

Multiaxes ► pendulaires ► hélicos légers ► autogires ► construction amateur

ULM+LSA
vol
moteur

vol moteur

Le MAGAZINE du PILOTE ULM

Technique

Smartphone à double
écran pour naviguer ?

Carnet de vol

Cap sur la Corse
en pendulaire

App

Enroute Flight
Navigation

SUPERGUÉPARD VOYAGE *Test multiaxes* **COUSU MAIN ET MADE IN FRANCE !**

TEST PENDULAIRE **PIXEL AERO 1000 EN VOL !**



INJECTION LAD **COMMENT L'INSTALLER ?**

1^{re} partie



FICHE PRATIQUE

Radio ICOM
IC-A25CE & NE

3^e partie

Pilotage

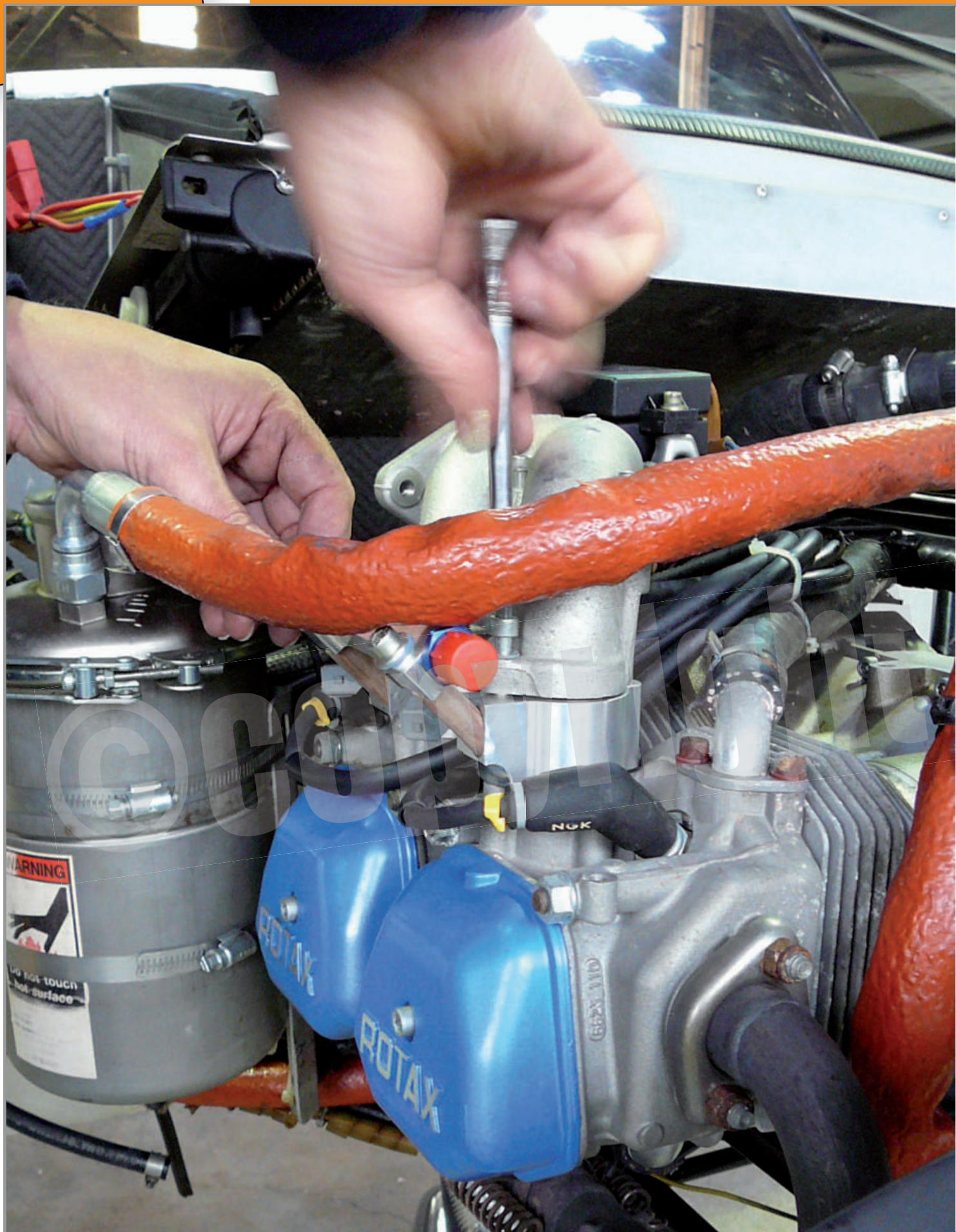
Comment bien gérer
son intégration



L 14137 - 416 - F: 7,30 € - RD



n° 416 > octobre 2020 > 7,30 €
BELUX, DOM/S, PORT. CONT. : 8,30 € • CAN : 12,99 \$CAD
• TOM/S : 1 200 XPF



