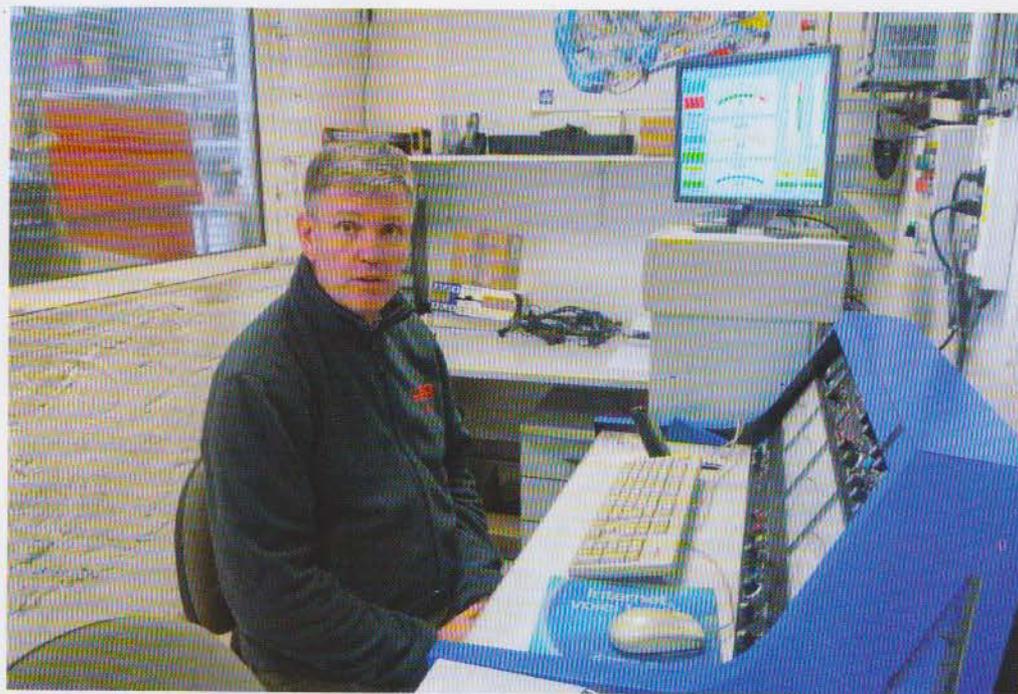


LAD INJECTION

Fonctionnement - avantages - installation

Après des décennies de bons et loyaux services, le carburateur s'est vu banni de nos automobiles, il y a quelques années déjà. Rotax a sorti récemment une version injection de son légendaire 912. Pour en savoir un peu plus sur les avantages et inconvénients des deux systèmes, nous sommes allés rendre visite à Christian Dieux, responsable de la société LAD, spécialisée dans la préparation moteur depuis 1982.



par an, principalement pour développer des injections et des allumages à la carte pour des clients connaisseurs et particulièrement exigeants. Bref, il sait de quoi il parle! La plus grosse bête passée entre ses mains fut un moteur de dragster de 750 chevaux. Notre fameux Rotax 912 ne risquait pas de détruire le banc.

Vol Moteur: Comment expliques-tu le désamour pour les carburateurs?

Christian Dieux: *Dans l'automobile, les carburateurs, même sophistiqués, rendaient complètement impossible le respect des normes de pollution. L'injection est donc devenue une obligation absolue pour les constructeurs. Parallèlement, l'économie de carburant est devenue un facteur primordial et là encore, hors l'injection, point de salut!*

Comment expliquer cette supériorité?

