

De la puissance de croisière des avions légers.

Les pilotes privés d'avions légers monomoteurs à hélice à pas fixe connaissent généralement très bien :

- la puissance maximale du moteur de leur avion,
- le régime moteur qu'il doit atteindre au point fixe,
- le régime moteur à afficher lors des diverses phases du vol.
- la vitesse de croisière,
- la consommation horaire.

De ces deux dernières valeurs, ils calculent le bilan carburant, la distance franchissable, dont ils mesurent toute l'importance. Or ces deux valeurs sont des conséquences directes de la puissance de croisière, dont la valeur et le choix de cette valeur ne les préoccupent généralement pas.

En gros, les pilotes suivent les recommandations de leurs instructeurs (ce qui en soi n'a rien de condamnable !) ou du manuel de vol, en affichant 2400 ou 2500 tours par minute, et en maintenant la valeur choisie tant que les circonstances ne nécessitent pas de faire varier la puissance du moteur.

Pour les pilotes d'avions dotés d'une hélice à pas variable, la démarche est un peu plus élaborée, mais le résultat est similaire : on affiche une valeur de régime moteur et une pression d'admission, par exemple 2500 tours par minute et 25 pouces de mercure – le fameux « 25-25 » et si l'altitude ne permet plus ces 25 pouces de pression d'admission, on compensera autant que possible en augmentant le régime moteur pour se rapprocher le plus possible de la puissance de croisière rapide.

Cette manière de voler permet se traduit par une vitesse de vol relativement élevée. Par contre, ce n'est pas la bonne manière pour :

- économiser le moteur,
- économiser le carburant,
- aller loin.

Si on regarde le manuel de vol, on trouve en général deux régimes de croisière : la croisière rapide et la croisière économique. Le plus souvent, ces deux régimes correspondent respectivement à une puissance de 75% et de 65% de la puissance maximale du moteur.

75% de la puissance maximale est une valeur que les moteurs aéronautiques à pistons peuvent maintenir en continu, avec une bonne consommation spécifique. Il est donc logique d'afficher cette puissance pour la croisière rapide.

65% de la puissance maximale est une valeur pour laquelle la consommation spécifique est sensiblement égale à celle de 75%. Cette baisse relative de puissance de 13,3%, par rapport à la croisière rapide, se traduira par une vitesse de vol plus faible d'environ 4,5% et d'une économie de carburant de 9% sur une distance donnée, ou d'une augmentation de la distance franchissable de 10%, et d'une augmentation de l'endurance (temps de vol) de 13%...

Une réduction de la vitesse de vol de 4,5%, revient à allonger de 2 minutes et 50 secondes, un vol d'une heure. Ceci est à comparer aux 3,15 litres d'essence économisés sur les 35 litres consommés par un moteur O-360 de 180 HP sur ce même vol d'une heure à la vitesse de croisière rapide.

La question qui se pose, c'est de savoir si les 65% sont le meilleur choix de « croisière économique » : ne serait-il pas encore plus économique de voler à 60%, 50%, ou même 40% de la puissance maximale du moteur ?

La mécanique du vol nous apprend que le vol le plus économe d'énergie est à la finesse maximale, qui correspond au rapport traînée/portance minimal. Comme la portance compense le poids de l'avion, qui est pratiquement constant, cela revient à minimiser la traînée. Et comme le produit de la traînée par la distance à parcourir correspond à l'énergie nécessaire au vol, le vol à finesse maximale nécessite le moins d'énergie.

A quelle puissance correspond ce minimum d'énergie ?

Supposons que le moteur O-360 évoqué plus haut propulse un avion de 1019 kg, pesant donc 10 kN, et ayant une finesse maximale de 10 à la vitesse de 144 km/h, soit 40 m/s.

- La traînée est de 10 kN / 10, soit 1 kN
- La puissance est de 1 kN multiplié par 40 m/s, soit 40 kW.

Pour produire une puissance utile de traction de 40 KW avec une hélice dont le rendement est de 80%, le moteur devra fournir une puissance sur arbre de 50 kW, soit 67 HP.

Or 67 HP, ça ne représente que 37% des 180 HP du moteur O-360 !

Cela signifie-t-il qu'il faudrait réduire le moteur à 37% de sa puissance maximale pour voler le plus loin et le plus économiquement ? Malheureusement, ce n'est pas si simple !

A une puissance aussi basse, la consommation spécifique est nettement moins bonne, et le moteur consomme proportionnellement plus qu'à une puissance supérieure. Le vol le plus économique est donc un peu plus rapide que celui à la finesse maximale... De combien plus rapide ? En l'absence de données fiables, il est plus facile de le déterminer par essai que par calcul.

Il est également intéressant de noter que dans l'exemple, on a considéré un avion dont la masse est assez élevée et la finesse assez faible. Pour un avion de 713 kg ayant une finesse de 14 à la même vitesse de 144 km/h, la puissance du moteur ne serait plus de 50 kW, mais seulement de 25 kW.

Pour voler économiquement, il faut réduire la masse, augmenter la finesse et disposer d'un moteur ayant un bon rendement à la puissance très réduite nécessaire au vol à la finesse maximale.

La chasse aux kilos superflus est toujours payante, mais la course à la finesse à ses limites : Après avoir éliminé les traînées parasites, force est de recourir à une augmentation de l'allongement, qui implique un longeron plus long et moins épais... et donc plus lourd !

