

## EMPENNAGES MONOBLOCS

( Traduction de l'article "All-moving tails" de Kitplanes juillet 2015)

**1 ) Introduction**: Nous savons tous qu'il existe 2 types d'empennage horizontal ( même 3, si l'on compte les empennages en "V"). Ce que nous savons moins, c'est quels sont les avantages et les inconvénients de l'empennage avec gouverne de profondeur articulée, par rapport à l'empennage monobloc.

Un empennage monobloc, est une surface arrière, qui est montée, de telle sorte que toute la surface peut pivoter pour obtenir le contrôle. Les empennages avec gouverne articulée sont relativement communs, les monoblocs le sont moins, mais sont apparus sur quelques avions. Les monoblocs sont souvent considérés en quelque sorte comme "modernes", ou " en avance", parce qu'ils sont utilisés sur les avions militaires rapides. En fait, les monoblocs sont apparus sur beaucoup d'avions au début, comme le Wright Flyer d'origine en 1903.

Les monoblocs ont des avantages et des inconvénients. Le concepteur, devrait choisir un monobloc, seulement, si les avantages dépassent les inconvénients pour son propre avion.

**2) Avantages des empennages monoblocs**: La principale raison pour laquelle les monoblocs sont utilisés sur les avions rapides, est qu'il garde l'efficacité du contrôle dans les nombres de Mach élevés dans le transsonique, alors que l'empennage conventionnel devient inefficace. Alors que ceci est utile quand on conçoit un chasseur, il n'est pas particulièrement important quand on conçoit un avion léger.

2-1 ) Puissance de contrôle : Le principal avantage de l'empennage monobloc, pour un avion relativement lent, est que l'efficacité du contrôle, est meilleure que pour un empennage traditionnel avec gouverne mobile, pour la même surface d'empennage. Pour une déflexion donnée, le monobloc générera plus de moment de tangage sur l'avion. Cet avantage est par ailleurs diminué, par le fait que la puissance de contrôle est limitée par le décrochage du monobloc aux grands angles.

Il en résulte que la puissance maximale de contrôle d'un monobloc, n'est peut-être pas plus importante que celle d'un empennage traditionnel, bien que l'empennage traditionnel demande un plus grand débattement que le monobloc pour obtenir le maximum de puissance de contrôle.

Un monobloc correctement conçu, avec un compensateur mobile contrôlé, aura en général plus de puissance de contrôle qu'un conventionnel, car le volet de compensation agit comme une gouverne et augmente la possibilité de portance maximum de l'empennage.

2-2 ) Flottement du neutre : Un second avantage du monobloc, quand il est bien conçu, est qu'il n'aura aucune tendance de flottement au neutre. Ainsi, comme il n'a pas de flottement dans la variation de l'angle d'attaque, un monobloc donne une plus grande stabilité manche libre, que l'empennage traditionnel avec la même surface.

Il est important de savoir qu'un monobloc mal conçu, avec la ligne d'articulation trop avancée, peut avoir une telle tendance au flottement qu'il ne donnera aucune stabilité manche libre.

C'est pourquoi il est très important de situer la ligne d'articulation d'un monobloc très près du centre aérodynamique.

2-3 ) Diminution de la taille : La combinaison d'une plus grande puissance de contrôle et d'une grande stabilité manche libre, pour une même surface d'empennage, permet au monobloc d'être plus petit qu'un empennage traditionnel, pour une plage de variation du CG donnée. En théorie, cela réduit la surface mouillée de l'avion, et donc sa trainée.

Un autre avantage potentiel du monobloc, provient du fait que, comme tout l'empennage pivote, il n'y a pas d'espace au niveau de la charnière, et donc pas de rupture de la continuité du profil, comme sur un empennage traditionnel avec articulation.

Comme nous le verrons plus loin, cet avantage apparent sur la trainée, est parfois compensé par d'autres effets.

### 3 ) Inconvénients : Bien qu'à première vue, les monoblocs semblent attractifs, il existe plusieurs inconvénients, et problèmes, qui souvent réduisent les avantages théoriques.

3-1 ) Sur la structure : Le premier de ces inconvénients concerne la structure de l'avion. Toutes les charges sur le monobloc doivent être supportées par son articulation, c'est-à-dire par son pivot central. L'articulation n'est pas aussi efficace pour supporter les efforts que la fixation sur la structure de l'avion du plan fixe traditionnel.

Pour supporter les charges en vol, et être suffisamment rigide en torsion, pour contrer le flutter, le pivot doit être plus lourd que la fixation de l'empennage traditionnel, pour une même surface d'empennage. L'inconvénient du poids du pivot, pourrait être compensé en augmentant l'épaisseur du monobloc et ainsi augmenter le diamètre du pivot. Malheureusement, en augmentant l'épaisseur du monobloc, on augmente aussi sa trainée.

En général, un monobloc sera ou plus lourd, ou plus épais qu'un empennage traditionnel de même surface.

3-2 ) Espace trainée : Le second inconvénient du monobloc est aérodynamique. Pour qu'il pivote librement, il devra comporter un espace entre l'emplanture et le bord du fuselage. Cet espace permettra à l'air de circuler à travers, et il réagira comme un second bord marginal avec l'accroissement de la trainée induite de l'empennage.

Le flux d'air à travers l'espace, créera aussi un peu de trainée parasite. Ce problème pourrait être réduit en fermant cet espace, mais il est très difficile de concevoir un joint qui empêcherait l'air de circuler dans l'espace, ce qui ajouterait une part inacceptable de friction sur la commande de profondeur.

