

De la pratique à la théorie - profil laminaire

Nous autres, heureux pilotes d'avions Piel, nous avons parfois l'occasion de piloter d'autres avions. C'est ce qui m'est arrivé récemment : Je me suis fait lâcher sur un APM 30 « Lion ».

Je ne vous ferai pas une description complète de cet avion, qui ne manque pas de qualités, que ce soit au niveau des performances que de son comportement démonstratif, tout à fait indiqué pour son rôle d'avion école en club.

Il y a pourtant deux points de comportement que je trouve utile de souligner :

1/ Le Décrochage

Contrairement à beaucoup de nos avions Piel de construction amateur qui s'en passent très bien, l'APM 30 est doté d'un avertisseur de décrochage.

A l'approche lente du décrochage, l'avertisseur se fait entendre, puis l'avion toujours dans une assiette légèrement à cabrer s'installe dans une descente stable de pente 10 à 15% environ... A ce stade, il suffit de rendre doucement la main et/ou de remettre progressivement les gaz pour que, sans changement d'assiette, la trajectoire redevienne horizontale, et que l'avertisseur de décrochage se taise enfin.

Ce comportement ressemble étrangement à celui du MS Rallye, mais attention de ne pas transposer à l'APM les « astuces » du pilotage du Rallye aux grands angles : Ce n'est pas un Rallye !

Quand j'ai commencé à voler sur Rallye MS 892, il y a bien longtemps (et donc prescription), on m'a appris à utiliser cette « descente parachutale » pour descendre sur une forte pente et à faible vitesse. Car accroché aux bords de bord d'attaque et hyper-sustenté par ses larges volets Fowler, le Rallye dont le dièdre est important est remarquablement stable dans cette configuration. A condition de le tenir énergiquement aux pieds et de rendre la main à la bonne altitude pour récupérer la vitesse nécessaire à l'arrondi, on peut faire des approches avec des pentes inaccessibles aux autres avions, sauf bien sûr au Fieseler « Storch » qui a les mêmes caractéristiques d'hypersustentation, mais en plus radical encore : D'après les données disponibles, le Fieseler « Storch » décroche à 46 km/h décolle en 50 m, et atterrit en 25 m.

Remarque : On peut néanmoins s'interroger sur la masse correspondant à ces performances, car à MTOW, qui correspond à une charge alaire de 50 kg/m², il faudrait un Cz de 4,9 qui semble difficile à atteindre, même avec tous les dispositifs hypersustentateurs dont dispose cet avion. La mesure précise d'une vitesse aussi faible, et à une incidence très élevée, est très difficile avec une sonde Pitot. Il y a donc aussi une grande incertitude sur la valeur de Vs. A MTOW, avec 5 km/h de plus (Vs=51 km/h), le Cz serait de 4 et avec 10 km/h de plus (Vs = 56 km/h), le Cz ne serait plus que de 3,3...

Il est hors de question de faire une manœuvre de ce genre avec un APM, parce que sa pseudo « descente parachutale » est instable et qu'il suffit d'un très léger à-coup à cabrer ou d'une turbulence pour que l'APM décroche. Et avec son aile de profil NACA série 6 de 18% d'épaisseur, l'APM décroche plus comme un planeur que comme un DR400. Il pique soudainement en dépassant facilement les 45 degrés sous l'horizon et reprend rapidement de la vitesse. Il est impératif de rétablir l'assiette doucement, mais sans tarder sous peine de dépasser les vitesses autorisées.

Ce comportement n'est ni malsain ni dangereux, mais on ne peut pas impunément rogner les marges de vitesse. Décrocher en dernier virage un peu bas, c'est la quasi-certitude de se planter dans le sol comme une fléchette ! Par contre, avec quelques milliers de pieds sous la quille, c'est une manœuvre nette très instructive, exactement ce qu'il faut de la part d'un avion école.

