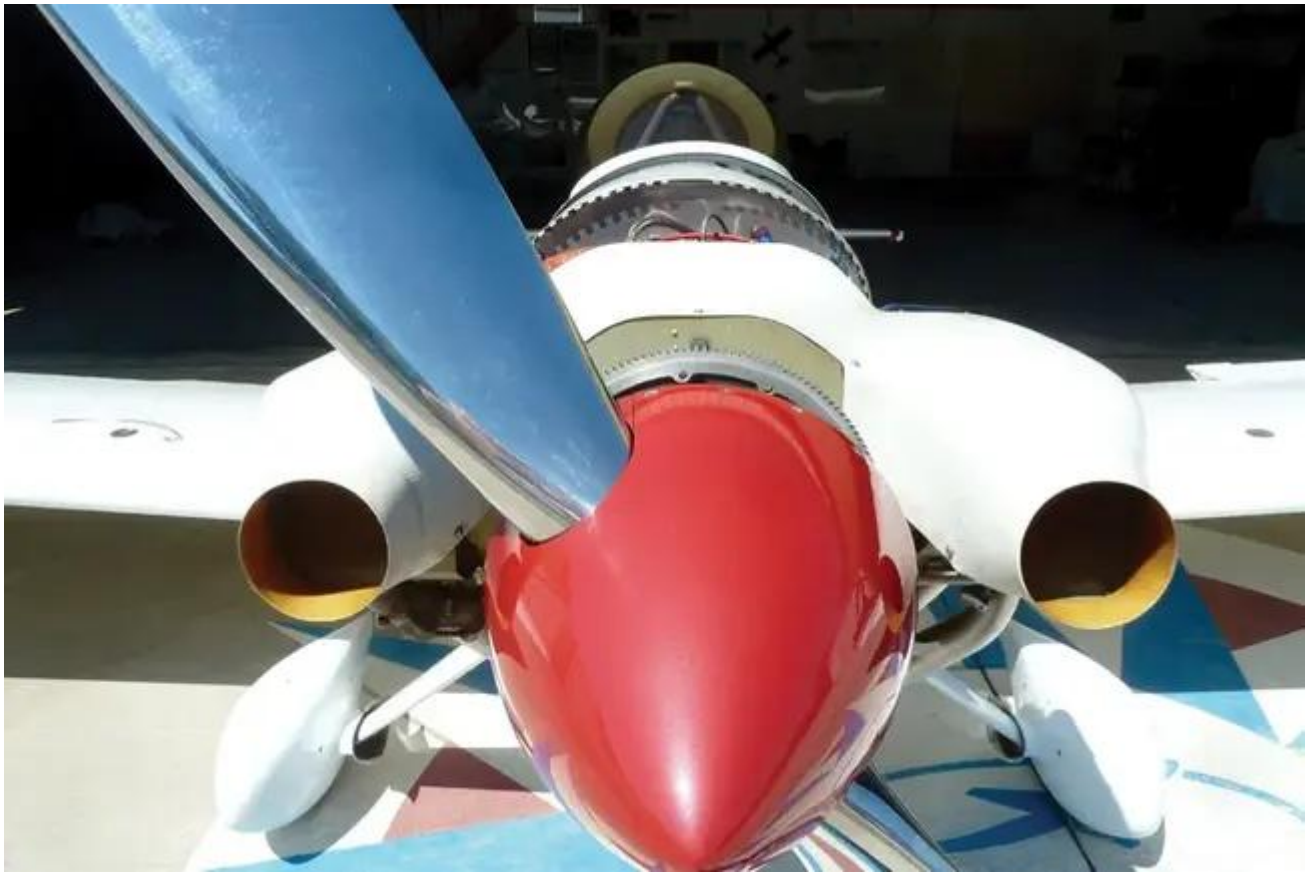
AINSI VOUS VOULEZ ALLER PLUS VITE…2/2

les secrets de la réduction de trainée



Dans la partie 1 de cet article, nous avons couvert les principes de base de la réduction de traînée, puis examiné le haubanage, les carénages de jambes de train d'atterrissage, les carénages de roues, les carénages de charnières et les joints de fente de l'empennage. En regardant sous le capot, nous avons vu de petits déflecteurs supérieurs sur les cylindres et discuté de la traînée de l'air de refroidissement et des zones de convergence de l'air d'échappement.

