

# Centrage et calage...

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

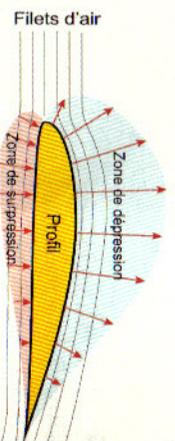
Après votre formation au pilotage sur l'avion école du club qui fonctionne parfaitement parce que votre moniteur le connaît par cœur, vous avez fait l'acquisition de votre premier kit. Il y a de fortes chances que ce soit un RTF et qu'une notice très complète vous ait été livrée avec. Le voilà maintenant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

**M**on 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'ailerons (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 garantant le moins possible de grosses formules de maths.

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

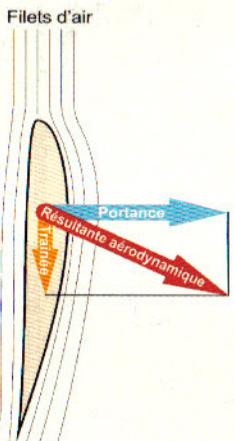
Votre avion ou votre planeur fait une certaine masse. Pour qu'il tienne en l'air, il faut qu'une force le tire vers le haut, avec la même intensité que la masse. Cette force, c'est la "PORTANCE" et ce sont les ailes qui sont chargées de la créer. C'est l'écoulement de l'air autour de l'aile qui crée 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 "TRAINÉE", 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.**

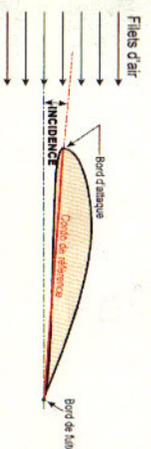
Plusieurs facteurs entrent en ligne de compte pour quantifier l'intensité de la portance (et de la traînée) exercée : le carré de la vitesse (la vitesse multipliée par la vitesse), la viscosité de l'air (ça, on ne peut guère y toucher...), la surface de l'aile, et la forme du profil.



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

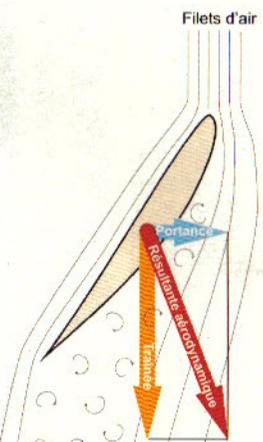
Mais la forme du profil, c'est une chose, l'angle avec lequel ledit profil se présente dans l'écoulement de l'air, c'en est une autre, et c'est un paramètre capital. On l'appelle "INCIDENCE". Pour bien préciser les termes, la CORDE DE REFERENCE du profil est une droite qui passe par le bord d'attaque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

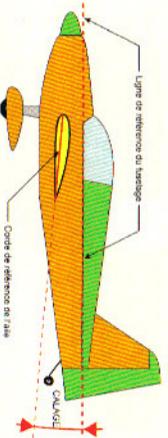


**Quand l'incidence est trop forte, les filets d'air ne peuvent plus suivre l'extrados, c'est le «décrochage»...**

### Êtes-vous calé ?

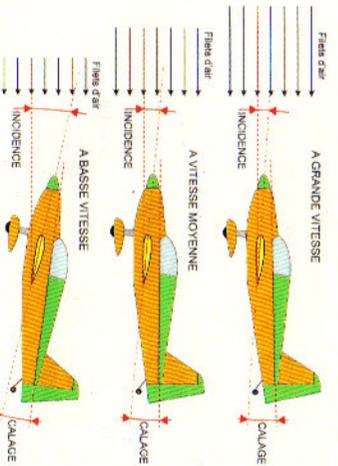
En général, on cherche à ce qu'un avion vole à sa vitesse de croisière avec l'aile four-nissant assez de portance pour équilibrer la masse, mais avec une traînée la plus faible possible. On a alors un bon rendement de l'aile et ça correspond à un angle d'inci-

dence assez faible, qui selon les profils et la vitesse recherchée sera de  $0,0^\circ$  à  $3,0-4,0^\circ$  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.**

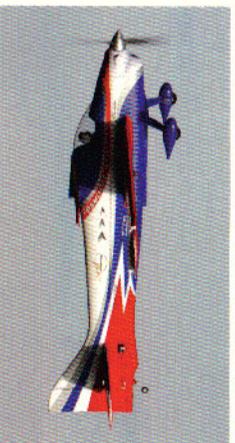
Sur le fuselage, on a dessiné un axe horizontal fictif qui sert de ligne de référence. Notre profil d'aile a sa corde de référence. Le calage de l'aile est l'angle entre la ligne de référence du fuselage et la corde de référence du profil. En règle générale, sur un avion ou un planeur, le calage est 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.



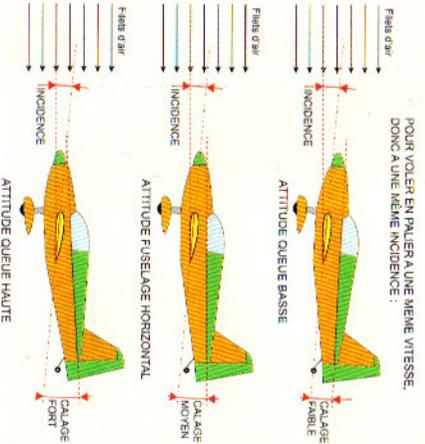
**Selon la vitesse de vol, pour tenir un vol en palier, l'incidence doit varier. Le calage, lui, ne change pas.**

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 fillets 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 les 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.**



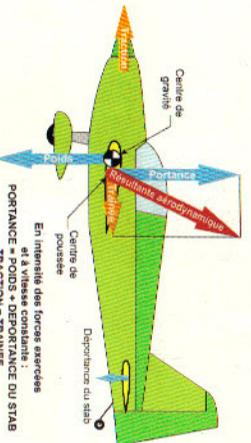
**Exemple type d'un avion qui vole avec une allure queue haute : le fuselage est conçu pour donner une visibilité maximum au pilote et bien dégager le stab du sillage de l'aile... et des produits pulvérisés. L'incidence est portant tout à fait « normale ».**

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'exerce 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 barbare, 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).**

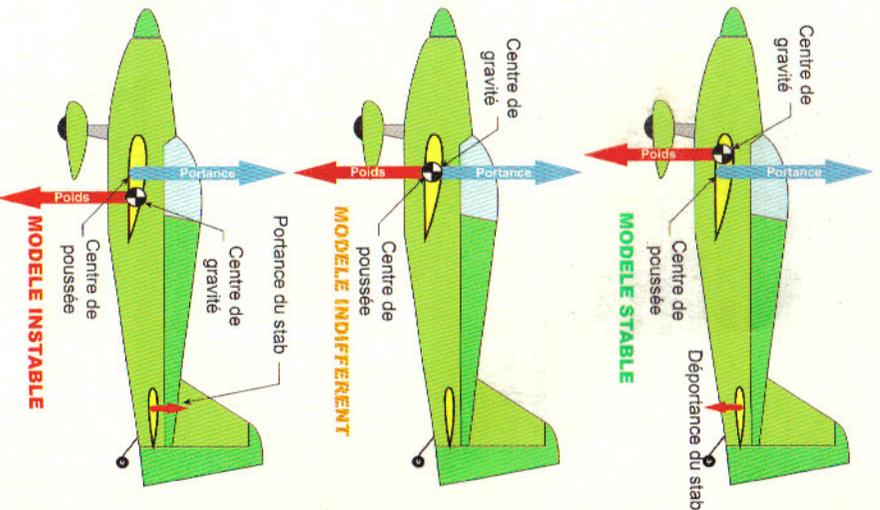
Dans cette configuration, quand pour une raison X ou Y (changement d'incidence provoqué par un mouvement de la masse d'air genre entrée dans une ascendance) l'avion tend à s'écartier de sa position d'équilibre,

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.

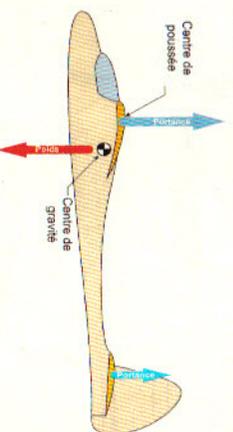
- Si le centre de gravité est très proche du point d'application, le stab n'a qu'une très faible déportance à exercer. Il est facile de voler à des vitesses variées, mais en contrepartie, l'avion est plus chatouilleux, plus difficile à piloter.

- 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.

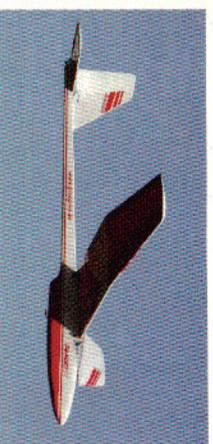


La stabilité du modèle est liée à la position du centre de gravité par rapport au centre de poussée de l'aile, mais aussi à des facteurs dépendant de la surface du stab et sa position.

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, inaptés aux accélérations, et volant à une vitesse très constante.

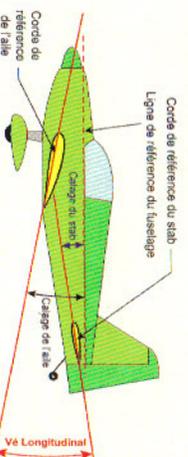


**Gas particulier, les planeurs dits à «stab porteur» : celui-ci possède une très grande surface et un profil porteur, c'est une «aile»... Le centre de gravité est alors en arrière du centre de poussée de l'aile.**



**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**.

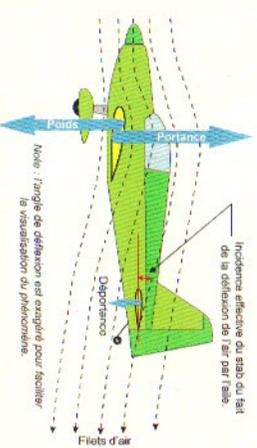


Note : Les angles de référence sont mesurés par rapport à la verticalité des angles. Le calage de l'aile se généralise de 0 à 5° le calage du stab de -2° à 2° pour le Vé Longitudinal est le plus souvent compris entre 0 et 4°.

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 que ne 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 !

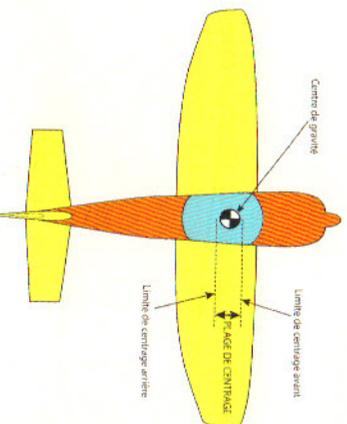


Voilà pourquoi très souvent, un stab calé à 0° marche très bien et fournit la déportance nécessaire à la stabilité. C'est souvent accentué avec les ailes hautes où il est possible d'avoir un stab avec un calage positif. C'est le cas du Piper Cub qui marche mieux avec un stab calé légèrement positif, 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 indéfinie (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 de efficacité avec la gouverne de profondeur pour faire ralentir l'avion à des valeurs compatibles avec un atterrissage contrôlé... et ce, même en aug-

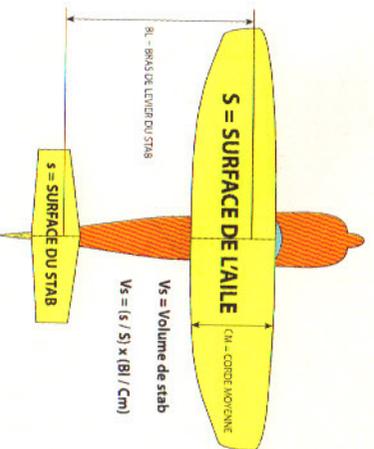
mentant le débattement de la gouverne de profondeur. La zone entre la limite avant et la limite arrière où l'avion peut voler de manière saine est appelée **PLAGE DE CENTRAGE**.



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)**.



**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.

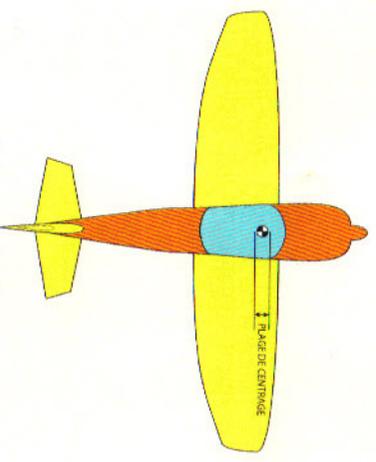
Ça ne veut pas dire qu'il faut toujours un volume de stab de 0,8 pour qu'un modèle vole bien. Suivant le profil d'aile employé, on a besoin de plus ou moins de volume de stab. Ainsi, un profil très creux, genre vol libre, ne vole bien qu'avec un très gros volume de stab. Un profil fin à faible cambrure 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.