Faut-il passer à l'injection ? LAD ?

Préambule, le pavé dans la mare ou l'étincelle dans l'essence

Texte : Christophe Huchet. Photos : Vol Moteur

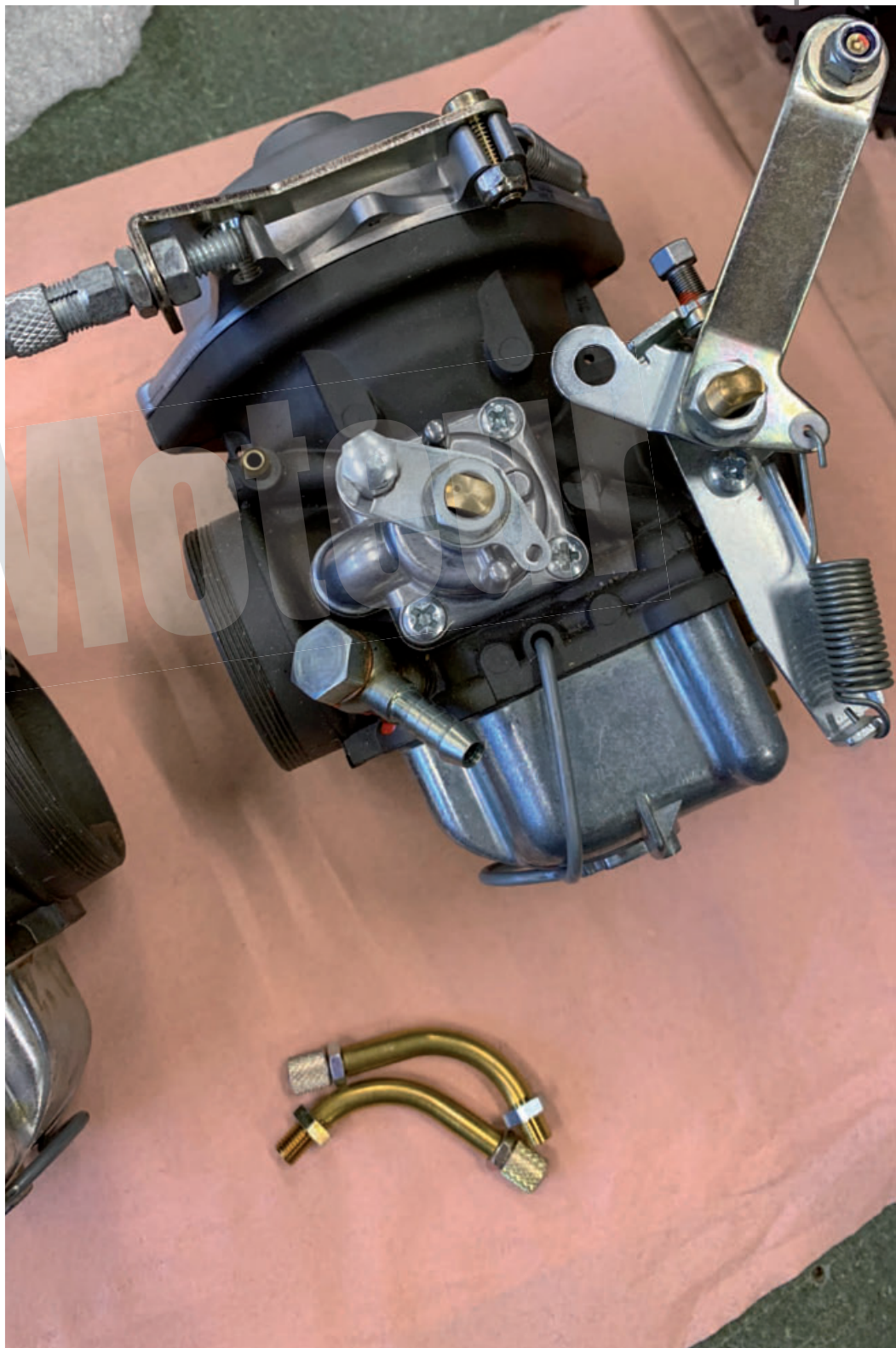
Honneur aux anciens : le carburateur

C'est un dispositif qui n'est optimum que dans une configuration précise et à un régime donné fournissant un dosage et un mélange carburant/comburant, qui permet le développement de la puissance maxi. En dehors de cette configuration, le carburateur n'est qu'une succession (géniale) de compromis (ralenti, progression, décélération...). De plus, l'accélération de la veine gazeuse dans son venturi le rend très mal adapté à l'aéronautique (si si c'est la vérité...) du fait de sa prédisposition à la refroidir et à provoquer son givrage. Pour la plupart des carburateurs utilisés en aéronautique, ils imposent une intervention humaine pour en adapter le fonctionnement aux conditions environnementales (altimétriques). Je parle ici de la « mixture » ou réglage de la richesse en fonction de l'altitude que les pilotes volant sur avions connaissent bien (richesse qui accessoirement tue de nombreux moteurs chaque année).

Un grand pas a été franchi lors de l'adoption sur les ULM des carburateurs à équi-pression tel que le Bing 64 qui équipent les Rotax série 9-- où l'accélérateur ne commande que le volet régulant le volume des gaz mixés dont le dosage air/essence est, lui, assuré par le boisseau et l'aiguille pilotés par la dépression. Celle-ci dépend directement de la pression atmosphérique et donc de l'altitude (plus besoin de « mixture » humaine !).

Ajoutez à cela que le carburateur est un assemblage de multiples pièces complexes, fonctionnant avec des ajustages très précis. Ces pièces en mouvement sont sujettes à l'usure et vous aurez compris qu'il fallait trouver une solution qui permet de s'affranchir de ces vicissitudes.