C'est un bon début, mais il reste beaucoup de travail à faire. Commençons par le plénum supérieur et les entrées d'air, suivis de la sortie du diffuseur et du conduit de refroidissement. J'ai effectué ces modifications en 1995, et elles ont réduit la traînée de 6,0 % supplémentaires. N'oubliez pas qu'il devient de plus en plus difficile de trouver de grandes zones pour une réduction supplémentaire de la traînée à mesure que vous allez plus vite, car toutes les améliorations faciles ont déjà été faites.

J'ai lu les documents sur la conception des plénums et j'ai discuté avec un ingénieur aérodynamicien de la *Computational Fluid Dynamics* à l'époque au sujet du refroidissement efficace des moteurs.

Débit massique = surface d'entrée x vitesse de l'aéronef x efficacité du plénum

Le manuel d'installation Lycoming pour un moteur de 360 pouces cubes indique qu'un delta P de 6-1/2 pouces de H2O à travers leurs cylindres permet un refroidissement adéquat. En montée maximale, en dessous de 4 pouces peut produire un échauffement. J'ai effectué les calculs de débit massique il y a des années et j'ai décidé qu'une paire d'entrées de 4-5/8 pouces de diamètre intérieur devrait refroidir mon moteur. En fait, elles surrefroidissent sauf à pleine ouverture des gaz et en montée à taux maximal. J'avais initialement estimé la taille des entrées 10 % plus petite en volume, et sachant que je ne suis pas ingénieur, j'ai augmenté la taille estimée. Ainsi, elles fonctionnent dans les conditions les plus défavorables et surrefroidissent en croisière.



Le plénum assure l’étanchéité avec le moteur et élimine essentiellement toutes les fuites. En obtenant une récupération maximale de la pression à partir de la vitesse du flux libre, il offre un plus grand potentiel de refroidissement.

CONSIDÉRATIONS SUR LE PLENUM

Les entrées d’air doivent être positionnées à distance du cône d’hélice afin de prévenir ou de réduire un éventuel reflux inverse sortant de l’entrée du côté le plus proche du cône. Cela est dû au différentiel de pression à travers l’entrée et à la zone racine de l’hélice, qui souffre d’un déficit de quantité de mouvement et d’une couche limite épaisse, en particulier avec les formes de capot nécessaires pour des moyeux compacts.

L’utilisation d’un diffuseur pour ralentir l’air entrant et augmenter la pression (principe de Bernoulli) réduit les pertes de traînée de refroidissement. Jusqu’à 10° IL semble fonctionner, toutefois j’utilise 8° car si l’écoulement se décolle, c’est équivalent à étrangler l’entrée. Une transition lisse et bien étanchée vers le plénum entraîne des pertes plus faibles.

Le plénum peut être étanchéifié directement au moteur avec des bandes de mousse souple type joint d’étanchéité sur le bord du plénum et éliminer pratiquement toutes les fuites. Cela permet d’obtenir la récupération de pression maximale à partir de la vitesse de l’écoulement libre, ce qui augmentera le delta P à travers les cylindres, produisant davantage de potentiel de refroidissement.

La surface d’entrée au col de l’entrée est appelée surface A1. Le diffuseur commence ici et se prolonge vers les cylindres. À un certain point, il n’est plus possible de maintenir l’expansion conique, ce qui constitue en pratique la fin du diffuseur. C’est ce qu’on appelle la surface A2. La surface au-dessus des cylindres et des culasses, au-dessus des ailettes, est la surface A3. La formule générale d’un bon plénum est que la surface A1 s’élargit de façon conique à 8° à 10° jusqu’à la surface A2, puis la surface A3 au-dessus des culasses et des cylindres est égale à la surface de la position A2. La surface A3 comprend uniquement la surface au-dessus des cylindres et des culasses, et non le carter.

Bien entendu, tous ces principes doivent être appliqués de manière optimale en fonction de votre installation.


Des entrées d’air de forme ovale comme celles de ce Grumman F8F Bearcat produisent des pertes plus faibles, mais elles sont plus difficiles à fabriquer et à rendre étanches que des entrées d’air circulaires.