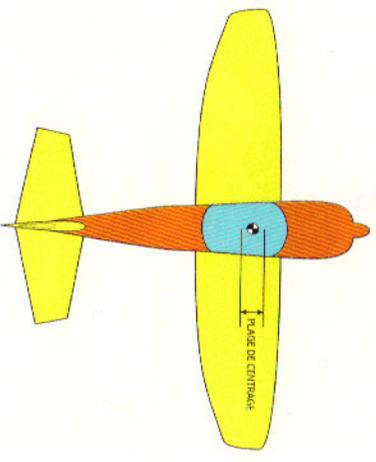
C'est ce qui fait que sur les maquettes où l'on respecte les proportions d'un avion "grandeur", le volume de stab est souvent faible et on doit centrer assez avant. Exemple, un Cap 10 ou un warbird volent souvent très bien avec un centrage situé entre 23 et 28 % de la corde. Alors qu'une majorité de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

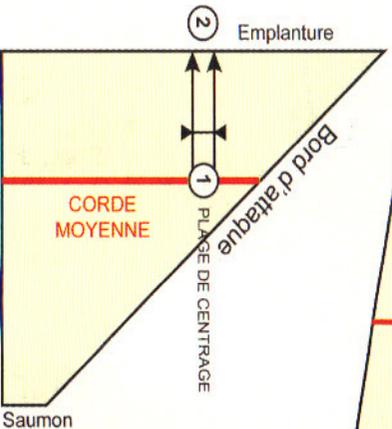
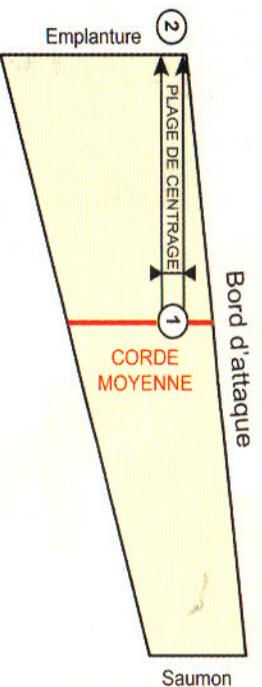
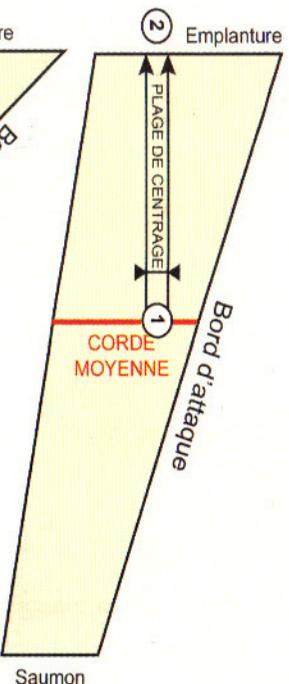
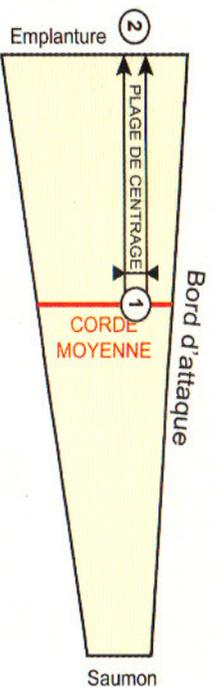
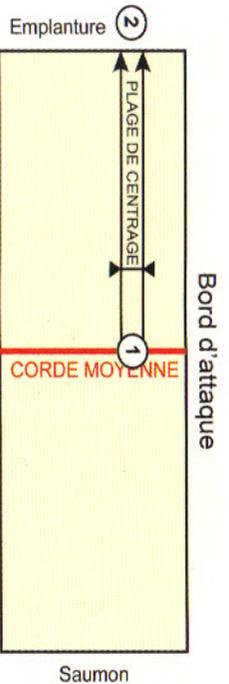


Volume de stab faible :  
Plage de centrage étroite et avancée.



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.**



- 1 : On définit la plage de centrage au niveau de la corde moyenne
- 2 : On reporte cette plage vers l'emplanture

On voit bien sur ces exemples que la position de la plage de centrage doit être calculée et positionnée sur la corde moyenne et seulement ensuite reportée sur l'emplanture.

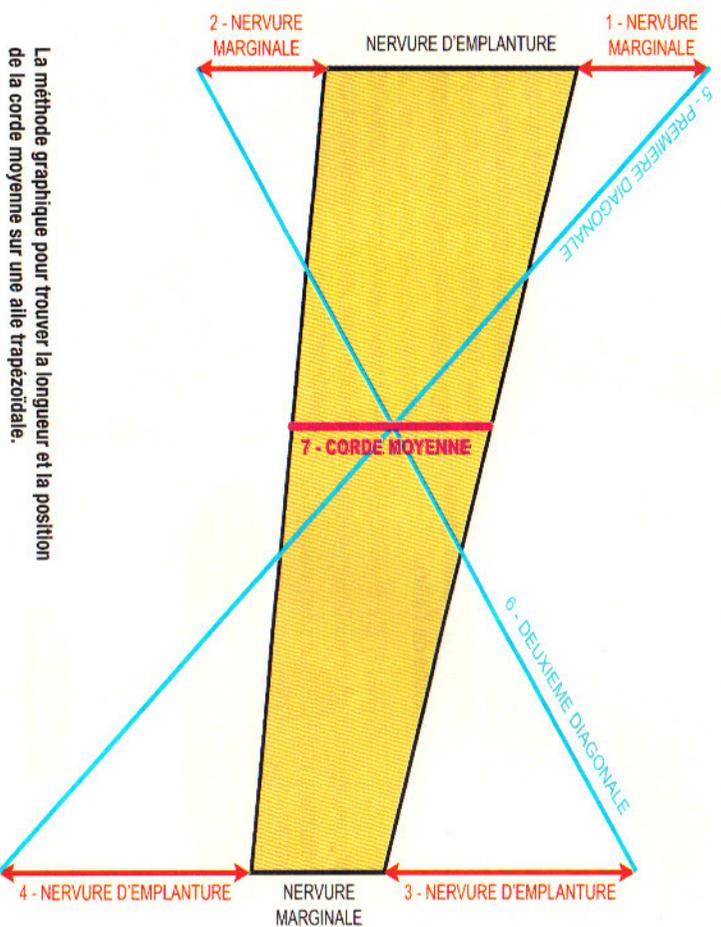
### Ne tirez pas sur la corde...

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 est la corde qui est une moyenne de toutes ces cordes variées et diverses le long de l'envergure. On l'appelle la "CORDE MOYENNE" et elle est LA référence à savoir situer. Quand on a défini 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

La méthode graphique pour trouver la longueur et la position de la corde moyenne sur une aile trapézoïdale.

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".

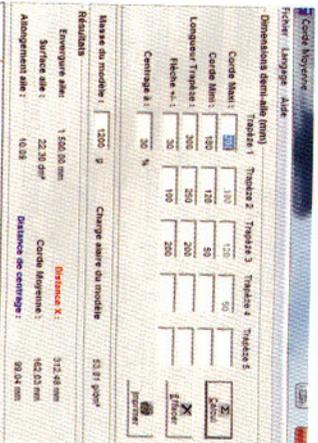
Une fois cette corde moyenne tracée, placez dessus la position du centrage (ou de la plage de centrage) en pourcentage de cette corde. Comme nous l'avons vu, ce pourcentage dépend du profil et du volume de stab.

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.

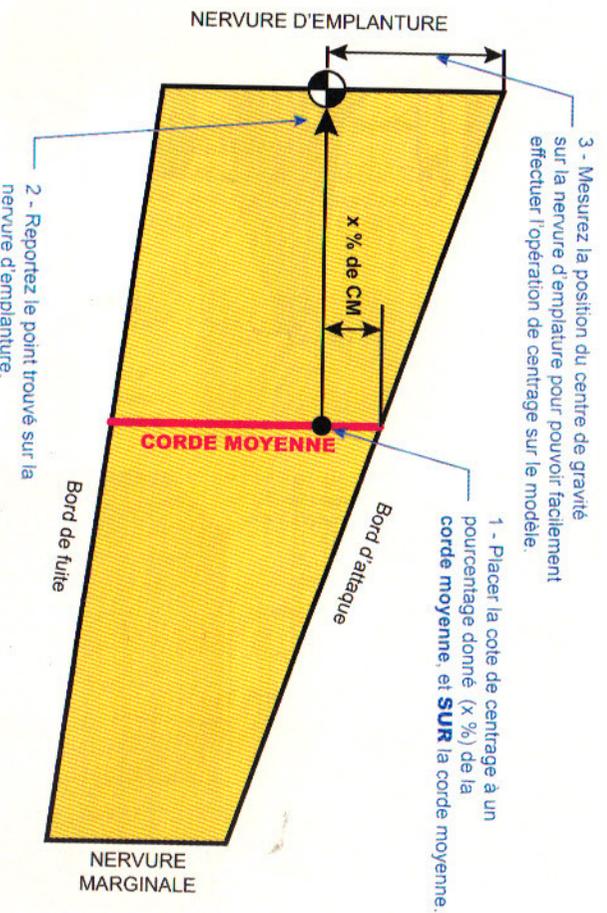
Cette méthode marche pour toutes les ailes en trapèze simple, ce qui inclut aussi les deltas (notez qu'un delta sans stabilisateur, ou une aile volante, doit être centré très avant, entre 15 et 25 % de la corde moyenne selon la formule et le profil. Une aile volante droite se centre souvent entre 15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



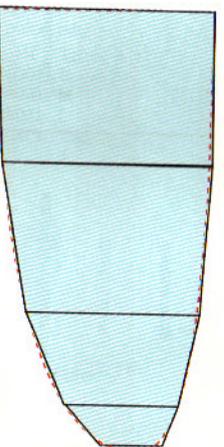
3 - Mesurez la position du centre de gravité sur la nervure d'emplanture pour pouvoir facilement effectuer l'opération de centrage sur le modèle.

1 - Placer la cote de centrage à un pourcentage donné (x %) de la corde moyenne, et **sur** la corde moyenne.

2 - Reportez le point trouvé sur la nervure d'emplanture.

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

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 dm<sup>2</sup>..).



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.

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

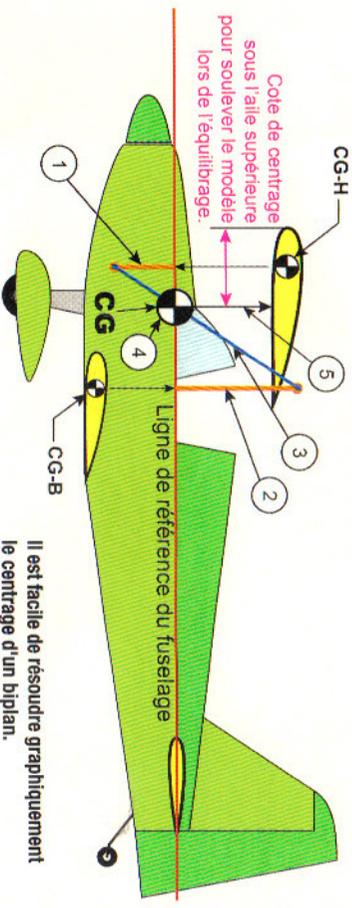
## Pour les ailes volantes ?

Les ailes volantes n'ont pas de stab, pas de V<sub>e</sub> 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



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.

STYLE D'AÉROMODELE	STYLE DE PROFIL	VOLUME DE STAB	PLAGE DE CENTRAGE POUR LE PREMIER VOL
Avion de début, trainer aile basse	Pian convexe, biconvexe dissymétrique	0,5 à 0,6 0,6 à 0,7	25 à 30 % 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)	Pian convexe, biconvexe dissymétrique	0,35 à 0,5	25 à 28 %
Avion destiné à du vol à très haute vitesse (Fischer)	Profils très minces, le plus souvent dissymétriques	Puôt réduit pour limiter la traînée...	23 à 27 %
Deltas	Plancha, biconvexe symétrique	-	20 à 25 %
Biplan old-timer	Profil creux, ou pian convexe	Souvent un peu faible...	25 à 27 %
Biplan moderne	Biconvexe symétrique	Souvent un peu plus fort...	27 à 32 %
Planeur de début	Pian convexe, ou profils avec un léger creux à l'intérieur vers le bord de fuite	0,45 à 0,55	30 à 33 %
Planeurs anciens à stab porteur	Pian convexe ou profil très creux	0,7 à 0,8	50 à 60 %
Planeur de performance moderne	Profils très variables...	0,35 à 0,45 0,45 à 0,55	30 à 35 % 33 à 37 %
Planeur aile volante droite ou faible flèche (style Corbach, Gales)	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 généraliser...)
Planeur maquette bois et toile (ancien)	Profil épais, porteur	0,35 à 0,5	27 à 32 %
Planeur maquette moderne (gerfo)	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://a90754.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.