Le rôle de la carburation consiste à réaliser un mélange air-essence homogène et dans des proportions très précises. Pas assez d'essence: le mélange est pauvre, il y a perte de puissance, échauffement anormal, voire destruction. Trop de carburant: mélange riche, surconsommation, encrassement, pollution. Dans un carburateur de 912, la manette de gaz commande un papillon qui laisse passer plus ou moins d'air vers le moteur. La dépression créée par ce passage d'air dans la partie rétrécie du carburateur pro-

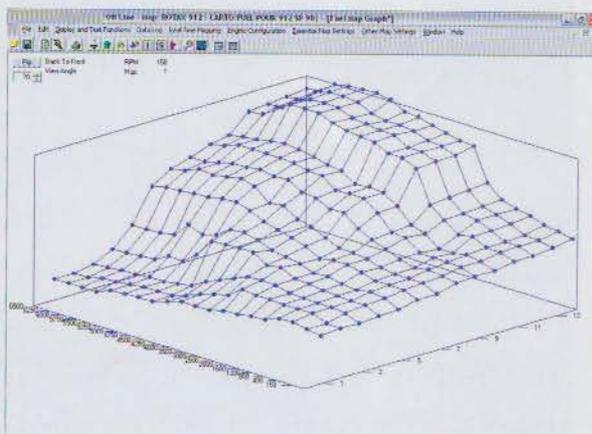
voque l'aspiration de l'essence contenue dans la cuve. Le dosage de carburant en fonction de la quantité d'air est géré par l'aiguille conique qui obstrue plus ou moins le passage du carburant. Il est impossible avec ce système d'obtenir un dosage air-essence complètement satisfaisant pour toutes les plages d'utilisation depuis le ralenti jusqu'au plein régime avec en plus des variations incessantes des facteurs extérieurs comme la température ou la pression atmosphérique!

Pourtant, les carburateurs sont restés longtemps présents en compétition?

Dans les débuts, les systèmes d'injection coûtaient très cher. De plus, le carburateur reste performant dans les plages de pleine puissance. Les boîtiers programmables sont accessibles depuis une quinzaine d'années et ont définitivement détrôné les carbus.

Christian Dieux de chez LAD en pleine programmation.

Représentation graphique de la cartographie.



VU!

Pour les fidèles du salon de Blois, cette société n'est pas complètement inconnue: Christian présentait cette année son kit d'injection adaptable pour 912 et son stand a suscité un vif intérêt. La préparation n'est pas une activité immédiatement rentable. Christian a donc démarré sa société en 1982 en reprenant une agence Renault qui lui a permis d'attendre de percer dans le monde de la compétition automobile. Ce sera chose faite à partir de 1991. LAD emploie aujourd'hui six salariés et intervient dans la préparation de tous types de voitures de compétition, mais aussi sur les boîtes de vitesse et les trains roulants. Christian passe en moyenne quatre-vingt moteurs au banc

Comment fonctionne l'injection ?

Un injecteur est monté dans chaque culasse juste avant la soupape d'admission. Au repos, une aiguille ferme l'orifice de l'injecteur et s'ouvre sur ordre du calculateur sous l'effet d'un électro-aimant. C'est le temps d'ouverture (quelques millisecondes) qui va déterminer la quantité d'essence. Les injecteurs sont alimentés par la rampe d'injection sous une pression de plus ou moins 2.5 bars afin d'assurer une vaporisation fine indispensable à une bonne combustion.

Avantages ?

Tous les cylindres reçoivent exactement la même quantité d'essence parfaitement dosée en fonction du besoin moteur. De plus, le mélange se fait très près de la chambre de combustion et n'est pas dégradé en parcourant un conduit plus ou moins long. Dans le cas du 912, il est impossible d'obtenir une carburation homogène entre les deux cylindres alimentés par un même carburateur.

Comment s'effectue ce dosage ?

La quantité de carburant dépend du régime moteur mais aussi de la charge, c'est-à-dire de l'effort qu'on lui demande : pour un même régime moteur, vous appuyez plus sur l'accélérateur de votre voiture pour monter une côte que pour rouler sur le plat. L'information régime est transmise au calculateur par le capteur de point mort haut.

