

Les Rotax série 9i

UNE (R) ÉVOLUTION MAJEURE DANS L'AVIATION LÉGÈRE. Rédiger un article qui traite de l'injection en 2025 résonne, pour le technicien que je suis, comme de vouloir justifier la pénicilline pour un médecin. Tout le monde sait que c'est une découverte qui a marqué l'évolution de l'humanité ou, dans ce cas, de la technique.

L'injection moderne, dite « électronique », est née en 1980 et depuis cette époque, il n'y a aucune industrie utilisant des moteurs à combustion interne employant de l'essence qui n'ait abandonné les carburateurs à son profit sauf... l'aéronautique qui, pourtant, avait grandement contribué à sa création : c'est un comble !

Trente ans plus tard, en 2013, Rotax, le nouveau venu pour la motorisation des aéronefs, lance le 912iS qui fait... un flop ! Ce n'est bien sûr pas ce qu'ils vous diront, mais il suffit de regarder le faible nombre de constructeurs qui proposait dans leurs gammes des machines, ULM ou avions, équipées de ce moteur pour en être convaincu.

Pourtant, la fiche technique affiche clairement la volonté du motoriste d'équiper le plus grand nombre d'aéronefs en priorité certifiés : une redondance à tous les étages, des injecteurs aux capteurs, en passant par l'allumage, la gestion électronique et la production électrique ; tout est en double ! Malgré cela, il faudra attendre les versions turbo de ce moteur : 915 et 916iS, qui prouveront leur fiabilité, pour que l'injection soit enfin plébiscitée.

Les raisons du désamour du 912iS au cours de ses premières années, selon Régis DBDC : « C'est une usine à gaz, trop compliqué, ça tombe en panne, personne ne sait réparer ces trucs-là ! » C'est en effet l'image qui va coller à la peau de ce moteur pendant près d'une décennie et, n'en déplaise à ses détracteurs, presque sans aucune raison.

Le recul dont nous bénéficions aujourd'hui grâce aux « early adopters », nous montre que ce moteur est extrêmement fiable – plus encore que ses devanciers à carburateurs, pourtant référents sur le

Master ON
+ contact :
LED allumées et infos
moteur présentes.



sujet –, beaucoup moins gourmand qu'eux (-25 %) et immensément plus agréable à l'utilisation. Je n'ai aucune action chez Rotax ni aucun avantage auprès d'eux, mais dire le contraire ne relèverait que de la mauvaise foi, ce que vous et moi savons être un comportement inconnu des pilotes...

Un manque d'informations

Les raisons de cette désaffection sont multiples, mais il en est deux qui sont importantes, on pourrait même dire qu'elles ne font qu'une, et sont principalement dues à la position de la marque et sa constance à ne pas communiquer auprès des professionnels ni des particuliers. D'un point de vue commercial, l'absence de justification de l'augmentation du prix de ce moteur par rapport aux versions carburateur (+ 30 %) ni de l'embonpoint induit (15 %) par les servitudes indispensables : doubles pompes à essence, faisceau, etc., ont fait longtemps tenir aux constructeurs et aux vendeurs d'aéronefs des discours défavorables, voire dénigrants : « Nous, on ne monte pas d'injection, on ne veut pas que nos clients tombent en panne », « Il est beaucoup trop lourd », « Il est beaucoup trop cher. »

Finalement et jusqu'à récemment, très peu de constructeurs proposaient des 912iS sur leurs machines. De cela découle une méconnaissance presque généralisée de ce moteur par les intervenants techniques de la filière, hors du réseau des représentants Rotax, ce qui constitue également un handicap majeur à son développement.

Il aura fallu l'aide – involontaire – des pétroliers pour bousculer cet état de fait, car c'est bien

Master ON (clé) :
LED éteintes,
l'absence de contact
inhibe les infos
moteur.





Séquence de démarrage.
1: master ON ;
2: une des pompes ON ;
3: Lanes A + B ON ;
4: contacteur maintenu ;
5: démarreur.
A => Emergency Power en cas de défaut d'alimentation électrique et pour les opérations de maintenance.

L'absence ou l'incohérence de ces informations fournies par les capteurs dédiés pourront, selon leur importance, provoquer l'allumage d'un voyant fixe ou clignotant, engager des stratégies pré-définies visant à permettre la poursuite du vol, mais, dans tous les cas, ces modes dégradés ne pourront modifier la puissance disponible afin de permettre au pilote de disposer des performances « normales » du moteur.

