

Comment dé-tarer un moteur non-aéronautique ?

La justification du dé-tarage

Cette question peut sembler bizarre, mais elle est directement liée au paragraphe concernant les moteurs dans l'arrêté CNRA qui régit nos avions aujourd'hui.

Dans la précédente version de cet arrêté, les moteurs autorisés étaient les moteurs ne dépassant pas 3,5 litres de cylindrée pour les monoplaces et 7 litres de cylindrée pour les multiplaces. Cela correspondait au maximum pour les monoplaces au Continental O-200 de 100 HP ou au Potez 4E20 de 105 HP. Pour les multiplaces, on pouvait choisir le Lycoming O-360 de 180 ou 200 HP, ou bien éventuellement le Potez 4D34 à compresseur de 260 HP.

L'arrivée des moteurs automobiles de plus en plus puissants pour des cylindrées modestes a amené les amateurs à imaginer des projets sortant complètement de l'esprit originel de l'ancien arrêté, tel que le projet de monoplace de record de vitesse doté d'un moteur turbocompressé de Formule 1 d'environ 1000 HP qui correspondait au texte de l'arrêté puisque le moteur avait une cylindrée très inférieure à 3,5 litres...

L'arrêté a donc été modifié pour la formulation actuelle qui stipule que « la puissance motrice maximale est inférieure ou égale à 150 kW ».

Donc, comparé à l'usage courant de l'ancien arrêté, ça ne change pas grand-chose : on peut toujours utiliser un Lycoming O-360 de 180 ou 200 HP pour un avion multiplace... ainsi que pour un avion monoplace puisque la distinction entre monoplace et multiplace a disparue.

L'utilisation d'un des très rares Potez 4D34D de 260 HP, soit 194 kW ne serait-elle plus possible ?

Et bien si, car dans les articles suivants, on trouve :

« L'Autorité peut délivrer un CNRA pour tout autre aéronef qui satisfait à des conditions techniques particulières qu'elle a notifiées au postulant, sous réserve : Pour les avions de catégorie acrobatique dont la puissance motrice maximale est supérieure à 150 kW, d'une limitation à 2 du nombre de sièges, y compris celui du pilote ; Pour les avions à réaction, d'une poussée inférieure ou égale à 300 daN. »

Pour les avions de puissance supérieure à 150 kW, les avions à réaction et les avions de la catégorie acrobatique :

- L'autorité demande, et en plus des « conditions techniques particulières qu'elle a notifiées au postulant », « Les éléments de justifications de résistance structurale. Ils comprennent en particulier la justification de la résistance structurale aux charges extrêmes de la voilure et des empennages ainsi que du bâti moteur et de ses attaches sur le fuselage. Ces éléments visent à justifier la conformité à des dispositions de navigabilité acceptables par l'Autorité »
- Il est procédé à un examen du longeron préalablement à son intégration dans la voilure et préalablement à sa fermeture s'il s'agit d'un longeron caisson.

Pour l'amateur qui n'est pas également ingénieur en aéronautique, tout cela signifie que le dossier CNRA d'un avion se complique considérablement au-delà de 150 kW.

Il y a donc un intérêt certain de motoriser nos avions à l'aide de moteurs qui respectent cette limitation de puissance. Et la mise en œuvre de cette limitation est donc l'objet de ce qui suit.

Limitation de puissance par la charge de l'hélice.

Un vieil adage dit que :

« La puissance développée par le moteur n'est jamais celle qui est absorbée par l'hélice »

Donc si dans tout le domaine de vol, le couple résistant opposé par l'hélice sur l'arbre moteur multiplié par le régime maximal de rotation reste inférieur à 150 kW, on peut affirmer que cette limitation de puissance est toujours respectée.

Le problème de cette approche, c'est qu'elle implique une hélice de petit pas qui tracte bien à basse vitesse, mais qui « mouline dans le vide » en vol. Le très mauvais rendement cette hélice dilapide la puissance du moteur et donc le carburant, ce qui est inacceptable.

Limitation de puissance par le régime de rotation.