L'injection mécanique a vite été développée (pour le diesel en premier lieu) mais les besoins d'étanchéité liés à la grande fluidité et à la volatilité de l'essence ont rendu très difficile et hors de prix l'industrialisation des pompes d'injection essence mécanique.



Sans en faire l'historique car cela prendrait tout l'article, on peut considérer que l'apogée de l'injection mécanique se situe dans les années 70 avec les Porsche 911 et autres Peugeot 504 TI pour la production et les Matra V12 et la R5 Maxi pour la compétition avec 2 fabricants de pompes quasi exclusifs, Kugel-Fisher et Bosch. Il s'ensuit une quinzaine d'années durant lesquelles l'injection mécanique sera carrément abandonnée par les motoristes entre autres pour les raisons évoquées plus haut mais également pour la complexité des interventions d'après-vente requérant des compétences trop peu répandues dans les ateliers qu'ils soient automobiles ou aéronautiques.

C'est l'électronique qui permettra l'avènement de l'injection, en rendant possible de piloter précisément les dosages sur des temps très courts, les progrès de la métallurgie et des usinages permettront, eux, de drastiques réductions des coûts rendant cette évolution possible. Il faut rappeler que l'accélérateur du développement de l'injection a été la crise pétrolière (73-76) qui a mis en évidence le caractère glouton et polluant (très) des carburateurs en Europe! Les Américains, disposant de leurs propres ressources pétrolières, ont continué à développer et à équiper leurs productions terrestres et aéronautiques de carburateurs (tiens, vous le voyez venir...).

Et l'aéronautique dans tout cela? Eh bien ce n'est un secret pour personne que ce domaine est (était ?) dominé par les motoristes américains qui étaient (sont) très en retard sur les développements des technologies de l'injection devenues incontournables et hégémoniques en Europe. Si l'on ajoute à cela les affres de la certification qui a figé dans le bronze des technologies datant de la 2^e WW on comprend pourquoi les vieilles légendes sont encore très présentes dans les hangars...