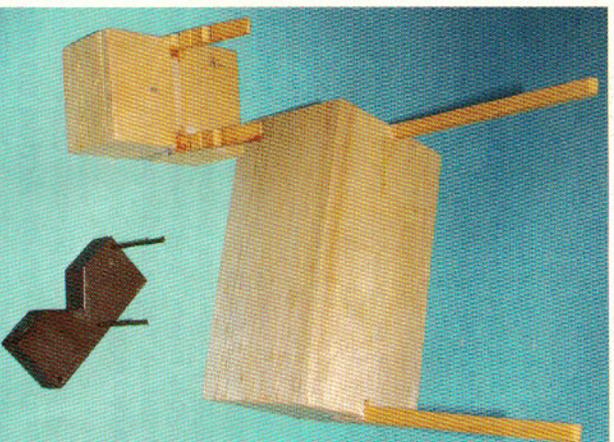
### Et comment fait-on pour centrer ?

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 réglage la distance à partir du bord d'attaque et faites une marque avec un feutre pour marquer les CD. Ça se 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 tracage grâce à des verniers gradués qu'il suffit de régler à la cote choisie.

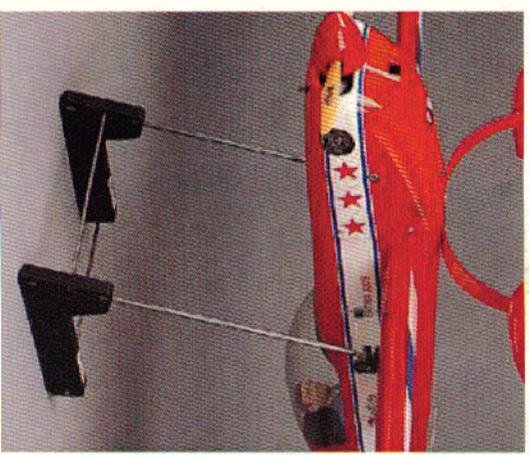
Notez que les doigts ne sont pas précis, la surface de contact étant importante. Plus le modèle nécessite un centrage précis, plus il faut se tourner vers un outil dédié (pour les planeurs à faibles cordes, c'est impératif).

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 modular 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 différents 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 débatstements. 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.

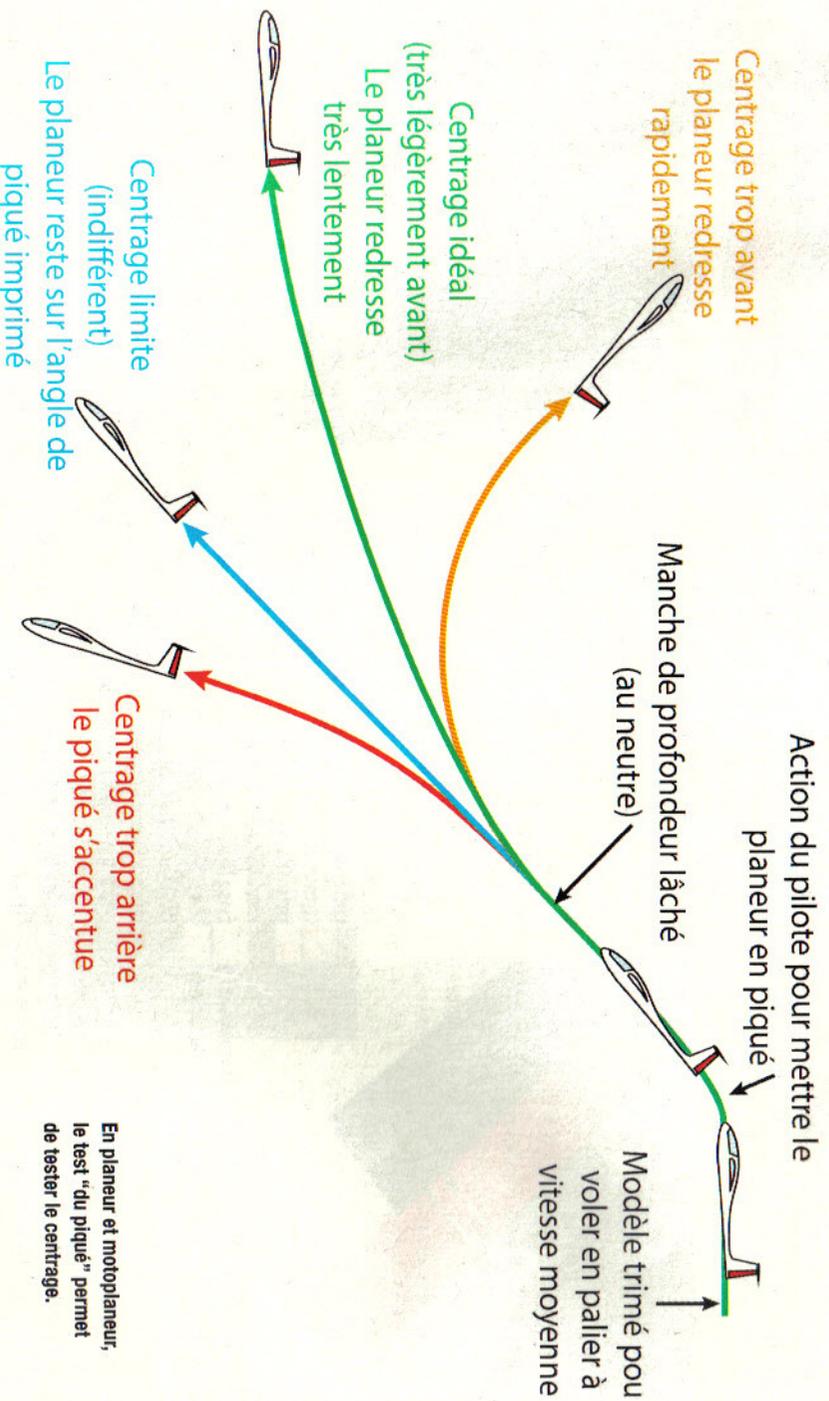
En avion : le test du piqué est également possible, moteur réduit, mais comme on ne vole pas toujours très haut, il ne laisse pas beaucoup de temps pour bien observer ce qui se passe. Avec un avion, qu'il soit thermique ou électrique, on fera un test... en cabrant. Là encore, on commence par trimmer 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).

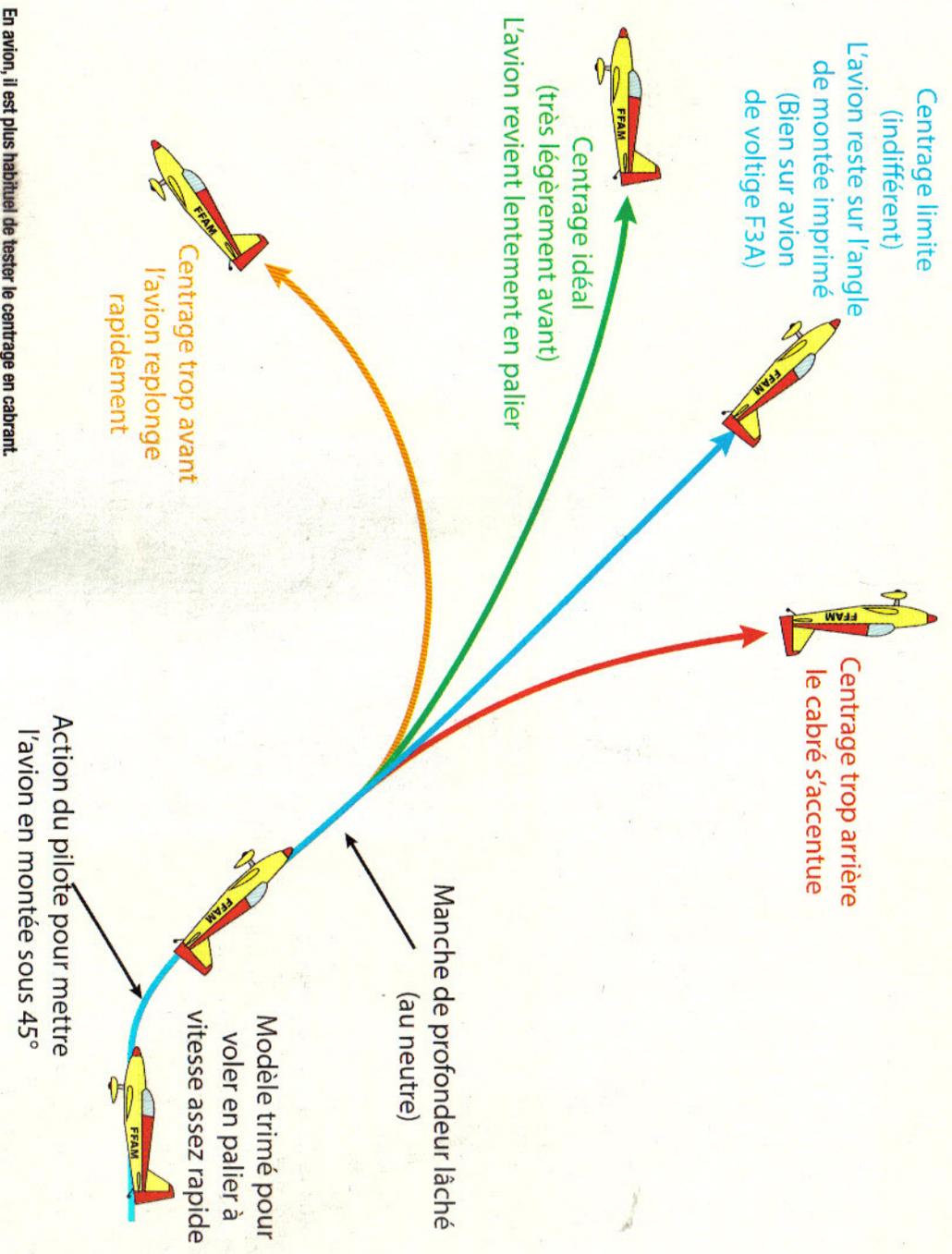
- Si l'avion accentue le cabré, il est centré arrière. Ramenez-le à plat, posez-vous avec précaution et avancez le centrage.

- 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.





Centrage limite  
(Indifférent)

L' avion reste sur l'angle  
de montée imprimé  
(Bien sur avion  
de voltige F3A)



Centrage idéal  
(très légèrement avant)

L' avion revient lentement en palier



Centrage trop arrière  
le cabré s'accroît



Manche de profondeur lâché  
(au neutre)



Centrage trop avant  
l' avion replonge  
rapidement



Action du pilote pour mettre  
l' avion en montée sous 45°

Modèle trimé pour  
voler en palier à  
vitesse assez rapide

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>5</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 Vé 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 Vé 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 Vé 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.

Aller-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 Vé 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 Vé longitudinal une fois celui-ci déjà affiné. Et de même, le piqueur moteur pourra

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

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...

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.

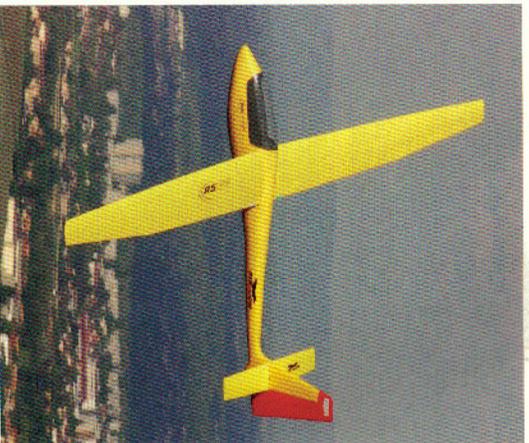


Les trainers sont les plus faciles à centrer avec une aile rectangulaire et un très gros volume de stab. Ils sont particulièrement tolérants.