Une roue dentée solidaire du vilebrequin déclenche à chaque tour une impulsion dans le capteur. L'information charge peut provenir d'un capteur de pression placé dans la pipe d'admission, ou d'un capteur de position du boîtier papillon commandé par la manette de gaz. On travaille donc en mode pression régime ou en mode position régime. Nous avons opté pour la première qui compense automatiquement la richesse en altitude.

Le calculateur gère d'autres paramètres ?

La température d'eau permet d'enrichir au moment du démarrage à froid.

Le calculateur déclenche également une brève pré-injection dès que le démarreur est actionné. On dispose également de l'équivalent d'une pompe de reprise pour enrichir fortement le mélange si l'on enfonce brutalement la manette de gaz.

Comment es-tu venu à l'ULM ?

J'ai été contacté par Alexandre Pat pour étudier un système d'injection. Le projet n'a pas abouti, mais j'ai fait un tour au salon de Blois avec mes réalisations pour l'automobile. De nombreux propriétaires de 912 ont manifesté leur intérêt pour une injection en kit facile à installer sans l'intervention d'un professionnel.

Quelle était leur motivation ?

Presque tous voulaient supprimer les risques de givrage, souvent après une expérience désagréable !

On ne givre pas avec une injection ?

Le carburateur givre au niveau où le flux d'air accélère et où l'essence se vaporise. Avec l'injection, l'essence est vaporisée dans la culasse et il n'y a pas de venturi dans le circuit d'air. Cette absence de rétrécissement explique en partie le gain de puissance par rapport au carburateur.

Comment s'est passé le développement ?

Jean-Yves Verrier, un ancien coureur automobile passé à l'ULM a mis un 912 S à notre disposition. Il a fallu un mois pour dessiner et faire usiner les pièces spécifiques : rampes d'injection, supports d'injecteurs, boîtiers papillon, etc. Ensuite, nous avons travaillé trois semaines au banc pour programmer le calculateur.

En quoi consiste cette étape ?

On accouple le moteur à tester à un frein hydraulique réglable qui permet de simuler les états de charge sur toute la plage de régime et d'établir une cartographie des temps d'injection pour chaque couple : nombre de tours/charge moteur. Patience exigée ! Une sonde lambda placée dans l'échappement indique la proportion air-essence en permanence et permet un réglage extrêmement précis.

Le réglage du démarrage à froid peut s'avérer le plus fastidieux du fait de l'attente entre deux essais. Ceux en vol ont validé la programmation sans modifications majeures.

Avez-vous rencontré des problèmes spécifiques avec le 912 ?

Sur trente-deux kits vendus à ce jour, deux nous ont donné quelques soucis, dont le dernier que vous devez essayer chez Air Plaisir. Nous avons mis un moment avant de constater que sur ces deux moteurs un des deux enroulements d'allumage du volant magnétique perturbait complètement le capteur PMH (Point Mort Haut), empêchant le démarrage.

Comment avez-vous résolu le problème ?

Nous avons remplacé le capteur magnétique par un capteur à effet Hall, insensible aux perturbations magnétiques, et tout est rentré dans l'ordre.

Tous les composants du kit sont d'une qualité irréprochable



Comme vous l'avez souligné récemment dans votre revue, on peut considérer que le démarrage à froid n'est pas le point fort du 100 ch.

Que répondez-vous à ceux qui doutent de la fiabilité du système d'injection ?

Tout d'abord, quinze ans d'expérience en course automobile nous offrent un certain recul. Nous avons sélectionné très soigneusement tous les éléments et la plupart ont été testés en compétition dans des conditions très difficiles comme le rallye cross: tout le système fonctionne parfaitement pendant des heures recouvert de boue! Les conducteurs utilisés répondent aux normes les plus exigeantes de l'automobile, tous les connecteurs sont étanches et les durites d'essence sont blindées dans la partie sous pression.

As-tu des retours sur les systèmes vendus ?

Bien sûr, je contacte chaque utilisateur tous les six mois pour faire un point. Les vingt premiers kits totalisent aujourd'hui 1200 heures dont 450 sur une seule machine. La branche ULM me permet de sortir des voitures de course et de me confronter à des problèmes techniques nouveaux. Je suis mon bébé de très près!