Avec une technologie bois et toile des plus classiques, d'excellents résultats ont été obtenus par M Fournier avec ses avions-planeurs dont l'allongement était de 11. Les moto-planeurs, dont l'allongement est nettement plus grand, sont meilleurs en tant que planeurs et moins bons en tant qu'avions.

Avec la fibre de carbone, les avions modernes les plus performants ont tendance à voir leur allongement augmenter d'environ 6 à 8 ou 9 qui se traduit par une augmentation de la finesse maximale. Ceci est généralement obtenu sans augmentation sensible de l'envergure, via une réduction de masse et surtout une augmentation de la vitesse de décrochage en lisse qui se traduit par une augmentation de la vitesse de finesse maximale.

Mais quand on dispose d'un avion, quel qu'il soit, on peut voler de manière plus économique.

Récemment, j'ai eu l'immense plaisir de voler en place droite sur un superbe Super-Diamant équipé d'un O-320 de 150 HP. (Encore merci, Jean-Claude !) Outre le plaisir du vol, et de la beauté du paysage qui défilait sous les ailes, j'ai apprécié le fait que le pilote et constructeur de l'appareil, qui a dépassé les 1000 heures de vol sur son avion, affichait un régime moteur de 2000 tours par minute ! L'avion étant équipé d'une mesure de pression d'admission, j'ai pu constater que celle-ci était de 20 pouces... Ces paramètres « 20-20 » correspondent à une puissance d'environ 50%, soit 75 HP pour ce O-320 de 150 HP. Or malgré cet affichage et donc cette puissance peu courante, le badin annonçait une vitesse fort honorable pour un tri-quadrilplace de 100 kt, soit 185 km/h.

- A ce régime, la consommation était à peine de 20 litres à l'heure, équivalente à celle d'un moteur O-200 de 100 HP à 75% développant également 75 HP. La consommation en voyage est donc de 10,8 litres d'essence (auto !) pour 100 km.
- En poussant le moteur du même avion à 75% de sa puissance maximale, la vitesse monterait à 212 km/h, et la consommation à 30 litres à l'heure. La consommation en voyage serait donc de 14,2 litres d'essence pour 100 km.

Non seulement 3,4 litres d'essence économisés pour 100 km en volant moins vite, ce n'est pas négligeable, mais la réduction de puissance permet aussi d'aller plus loin : Cinquante litres d'essence permettent de couvrir 353 km en croisière rapide à 75% de puissance et 463 km (110 km de plus !) à 50% de la puissance maximale.

Il va sans dire qu'outre le fait que la consommation est considérablement réduite par une puissance aussi faible, le moteur s'use beaucoup moins vite, que ce soit à cause des efforts sur l'embellage ou de l'usure par friction qui dépend directement de la vitesse de déplacement du piston dans le cylindre.

Ce point peut sembler peu important pour un avion en CDN, puisque lorsque le moteur a cumulé le nombre d'heure de son potentiel, il doit être déposé et ses pièces d'usures doivent être remplacées quel que soit leur état. Par contre pour un avion en CNRA, dont le nombre d'heure de fonctionnement du moteur n'est pas limité par la réglementation, C'est une sacrée économie de pouvoir voler plus longtemps avec un moteur...

Par analogie avec l'automobile où la mode du « downsizing » bat son plein, on pourrait se dire qu'il serait encore plus intéressant de remplacer le O-320 par un moteur plus petit, et donc moins lourd, comme un O-200. Ce moteur serait suffisant en croisière, et il suffirait de le suralimenter par un turbocompresseur pour obtenir pendant quelques minutes une puissance suffisante pour le décollage.

Même si cette voie est suivie par quelques constructeurs (Rotax avec le 914), le gain est beaucoup plus réduit que pour l'automobile car :

- Contrairement à l'automobile, où la puissance moyenne appelée est très faible (de 15 à 25 % de la puissance du moteur), un moteur chargé à 50% a encore une consommation spécifique acceptable.
- Equipé de tous les accessoires nécessaires à sa suralimentation (turbo, intercooler, refroidissement adapté...) un O-200 turbocompressé ne serait pas nettement moins lourd qu'un O-320 ordinaire, mais nettement plus cher, pour une durée de vie réduite.

Pour les moteurs d'avions légers, les turbocompresseurs servent moins à augmenter la puissance au décollage, ce qui réduit la fiabilité ou la durée de vie des moteurs, qu'à conserver la puissance de croisière plus haut en altitude : C'est la « turbo-normalisation », qui ne nous est pas d'un grand intérêt, compte tenu de la faible altitude moyenne de nos vols.

Pour conclure :

Tous les pilotes ont intérêt à essayer les performances de leur avion en croisière à des puissances inférieures à celles généralement pratiquées.

Même pour un avion de club dont le prix de l'heure de vol comprend l'essence, ce qui n'incite pas à l'économie, il peut être utile, voire vital, de savoir afficher les paramètres permettant de parcourir la plus grande distance possible avec l'essence qui reste dans le réservoir.

Quand il s'agit de se promener, la vitesse est un luxe sur lequel on peut facilement rogner.

Le constructeur amateur pilote d'avion en CNRA, a les mêmes intérêts que le pilote de club à voler moins vite, mais pour lui, l'impact financier est plus direct : Consommation de carburant et usure du moteur.