2/ L'usage des volets en vol lent

Avec n'importe quel avion « ordinaire » de club, dont le profil d'aile est peu différent de la série NACA 4415, NACA 23012 à 23015,5, et Clark Y, les volets ont toujours à peu près les mêmes caractéristiques d'utilisation :

- Sortis au premier cran pour le décollage, ils augmentent le C_z sans trop augmenter le C_x , ils permettent d'améliorer les caractéristiques de décollage et de montée initiale (pente max)... D'ailleurs le manuel de vol de l'APM30 indique : *Finesse max. ~ 12 à VI 115 km/h (62 kts), volets en position décollage (12,5°)*.
- Rentrés pour la croisière, on retrouve les caractéristiques du profil lisse optimisé pour la montée rapide (V_z max) et la croisière...
- Sortis au deuxième cran pour l'atterrissage, ils n'augmentent que de très peu le C_z par rapport au premier cran mais par contre, augmentent considérablement le C_x , pour augmenter la pente de descente moteur réduit...

En tour de piste, le passage du premier cran au deuxième ressemble donc un peu à la sortie d'un aérofrein, que l'on compense par quelques centaines de tours moteurs pour poursuivre le vol horizontal, ou bien qui permet, sans pratiquement aucune action sur la manette des gaz, de passer du vol horizontal à la pente de descente « standard »...

L'APM 30 a des volets électriques avec les positions habituelles (rentrés-0° ; premier cran-12,5° ; deuxième cran-25°) qui correspondent bien à la croisière au décollage et à l'atterrissage.

Lors de l'école, avec environ 200 kg de pilote d'instructeurs et de documents, et lors mon lâcher par temps de pluie, l'avion s'est comporté exactement comme n'importe quel avion de club. Certes, je faisais plus encore que d'habitude attention à ma vitesse (voir le décrochage ci-dessus), mais le comportement de l'avion avec ses différents réglage de volets était en tout point comparable à celui d'un avion « ordinaire ».

Le lendemain, je refis un vol solo, en commençant par quelques tours de pistes. Et là, en sortant le deuxième cran de volets, je me mis à batailler avec la manette des gaz. La « vent-arrière » qui ne m'avait posé aucun problème jusque là était tout sauf rectiligne et stable. Effet de turbulences locales ? Au second tour de piste le résultat fut un peu meilleur, mais je devais réduire les gaz à la sortie du deuxième cran de volets au lieu de les augmenter !

A 2500 pieds dans une zone d'évolution tranquille, j'ai exploré systématiquement le comportement de l'avion au premier et au second cran de volet, à -5, 0, +5, et +10 kts de la vitesse d'approche, et j'ai observé le comportement suivant :

A -5 kts et +10 kts de la vitesse d'approche, l'avion se comportait comme un avion ordinaire, c'est-à-dire que pour garder la même vitesse en palier, la sortie du deuxième cran de volets nécessitait plus de moteur.

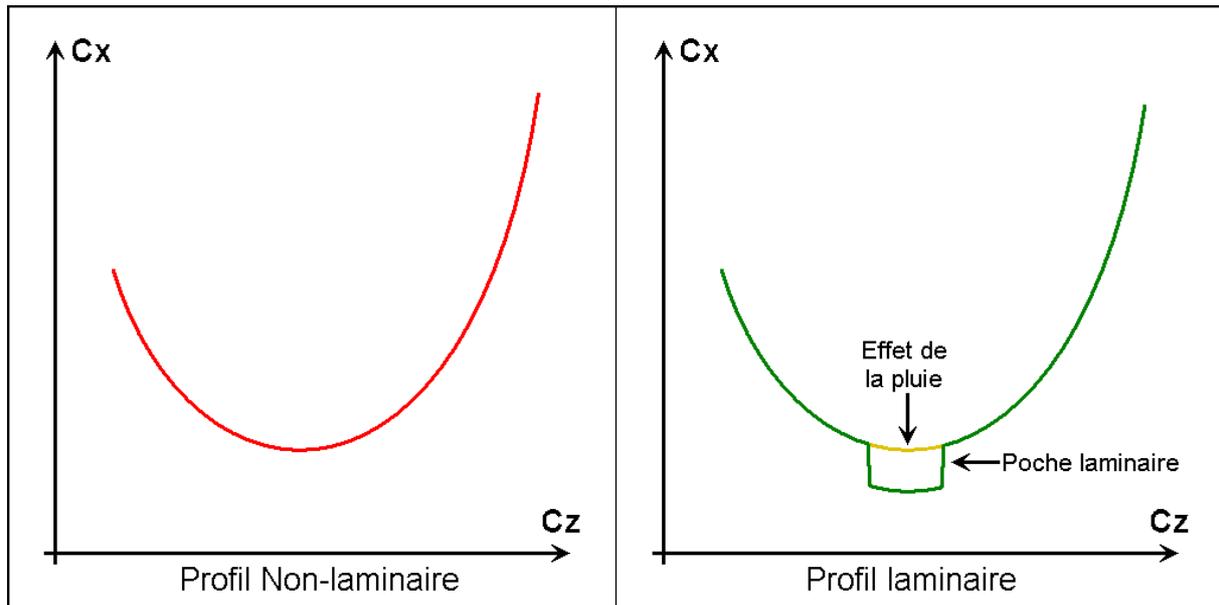
Par contre, à la vitesse d'approche et 5 kts au dessus, la sortie du deuxième cran de volets nécessitait moins de moteur pour garder la même vitesse en palier !!!