Pour des raisons de compétences acquises et enrichies au fil des ans, la compétition est restée longtemps fidèle aux carburateurs. Dans le cas de la moto, c'est la présence en grand nombre de moteurs 2 temps et les coûts de production de solutions techniques fiables (car anciennes) ainsi que le fait qu'ils soient autonomes (pas de batterie, pas de poids) qui l'ont fait continuer à utiliser des carburateurs comme solution d'alimentation. C'est la moto qui nous a apporté le fameux carburateur Bing 64 développé pour BMW et ses moteurs boxer dont le fonctionnement « rugueux » était de plus en plus anachronique sur un marché où les productions japonaises faisaient la loi.



Ce carburateur a été utilisé jusqu'en 1993 (il y a 27 ans...), date à partir de laquelle l'injection est devenue la seule solution d'alimentation des moteurs boxer de BMW.

Pour cette raison, seuls quelques motoristes aéro, dont Rotax est le plus important, ont continué à utiliser les Bing 64 mais dans des volumes tellement faibles (proportionnelle-

ment) que les coûts de développement pour les contraintes de la 3^e dimension sont devenus très importants rapportés à l'utilisateur.

Toutes ces raisons concourent à faire admettre aujourd'hui une technologie éprouvée depuis plus de + 30 ans comme « moderne » aux yeux d'une activité pour le moins conservatrice comme l'est l'aviation.

Maintenance injection versus carburateur

La maintenance de l'injection est légère et simple, elle se borne au remplacement des préfiltres basse pression à 20€ (en amont de la pompe) toutes les 100 h et du filtre haute pression (en aval de la pompe), 15€, LAD a fixé la limite d'exploitation de la pompe à 1 000 h les 120€.

La maintenance des carburateurs est lourde, complexe et nécessite de nombreuses pièces de rechange

Pour mémoire sur les carburateurs :

Contrôle d'étanchéité à 200 h (100€ x 2), révision toutes les 600 h (350€ x 2) ; brides tous les 5 ans (70€ x 2) ; pompe à essence (250€), flotteurs (150€ x 2) qui seront à remplacer tous les +/- 2 ans si vous n'optez pas pour des versions « Blue Epoxy »

En clair, le montage de l'injection revient à moins cher que l'ensemble des coûts de maintenance imposés par les carburateurs sur la durée du TBO standard d'un Rotax série 9-- (2 000 h/15 ans).

La décision de passer à l'injection s'inscrit, selon moi, dans la réflexion fondamentale de l'ULM, à savoir disposer de la solution technique la plus fiable et la plus aboutie pour réduire au maximum les risques liés à toutes pratiques utilisant des systèmes mécaniques. Si, en plus, elle permet de disposer d'un moteur au fonctionnement plus harmonieux et plus souple permettant d'exploiter au mieux les capacités aérodynamiques de la machine,

En postulat et pour les valeurs exprimées, je prendrai comme références les publications Rotax suivantes disponibles sur www.flyrotax.com :

- Installation Manual : IM 912 series ED2-R1-E (et suivant)

- Illustrated Parts Catalog : IPC 912 series
ED4-R3-E

Je prendrai également comme références les températures standard utilisées dans le fonctionnement des moteurs à combustion interne.





Ci-dessus : afficheur LAD.

À gauche : la pompe de secours.

1^{re} étape • l'ingénierie

Cette étape est celle du passage du rêve à la réalité, elle découle d'un processus abouti qui commence par l'élaboration d'un cahier des charges. Quel système choisir ? Consultez la liste proposée dans VM 409 et 410.

J'ai choisi ici le kit développé par LAD pour sa modularité, son antériorité qui lui permet de disposer d'un REX important (+ 200 kits en fonctionnement totalisant + de 37 000 heures de vol) et... son prix (ça fait plaisir au portefeuille...).

Quelles sont les prestations qui me semblent indispensables ? Quelles sont celles qui rendraient mes vols plus agréables ? Quelles sont les limites techniques que je me fixe ?

En premier lieu, la sécurité. Pour cela la redondance me semble indispensable pour un composant majeur : la pompe à essence. Ensuite, je veux qu'en cas de défaillance de la pompe, le système bascule de façon transparente sur la seconde pompe (en m'en informant bien sûr !). Comme l'injection dépend directement de la pompe alimentée par l'électricité de bord, j'ai besoin d'assurer sa continuité en cas de black-out total.