Tu as travaillé sur d'autres projets aéronautiques ?

Oui, nous avons développé les systèmes d'allumage et d'injection pour le trois cylindres Ecoyota, un excellent moteur de conception très moderne.

Prévoyez-vous d'autres évolutions à partir du 912 ?

Oui, nous avons développé un kit compresseur sur la base du 80 ch.

Il y a déjà le 914 ?

Le 914 ne peut fournir la puissance maximum que pendant une période très brève. Le turbo chauffe très rapidement l'air d'admission. Passé une température programmée, il est désactivé électroniquement et la puissance baisse.

Nous avons opté pour un compresseur entraîné par courroie facile à installer, toujours dans l'optique d'une distribution en kit. Il possède son propre circuit de lubrification: en cas de défaillance, il n'y a pas de conséquence sur le grais-

sage du moteur ce qui n'est pas le cas avec le turbo. L'air d'admission chauffe beaucoup moins. Et puis je n'aime pas trop l'idée d'un bloc de fonte chauffé au rouge enfermé sous le capot d'un engin volant!

La puissance ?

120 ch toujours disponibles. Ce système donne aussi satisfaction sur l'Ecoyota.

Toujours le même système d'injection ?

Oui, mais cette fois nous utilisons le calculateur pour gérer aussi l'allumage.

Pourquoi ce choix ?

Les courbes d'avance à l'allumage d'un moteur atmosphérique et celles d'un moteur compressé sont très différentes. Nous avons donc établi une cartographie d'allumage spécifique qui nous permet de plus de régler tous les problèmes de démarrage.

Comment établit-on cette cartographie ?

On procède par plage comme pour l'injection. Pour chaque couple régime/charge, il faut programmer la valeur d'avance la plus forte pour optimiser le rendement sans aller jusqu'au cliquetis, phénomène détonnant destructeur favorisé par la suralimentation.

Le kit est disponible ?

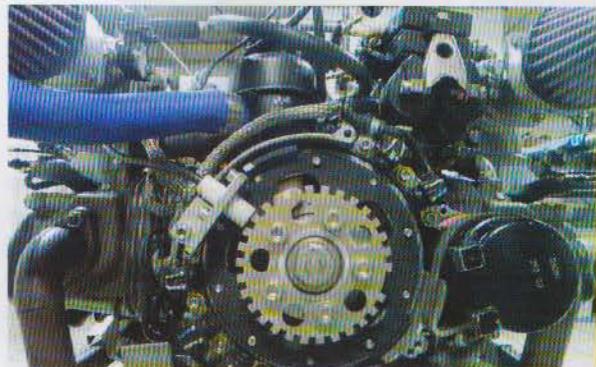
Absolument, mais nous n'avons pas encore eu le temps d'en faire la promotion.

Ça t'arrive encore de te faire peur en passant un moteur au banc ?

Quand derrière la vitre un moteur de 450 ch qui vaut cinquante mille euros tourne à plein régime avec le turbo et les pipes d'échappement chauffées au rouge cerise, on espère que ça va bien se passer !



Le calculateur LAD.



Gros plan sur le capteur PMH (Point Mort Haut) et sa roue dentée. Notez la dent manquante qui déclenche l'impulsion du capteur à chaque tour.



Rampe et injecteurs: notez les entretoises en matériau isolant qui empêchent l'échauffement par conduction du carburant dans les rampes.



Le 912 monté sur le banc équipé des rampes d'injection.

SUR UN ULM

Nous avons poursuivi notre enquête par une visite chez Air Plaisir, école autogire basée à Persan-Beaumont et dirigée par Alain Dumétier.

VM : Pourquoi as-tu décidé de monter un kit injection sur ton ELA?