D'où vient ce comportement quelque peu déroutant ? En fait, c'est assez simple :

Les avions de club ont presque tous un profil d'aile dit « non laminaire ». Cela ne signifie pas que l'écoulement autour de l'aile soit turbulent depuis le bord d'attaque, mais que la zone d'écoulement laminaire ne représente qu'une faible partie de la corde (25% environ), alors que sur les profils d'aile dits « laminaires », on a reculé le point de plus forte épaisseur pour agrandir la zone d'écoulement laminaire, et réduire la traînée.

La différence se voit bien sur la polaire. La « poche laminaire », où, sur une plage de C_z donnée, dite de C_z d'adaptation, le C_x est notablement réduit, est nettement plus importante pour un profil « laminaire » que pour un profil dit « non-laminaire ».

En dehors de cette « poche laminaire », la polaire d'un profil « laminaire » est pratiquement identique à celui d'un profil dit « non-laminaire ».

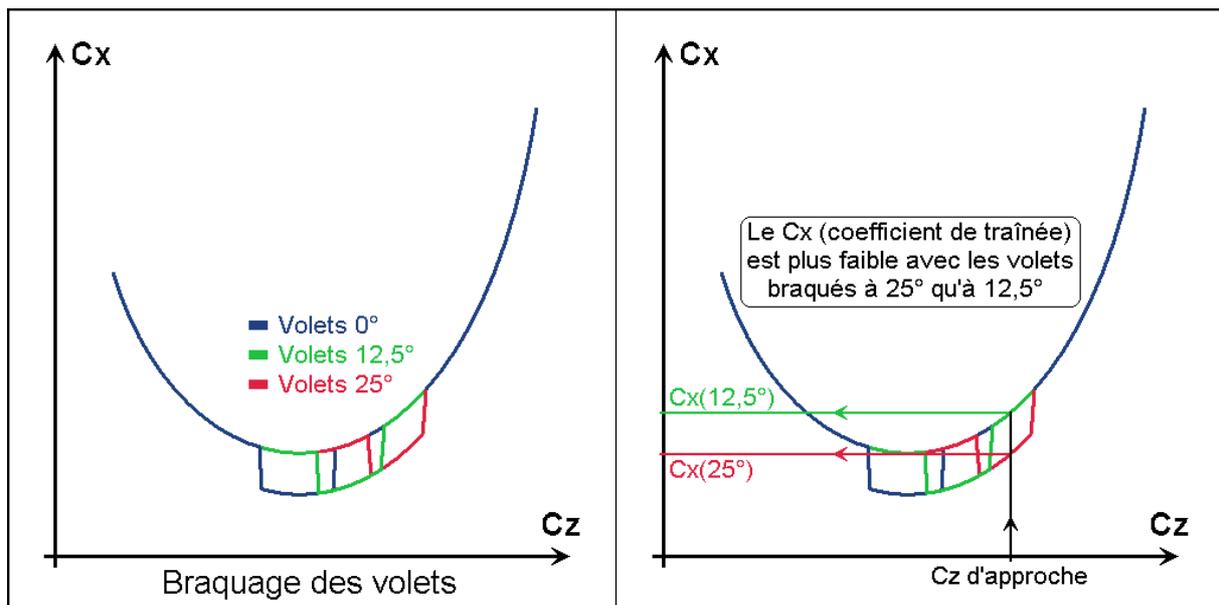


Comparaison de polaires Profils laminaire et non-laminaire (Principes).

