

De la puissance de croisière des avions légers

Chapitre II - Moteurs d'origine automobile

Le chapitre précédent démontre que la puissance de croisière rapide correspond à la puissance maximale que le moteur peut produire en continu dans les conditions du vol considéré, c'est-à-dire généralement 75% de la puissance maximale au niveau du sol jusqu'à l'altitude de rétablissement, et la puissance maximale pour les altitudes supérieures.

Le chapitre précédent démontre également que la puissance de croisière économique est légèrement supérieure à la puissance nécessaire au vol à la finesse maximale à cause de la consommation spécifique moins bonne à charge partielle pour la plupart des moteurs, mais surtout nettement inférieure aux 65% de la puissance maximale au niveau du sol généralement prise en compte par les pilotes.

Il est à noter que la vitesse de vol indiquée à la finesse maximale est indépendante de l'altitude. La vitesse vraie augmente donc avec l'altitude. Comme à la finesse maximale, la trainée est minimale et quasi-constante, la puissance nécessaire au vol augmente avec l'altitude proportionnellement à la vitesse vraie. Comme la puissance que peut délivrer le moteur diminue avec l'altitude, il existe une altitude où la croisière rapide et la croisière économique sont confondues. En pratique, cette altitude est généralement beaucoup trop élevée pour les avions légers non pressurisés et bien motorisés qui nous intéressent. Cependant, il est utile de retenir qu'à moins de rencontrer un fort vent de face, on a généralement intérêt à monter en altitude dès que l'espace aérien et la longueur du voyage le permettent. Ceci est encore plus vrai pour une motorisation de type turbine (turbopropulseur ou turboréacteur) dont la consommation spécifique s'améliore avec l'altitude.

Cas des avions à motorisation dérivées de moteurs automobiles.

Jusqu'à présent, les raisonnements s'appuyaient sur les caractéristiques de moteurs aéronautiques qui sont conçus pour avoir une puissance maximale continue assez élevée par rapport à la puissance maximale, et pour avoir un bon rendement dans cette plage de puissance élevée.

Un moteur d'automobile n'est pas moins bien étudié qu'un moteur aéronautique. (On pourrait même estimer qu'il est bien mieux soigné qu'un moteur aéronautique puisqu'un budget très supérieur est alloué à son développement). Par contre il est adapté à un usage très différent.

Contrairement au moteur aéronautique, le moteur automobile doit avoir :

- Un couple moteur élevé sur une large plage de régime de rotation, (reprises, souplesse).
- Une bonne consommation spécifique à charge réduite, (puissance moyenne d'utilisation très faible ; 25% environ)

Par contre, contrairement au moteur automobile, le moteur aéronautique doit avoir :

- Une puissance massique élevée, (utile mais pas primordial en automobile).
- Une puissance maximale continue élevée, (puissance moyenne d'utilisation élevée ; 75% environ)

Adapter un moteur d'automobile, c'est donc adapter à un nouvel usage, un objet optimisé pour un usage très différent. Cette adaptation sera d'autant plus difficile, coûteuse, et/ou peu fiable, si on veut obtenir du moteur automobile des performances égales ou supérieures en tout point à celles du moteur aéronautique. Par contre, l'adaptation sera d'autant plus facile que le profil d'utilisation sera proche de celui d'une automobile.

Il faut d'abord noter qu'un moteur d'automobile ne fournit son couple maximal que pour des durées très courtes, et ne fournit pratiquement jamais sa puissance maximale... En effet, pour produire son couple maximal, le moteur doit être pleins gaz, « pied au plancher ». Cela se produit lors de dépassements, et lors d'accélération comme après une barrière de péage. Il faut également que le régime de rotation soit dans la plage où le moteur délivre son couple maximal, ce qui ne va se produire que quelques secondes sur chaque rapport de transmission. Finalement, sur un trajet de plusieurs centaines de kilomètres, et donc d'environ autant d'heures, le moteur n'aura véritablement délivré son couple maximal que quelques dizaines de secondes... Pour la puissance maximale, il faut non seulement garder le pied au plancher, mais encore que la vitesse de rotation du moteur soit dans l'étroite plage très élevée où la puissance atteint son maximum. Ces conditions ne sont généralement jamais réunies en utilisation normale, pour laquelle la recherche d'une consommation réduite tend à limiter le régime de rotation pour maintenir une pression d'admission pas trop réduite et donc défavorable.

Prendre un moteur d'automobile et lui adapter un réducteur et une hélice pour lui faire « cracher » sa puissance maximale pendant toute la phase de décollage (deux à trois minutes), puis le faire tourner pendant des heures à régime élevé à une puissance double ou triple de la puissance moyenne pour laquelle il est conçu, ne peut pas se faire sans quelques adaptations.