Je demande aux spécialistes d'excuser ici les raccourcis que je m'autorise, mais la rédac-chef ne veut pas que mon papier fasse 20 pages... Donc, cela pourrait être considéré comme un casse-tête, mais, en fait, l'utilisation et les fonctionnements sont transparents pour les pilotes, le principe et les composants sont quant à eux parfaitement maîtrisés et fiabilisés de longue date, la complexité supplémentaire vient ici de la redondance, pas pour les pilotes, mais pour les techniciens qui doivent posséder en plus des connaissances de base sur le fonctionnement des moteurs injection, en général, et du Rotax série 9--i, en particulier.

Le mode de fonctionnement développé par Rotax utilise, pour la gestion moteur : allumage, carburation, électricité, deux lignes, nommées Lane A et Lane B, autonomes dans leurs fonctionnements, activés simultanément, pouvant se suppléer l'une à l'autre et, pour l'alimentation en carburant, deux pompes activables indépendamment.

Le démarrage

L'originalité – ou plutôt la spécificité – vient de l'architecture électrique. Le moteur est équipé de deux alternateurs le A de 220 W et le B de 420 W ; à l'arrêt, le moteur est totalement isolé de la source d'énergie qu'est la batterie.

Lorsque l'on veut procéder au démarrage :

1. On met le contact par l'intermédiaire de la clef puis,

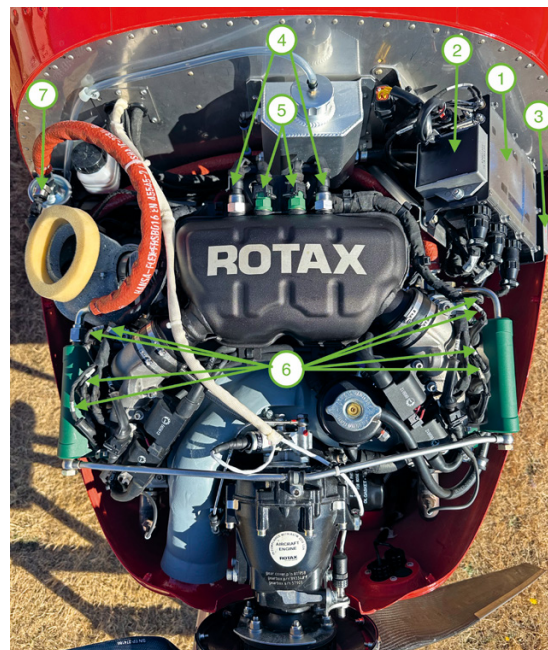
la peur de la disparition l'Avgas et l'impossibilité pour de nombreux moteurs de fonctionner avec des essences sans plomb, pour que les motorisations 915iS (142 cv) et 916iS (160 cv) trouvent des débouchés sur un nombre croissant d'avions, qui ont permis de mettre en évidence leur efficacité, rappelant au passage que le plus petit de la série : 912iS (100 cv), est en de (très) nombreux points communs à ces moteurs et que l'absence du turbo de ses grands frères ne peut que mettre en avant des qualités de fiabilité certaines.

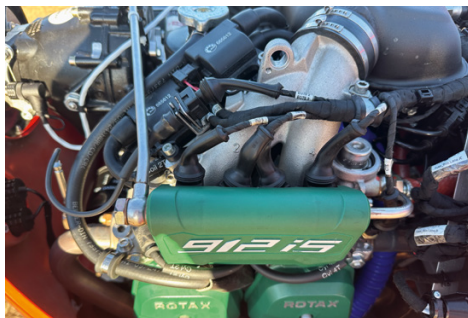
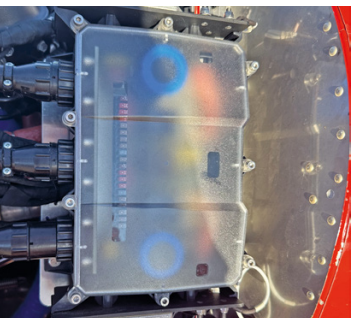
Comment fonctionnent les série 9--i ?