- 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 que le 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'inclinaison 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 multits F3A actuels ont presque un fuselage dominant 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 inversée 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 toiler" spriraient 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... Yen 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 déformant ! 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>é</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 pefro 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 "vir" aux commandes. Avancer le centrage la diminue, on dit que l'avion est plus "tourd" aux commandes, et dans les cas extrêmes, qu'il devient "carnion" 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	
Modèle plus stable, souvent plus facile à piloter.	Meilleures performances (notamment en planeur).	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.
Avion ayant moins tendance à décrocher, voir impossible à décrocher.			
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.	Les gouvernes peuvent devenir très sensibles. Un centrage en limite arrière peut rendre le modèle très difficile à contrôler.	
Modèle plus difficile à freiner en approche.			
A l'atterrissage, un avion à train classique centre 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.		
INCONVÉNIENTS			

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 décrochages 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 traceurs 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. Ça Petit Chalem 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

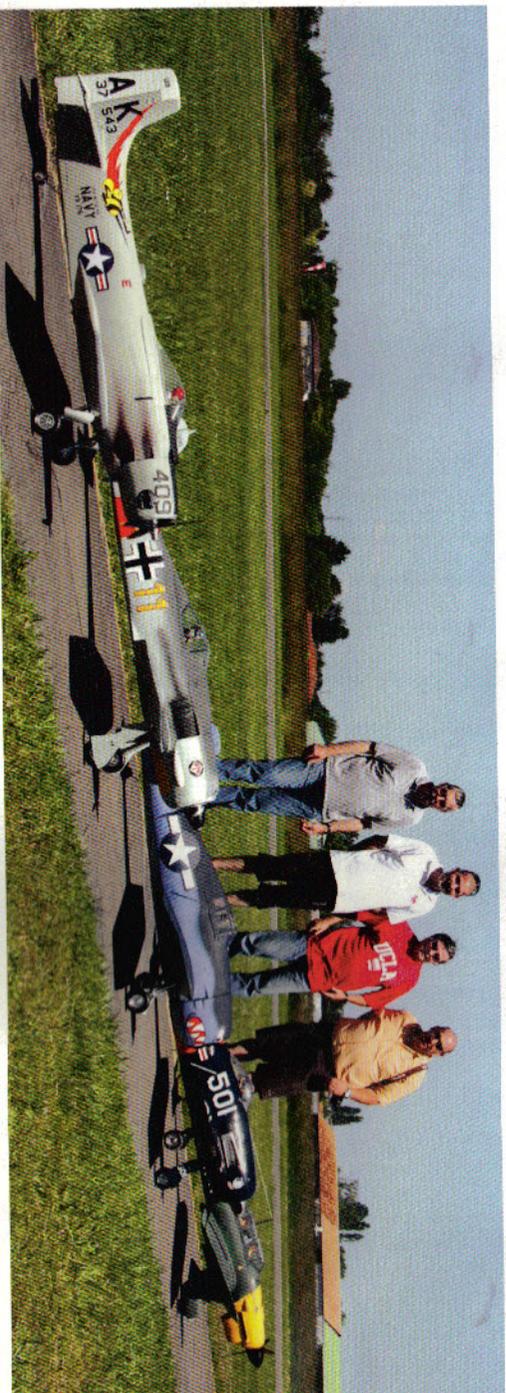
Voici un petit tableau qui récapitule des symptômes liés aux centrages avant ou arrière (mais toujours dans la plage normale)

## 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...ervelle ! Prenez votre temps, analysez le comportement et valorisez-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

# La mise au point d'un modèle. [Première Partie]



Cette belle brochette de warbirds a demandé aux pilotes de passer du temps afin de parfaire les débâtements et mixages et d'obtenir un comportement agréable sur tout leur domaine de vol. C'est seulement en passant du temps à affiner les réglages que l'on peut présenter des modèles en meeting en sécurité et sans stress, et surtout, que l'on prend un "max" de plaisir aux commandes.

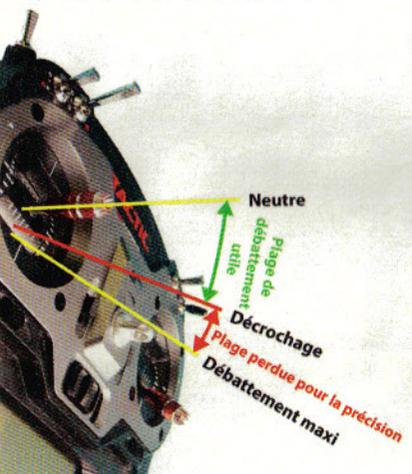
Il m'est souvent arrivé qu'un aéromodéliste me demande de prendre les manches d'un avion ou d'un planeur, parce qu'il ne se sentait pas à l'aise avec son modèle et souhaitait un diagnostic sur ses réglages. Le ressenti peut être lié à la fois au comportement effectif du modèle, mais aussi à l'attitude de vol qui peut parfois être déstabilisante. Nous allons voir aujourd'hui comment préparer un modèle avant un premier vol au niveau débâtements et mixages puis comment affiner ces réglages pour obtenir un comportement répondant aux attentes du pilote.

J'ai déjà traité du centrage qui est un des points cruciaux dans le réglage d'un modèle, et pour cela, je vous renvoie aux numéros 101 et 102 d'Éléromodèles des seconds et troisièmes trimestres 2015. J'y parlais également du calage, qui est un élément qui conditionne directement l'attitude de vol d'un avion ou d'un planeur. L'attitude peut parfois laisser penser à un pilote que son avion vole mal et qu'il soit mal à l'aise avec, juste parce qu'il vole excessivement queue basse ou queue haute. Donc, avant de changer des réglages de débâtements ou de mixages, il est important de bien s'assurer que les qualités de vol sont en cause et que l'on n'a pas juste affaire à un modèle dont le calage est à revoir. Là aussi, les numéros précisés vous permettent de diagnostiquer un problème de calage. Venons-en maintenant aux réglages de débâtement des gouvernes et aux mixages courants qui sont l'objet de l'étude du jour. J'ai évoqué très rapidement en fin d'article sur le centrage ma méthode pour régler le débâtement de la profondeur, nous allons développer tout ça et aller plus en profondeur.

## Débâtements de base

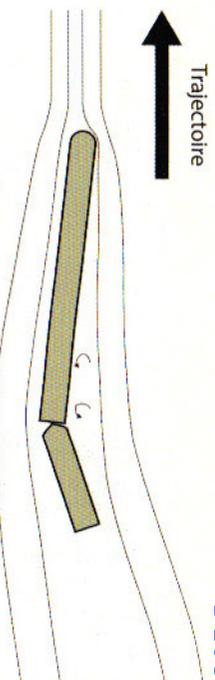
Commençons par un avion aux réglages basiques (sans doubles débâtements, sans expos). Les débâtements choisis devront permettre de piloter confortablement le modèle sur l'ensemble du domaine de vol, des vitesses les plus basses jusqu'au plus élevées.

**Profondeur** : ainsi que je l'ai indiqué dans le numéro 102, pour la profondeur, le débâtement maximal de la gouverne de profondeur devra, dans un cas le plus général possible, pour un vol « classique » (nous excluons ici le vol 3D), permettre d'atteindre l'incidence de décrochage, mais uniquement en fin de course du

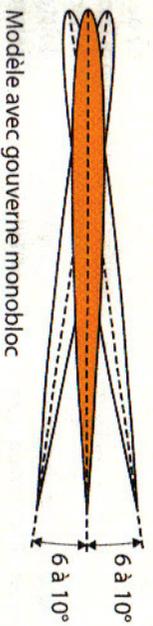
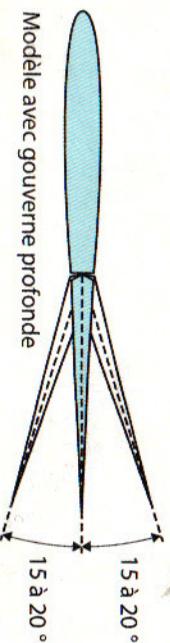
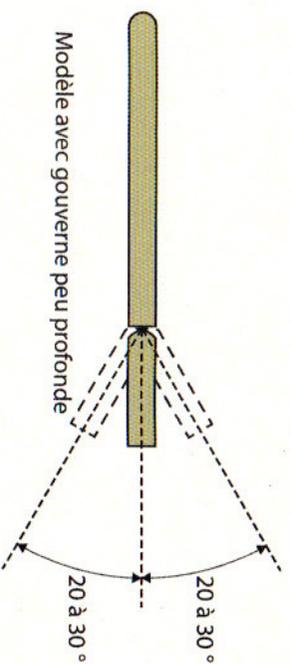


manche de profondeur, ceci en vol ventre comme en vol dos. En effet, si le débâtement de la profondeur permet de faire décrocher le modèle bien avant que le manche n'arrive vers la butée, tout le débâtement compris entre la position de manche qui fait décrocher et la butée est "perdu", inutile, et l'on perd énormément en précision puisqu'on est contraint de n'utiliser qu'une fraction du débâtement possible du manche. Par ailleurs, le débâtement excédentaire peut conduire à augmenter la violence du décrochage, à une mise en vrille plate, et plus généralement, à faciliter le décrochage en virage qui, en surprenant le pilote, conduit souvent à tirer plus encore parce qu'il voit l'avion chuter...

Pour du pilotage standard (non 3D), tout le débâtement qui permet d'aller au-delà de l'incidence de décrochage est une plage perdue pour la précision de pilotage à la profondeur.



Avec de l'incidence, une gouverne de profondeur étroite par rapport au plan fixe peut être masquée. Il faut alors un débattement important pour lui donner assez d'efficacité, en particulier pour pouvoir arrondir à l'atterrissage.



La proportion entre la profondeur de la gouverne de direction et celle du plan fixe influe directement sur le débattement. Plus la gouverne est profonde, moins on a besoin de débattement angulaire.

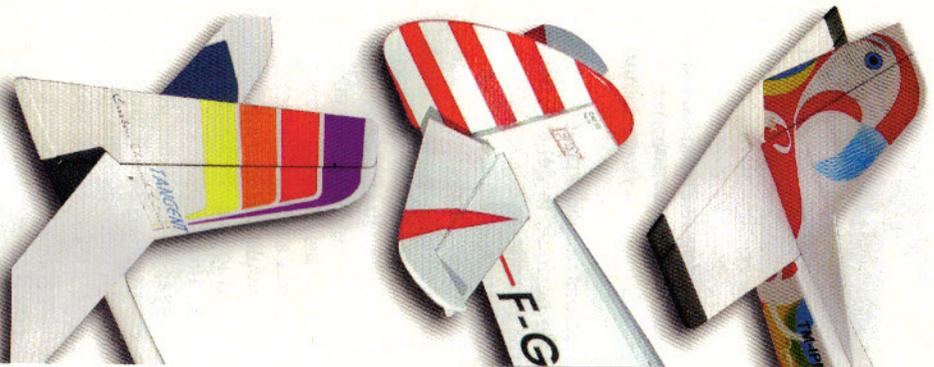
flée par l'hélice et donc très efficace et qui n'a plus que la vitesse du modèle pour l'alimenter une fois les gaz coupés à l'atterrissage. A l'impossible, nul n'est tenu et il faudra se fixer une limitation de vent de travers, tout comme c'est le cas en grandeur. Pour un avion ou un planeur destiné à la voltige, le débattement de la direction doit aussi permettre de réaliser des renversements propres, de réaliser des vrilles, et parfois de tenir le vol sur la tranche. Il faut en principe nettement plus de débattement pour ces évolutions que pour ce qui est nécessaire en vol normal

A l'inverse, une gouverne profonde par rapport au plan fixe se contente d'un faible débattement, la limite étant le cas du stabilisateur monobloc, où le débattement est vraiment réduit et où il s'avèrent généralement suffisants.

En l'absence d'indications, un débattement de la profondeur de 15 à 25° de part et d'autre du neutre est une valeur courante pour un premier vol. Mais un autre paramètre entre en ligne de compte et peut modifier cette première approche : plus la corde de la gouverne est faible par rapport à la corde totale du stabilisateur horizontal et plus il faudra prévoir du débattement. Pourquoi ? Parce que quand le stabilisateur se retrouve en incidence, la partie fixe peut masquer la partie mobile...

Notez un autre paramètre qui influe sur le besoin de débattement de la profondeur, c'est le volume de stabilisateur (voir une fois encore le numéro 101). Un faible volume de stabilisateur réduit la plage de centrage, mais suppose aussi un débattement de la profondeur réduit, car l'avion est relativement peu stable, il n'a donc pas besoin de gros débattements pour être réactif. A l'inverse, un modèle à fort volume de stabilisateur étant très stable, non seulement il a une plage de centrage plus large, mais il a besoin de débattements plus importants pour être suffisamment réactif.

**Direction** : la gouverne de direction doit être considérée de deux façons. Sur un modèle non destiné à la voltige et généralement en planeur, la gouverne de direction sert principalement à réaliser des virages bien coordonnés et donc à combattre le lacet inverse. Elle sert aussi à la tenue d'axe lors des décollages du sol. Son efficacité doit être alors réglée de manière à ce qu'il soit possible, à vitesse modérée, de contrer intégralement le lacet inverse quand on met les ailerons à fond. Ceci permet d'avoir un modèle homogène aux commandes. Son efficacité doit aussi être à la fois suffisante pour tenir l'axe de piste au décollage et à l'atterrissage compte tenu des effets moteurs, et aussi pour contrer l'effet de girouette quand le vent n'est pas dans l'axe. C'est un compromis pas toujours évident à trouver, car pour la tenue d'axe, on a une gouverne le plus souvent souf-



Voici des exemples types de profondeur relative entre la partie mobile et la partie fixe très différentes, gouverne étroite sur un trainet, moyenne sur le Cap 10 et toute le stabilisateur mobile sur ce planeur (stabilisateur dit monobloc).



Petit volume de stabilisateur sur le Cap 10, débattements réduits à la profondeur, tandis que le Calmato avec son grand bras de levier et son stabilisateur de belle surface peut supporter des débattements plus importants sans devenir délicat.

(avec un bémol pour le vol tranche, car, selon la répartition des surfaces latérales, il peut arriver qu'un avion tienna la tranche avec extrêmement peu de débattement de la direction, c'est le cas de bien des multits modernes).