La puissance délivrée par le moteur est le produit de son couple par le régime de rotation. Si on limite ce dernier à l'aide du diamètre de l'hélice et éventuellement à l'aide du rapport du réducteur, on limite la puissance du moteur. Cette approche est moins catastrophique que la précédente

dans la mesure où surtout en présence d'un réducteur, l'hélice elle-même peut-être bien adaptée à sa fonction. Par contre, cela implique que le moteur tourne à fort couple et à régime limité ce qui a des conséquences néfastes :

- Nécessité d'un carburant à haut indice d'octane ou de modification afin de réduire le rapport volumétrique
- Fatigue mécanique des pièces mobiles,
- Réduction de la puissance en fonction de l'altitude dès le niveau de la mer.

Limitation par la cartographie de l'ECU

Pour les moteurs automobiles modernes, le pot catalytique à l'échappement nécessite un respect des conditions stœchiométriques qui impose une carburation par injection électronique avec un calculateur (ECU) qui prend en compte de nombreux capteurs. Un fichier de paramètres (cartographie) règle l'injection en fonction de la commande de puissance et du point de fonctionnement du moteur. Une modification de ce fichier permet de limiter la puissance à 150 kW, avec une précision inaccessible avec d'autres méthodes. Cependant cette méthode nécessite que :

- Le moteur soit doté d'une injection électronique ou soit modifié pour en être doté.
- L'ECU soit de type « ouvert » ou soit remplacé par un ECU facilement programmable et simplifié pour une utilisation sûre sur un avion léger.
- Un moyen précis de mesure de la puissance soit disponible pour déterminer les nouveaux paramètres de la cartographie

Limitation par le débit de carburant

Le rendement d'un moteur avec un mélange air – essence correct varie assez peu autour du point de fonctionnement optimal. Cela signifie que sur une plage de régime et de pression d'admission relativement étendue, une puissance développée correspond à un débit de carburant.

Il suffit donc de mesurer le débit de carburant pour avoir une estimée assez fiable de la puissance développée, et il suffit de limiter le débit de carburant pour limiter la puissance du moteur.

Avec un moteur de rendement de 27% (cas du Lycoming O-320), la consommation de carburant pour produire 1 kW pendant une heure, soit un kWh est de 306 grammes ou 426 millilitres de 100LL.

Pour limiter la puissance d'un moteur de rendement équivalent à 150 kW, il suffit de limiter son débit de carburant à 46 kg/h ou 64 l/h. Quel que soit le point de fonctionnement du moteur, il ne peut dépasser 150 kW avec un débit de carburant limité. Avec un moteur de meilleur rendement (30%), le débit carburant maximal deviendrait 41,4 kg/h ou 57,7 l/h, mais ça ne change pas le principe de cette limitation de puissance, qui est compatible aussi bien avec une hélice à pas fixe en vol ou une hélice à pas variable.

La mise en œuvre pratique dépend du type de moteur et de système de carburation, mais elle peut s'appliquer à tous les types de moteurs à combustion interne, y compris les moteurs diesel pour lequel ce mode d'action est le plus évident puisque la quantité de carburant injecté en est le mode de contrôle de la puissance.

Pour un moteur doté d'un carburateur, la solution la plus simple consiste en un actuateur qui repousse la manette des gaz quand la limite de consommation de carburant est atteinte, la commande de réchauffage du carburateur et de correction altimétrique restant manuelle. Une version un peu plus automatisée peut remplir tout ou partie des fonctions suivantes :

- Réglage automatique de la correction altimétrique à l'aide d'une ou plusieurs sondes Lambda
- Réglage automatique de la puissance à travers le débit carburant. La manette des gaz fixe une consigne de puissance entre 0 (le ralenti) et 150 kW (100%), c'est-à-dire une consigne de débit carburant. Le régulateur commande alors le papillon des gaz en fonction des conditions extérieures pour atteindre la puissance désirée ou (s'en rapprocher autant que possible : pleins gaz en altitude, limitation de sursrégime, etc...)
- Commande de la puissance (du débit carburant) à travers la vitesse indiquée de l'avion : fonction « auto-manette ».

Bien entendu, pour un moteur à l'injection commandée par un ECU, ces mêmes fonctions peuvent être implémentées à travers le calculateur sans avoir à reconfigurer toute la cartographie.