativement le Vé longitudinal, il est peut-être complètement délirant ! J'ai déjà vu ce cas et ce n'est qu'après avoir ramené le Vé longitudinal à une valeur normale que le test du piqué a pu être interprété de manière fiable.

- "Je suis bien centré, mais je vole avec la profondeur complètement décalée..." Nous en avons parlé, c'est le Vé longitudinal qui est en cause. "Oui, mais c'est une maquette et j'ai pourtant les calages du grandeur !"... Et bien c'est un piège ! Il faut savoir que changer d'échelle fait que les profils ne "marchent" plus de la même façon. C'est très vrai sur les avions de tourisme : en

grandeur, le calage de l'aile va être de 4 à 6°. Pour bien voler, avec une attitude similaire, le modèle réduit se contente d'un calage de 1,5 à 2,5°. Si vous êtes calé comme le vrai, il grimpe tout le temps, et vous devez pousser le trim de profondeur fortement à piquer. Il faut alors trouver un bon compromis lors de la conception de la maquette pour réduire le calage de l'aile et le V<sub>e</sub> longitudinal par rapport au grandeur pour que la maquette vole bien sans que les juges ne se rendent compte de l'écart de calage lors de l'épreuve statique. Pas facile, mais c'est le jeu des concours maquettes...



Les planeurs non maquette taillés pour la perfo volent avec un fuselage parfaitement à l'horizontale, pour une traînée minimale.

## Bien régler ses débattements

C'est avant tout sur le débattement de la profondeur que le centrage influe, mais d'une façon générale, reculer le centrage augmente la sensibilité de toutes les commandes. On dit que le modèle est "vif" aux commandes. Avancer le centrage la diminue, on dit que l'avion est plus "lourd" aux commandes, et dans les cas extrêmes, qu'il devient "camion" à piloter. Pour la profondeur, voici comment je détermine le débattement après avoir affiné le centrage : je me place à une hauteur de sécurité et j'effectue des décrochages moteur réduit (ou coupé avec un électrique).

- Si le modèle refuse de décrocher, le débattement de la profondeur est insuffisant. En effet, pour poser à la vitesse minimale, je dois pouvoir, sans souffler la profondeur, amener l'avion à une attitude assez cabrée pour toucher "trois points" si c'est un train classique, ou "nez haut" si c'est un tricycle.
- Si le modèle décroche alors que je ne suis encore qu'à mi-course de la profondeur, j'ai trop de débattement. Toute la course du manche située au-delà du moment où je fais décrocher l'avion, ne va pas servir... et je perds de la précision de pilotage en n'utilisant qu'une faible partie de la course du manche. Cas particulier où ce n'est pas vrai, les avions de voltige "3D", qui utilisent des débattements "de folie", car ces avions doivent être pilotables "au-delà" du décrochage, quand ils sont pendus à l'hélice. Dans ce

	CENTRAGE AVANT	CENTRAGE ARRIÈRE
AVANTAGES	Modèle plus stable, souvent plus facile à piloter.	Meilleures performances (notamment en planeur).
	Avion ayant moins tendance à décrocher, voir impossible à décrocher.	Modèle plus neutre en voltige, volant plus "à plat" sur le dos, demandant moins de corrections sur la tranche. Vol 3D bien meilleur.  Meilleure efficacité des gouvernes.
INCONVÉNIENTS	Modèles demandant plus de vitesse pour décoller. Avec un train tricycle, difficulté à soulever la roue avant.	Le décrochage est plus sec, et prévient moins.
	Modèle plus difficile à freiner en approche.	Les gouvernes peuvent devenir très sensibles. Un centrage en limite arrière peut rendre le modèle très difficile à contrôler.
	A l'atterrissage, un avion à train classique centré avant risque plus de rebondir, du fait de la difficulté à le tenir nez haut.	La vrille peut devenir plate, et aller jusqu'à ne pas pouvoir sortir.

cas, seul de l'expo permet d'avoir un contrôle précis autour du neutre tout en ayant les grands débattements accessibles pour flipper, vriller à plat, voler à des incidences supérieures à celle de décrochage grâce au soufflage de l'hélice.

- Le réglage est idéal quand le décrochage est obtenu avec le manche de profondeur à 1 ou 2 mm de la butée. Ainsi réglé, on exploite au mieux toute la course du manche, et on est capable de réaliser décrochage et vrille. On peut différencier le débattement à cabrer et à piquer en faisant des décrochages sur le ventre et sur le dos. Cas particulier avec un planeur destiné à la course au pylône, le débattement à cabrer est réglé



Les racers ont un tas de particularités : un volume de stab obtenu plus par le bras de levier que par la surface, un calage extrêmement faible adapté aux très hautes vitesses, et un centrage avant pour les rendre très stables aux plus hautes vitesses. Ce Petit Chelem de seulement 90 cm vole à 240 km/h et plus...

pour arriver à virer le plus serré possible sur la tranche à très grande vitesse sans déclencher...

J'aime bien un petit chapitre qui figure toujours dans les notices Great Planes qui dit en gros ceci : "On vous donne des débattements qui marchent... Quand vous aurez l'avion en main, libre à vous de les modifier selon vos goûts mais n'oubliez jamais ceci : Plus n'est pas toujours mieux..." Ça résume parfaitement le réglage des débattements

## Avantages et inconvénients

Voici un petit tableau qui récapitule des symptômes liés aux centrages avant ou arrière (mais toujours dans la plage normale)

## A vous de jouer

Vous avez maintenant les éléments pratiques pour régler vos avions et planeurs. Il arrive que des pilotes décrètent après un premier vol qu'un modèle est une "m..." et ne cherchent pas plus loin. Il suffit le plus souvent de bien le régler pour qu'il soit une m...erveille ! Prenez votre temps, analysez le comportement et réglez-le en fonction, c'est passionnant et valorisant. Il me reste à vous souhaiter de bons vols avec des aéromodèles parfaitement centrés et calés.

■ Jean-Louis Coussot