CONSIDÉRATIONS SUR LES ENTRÉES D’AIR

De manière générale, les entrées d’air ou l’interface du capot d’entrée doivent présenter des formes à lèvres arrondies d’environ la taille d’un nickel ou une forme de type Kuchemann A30. Les deux fonctionnent correctement.
Des entrées d’air de forme ovale produiront des pertes plus faibles, car la forme du plénum au-dessus des cylindres est plus rectangulaire et nécessite moins d’énergie pour modifier la forme de l’écoulement. Regardez les entrées à la racine d’aile du Grumman F8F Bearcat et notez qu’elles sont légèrement en dessous du bord d’attaque de l’aile. Évidemment, il y avait une intention derrière cela. Les angles serrés sont défavorables. Les entrées ovales sont simplement plus difficiles à fabriquer et plus difficiles à étancher que les entrées rondes. Une entrée à lèvres plus arrondies peut également réduire la possibilité de décrochage de l’entrée.
Des entrées surdimensionnées ne produisent pas davantage de refroidissement ; elles ne font qu’augmenter la traînée autour des entrées.

Les entrées peuvent être facilement étanchéifiées à la zone diffuseur du plénum à l’aide d’un matériau de combinaison de plongée extensible bidirectionnel de 1/4″. Il suffit de réaliser le joint environ 1″ plus serré, de sorte qu’il s’étire sur le diffuseur sans aucune fuite. L’espace entre le plénum et l’entrée ne doit pas être supérieur à 1/4″.



Les entrées d’air sont facilement rendues étanches au niveau de la zone de diffusion du plénum en utilisant un matériau extensible de combinaison de plongée, à étirement bidirectionnel, d’un quart de pouce.

CONSIDÉRATIONS SUR LE DIFFUSEUR DE SORTIE

Les vitesses des gaz d’échappement sont supérieures à notre IAS, nous devrions donc essayer de récupérer autant que possible pour la poussée.

Certains ont recommandé d’écraser le tuyau d’échappement pour augmenter les vitesses, et cela peut fonctionner. Cependant, j’ai décidé d’obtenir le maximum possible sans potentiellement provoquer une condition défavorable pour le moteur. J’ai choisi un système d’échappement 4-en-1, qui produit la plus petite section transversale pour quatre échappements.

Diriger l’écoulement des gaz d’échappement aussi près que possible de la direction de l’écoulement libre afin de récupérer un maximum de poussée. Les considérations liées à l’augmentation du bruit et de la chaleur peuvent amener certains à abandonner cette approche. Cependant, grâce à une conception appropriée de la sortie du capot, on peut utiliser les vitesses élevées des gaz d’échappement comme une sorte d’accélérateur des gaz.

L’accélération peut également être réalisée avec plusieurs tuyaux d’échappement ; c’est simplement un peu plus difficile.

CONSIDÉRATION SUR LE TUNNEL DE REFROIDISSEMENT

Les études de la NACA indiquent que l’air de refroidissement du moteur devrait émerger dans l’air de l’écoulement libre aussi proche que possible du parallèle, à la vitesse la plus élevée possible.
Une rampe peu inclinée à côtés droits est très efficace. Pour l’air de refroidissement, un rapport largeur/profondeur de rampe de 7 pour 1 est recommandé.

Pour les accélérateur de sortie des gaz, la distance autour de tous les côtés est idéale à 1 pour 1.

Ma première tentative d’une sortie améliorée est encore utilisée aujourd’hui. La rampe est fixée avec des rivets POP tangent au capot. Le rapport de la rampe est d’environ 7 pour 1, à faible angle, et elle diminue jusqu’à zéro au niveau du longeron d’aile. La zone autour du tuyau d’échappement est de 1 pour 1. Le collecteur

d’échappement est coupé à l’intérieur du capot pour aider à l’extraction de l’air de refroidissement. En examinant l’écoulement des gaz d’échappement sous l’avion, on peut voir un écoulement rectiligne.



Une rampe à faible angle, à côtés droits, peut être très efficace. Pour l’air de refroidissement, un rapport largeur/profondeur de la rampe de 7 pour 1 est recommandé.