Comme pour la profondeur, la proportion entre les cordes de la partie fixe et de la partie mobile de l'empennage vertical influe directement sur le débattement nécessaire. Plus la gouverne est étroite par rapport au plan fixe et plus il faut de débattement angulaire, et inversement. Ainsi, une maquette comme le CAP 10 dont la gouverne de direction est très large se contente d'un débattement relativement faible pour faire de beaux renversements, viller et déclencher impeccablement. A l'inverse, les planeurs "grandes plumes" maquettes ont souvent une gouverne de direction étroite qui a besoin d'un bon débattement, en plus d'un profil de la dérive et de la gouverne particulièrement étudiés et soignés.

Hors voltige, en avion, 20° de part et d'autre du neutre est une valeur courante au départ si vous n'avez pas d'informations précises. Pour un avion de voltige (classique), 30° à 40° peuvent être nécessaires principalement pour bien "renverser".

A noter qu'en avion, on dispose le plus souvent d'une roue avant ou d'une roulette de queue conjuguée à la direction. Quand c'est possible, on peut jouer sur le débattement de cette roue auxiliaire pour améliorer la précision du taxiage et de la tenue d'axe au sol. D'une manière générale, réduire le débattement de la roue auxiliaire améliore la précision de la tenue d'axe, et si l'avion ne peut pas tourner très serré au sol, c'est moins grave qu'un avion qui est trop sensible à la direction au décollage.

Cas particulier, les modèles "deux axes" : la gouverne de direction va servir à mettre l'avion en virage, et aussi à le remettre à plat. C'est le "roulis induit" qui permet de gérer l'inclinaison à l'aide de la gouverne de direction. Deux facteurs génèrent le roulis induit : une différence de vitesse entre les ailes, et ça survient quand on braque initialement la direction, le mouvement en lacet fait avancer l'aile extérieure plus vite et freine l'aile intérieure au virage demandé. Mais le plus important est le dièdre : plus il est fort, et plus le fait de rendre le vol dissymétrique en appliquant la gouverne de direction va augmenter l'incidence de l'aile extérieure et diminuer l'incidence de l'aile intérieure.



En vol "normal", coulé (hors voltige et 3D), on comprend qu'il faudra nettement moins de débattement angulaire sur la gouverne de direction profonde du Cap 232 que sur celle, étroite, du FW 190.



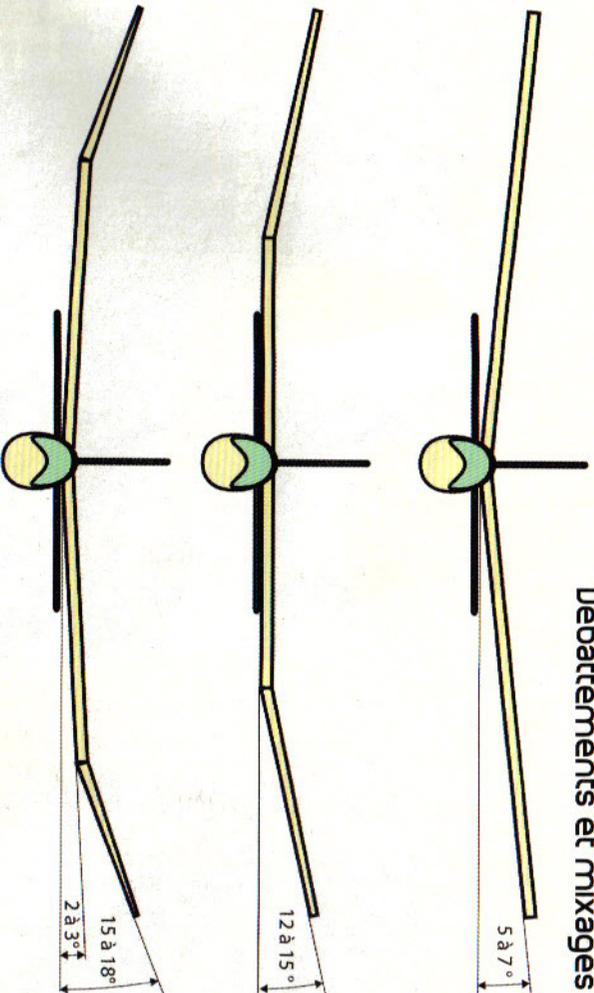
Pour bien comprendre comment s'incline un "deux axes", mettons-nous à la place d'un filet d'air qui arrive sur le modèle. En haut, la direction est au neutre, le vol est "symétrique, je vois les deux ailes avec la même incidence (je vois autant l'intrados de l'aile droite que celui de l'aile gauche), l'intrados de l'aile droite que celui de l'aile gauche), l'avion se met "en biais" et je vois maintenant bien plus l'intrados de l'aile gauche que celui de l'aile droite... L'aile gauche a plus d'incidence que l'aile droite, l'aile gauche porte donc plus et va se soulever, inclinant l'avion à droite.



Le Baron et ses dérivés sont des exemples typiques d'avions deux axes, c'est-à-dire sans ailerons (même si des Barons modernes en sont désormais pourvus)

Si un avion deux axes est "trop mou" et peine à s'incliner et plus encore à sortir de virage, on est tenté d'augmenter le débattement de la direction. Si les choses ne s'améliorent pas, inutile de persévérer dans cette voie, c'est le dièdre qui est inadaptable. Certes, ça oblige à modifier la structure et ce n'est pas toujours facile, mais augmenter le dièdre est bien plus efficace que de vouloir augmenter la surface ou le débattement de la gouverne de direction, ce qui ne fait que mettre encore plus l'avion en attaque oblique sans générer assez le roulis induit. Un dièdre augmenté améliore considérablement le roulis induit. Un avion ou un planeur deux axes doit avoir au minimum 5° de dièdre sous chaque aile (pour un dièdre simple). Avec 6 à 7°, vous pourrez même passer des tonneaux avec un modèle deux axes.

**Ailerons** : toujours pour un modèle basique, le débattement des ailerons doit être adapté à l'utilisation et à... l'utilisateur ! Sur un avion de début, les ailerons doivent rester "doux", c'est-à-dire permettre de basculer d'une inclinaison de 45° d'un côté à 45° de l'autre côté en 2 à 2,5 secondes. Pour un avion de transition, avec un début de voltige, le roulis doit être suffisant pour que les tonneaux ne soient pas trop longs... donc puissent de dispenser de corrections réussies à la profondeur et à la direction, ce qui fait 360° en 2 à 3 secondes. Pour un avion de voltige, viser 1,5 seconde pour 360° est possible, à la seule condition que l'avion ne soit pas trop sensible autour du neutre (nous sommes dans le cas d'un avion aux réglages basiques). Nous retrouvons toujours la règle qui veut que le rapport entre la corde de l'aile



Voici des exemples de dièdres donnant de bons résultats sur des avions ou planeurs deux axes.

et celle des ailerons influe sur le débattement nécessaire : petite corde d'ailerons (10 à 15 % de la corde d'aile) = débattements élevés (20 à 30°), grande corde d'ailerons (20 à 30 % de la corde d'aile) = débattements faibles (10 à 15°).

Si vous avez conçu votre avion, ou que le plan ou la notice ne donnent pas d'indications, les valeurs que j'ai évoquées ci-dessus vous donnent un point de départ.

Pour un premier vol, sur un kit, la notice (ou le plan) vous donne généralement des va-

leurs de débattement à respecter. Si la notice précise des petits et grands débattements, en général, les "petits" sont préférables pour le premier vol, sauf avis contraire dans cette notice. Attention toutefois à ne pas faire aveuglément confiance à toutes les notices... J'en ai rencontré très souvent qui étaient par trop "conservatrices" et donnaient des débattements extrêmement réduits, ceux-ci ne permettant pas d'avoir assez de défense en cas de rafale ou de turbulence, voire pour la profondeur ne permettant pas d'arrondir correctement à l'atterris-

sage, ce qui se traduit le plus souvent par un départ en rebonds allant en s'aggravant (une gamme de warbirds vietnamiens bien connue en est un parfait exemple, mais j'ai aussi connu le cas avec des kits de grandes marques allemandes ou américaines). Des débattements semblant extrêmement faibles doivent donc être "suspects" ; prévoir un double débattement permettant de basculer sur une valeur plus forte peut être utile lors du premier vol. Par ailleurs, soyez curieux et recherchez les essais du modèle concerné dans la presse spécia-

lisée. La plupart des testeurs (et j'en fais partie) vous donnent les débattements qu'ils ont retenus au terme des essais et c'est souvent une indication plus fiable que certaines notices.

## La mesure du débattement

A l'atelier, pour mesurer un débattement, vous avez deux méthodes :

- soit la mesure angulaire qui va nécessiter un rapporteur et qui n'est souvent pas simple... sauf si vous avez un outil spécialisé ;
- soit mesurer le déplacement du bord de fuite de la gouverne là où la corde est la plus importante avec une simple règle graduée. Pour cela, il faut caler la règle contre le plan de travail et l'amener contre le bord de fuite de la gouverne, faire ensuite déborder la gouverne et ramener la règle contre le bord de fuite, et noter l'écart entre les deux positions. La majorité des notices donnent la valeur en millimètres ou en pouces pour ce type de mesure.

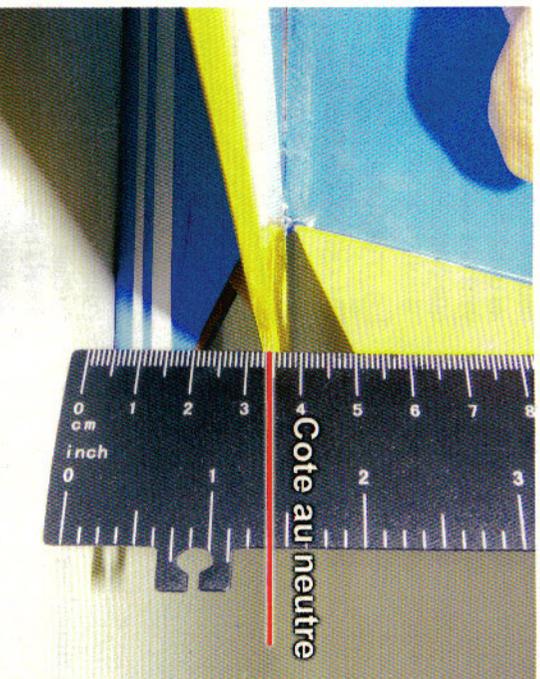
Note : **personne ne sait lire un débattement avec une précision meilleure que 0,5 mm sur un réglage**... Alors arrondissez les résultats des calculs de conversions aux 0,5 mm les plus proches ! Ce sera suffisant !



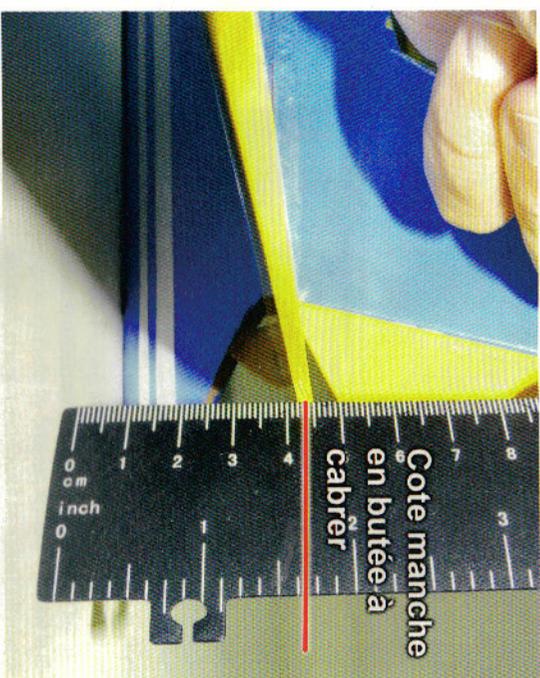
Selon les modèles, les ailerons peuvent être étroits ou très profonds. Le débattement doit être adapté en conséquence.



On peut bricoler un petit outil avec un rapporteur et un fil à plomb pour faire une mesure du débattement angulaire, ou trouver des outils tous faits dans le commerce, comme ici.



Pour une mesure linéaire, voici par exemple la mesure du débattement à cabrer de la profondeur : la règle plaquée sur le plan de travail, relever la cote du bord de fuite de la profondeur au neutre. Ensuite, avec l'émetteur, mettre la profondeur en butée à cabrer, avancer la règle pour qu'elle reste contre le bord de fuite et relever la nouvelle cote. La différence des deux cotes est le débattement à cabrer. Faites de même à piquer, et ensuite pour les autres gouvernes. On mesure toujours le débattement linéaire à l'endroit le plus large d'une gouverne.



## Les vols de mise au point

Lors du premier vol d'un modèle, passé les premiers instants où l'on "fait connaissance" avec sa nouvelle monture, et à moins que l'avion soit trop difficile à contrôler et que vous décidiez d'un retour d'urgence, vous réglerez les trims pour que le modèle vole droit à vitesse de croisière standard, et vous testerez le centrage comme nous l'avons évoqué dans les numéros 101 et 102.