Alain Dumétier : *J'interviens régulièrement au Burkina Faso pour assurer l'entretien de quatre Xénon de la gendarmerie. Les machines peuvent rester inutilisées pendant de longues périodes et le carburant laisse souvent à désirer. Je trouve à chaque visite des carburateurs dans un état déplorable. Les multiples démontages se soldent trop souvent par des destructions ou des oublis des joints de cuve. De plus, les moteurs sont des 912 80 ch équipés d'un turbo et je pense que l'injection permettrait un meilleur réglage de la carburation. J'ai constaté, depuis le montage du kit, une couleur beaucoup plus homogène des bougies, signe d'une meilleure carburation sur tous les cylindres.*

D'autre part, je vole beaucoup en école et j'ai donc été sensible à l'argument de la consommation.

Le kit t'a-t-il paru complet?

Absolument, tout y est, jusqu'à la moindre rondelle.

Qu'en est-il du montage pour un amateur?

Il n'y a aucune difficulté particulière et la notice de montage abondamment illustrée de photos est très claire. Compter trois demi-journées pour venir à bout de l'opération.

Peux-tu nous lister les opérations?

- Dépose de la pompe mécanique remplacée par une plaque vissée ;
- pose et câblage de la pompe électrique haute pression ;



Rotax 912 à injection sur le ELA Cougar d'Air Plaisir.

- dépose des carburateurs et des pipes d'admission ;
- repose des pipes en intercalant les supports d'injecteurs ;
- pose des boîtiers papillon, des rampes d'injection, des injecteurs et du capteur de pression d'admission ;
- dépose des câbles de starter. Les câbles de gaz peuvent être utilisés pour la commande des boîtiers papillon ;
- pose du calculateur et raccordement du faisceau ;
- pose des durites d'essence et du régulateur de pression.

Il ne reste plus qu'à faire une synchronisation des boîtiers papillon, comme pour les carburateurs, sauf que vous n'aurez plus à le refaire sauf en cas de changement des câbles!

EN VOL

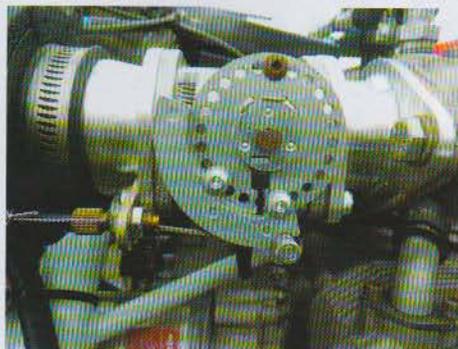
J'ai déjà volé à plusieurs reprises sur la machine, je suis donc curieux d'essayer la version injection. Le giro n'a pas encore tourné ce jour, je cherche donc la manette de starter mal placée et difficile à tirer sous le siège avant. Surprise: fini la corvée, il n'y a plus de starter. Contact, le moteur démarre avec un filet de gaz sans retour ni claquement désagréable. Le moteur tourne très régulièrement dès son démarrage à un régime de 1 600 tours, plus bas qu'en version carburateurs. Je surveille le compte-tours

après le décollage et constate que le moteur prend 200 tours de plus à la fin du palier pour le même réglage d'hélice. Je prends un peu de hauteur et j'effectue plusieurs réductions brutales de gaz suivies de remises plein gaz sans noter le moindre trou. En palier, le moteur donne une agréable sensation de douceur et de régularité. Je me pose à regret et roule jusqu'au hangar. Le ralenti à chaud est impeccable à 1500 tours. Selon l'hélice utilisée, on peut descendre à 1200 tours. Les propriétaires de machines « fines » apprécient ce ralenti très bas qui les affranchit d'une poussée indésirable en courte finale sur une piste un peu courte. L'arrêt moteur, très propre, s'obtient en coupant l'injection avant l'allumage. Alain est donc d'ores et déjà satisfait de son choix même s'il est encore trop tôt pour tirer des conclusions sur la consommation. Les retours des premiers utilisateurs font état d'une économie d'environ quinze pour cent. Par le plus grand des hasards, le jour de cet essai, nous avons retrouvé Christophe Caumet dit « PanPan » dont nous vous avons présenté le pendulaire à moteur Toyota et injection programmée maison. Il est justement en train de pianoter sur un ordinateur portable connecté à un moteur qui tourne sur un banc avec son hélice. Nous lui avons donc posé quelques questions sur sa démarche.