La surface d’entrée sur mon RV-4 est de 34 pouces carrés, et la surface de sortie est d’environ 26 pouces carrés, soit un rapport de 1 pour 0,76. Avec la combinaison des systèmes que j’ai sur mon RV, j’ai les éléments suivants :

- Pression du plénum supérieur à 200 nœuds : 24,5 pouces de H2O (en utilisant un manomètre Magnehelic en pouces de H2O).
- Efficacité du plénum : 24,5/26,63 (conditions standard, H2O à 200 nœuds) = 92% de récupération
- Delta P à travers les cylindres :
    - 87 nœuds = 5,0 pouces
    - 104 nœuds = 6,8 pouces
    - 174 nœuds = 14,8 pouces

De 104 nœuds à plus de 200 nœuds, le delta P est presque une ligne droite, et le delta P est plus élevé en condition pleine puissance qu’en condition sans puissance à toutes les vitesses, ce qui indique que l’augmentation par l’échappement aide à extraire l’air de refroidissement du plénum inférieur. Cela aide au refroidissement du moteur lors des montées prolongées à pleine puissance à faible vitesse.

CONTRÔLE DE L’ÉCOULEMENT DE L’AIR

L’air sortant ou entrant dans des endroits où il ne devrait pas crée de la traînée. Les compagnies aériennes recyclent l’air dans les cabines pour diverses raisons, mais l’une d’elles est de réduire la traînée, donc il faut seulement utiliser ce dont on a besoin. Il faut de l’énergie pour ralentir l’air puis le réaccélérer lorsqu’il entre dans l’écoulement libre.



Un feutre d’essuyage industriel d’un demi-pouce est utilisé pour assurer l’étanchéité de la zone entre le cône d’hélice et le capotage. Le feutre frotte contre le moyeu de l’hélice.

Scellez tous les interstices possibles. La zone autour de l’hélice est souvent négligée. L’écoulement à l’arrière du cône d’hélice est mauvais, et la couche limite est épaisse. Si l’air était coloré, on verrait un jet en forme d’arche provenant de tout autour de l’espace entre le cône et le bord avant du capot. Cela est dû au fait que la pression dans le plénum inférieur s’échappe dans cette zone et provoque de la traînée.

J’ai scellé cette zone avec un feutre de raclage pour machines de 1/2″ qui frotte contre le moyeu de l’hélice. Il est biseauté sur le bord de contact intérieur (il se coupe bien avec une meuleuse à angle équipée d’un disque abrasif grossier), de sorte qu’il est un peu plus serré à l’intérieur du capot, et toute pression aide à assurer l’étanchéité. Le feutre a été imprégné de silicone et a bien fonctionné pendant plus de 1500 heures. Le feutre est pris en sandwich entre deux pièces d’aluminium et vissé puis étanchéifié avec un cordon de RTV sur le capot. Si votre capot ne permet pas une étanchéité au moyeu de l’hélice, vous pouvez facilement étanchéifier sur la surface avant inclinée de la bague de démarreur. Faites preuve de créativité.

Une autre zone souvent négligée est l’air du fuselage entrant ou sortant par l’empennage. Cela peut être facilement étanchéifié, cela nécessite simplement de démonter votre avion, donc peut-être le faire lorsque vous travaillez déjà dans cette zone. Il suffit de sortir une machine à coudre et de coudre un cône. Il faut toutefois déterminer où la tringlerie de commande traverse la cloison, car vous voulez que les panneaux du cône produisent la charge la plus faible possible lorsque la tringlerie de commande effectue son mouvement.



Les rails de la verrière de mon avion sont rendus étanches avec un profilé en « P » afin d'empêcher les fuites. Le petit trou à droite de la charnière est obturé avec un petit morceau de mousse de caoutchouc collé sur la verrière.

Il n'est pas nécessaire de fixer le cône au tube ; en réalité, cela pourrait être une mauvaise idée s'il agit comme une membrane avec les variations de pression de l'air. J'ai utilisé du cuir synthétique parce qu'il est souple et étanche à l'air. L'étanchéité au tube est simplement assurée par une bande Velcro de 1″ de large (la face douce ajustée au tube), cousue de manière serrée afin d'empêcher l'air de circuler trop facilement. Le cône est collé à deux anneaux en aluminium eux-mêmes collés en place sur la cloison. Les anneaux peuvent devoir se plier pour être installés, ils peuvent donc devoir être fendus. La cloison est étanchéifiée à la peau de l'avion avec un cordon de RTV, et une mousse SunMate à pression est utilisée pour étanchéifier les câbles de gouvernail. La mousse SunMate n'est pas une mousse très sensible à la température. Vous ne remarquerez jamais la présence de l'étanchéité du tube.