Pour le débattement de la profondeur, il est particulièrement utile aussi de tester le décrochage, pour un modèle motorisé, avec le moteur réduit ou coupé. Pour cela, montez à une hauteur où vous aurez largement la place de rattraper le modèle. Face au vent, empêchez le modèle de descendre en ajoutant progressivement de la profondeur à cabrer. Vous arriverez en principe à un moment soit à une abattée, soit à une descente parachutale, nez haut. Dans le cas de l'abattée, constatez la position du manche de profondeur quand elle survient. Si c'est dans une plage comprise entre 85 et 100 % de la course à cabrer du manche, le débattement de la profondeur est bien adapté et vous aurez toute latitude

pour bien arrondir le modèle à l'atterrissage. Si l'abattée survient avant 80 % du débattement à cabrer, vous pourrez réduire le débattement, afin de gagner en précision.

Si l'avion parachute au lieu de faire une abattée, avec une bonne attitude nez haut et en restant stable, ça peut être bien pour un avion de début, qui ne

risquera pas de vous "partir dans les pattes".

En revanche, si l'avion descend avec le nez bas alors que vous êtes en butée de profondeur, il faudra augmenter le débattement car vous n'avez pas la capacité de faire un arrondi correct à l'atterrissage et vous allez être obligé d'arriver vite en finale pour garder le contrôle de l'avion.

Un cas particulier concerne les racers ou les planeurs devant réaliser une épreuve de vitesse avec des virages très serrés : on règle, au fil des essais en vol, le débattement de la profondeur pour le régime de vol plein gaz (ou à haute vitesse en planeur), de manière à pouvoir virer sur la tranche le plus serré possible sans décrocher d'une part, et sans casser excessivement la vi-

### CONVERSIONS D'UNITÉS

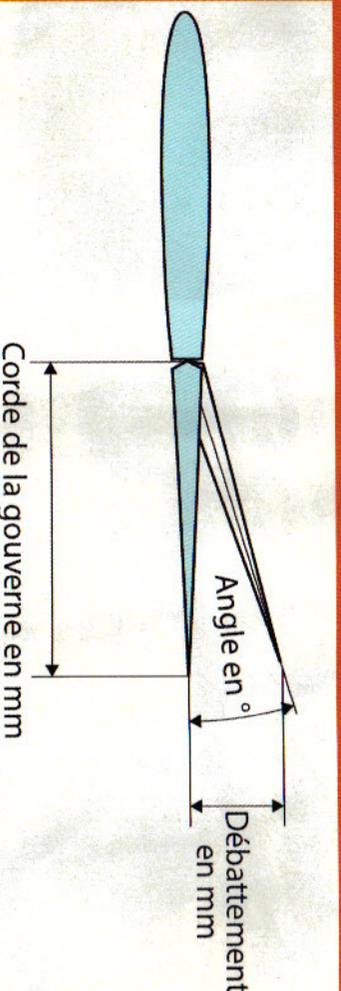
Si vous avez besoin de convertir un débattement donné en pouces par la notice, voici comment convertir (dans les deux sens) :

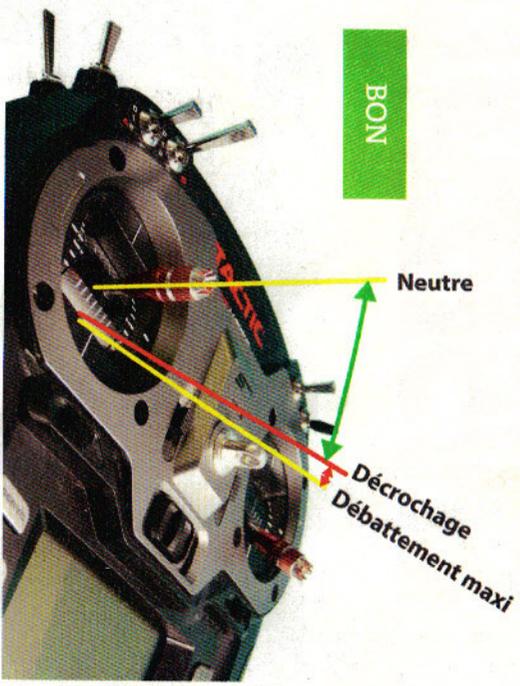
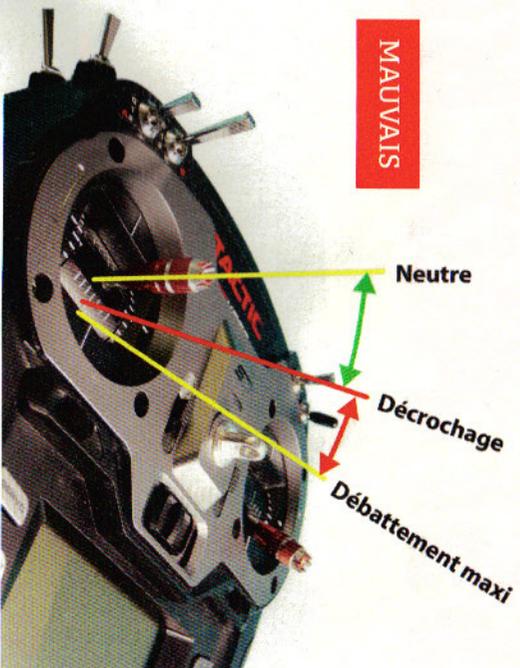
- débattement en pouces x 25,4 = Débattement en millimètres.  
- débattement en millimètres / 25,4 = débattement en pouces.

Quand la valeur donnée par la documentation est uniquement angulaire, voici comment faire la conversion dans les deux sens avec une calculatrice disposant des fonctions trigonométriques :

- débattement (mm) = corde de la gouverne x Sinus de l'angle.  
(Sinus est noté "Sin" sur la calculatrice).

Angle = ArcSinus de (Débattement/Corde de la gouverne) (Note: sur les calculatrices, ArcSinus est noté "ArcSin" ou "2ndSin").





tesse (et aussi en respectant le modèle, il ne faut pas casser les ailes sous trop fort facteur de charge). Ainsi, quand on arrive au pylône, on peut incliner et tirer la profondeur en butée sans doser, sans risque de déclencher. Ce réglage marche très bien aussi pour les boucles carrées. Si en revanche à vitesse réduite, ce débattement ne permet pas

de freiner correctement... il faudra envisager un inter de double débattements (voir plus bas).

Pour les ailerons, selon le type d'avion, vous testerez la réaction en faisant des variations alternées d'inclinaison de 45° d'un côté à 45° de l'autre pour voir si le taux de roulis a besoin ou non d'être augmenté. Pour la direction, sur un avion

non destiné à la voltige, voyez si en inclinant rapidement le modèle jusqu'à 45° à vitesse normale, vous pouvez éviter un départ du nez du côté opposé à l'inclinaison avec la gouverne de direction. Le virage doit s'engager "proprement". Pas assez de débattement, le nez part à l'extérieur du virage. Trop de direction, l'avion engage rapidement

et plonge. Pour un avion destiné à la voltige, on a presque à coup sûr le second cas, mais c'est alors normal et il faudra apprendre à doser finement la direction lors des mises en virage.

■ Jean-Louis Coussot

À suivre...

# WEYMULLER MODELISME

4 rue de Lorraine - ZAC Croix St Nicolas - 54840 Gondreville - France - Tél.: 00 33 (0)3 83 63 63 00

Le spécialiste du modèle réduit depuis 1967 !  
Avions - Planeurs - Moteurs - Radiocommander - Balza



# La mise au point d'un modéle. [Deuxième Partie]



Les avions dédiés à la voltige 3D sont les premiers concernés par l'utilisation de doubles débattements et d'exponentiel, sans lesquels ils seraient très délicats à piloter.

Après avoir passé en revue dans le précédent numéro les éléments de base concernant les débattements des gouvernes de pilotage que sont la profondeur, les ailerons et la direction pour un avion ou un planeur, nous allons aller un peu plus loin avec la bonne utilisation de fonctions que l'on retrouve sur la quasi-totalité des émetteurs programmables.

Ces fonctions sont là pour nous donner plus de confort et contrairement à ce que peuvent dirent quelques pilotes qui se refusent à les utiliser, elles ne sont en rien une « triche » et elles n'assurent pas le pilotage à votre place. Croyez-moi, bien des pilotes d'avions grandeur nature seraient heureux de pouvoir disposer de nos doubles débattements, de nos expos et de quelques mixages basiques... Nous allons nous borner dans cette seconde partie de l'article à étudier les "dual-rates", les "Expos", le "différentiel d'ailerons" et le mixage ailerons vers direction. Il existe bien sûr bien plus de possibilités de mixages sur les émetteurs évolués, mais le magazine complet ne suffirait alors pas... Et surtout, nous entrerions dans des cas trop particuliers alors que le but ici est de rester le plus général possible.

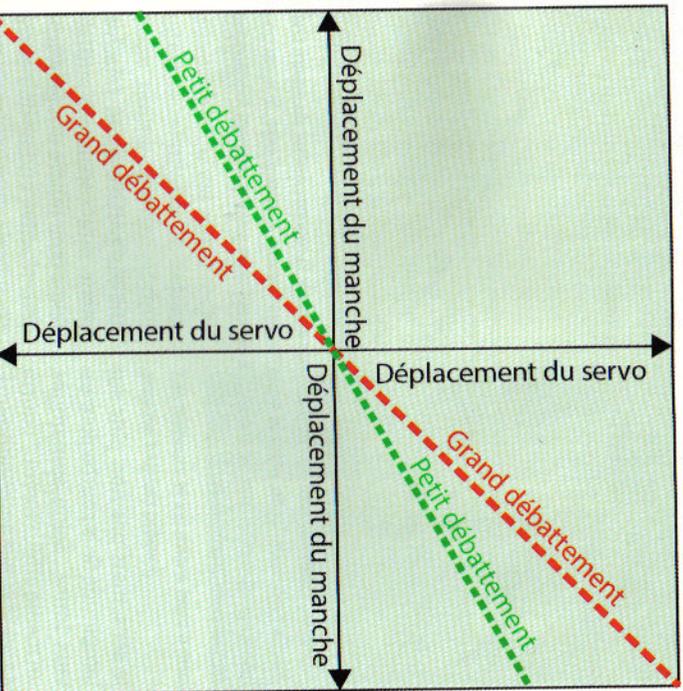
## Les doubles débattements ou "Dual Rate"

La majorité des émetteurs actuels proposent cette fonction, qu'il ne faut pas confondre avec les réglages de course. Le réglage de course permet de définir le débattement "maxi" d'un servo, et par là même, d'une gouverne. La fonction "dual-rate" est activée par un interrupteur et permet de disposer,

en vol, du choix entre des débattements différents selon les besoins du moment. Le terme "dual-rate" ou "double débattement" est devenu générique, mais il est de plus en plus courant de pouvoir affecter à cette fonction un interrupteur à trois positions et dans ce cas, on pourra même prévoir trois valeurs de débattements différentes. Le terme ne change pas, on ne parle pas de triple-rate ou triple débattement... mais c'est pourtant bien le cas.



Les Inters peuvent avoir deux ou trois positions, ce qui permet d'avoir deux ou trois jeux de débattements et expos accessibles durant le vol.



On voit ici qu'avec un double débattement "standard", le déplacement du servo reste linéaire, mais selon le position de l'inter, le servo se déplacera selon la ligne rouge ou la ligne verte.

Cette fonction est très utile pour la voltige : pour le décollage, l'atterrissage et les figures "coulees", on sera précis avec de faibles débattements, tels que nous les avons définis plus haut. Pour réaliser des fi-

gures plus violentes, comme des tonneaux très rapides, des boucles carrées, des déclenches ou des vrilles, et bien sûr, pour les figures de voltige 3D, cette fonction permet, en basculant un interrupteur, d'accé-

der à des débattements plus importants. Le réglage initial mécanique est alors fait pour les grands débattements, et on règle ensuite les petits par un taux réduit basé sur les grands.

Si votre émetteur permet d'affecter plusieurs interrupteurs aux dual-rates, il sera utile lors des vols de mise au point, d'affecter un inter par axe : profondeur, ailerons et direction. Une fois les débattements affinis, je vous conseille de regrouper si c'est possible tous les dual-rates sur un unique interrupteur, ce sera plus pratique à utiliser.

Les dual-rates sont très utiles lors d'un premier vol, si vous avez un doute sur le réglage à adopter. Il est pratique d'avoir au moins deux valeurs de débattements, vous pourrez ainsi rapidement adapter le comportement du modèle et avoir un avion sain, et ainsi mener vos essais de débats sur une bonne base.