Le capteur de pression est installé sur le tube d'équilibrage reliant les pipes d'admission.



Les boîtiers papillon ont pris la place des carburateurs.



Capteur de température d'eau.



Comment es-tu arrivé à installer une gestion moteur programmable ?

Panpan : J'ai été séduit par le 3 cylindres Toyota. On trouve un moteur de moins de 5 000 km pour 700 euros. Il n'était pas question de garder la gestion d'origine beaucoup trop complexe et peu adaptée à notre usage avec sa multitude de capteurs. L'option carburateur aurait nécessité trois carbus pour prétendre à une puissance raisonnable. C'est cher, difficile à mettre au point et ça ne résout pas le problème de l'allumage. J'ai fouiné un peu et j'ai trouvé un boîtier de la marque KMS pour moins de 800 euros chez Huger moteur au Mans. KMS sont les initiales de Kronenburg Management Systems : avec un nom pareil on peut sûrement voler à l'éthanol ! Les bobines d'allumage d'origine sont conservées ainsi que les injecteurs.

Quelles sont tes compétences en mécanique ?

Je n'ai aucune formation particulière mais j'ai fait du rallye et préparé mes voitures moi-même. Je suis aussi un peu têtue ! J'ai passé pas mal de temps sur l'ordi à étudier les exemples de cartographie fournis avec le calculateur et la façon de faire varier les différents paramètres.

Comment peux-tu programmer une gestion moteur sans banc de puissance ?

Le moteur est monté sur un banc et je me sers du réglage de pas pour faire varier la charge du moteur. Le calculateur est connecté à l'ordinateur et les réglages se font en temps réel, moteur tournant. Pour le premier démarrage, j'ai utilisé une carto type d'un moteur le plus approchant du mien. Pour chaque réglage de pas je fais varier progressivement le régime avec la manette de gaz et je règle la ri-

chesse pour chaque case du tableau en m'appuyant sur les valeurs de la sonde lambda. La cartographie n'a pas besoin d'être aussi précise que sur une voiture car les associations possibles régime/ouverture papillon sont beaucoup moins nombreuses : vous n'aurez jamais avec une hélice, l'équivalent d'un redémarrage en troisième à 30 km/h. La cartographie d'avance reprend le même principe en ajustant l'avance pour chaque couple papillon/régime afin d'obtenir le plus grand nombre de tours. Il n'est pas possible de remplir toutes les cases des tableaux mais le programme permet de faire des interpolations. Une fonction permet de programmer l'enrichissement pour le départ à froid, une autre pour les mises de gaz brutales. Le calculateur permet même de déclencher un ventilateur à la température choisie ou de limiter un éventuel sur-régime. En prenant son temps, on peut faire un travail très précis. Je vole régulièrement et n'ai rencontré aucun problème. Le banc utilisé permet de mesurer le couple et donc de calculer la puissance : les 90 ch sont bien là !

Sur quoi es-tu en train de travailler aujourd'hui ?

Un copain construit un autogire biplace et je réalise la cartographie de son trois cylindres turbo. Une difficulté supplémentaire qui n'est pas pour me déplaire ! Au vu des premiers essais je pense que ça va envoyer !

CONCLUSION

Voilà pour ce petit point sur l'injection, mise en œuvre par un professionnel ou par un « amateur ». Dans les deux cas, c'est le moteur qui sort gagnant avec un fonctionnement beaucoup plus régulier, plus de puissance, un ralenti plus bas, une économie de carburant et la disparition des risques de givrage ... Qui dit mieux ? ●

La pompe haute pression et son pré-filtre.



Régulateur de pression d'essence.