Si de l'air s'échappe là où il ne devrait pas, cela produit de la traînée. Vous pouvez utiliser un décibelmètre pour vérifier les fuites autour de votre verrière en vol, et toute zone générant de la traînée sera assez bruyante.

Les rails de verrière de mon avion sont étanchéifiés avec un joint en forme de « P » afin de prévenir les fuites. Bien que cela soit difficile à voir sur la photo, à l'arrière de la charnière de verrière se trouve un petit trou qu'il est facile de sceller avec un petit morceau de mousse de caoutchouc collé à la verrière.

J'ai étanchéifié les écoulements traversants sur les surfaces de contrôle en profilant un morceau de mousse SunMate à pression. Il suffit de le découper pour qu'il s'adapte à la cavité dans laquelle il se place, en réalisant un ajustement légèrement serré. Il reste en place en se conformant autour des têtes de rivets. Ne pas utiliser de mousse sensible à la température à cet endroit.

L'air à haute pression issu de l'écoulement libre entre normalement dans l'espace entre le stabilisateur et le bras de contrepoids, puis s'écoule vers la ligne de charnière. Il effectue ensuite un virage à 90° autour de l'angle et ressort par l'espace entre le stabilisateur et la surface de contrôle, ce qui produit de la traînée. L'ajout simple de mousse empêche cela. De plus, un petit morceau de bande d'étanchéité autocollante souple peut empêcher l'écoulement à travers le stabilisateur vertical et le contrepoids de la gouverne de direction.



Un petit morceau de joint d'étanchéité souple autocollant empêche le passage de l'air à travers la dérive verticale et le contrepoids de la gouverne de direction.

J'ai volé avec ces modifications pendant des milliers d'heures sans problème. Mais comme toute modification, il faut évaluer son application en toute sécurité avant de l'utiliser sur son propre avion.

Ces modifications sont également de petite taille et peuvent ne pas sembler avoir beaucoup d'effet. Cependant, si les changements sont scientifiquement fondés, ils s'additionnent tous et contribuent à réduire la traînée.

Si vous volez avec un RV équipé des anciennes extrémités d'aile Hoerner de Van, vous pourriez envisager de passer aux nouvelles extrémités d'aile avec un allongement plus élevé qui produit des tourbillons marginaux plus faibles. Elles sont désormais courantes, mais lorsque j'ai effectué le changement en mars 1997, les nouvelles extrémités étaient marginalement plus rapides, peut-être de 2 mph.

J'ai également légèrement augmenté ma pression d'air dynamique avec ma première tentative de boîte à air dynamique basée sur le principe de Bernoulli, avec des formes sigmoïdes correspondantes calculées pour augmenter progressivement le volume. L'une a été utilisée comme cône de diffuseur à l'extrémité du filtre à air, et par ce procédé j'ai pu obtenir un léger gain de pression dynamique à travers le filtre. L'autre forme était la boîte à air ayant une divergence de 5° jusqu'au filtre, mais cela n'était pas optimal.

Pendant cette période, j'ai obtenu 3,4% de réduction supplémentaire de traînée grâce à l'ensemble des modifications. En mars 1997, la réduction totale de traînée était d'environ 17%.



Ces saumons d’aile sont désormais courants, mais lorsque je les ai ajoutés en mars 1997, ils étaient peut-être 2 mph plus rapides que les saumons d’aile Hoerner d’origine.

MODIFICATION « FASTBACK »

En l’an 2000, j’ai effectué la dernière modification majeure de réduction de traînée, une verrière plus basse et un dos de fuselage type fastback. Il est très important de s’assurer que la verrière est totalement étanche. Rappelez-vous, l’air qui entre et qui sort est mauvais, donc il est possible que vous fassiez l’ensemble de cet exercice sans rien ajouter.



La dernière modification majeure de traînée a été une verrière plus basse et un dos de fuselage de type « fastback », qui ont apporté un gain estimé de 4 à 5 mph. À ce stade, il devenait très difficile de trouver d'autres modifications significatives.