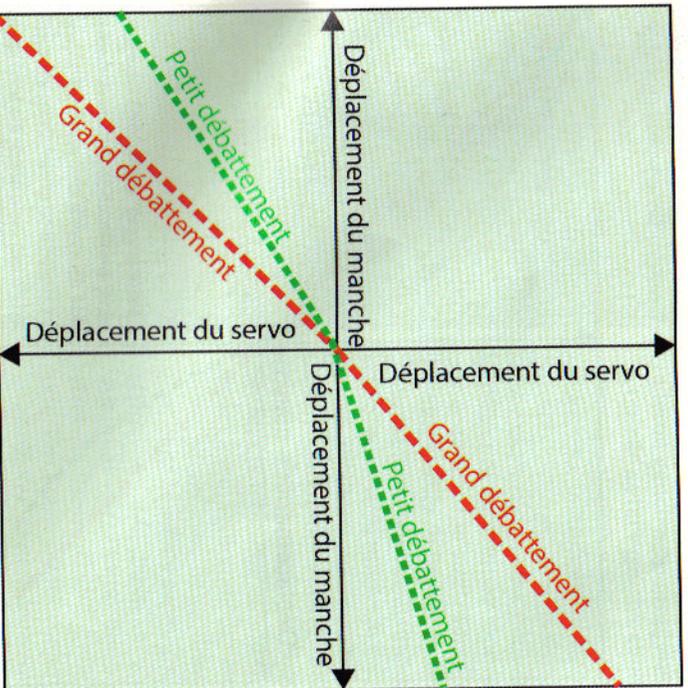
## Les exponentiels (ou expos)

Voilà une autre fonction très courante, mais pas toujours

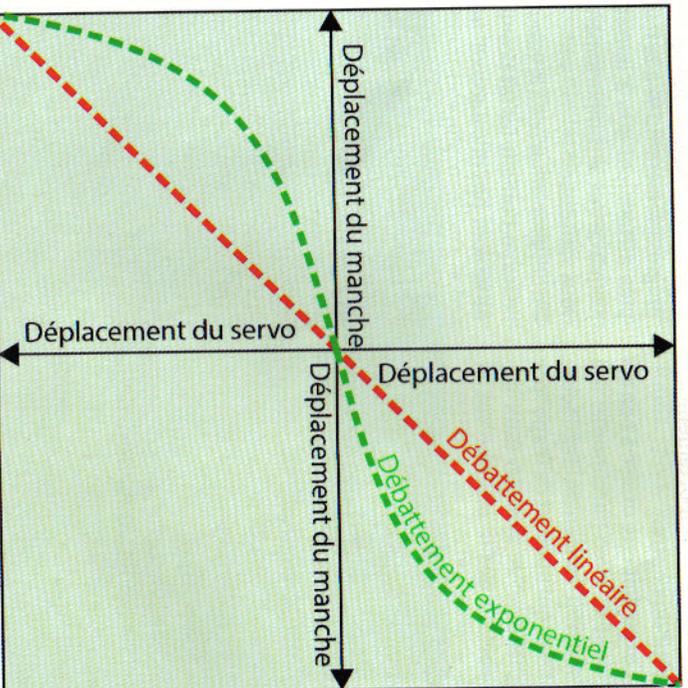
bien comprise ou utilisée. L'expo consiste à remplacer la réponse linéaire du servo par rapport au déplacement du manche par un déplacement sur une courbe.

Pour cela, on définit un "taux" en pourcents. Je rencontre deux erreurs très courantes chez les pilotes qui me demandent de tester un modèle qu'ils ne "sentent" pas bien : le sens du pourcentage peut être positif ou négatif, et il se trouve que les fabricants ne se sont pas mis d'accord pour que le signe ait toujours le même effet... Ainsi, chez Graupner, JR ou Jeti par exemple, un expo avec un signe positif (+) va adoucir la réponse autour du neutre, pour ensuite rattraper progressivement le débattement jusqu'à la valeur maxi. Mais chez Futaba ou Tactic par exemple, il faut un taux avec un signe négatif (-) pour obtenir le même effet. L'erreur courante est donc d'avoir mis

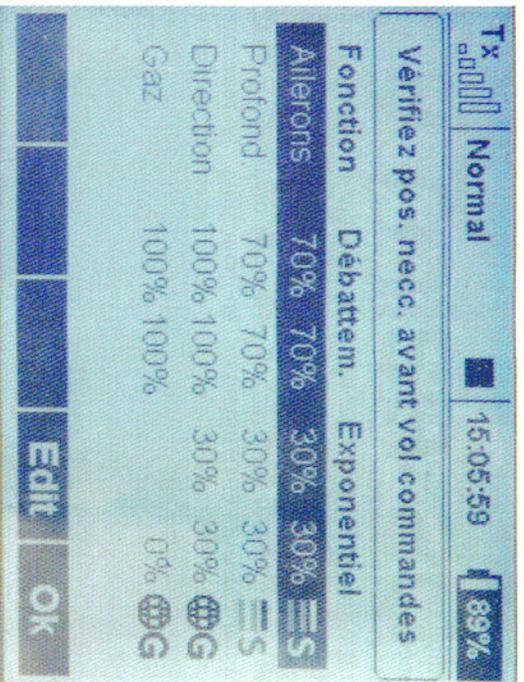
de l'expo avec le mauvais signe et au lieu d'avoir un modèle doux autour du neutre, on peut se retrouver avec un modèle aux limites du pilotable.



Sur certains émetteurs, il est possible de différencier le débattement de part et d'autre du neutre. Les lignes de débattement sont alors "brisées" en passant le neutre. Cela permet par exemple sur "la profondeur", de régler différemment le comportement à cabrer et à pliquer.



L'utilisation la plus courante de l'expo permet d'avoir peu de déplacement du servo quand le manche se déplace autour du neutre, et de rattraper progressivement le débattement maxi prévu.

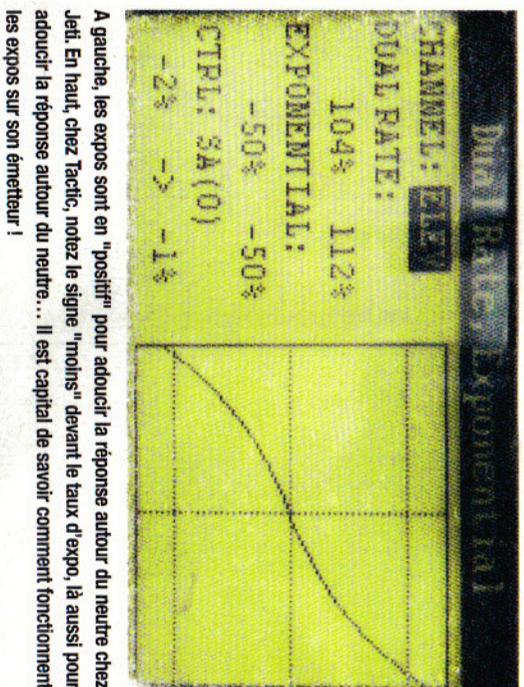


Si vous n'êtes pas sûr du sens pour votre marque de radio, voici comment le déterminer : affectez un interrupteur pour mettre ou couper l'expo. Mettez un taux d'expo positif important (+ 50 à + 80 %) pour le temps de ce test sur une des positions de l'inter, et 0 % pour l'autre position. Mettez l'inter sur 0 %, et déplacez le manche de moitié et maintenez-le ainsi. Basculez l'inter. Si le débattement diminue, vous saurez que c'est avec un signe + que vous adoucissez le comportement autour du neutre. S'il augmente... il vous faudra utiliser de l'expo avec un signe - pour adoucir le comportement autour du neutre.

avec des valeurs de débattement réduites. Autant un avion trop sensible autour du neutre peut être difficile à maîtriser, autant il est très désagréable et tout aussi dangereux d'avoir un modèle qui est totalement inflexible autour du neutre.

**L'expo, c'est comme les antibiotiques, ce n'est pas automatique !** Pour un premier vol avec des débattements civilisés, je conseille de ne pas en mettre, à moins d'avoir des infos fiables sur une valeur adaptée au modèle. Commencez par régler le débattement maxi, et quand celui-ci est bien adapté, si le modèle est trop vif autour du neutre, mettez alors de l'expo, progressivement (10 % à la fois, puis affinez par 5 % à la fois) jusqu'à ce que le comportement vous satisfasse.

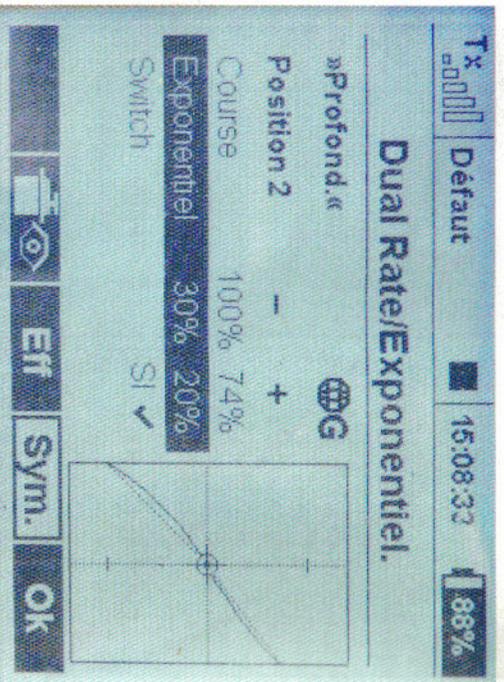
Un des problèmes liés à la valeur de l'expo, c'est que les fabricants ne se sont pas mis d'accord sur



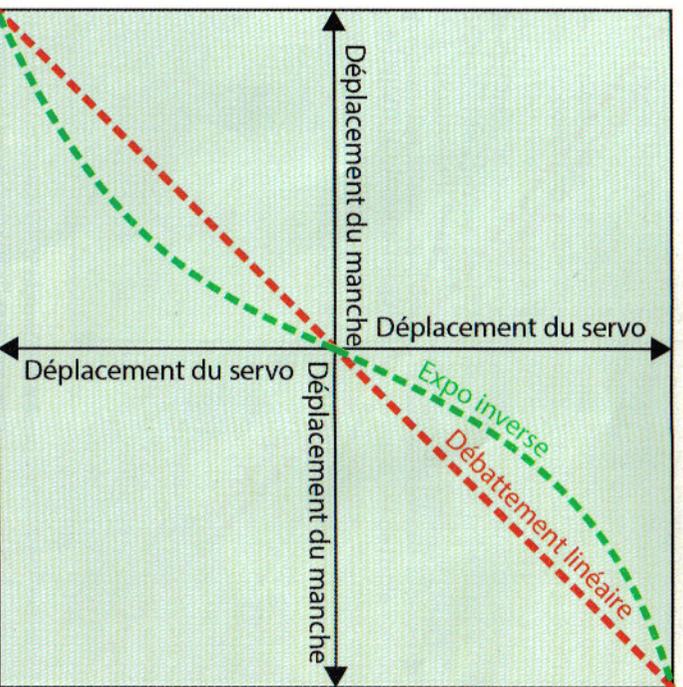
le sens, mais pas non plus sur l'amplitude de la courbe pour un taux donné... Selon les marques, un même effet ressentir" pourra demander des taux différents. Ainsi, les valeurs d'expo des notes ou des essais dans les revues ne sont qu'indicatives, mais il revient à chacun de trouver "son" réglage... Car en plus, le ressenti de l'effet de l'expo est très "subjectif" et propre à chacun.

Quelques règles sont toutefois utiles à connaître : quand vous utilisez des dual-rates, plus le débattement est fort et plus il faut en général monter le taux d'expo. Inversement, de petits débattements se contentent de faibles taux d'expo, voir de pas d'expo du tout.

Un cas particulier et relativement rare consiste à utiliser l'expo pour rendre une gouverne plus réactive autour du neutre. On inverse alors le sens du taux d'expo. Cela peut servir pour "rattraper" une aérodynamique "pas terrible" avec un profil qui fait que les ailerons donnent un taux de roulis maxi correct, mais se montrent particulièrement inefficaces autour du neutre. On a déjà vu ce cas avec des profils exagérément épais et des gouvernes de faible profondeur. L'aileron est mal alimenté autour du neutre et il faut atteindre un débattement déjà marqué pour qu'il se passe quelque chose... L'expo "inverse" peut alors aider à rendre l'avion plus agréable.



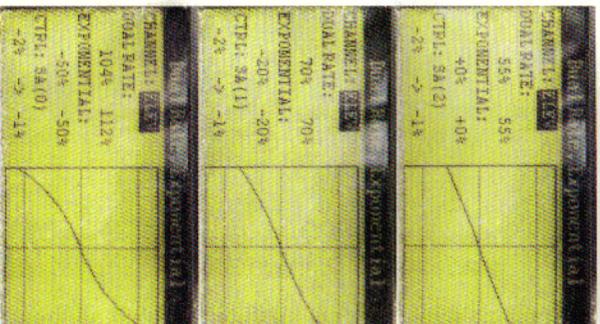
On voit ici un cas où les débattements et les expos ne sont pas symétriques. C'est possible sur les émetteurs haut de gamme afin d'affiner au maximum le comportement du modèle.



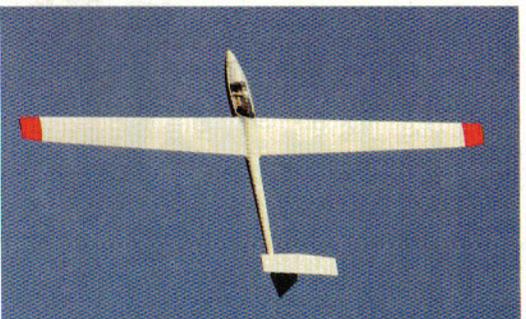
Moins courrant, mais parfois utile pour sauver un avion à l'aérodynamique "moyenne", l'expo "inverse" donne plus de sensibilité autour du neutre.