La « poche laminaire », est due à l'extension vers le bord de fuite de la zone laminaire. Il est clair que pour des Cz supérieurs ou inférieurs à ceux de la poche, ou bien en présence de pluie, la transition laminaire-turbulent se produit plus près du bord d'attaque, comme pour un profil dit « non-laminaire », et le gain est nul.

Le braquage d'un volet permet de déplacer la poche laminaire vers les Cz plus élevés (braquage vers le bas) ou au contraire, plus faibles (braquage vers le haut).

Comme l'écoulement laminaire se produit sur la partie principale de l'aile (et qu'on peut supposer que l'effet du braquage d'un volet modifie peu l'écoulement en amont de celui-ci), l'effet du braquage du volet a pour effet de ramener l'incidence de la partie principale de l'aile à la valeur correspondant à la poche laminaire (incidence du Cz d'adaptation du profil lisse).



Effet du braquage des volets sur un profil laminaire (principes)

A faible vitesse, Cz élevé, on braque les volets vers le bas (position « premier cran ») pour réduire la traînée et donc affecter une plus grande part de la puissance du moteur à la montée.

A grande vitesse, Cz faible, on braque les volets vers le haut, comme par exemple sur les planeurs de compétition.

Dans le Cas de l'APM30, avec une seule personne à bord à la vitesse d'approche ou à +5 kts, l'écoulement est turbulent avec le premier cran de volet et laminaire avec le deuxième cran, ce qui se traduit par une réduction de la traînée et un besoin de moins de puissance.

A -5 kts, le braquage au deuxième cran ne suffit pas (ou pas suffisamment) à rétablir l'écoulement laminaire et la puissance nécessaire ne diminue pas.

A +10 kts, le braquage au deuxième cran fait baisser trop l'incidence et l'avant du profil travaille trop à piquer, ce qui ne rétablit pas non plus l'écoulement laminaire.

Avec deux personnes à bord, la portance et donc le Cz à la même vitesse sont plus élevés. L'incidence est proche du cas et -5 kts avec une seule personne à bord : pas de diminution de puissance.

Enfin, en solo sous la pluie, le jour de mon lâcher, le phénomène ne s'était pas produit non plus car la pluie provoque très tôt la transition laminaire-turbulent. Ceci est décrit dans le manuel de vol.

En tant qu'avion école, l'APM 30 permet d'expérimenter des phénomènes qui sont probablement présents sur les avions modernes également équipés d'ailerons à profil laminaire (DA40, etc...)

3/ Des perspectives intéressantes...

Il serait dommage de se priver du gain de traînée que procure un profil laminaire. En effet ce gain est notable sur les performances et/ou la consommation de carburant en croisière. Le manuel de vol de l'APM30 donne pour la croisière (à masse max. 708 kg) :

- *Croisière économique (55 %) : N = 4800 tours - VI ~ 188 km/h (101 kts) - Consommation indicative = 18 litres/heure*
- *Croisière rapide (75 %) : N = 5500 tours - VI ~ 235 km/h (127 kts) - Consommation indicative = 21 litres/heure*

Ces performances sont notablement meilleures que celles de la plupart des biplaces écoles... Et l'APM30 est un triplace !

D'un autre côté, le comportement de l'avion à profil laminaire peut être déroutant, voire « piégeux », pour un pilote peu expérimenté. L'idéal, serait de trouver un artifice pour conserver l'avantage de la traînée réduite tout en supprimant les effets moins sympathiques :

- Effets inhabituels du braquage des volets sur la traînée,
- Reculer la vitesse pratique d'apparition du décrochage,
- Réduire la prise de vitesse lors de l'abatée,

La commande automatique de volets décrite dans le prochain chapitre remplit cette fonction et fournit en outre une commande directement de la traînée en approche, sans risque de fausse manœuvre, comme c'est le cas d'une commande d'aérofreins.