Ma verrière est complètement étanche tout autour. Vous pouvez placer une carte de visite n'importe où sur le bord arrière de la jupe de verrière, la fermer, et elle sera encore là après un passage à haute vitesse. Ensuite, j'ai peint l'avion. Il était initialement poli et le restait depuis huit ans, mais il existait des éléments indiquant que les avions peints étaient plus rapides, peut-être d'environ 1 mph. Cela valait 5000 dollars, pas vraiment. Mais j'en avais assez du polissage, et j'avais fait fondre trois verrières pendant cette période. Les avions à aile basse ne devraient pas être polis en raison du risque de faire fondre la verrière. Il m'a fallu beaucoup de temps pour comprendre cela. La dernière course Sun 100 a eu lieu en 2000, et les dernières modifications ont ajouté encore 9% de réduction de traînée, soit 6 mph en vitesse de pointe. Je pense que le fastback représentait environ 4 à 5 mph de cela, ce qui est remarquable puisque c'était la dernière modification. Il devenait très difficile de trouver encore des changements significatifs.



Le joint d’étanchéité arrière de la verrière est en feutre autocollant d’une épaisseur de 1/32″. Il assure non seulement l’étanchéité, mais empêche également l’usure de la peinture par frottement.

Le joint de verrière arrière fait partie de la technique globale pour construire le fastback. Le joint provient de McMaster-Carr et est un feutre autocollant de 1/32″ d’épaisseur. Il assure non seulement l’étanchéité, mais empêche aussi l’abrasion de la peinture. J’utilise encore le feutre d’origine, posé il y a peut-être 1800 heures. Un travail soigné permet d’obtenir une étanchéité sans fuite.

J’ai également amélioré les carénages internes de profondeur afin de réduire la turbulence en provenance de l’empennage.

Pendant tout ce temps, j’ai documenté ce que j’ai modifié et ce que cela a produit, et j’utilise aujourd’hui les mêmes formules et procédures, mais désormais avec des autopilotes et des données téléchargeables que l’on peut analyser sur Savvy Analysis, ce qui est bien meilleur et plus simple.

Je travaille toujours sur l'avion, mais mes efforts se sont réorientés vers l'efficacité. Il est désormais équipé de deux allumages électroniques Light Speed Plasma III de Klaus Savier, entraînant une injection électronique de carburant SDS EFI de Ross Farnham avec un système d'admission bien meilleur. Cela a très bien fonctionné.



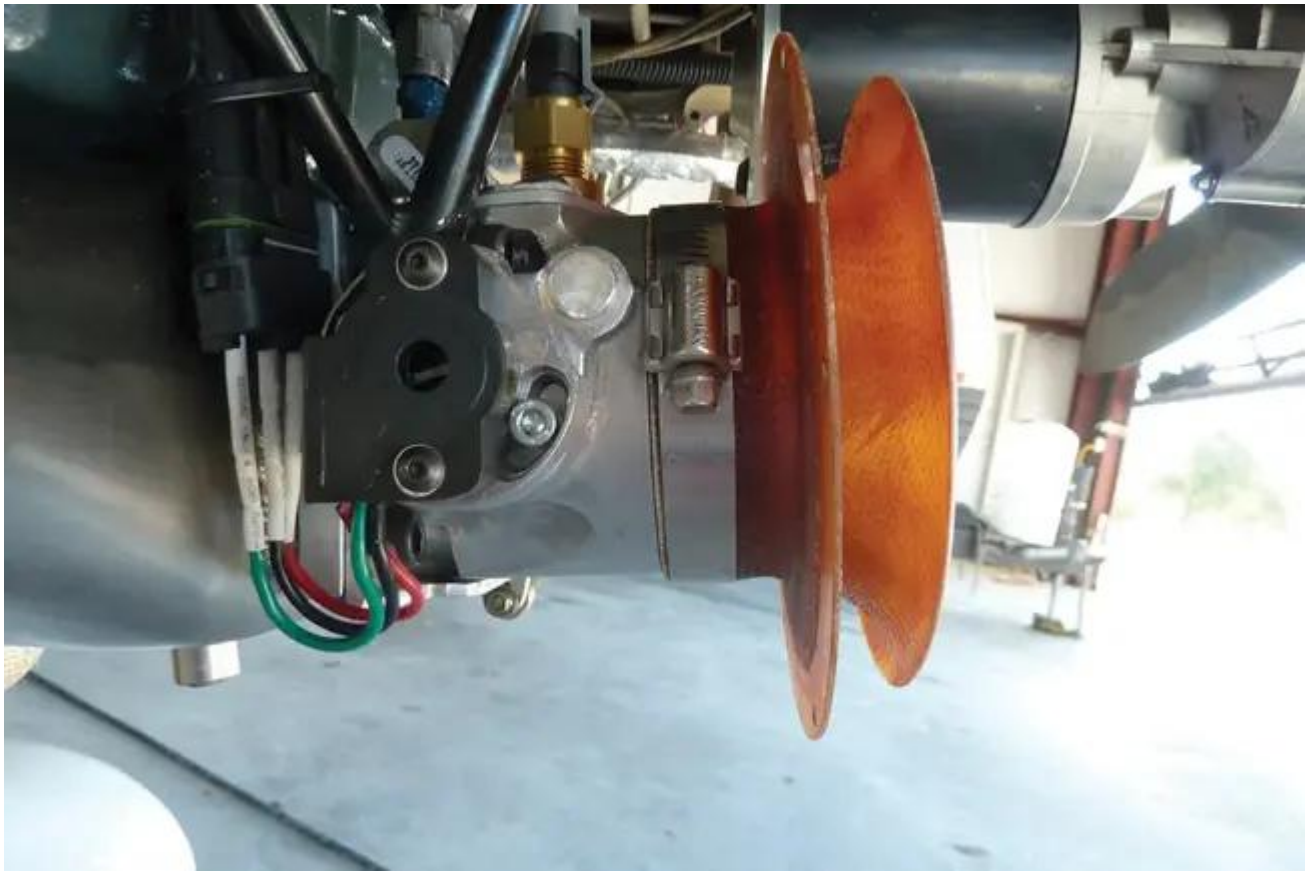
La carte de visite coincée dans le chevauchement arrière de la verrière est toujours en place après un essai à plein régime.