3-3 ) Flutter : Les monoblocs sont plus sujets au flutter, que les empennages traditionnels. Cela est dû principalement à la faible rigidité en torsion du pivot, comparé à la fixation directe des empennages sur le fuselage. Les monoblocs demandent normalement plus de poids d'équilibrage, pour éviter le flutter. Cela contribue à les rendre plus lourds.

3-4 ) Décrochage de l'empennage : Un problème important dans la conception des monoblocs, est leur propension au décrochage dans les grands angles de braquage. Plusieurs avions avec monoblocs ont vécu cette expérience de décrochage de l'empennage, en volant pleins volets, avec un centrage limite avant. Le décrochage de l'empennage peut être extrêmement dangereux, car il crée un piqué rapide et incontrôlable de l'avion.

### 4 ) Principes de base de conception des monoblocs :

4-1 ) Axe d'articulation : l'axe d'articulation du monobloc devrait être voisin des 25% de la corde aérodynamique moyenne (C.A.M.). Il est important cependant que cet axe soit légèrement en avant des 25 % de la CAM de l'empennage, pour assurer la stabilité manche libre. Idéalement, si l'axe est exactement au centre aérodynamique de l'empennage, celui-ci n'aura pas de tendance au flottement, et la stabilité manche libre sera égale à la stabilité manche fixe.

Il est difficile de prévoir exactement la position du centre aérodynamique de l'empennage ; ainsi l'axe est placé légèrement en avant du centre aérodynamique calculé. Ce déplacement de l'axe en avant du centre aérodynamique devrait être faible. Si l'axe est trop en avant du centre

aérodynamique, la tendance au flottement de l'empennage deviendra trop important, et la stabilité manche libre sera détériorée.

Un axe trop déporté vers l'avant aura tendance à créer du flutter, et obligera à augmenter le poids de la masse d'équilibrage pour prévenir du flutter.

Quand l'axe est placé près du centre aérodynamique pour éliminer la tendance au flottement, la tendance au retour au neutre sera aussi éliminée. Cela peut aussi créer un allègement excessif des efforts au manche en tangage, et rendre ainsi l'avion super sensible en tangage.

4-2 ) Compensateur anti-tab : Si l'empennage est gouverné par un servo- moteur, comme c'est le cas sur les avions militaires rapides, le manque de tendance au retour au neutre n'est pas un problème. Si l'empennage est mécaniquement contrôlé par le pilote, le concepteur doit prévoir une tendance au retour au neutre pour l'avion afin d'obtenir des qualités de vol acceptables. La façon la plus courante, pour cela, est d'utiliser un compensateur anti-tab commandé, et disposé sur le bord de fuite de l'empennage. Typiquement, ce volet s'étend sur la plus grande partie de l'empennage, avec une largeur d'environ 10 à 15% de la corde de l'empennage.

Ce compensateur anti-tab a plusieurs fonctions. Sa principale fonction est d'avoir le retour au neutre nécessaire. Le retour au neutre est déterminée par la taille du volet, et le lien qui gère le ratio débattement du volet/ débattement de l'empennage. En augmentant le ratio, on augmentera la tendance au retour au neutre. Le ratio peut être ajusté pour adapter les forces aux commandes à un niveau acceptable ;

Le compensateur anti-tab peut aussi servir de compensateur normal ( trim-tab). En ajustant la position neutre du volet, on ajuste également le flottement en débattement de tout l'empennage, donnant ainsi au pilote la possibilité de changer la position du neutre du volet en vol, permettant au compensateur anti-tab de jouer aussi son rôle de compensateur trim-tab.

Le compensateur anti-tab agit aussi comme un volet qui augmente la portance maximale de l'empennage. Quand celui-ci est braqué, le sens du braquage est le même que celui de l'empennage.

Le volet agit comme un empennage traditionnel et ajoute sa puissance de contrôle à celle du monobloc.

Comme tous les volets de bord de fuite, un compensateur anti-tab sur un monobloc, peut être une cause importante de flutter. Il est très important qu'il n'y ai ni graisse ni jeu, dans la chaîne de commande qui actionne le volet.

4-3 ) Profil : Il y a 2 facteurs principaux qui doivent être pris en compte pour le choix du profil de l'empennage :

- Le premier est la caractéristique de décrochage : Un monobloc est soumis à un plus grand débattement qu'un empennage traditionnel, car son incidence change beaucoup. Il est donc souhaitable de choisir un profil avec un grand rayon de bord d'attaque, et un angle de décrochage important en positif et en négatif.
- Le second point à considérer est le moment piqueur du profil. Puisque le monobloc est articulé autour du pivot, le moindre moment piqueur, généré par le profil, sera ressenti par le pilote comme un moment de charnière qui sera reporté en effort sur le manche. Cela pourra être un problème si le pilote est obligé de garder une pression constante sur les commandes, pour contrer le moment piqueur créé par le profil de l'empennage horizontal. Pour résoudre ce problème, le concepteur devra toujours choisir un profil avec un  $C_{m0}$  à zéro pour un monobloc.

Pratiquement cette contrainte limitera le choix aux profils symétriques, ou ayant une faible cambrure dans la portion avant de la corde.

Le problème de la compensation du moment de charnière peut être géré dans une certaine mesure, par l'utilisation correcte de compensateurs, mais cela n'atténue pas le besoin de choisir en premier lieu le profil du monobloc.