Ensuite, pour des raisons faciles à comprendre car liées à l'éventualité d'un retour

sur terre non maîtrisé... je souhaite que l'habitacle ne soit pas parcouru par de l'essence, sous pression fût-elle en canalisation blindée. Enfin, pour une sécurité maximum, je souhaite que l'ensemble des canalisations soit réalisé au moyen de tuyauterie blindée type « Aéroquip » munie de jonctions vissées sur tous les raccords (J'avoue que là il y a également une recherche esthétique...).

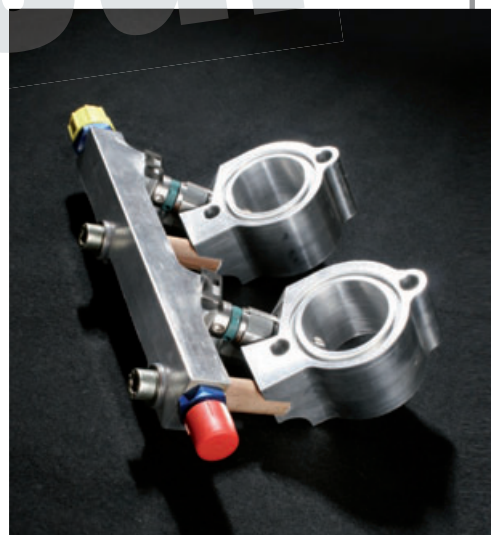
J'ai opté, dans un premier temps, de ne pas monter la sonde λ bien que parfaitement conscient des avantages qu'elle procure en affinant en temps réel les paramètres de richesse (amélioration de la combustion et réduction de la consommation) (voir encadré ci-dessous « La sonde λ »). Le montage a été réalisé après 50 heures de fonctionnement sans, permettant ainsi une réelle comparaison.

La sonde λ

Située dans l'échappement, elle a pour fonction d'analyser la teneur des gaz et de générer une information que le calculateur interprète en temps réel afin d'optimiser la stœchiométrie du mélange améliorant ainsi le fonctionnement et le rendement moteur. C'est tout bénéfice, seul bémol elle ne supporte pas le plomb, ce qui interdit de faire même un plein de dépannage avec de la 100 LL au risque que le plomb contenu dans les gaz d'échappement ne se dépose sur la sonde et soit vitrifié par la T° rendant définitivement la sonde inopérante et en impose le remplacement. Après avoir volé avec et sans, j'ai opté pour la sonde qui apporte un vrai plus, je transporte donc un bouchon et une clé me permettant le démontage rapide (3 min) et l'obturation de l'échappement en cas d'obligation de fonctionner à la 100 LL.



Papillon LAD.



Rampe d'injection LAD.

Quelles sont les informations dont je souhaite disposer en vol ? Sous quelle forme ? Quelles sont les modifications que je dois impérativement réaliser sur la machine pour implanter le kit injection :

- La qualité de la production électrique, le calculateur d'injection nécessite pour fonctionner un courant stable (entre 10,5 et 14,7 v) sans crêtes de tension ce qui est impossible avec le régulateur Ducati d'origine (ma machine est déjà équipée d'un régulateur SH).
- La puissance électrique disponible, batterie suffisante à assurer le fonctionnement stable de l'injection lors du fonctionnement à bas régime au sol notamment lorsque l'alternateur débite peu.
- Choix du circuit d'alimentation électrique :

pour l'A22 comme c'est très souvent le cas sur les ULM, il n'existe pas de ligne « + après contact » apte à supporter une consommation continue de 10 A. Il faudra la créer.

➤ Le bloc d'alimentation de sécurité : j'ai intégré l'ensemble du système Buron ainsi qu'une batterie LifePo4 de secours dans un boîtier d'où sortent 2 connecteurs, l'un de 8 voies se raccordant au faisceau réalisé sur la machine pour les informations et les commandes, l'autre connecté aux +- de la batterie afin de pouvoir la recharger sans démontage.

N'hésitez pas à vous faire conseiller par des pro dans chacun des domaines sans oublier qu'à la fin, il faudra arbitrer ! ●

À suivre

Christophe HUCHET

Formateur Technique

AFULM

LF3557

La Baillée sous Champ Fleury

35340 LIFFRE

www.afulm.fr

<https://www.facebook.com/rotaxserie9/>



Pour votre sécurité venez vous former
à l'entretien et la maintenance de votre ROTAX série 9 -

www.afulm.fr