EFFORTS ACTUELS

Depuis mes premières tentatives d'augmentation de la pression dynamique, des articles scientifiques pertinents sont devenus disponibles, et davantage de preuves empiriques provenant de bons expérimentateurs ont été mises en évidence. Il vaut la peine d'essayer d'améliorer son admission, car sur un Lycoming de 360 pouces cubes, chaque augmentation de 1 pouce de pression de collecteur (MAP) correspond, en règle générale, à environ deux chevaux par cylindre. Cela a été confirmé par les formules de performance des augmentations de vitesse prévues à partir de l'augmentation de puissance. Donc, lorsque vous pouvez monter de 1000 pieds supplémentaires d'altitude, en utilisant les mêmes réglages de MAP et de moteur que vous aviez à plus basse altitude, vous irez environ 2% plus vite. Rappelez-vous, je ne suis pas ingénieur, donc la plupart des éléments relèvent de règles empiriques et d'essais-erreurs. N'est-ce pas amusant d'expérimenter !

Un article très facile à lire, « Best Bell » de Gordon P. Blair & W. Melvin Caboon, décrit le profil elliptique de prise de vitesse. Il inclut même la formule pour le meilleur embout en cloche ELL-23-23-49-3 avec une illustration. Ainsi, afin de construire la meilleure admission d'air dybamique possible pour votre construction, il faut d'abord concevoir l'entrée d'air de type "bellmouth"optimale puis voir l'espace disponible. Ensuite, concevoir la plus grande boîte à air à divergence de 8 degrés basée sur le principe de Bernoulli qui puisse s'intégrer. Cela permet de décélérer l'écoulement et d'augmenter la pression autant que possible dans chaque cas.

J'ai fabriqué des moules avec un tour à bois bon marché, en utilisant des gabarits en aluminium pour guider les formes finales des moules. Le résultat est une boîte d'admission à air de type Bernouilli qui fonctionne beaucoup mieux que mes tentatives précédentes.



Une méthode simple pour fixer les nouvelles pièces de la boîte à air au corps de papillon.

Cette boîte à air, associée aux tubes d'admission améliorés et très impressionnants ainsi qu'au plénum d'admission froide constitue le système d'admission que j'utilise actuellement. Sky Dynamics fabrique des produits incroyables qui, lorsqu'on les observe, amènent simplement à se dire : « Comment ont-ils fait cela ? » Il suffit de regarder le plénum d'admission en acier inoxydable léger formé (il s'agit d'une seule pièce) et les tubes d'admission en acier inoxydable coniques et courbes. Incroyable ! Ils ont également fabriqué les tubes d'échappement en configuration 4 en 1 avec un ordre d'allumage cyclonique et des longueurs presque égales.