- Une ré-étude complète du circuit de refroidissement pour évacuer (au moindre coût de trainée) un flux de chaleur très supérieur à celui pour lequel le circuit de refroidissement automobile a été conçu. Ceci se traduit bien entendu par un nouveau circuit externe (gaine d'air, radiateur, suppression du calorstat...) mais aussi éventuellement des modifications sur le moteur lui-même, (purge de bulle de vapeur au niveau de la culasse de chaque cylindre, etc.).
- Nouvel échappement qui peut être accordé pour maximiser la puissance maximale.
- Nouvelle admission.
- Modifications de la carburation, notamment pour la plage de compensation de l'altitude.

Pour autant, le moteur d'automobile ne va pas conserver sa durée de vie normale car les contraintes thermiques (températures, flux de chaleur), et mécaniques (couples, vitesses, accélérations...) sont notablement plus élevées qu'en utilisation routière. Ces contraintes plus élevées augmentent également le risque de rupture par fatigue, notamment pour les soupapes, et donc impactent la fiabilité.

Par contre, si on réduit la puissance de croisière, on gagne tant en durée de vie qu'en fiabilité. Ceci est à rapprocher des conclusions du chapitre précédent qui montre qu'on économise beaucoup de carburant à voler moins vite, et ceci sera d'autant plus vrai avec un moteur d'origine automobile conçu pour avoir un bon rendement à charge réduite.

Prenons un exemple concret :

Un Super-Diamant à train d'atterrissage escamotable motorisé par un turbodiesel Subaru de 2 litres de cylindrée développant 135 HP à 2700 t/min au lieu du Lycoming O-320 de 140-150 HP prévu pour ce type. (Toute ressemblance avec un avion en cours de construction, (bonjour Etienne !), est parfaitement volontaire...)

La puissance maximale du moteur est suffisante pour décoller en sécurité. Cette puissance sera maintenue 2 à 3 minutes correspondant au décollage et à la montée initiale. Ensuite, en croisière, la puissance pourra être réduite considérablement, comme le montre l'expérience du Super-Diamant à train classique fixe volant à 100 kt avec une puissance réduite de 75 HP au lieu de 112,5 HP. La version à train tricycle escamotable motorisée par le diesel Subaru sera logiquement plus lourde que la version à train classique motorisé par le Lycoming O-320. Par contre, le refroidissement liquide et le train escamotable devraient permettre un gain de trainée. En l'absence de données plus précises, on peut supposer que les deux machines auront des performances comparables.

- Avec une puissance moteur de 75 HP, soit 56 kW, l'avion volera également à 100 kt soit 185 km/h. La consommation spécifique du moteur étant de 220 g/kWh et le gazole ayant une densité de 800kg/m³, sa consommation sera de 15,4 litres à l'heure, et la consommation en voyage à ce régime économique sera donc de 8,3 litres de gazole, de kérozène (ou même– un avion n'étant pas un véhicule roulant sur la voie publique - de carburant diesel détaxé !) pour 100 km.
- En poussant le moteur du même avion à 112,5 HP (correspondant à la croisière rapide du O-320 de 150 HP à 75%), qui représente plus de 80% de sa puissance maximale, la vitesse monterait à 212 km/h, et la consommation à 23 litres à l'heure. La consommation en voyage ne serait donc encore que de 10,9 litres de gazole pour 100 km, mais en usant rapidement le moteur et avec un grand risque de panne.

Pour conclure :

Les moteurs d'origine automobiles sont bien meilleur marché que les moteurs aéronautiques apparemment équivalents. Les turbodiesels en particulier sont susceptibles d'entraîner une hélice en prise directe tout en consommant un carburant disponible sur tous les terrains importants (le kérozène JetA1) et du gazole.

Mais l'équivalence de puissance maximale ne signifie pas la capacité à maintenir la même puissance continue. Pour un avion en CNRA motorisé par un turbodiesel automobile, dont la consommation spécifique reste très bonne à charge réduite, il est particulièrement important de voler à une puissance de croisière réduite qui se traduit par une consommation très faible par rapport à un moteur aéronautique, et une fiabilité correcte.

Dans le cas de l'avion pris en exemple, sur une distance de 740 km, le vol durera exactement 4 heures à 100 kt, pour une consommation de moins de 62 litres de carburant et sans risquer de casser le moteur. En poussant le moteur à fond, on gagnerait une demi-heure, mais au prix de presque 20 litre de carburant supplémentaire, et surtout le risque de casser le moteur... (Avec toutes les conséquences que cela peut avoir !)

Pour un avion motorisé par un moteur d'automobile plus encore que pour son équivalent doté d'un moteur aéronautique, il est important de limiter la puissance de croisière.