## Les avions de 3D

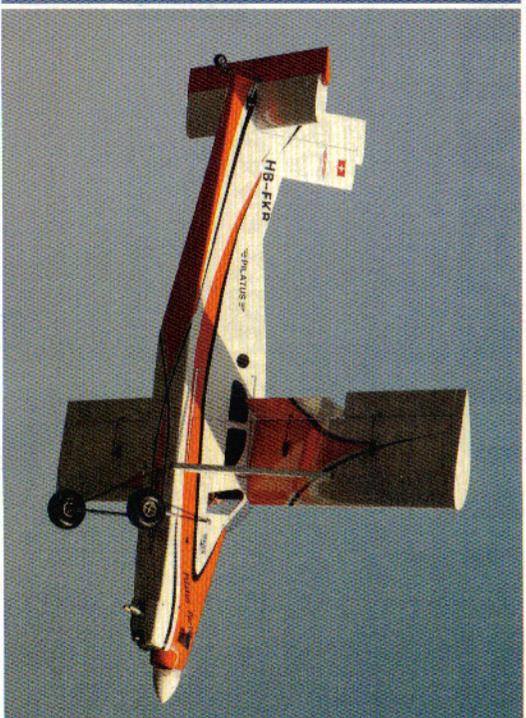
La voltige dite 3D concerne des modèles aux gouvernes à la fois hypérrhaptées et dotées de débattements extrêmes. Ici, il n'est plus question de se limiter au débattement permettant tout juste d'atteindre le décrochage sur la profondeur, car le but est d'être en mesure de piloter le modèle en mode "profondément décroché". En clair, l'aile ne porte plus, mais elle est un peu le balancier du funambule : on utilise le soufflage des gouvernes par l'ailice pour piloter un engin suspendu à la traction du moteur. Ce vol se fait à des vitesses relativement faibles, voire nulles (Harrier, torque roll). Ici, les doubles et triples débattements ont tout leur sens et un inter sera utilisé pour disposer de débattements modérés avec peu d'expo pour les figures classiques, coulées et de très grands débattements avec beaucoup d'expo (50, 60 %) pour le travail en régime décroché. Si on dispose d'inters 3 positions, un débattement intermédiaire avec expo intermédiaire peut être pratique, pour les vrilles et déclenchés "standards" par exemple.



**Exemple type d'une programmation avec trois niveaux de débattements associés à trois niveaux d'expo.** En haut, les petits débattements pour figures très coulées et vol rapide n'ont pas d'expo. Au centre, le débattement moyen pour la voltige classique donne plus de débattement avec un peu d'expo. Enfin, en bas, les très grands débattements pour le 3D ont un fort taux d'expo.



Les planeurs et les avions lents à profil très dissymétrique ont besoin d'un fort différentiel pour atténuer le lacet inverse qui est presque toujours présent.



## Le différentiel

Un réglage particulièrement important quand on met au point un avion ou un planeur est celui du différentiel des ailerons. Selon le profil, la vitesse de vol et les proportions des ailerons, ces derniers vont

générer plus ou moins de "lacet inverse". En effet, d'une manière générale, l'aileron qui s'abaisse génère une augmentation de la traînée sur son aile, tandis que l'aileron qui se lève réduit la traînée de son côté. On le voit pour incliner à gauche par exemple, on lève l'aileron gauche, ce qui réduit la traînée de l'aile gauche, et on abaisse l'aileron droit, ce qui augmente la traînée de l'aile droite. On incline à gauche pour tourner à gauche, mais la différence de traînée tend à faire tourner le nez... vers la droite. C'est ça, le lacet inverse. Pour le contrer sans artifices, la solution est d'utiliser la gouverne de direction en la braquant suffisamment du côté où l'on incline, durant la mise en virage (et aussi quand on remet à plat en accompagnant les ailerons avec de la direction dans le même sens). Toutefois, il est possible de diminuer l'intensité de cet effet dit "secondaire" (effet primaire étant le mouvement en roulis) en faisant lever l'aileron plus qu'il ne s'abaisse. Cela peut être obtenu mécaniquement en jouant sur la géométrie des tringles de commandes. Avec les radios

modernes, en utilisant une voie et un servo par aileron, on peut obtenir facilement ce débattement différent de part et d'autre du neutre par la fonction "Différentiel".

Là encore, lors des premiers vols, faites faire des battements d'une aile sur l'autre à votre modèle à vitesse modérée et même assez faible. Observez le nez. S'il part franchement à l'opposé de l'inclinaison, il est utile d'augmenter le différentiel, en réduisant le débattement vers le bas des ailerons, sans toucher au débattement vers le haut. N'espérez toutefois pas réussir à chaque fois à annuler intégralement le lacet inverse. Il est des profils et des géométries qui en donnent tant que même en annulant le débattement des ailerons vers le bas, le lacet inverse est encore présent. Là... il faudra vraiment vous servir de la gouverne de

direction (ce n'est pas par hasard qu'en grandeur, elle est de nos jours baptisée "gouverne de symétrie", puisqu'elle permet de gérer la symétrie du vol).

Avant un premier vol, vous pouvez analyser votre modèle pour savoir s'il est utile de mettre du différentiel dentrée de jeu et combien. En gros, voici les paramètres à prendre en compte.

- Plus le profil est dissymétrique, plus il génèrera de lacet inverse.
- Plus les ailerons sont profonds, plus ils génèrèrent de lacet inverse.
- Plus l'allongement de l'aile est important, plus le lacet inverse sera sensible.
- Plus le fuselage est court par rapport à l'aile, moins l'effet directif de la dérive aidera à tenir la symétrie du vol et plus le lacet inverse se fera sentir. Ainsi, sur un multi style F3A,



Un modèle plus rapide et à profil symétrique pourra en général se passer de différentiel.

ou un planeur de voltige, on se passera de différentiel pour le premier vol et on testera pour voir s'il en faut "un peu"... C'est en effectuant des tonneaux que l'on verra si le modèle "tourne rond" autour de l'axe du fuselage et en testant différentes valeurs de différentiel (en positif ou en négatif) que l'on réglera ce type de modèle. Sur un modèle plus paisible, comme une maquette ou un trainer, un peu de différentiel fera le plus souvent le plus grand bien pour donner un comportement confortable et réaliste à des vitesses de vol relativement faibles. Des taux de 20 à 50 % sont des valeurs courantes.

En planeur, plus on a de l'allongement et plus le profil est destiné à gratter, plus on devra mettre du différentiel d'entrée de jeu.

Ainsi, pour une position "vitesse" ou "voltige", on se contentera par exemple de 15 à 20 % de différentiel, en mode de transition ou croisière, un taux de 30 à 50 % sera utilisé et en mode "pleins volets" ou "gratte", on pourra aller de 50 à 75-80 %.

### Pour ceux qui ne sont pas à l'aise avec la conjugaison trois axes

Les modèles dominant beaucoup de lacet inverse peuvent être délicats pour le pilote encore peu entraîné à bien doser la gouverne de direction. Un mixage très courant sur les émetteurs modernes est le mixage ailerons > direction, parfois appelé "combi-switch". Si vous avez peur de ne pas bien vous servir de votre dérivateur, ou si le lacet inverse reste puissant malgré un fort différentiel, ce mixage est très pratique ! J'en connais beaucoup qui montent dit "ne pas almer tri-cher", mais à qui j'ai prêté certains de mes modèles sans leur dire que ce mixage était activé... C'est après qu'ils les aient pilotés et trouvés très agréables que je leur ai révélé la présence de ce mixage... Le

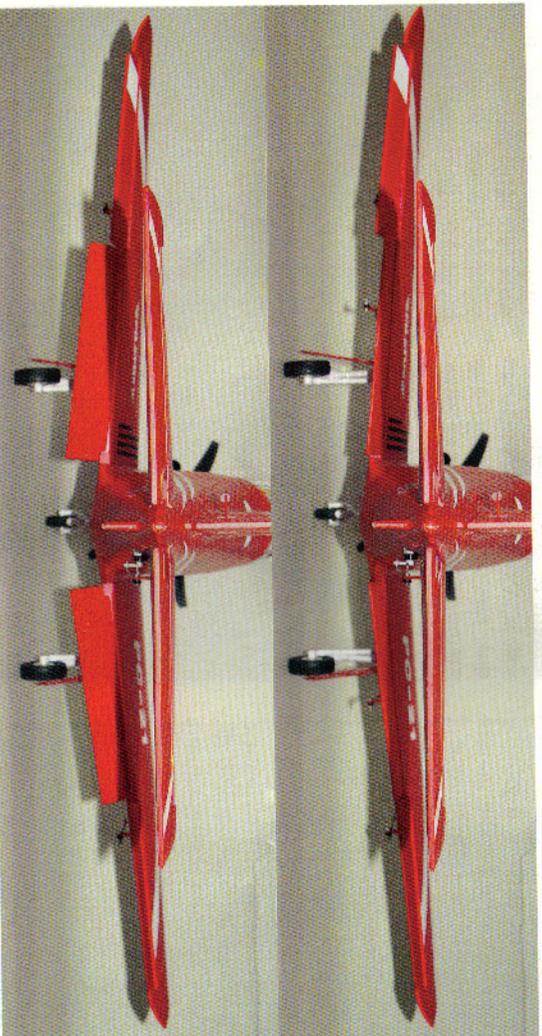
commentaire "Ah, ben je l'ai pas senti. En effet, bien réglé, il donne du confort et est "transparent". En planeur, je l'utilise souvent avec un taux de 30 à 50 % en vol "normal", 50 à 70 % en mode "gratte", volets baissés, et je le coupe en mode voltige, car il serait alors un gêne plus qu'un avantage.

Notez qu'avec ce mixage, vous aurez la sensation que vos ailerons sont plus efficaces... En fait, la direction générant souvent du "roulis induit", celui-ci sajoute au roulis direct généré par les ailerons, et on a un modèle plus réactif en roulis. N'exagérez pas non plus le taux de ce mixage, le modèle aurait une forte tendance à "engager", c'est-à-dire à se mettre à piquer lors de la mise en virage. Et puis, quand vous commencez à être à l'aise avec votre modèle, pensez à désactiver ce mixage et à apprendre à travailler votre conjugaison ailerons-direction manuellement, vous progresserez mieux. A noter enfin qu'avec des planeurs à fort allongement, qui souvent nécessitent de mettre un peu d'ailerons à contre une fois en virage stabilisé, ce mixage mettant de la direction dans le sens des ailerons, il vous faudra mettre aussi bien plus de direction au manche, dans le sens du virage

pour que le virage soit coordonné. On ne peut pas tout avoir : gommer le lacet inverse durant la mise en virage ou la sortie de virage, et se passer de "mettre du pied en virage stabilisé".

### Pour conclure

La mise au point d'un modèle est un moment passionnant, car on peut le mettre "à sa main". Si à la base, il peut exister des réglages qui permettent à tout le monde de faire voler un modèle, il n'y a rien de plus spécifique que les réglages qui le rendront "parfait" pour son pilote attiré. En grandeur nature, les réglages sont figés à la suite des essais en vol sur les prototypes et tous les pilotes sont obligés de faire avec ce qui leur est fourni sur les modèles de série. Nous avons cette chance sur nos modèles réduits de pouvoir personneliser facilement centrage, débâtements et courbe de réponse des gouvernes pour que chaque modèle soit "unique" et le mieux adapté à son propriétaire et pilote. Prenez le temps de peaufiner vos réglages, cela peut demander de nombreux vols, souvent très courts d'ailleurs, le temps d'analyser le comportement sur un axe à la fois, de se poser, de modifier et de répartir tester le résultat. Sur tout, ne modifiez pas plusieurs paramètres à la fois, vous ne sauriez vous rendre compte de ce qui a été efficace ou de ce qui a empiré les choses. Bien sûr, avec l'expérience, vous pourrez parvenir à cerner les réglages à effectuer de plus en plus rapidement, mais ceux qui en sont à pouvoir définir pratiquement tous les changements de réglages à faire sur un modèle en un vol n'ont pas besoin de cet article... Et ils ne sont pas si nombreux... Il existe bien d'autres mixages possibles avec nos radios modernes, mais cela dépasse le cadre de cet article qui doit vous permettre de bien dégrossir les réglages de base. Je vous souhaite de bons essais en vol.



Pour un modèle qui peut changer de configuration aérodynamique, comme cette maquette d'avion d'entraînement militaire, on peut par exemple se passer de différentiel en vol rapide volets rentrés (en haut), et associer du différentiel au même interrupteur que celui qui commande les volets. On voit en bas que volets sortis, l'aileron gauche est nettement moins braqué vers le bas, ce qui donne un contrôle plus facile aux basses vitesses. Dans les deux cas, le manche d'aileron est en butée vers la droite et l'aileron droit est monté de la même valeur.