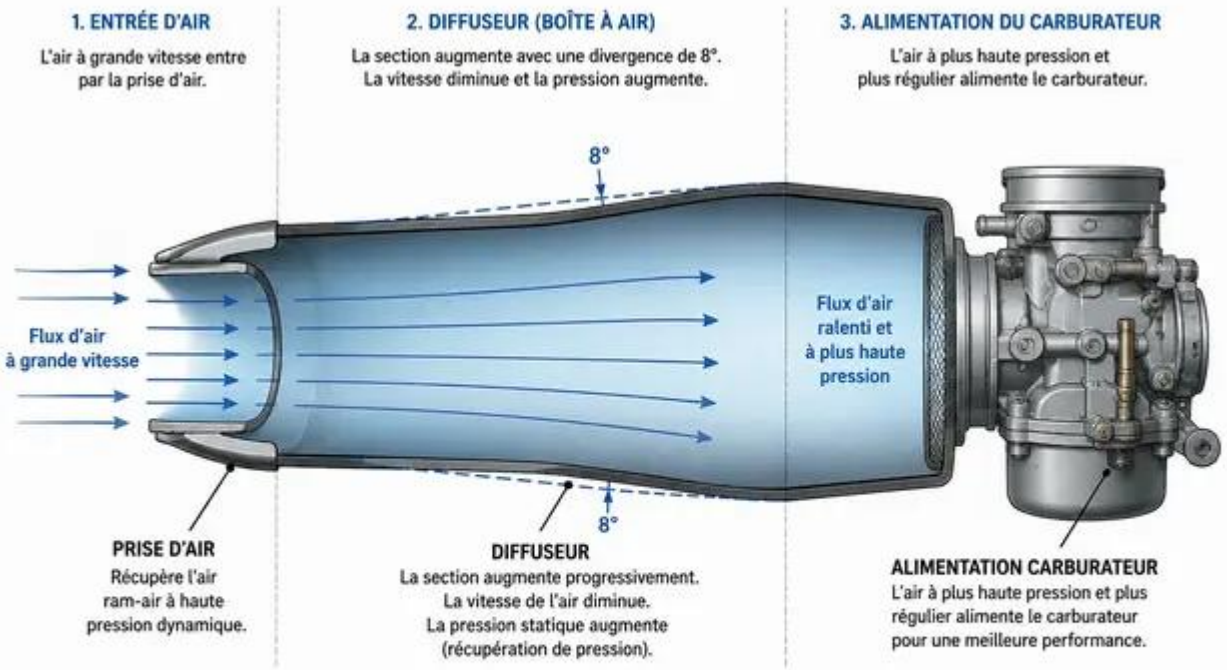


Avec sa divergence de 8 degrés, la nouvelle boîte à air fonctionnant selon le principe de Bernoulli fonctionne beaucoup mieux que les tentatives précédentes.

Avec les modifications décrites, et avec un moteur qui produit désormais environ 195 ch maximum à 2825 tr/min, je peux maintenir 16,4″ de MAP à 17500′ tout en obtenant 37,6 mpg à 209 mph TAS en tournant à 2230 tr/min. Pas mal pour un RV à aile épaisse qui produit maintenant à peu près la puissance standard pour un Lycoming de 360 pouces cubes lorsqu'il fonctionne à 2700 tr/min. Alors, quelle est la suite ? Seule votre imagination peut vous arrêter.

Je me souviens de l'époque où j'étais en train d'essayer des choses. J'ai vraiment apprécié toute l'aide que tout le monde m'a apportée, et cela m'a beaucoup aidé de voir ce qu'ils faisaient ou comment ils faisaient certaines choses. J'espère que cet article pourra stimuler votre créativité. Ce qui sera vraiment intéressant, ce sera de voir quelles seront les idées de la prochaine génération.

La boite à air « Bernouilli »



PRINCIPE : Le diffuseur de la boîte à air convertit une partie de la pression dynamique (due à la vitesse) en pression statique. Cela fournit au moteur un air plus dense et plus régulier, améliorant la puissance et l'efficacité.