Tout d'abord, il faut un minimum d'apprentissage, car s'il affiche des caractéristiques similaires aux versions carburateur, ses fonctionnements et son exploitation sont relativement différents

Le fonctionnement d'une injection est simple (si, si, je vous le jure !). Une pompe électrique établit la pression dans le circuit (+3 bars). Des injecteurs, agissant comme des valves, dont l'ouverture et la durée (qui définit le volume de carburant injecté) sont pilotés par un calculateur. C'est tout ? Presque, ce calculateur recueille et analyse les informations de T° moteur lui permettant, par exemple, d'activer le mode « starter » lors du démarrage à froid, la T° des gaz d'admission l'autorisant à décaler l'Avance à l'Allumage et l'injection pour éviter le cliquetis, la position du papillon des gaz qui l'informe de la demande du pilote (accélération/décélération), la MAP qui lui permettra d'adapter le temps d'injection au besoin de puissance instantanée, les EGT qui le renseignent sur la richesse qui permettront l'optimisation de fonctionnement. Toutes ces données sont analysées en temps réel par le calculateur et utilisées pour optimiser le fonctionnement du moteur.

Sous le capot.
1: Fuse Box ;
2: régulateur A ;
3: régulateur B ;
4: capteurs de pression (x2) ;
5: capteurs de T° adm (x2) ;
6: injecteurs (x4).





La FuseBox regroupe toutes les sécurités électriques.
Les injecteurs.

2. on maintient un contacteur poussoir qui établit l'alimentation électrique du moteur; les diodes des 2 Lanes s'allument, puis s'éteignent au bout de 3 s (pour l'autodiagnostic des systèmes).

3. On maintient ce contacteur engagé,

4. on actionne le bouton du démarreur.

5. Une fois démarré, on relâche ledit contacteur.

Contrairement à l'affirmation de Régis: « Avec ces moteurs-là, si t'as plus de batterie, le moteur s'arrête! », le moteur est alors totalement autonome, la production de l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement n'est plus tributaire de la batterie, ce qui lui assure une totale autosuffisance en cas de black-out!

Check-list avant décollage

On effectue ensuite les contrôles avant le décollage, en procédant à un test des Lanes avec une séquence particulière. Ceux-ci s'effectuent au même régime que sur les versions carbu, soit 4 000 rpm. « Moi, je le fais à 3000 rpm, si les deux marchent, pas besoin de consommer plus... », dixit Régis. Eh bien non, là aussi, le respect du régime est obligatoire, car il permet de s'affranchir des contingences périphériques: consommation électrique, masse de l'hélice et, surtout, c'est le seul régime qui autorise la mise en perspective des informations recueillies.

- On coupe la Lane A, la chute de régime < / = 250 rpm.

- On réenclenche la Lane A et on attend l'extinction de la diode (3 s).

- On coupe la Lane B, la chute de régime < / = 250 rpm.

- On réenclenche la Lane B et on attend l'extinction de la diode (3 s).

Afin gérer la redondance, Rotax a fait des choix de priorisation, ce qui explique que, lors de ces essais, selon la Lane qui sera sélectionnée, certaines fonctionnalités seront inhibées.

- Lane A sur OFF: pas de T° de refroidissement, pas d'EGT cylindres 1-4, pas de T° admission, pas de % d'ouverture du papillon.

- Lane B sur OFF: pas de T° d'huile, pas de P° d'huile.

Cela se traduit par la disparition momentanée de ces informations sur les afficheurs ou par l'apparition de croix rouge sur les écrans des EMS.

En plus de la chute de régime liée aux tests des Lanes, il est nécessaire de contrôler le fonction-

nement des pompes à carburant. Ces vérifications devront être réalisées indépendamment à 2 000 rpm en sélectionnant les pompes l'une après l'autre pendant cinq secondes, puis les deux ensembles, tout en observant les variations de pression (2.5 à 3 bars).

Attention, le respect des 5 s OFF est important, car il s'agit de mesures de pression d'un fluide et non de l'établissement d'un contact électrique.

Selon le schéma d'adaptation retenu par le constructeur de l'aéronef, les essais des pompes à essence pourront être automatisés (voir le POH de la machine).

L'arrêt

L'arrêt moteur s'effectue quant à lui simplement: coupure de Lane B, puis A, coupure de la pompe à essence en fonction et du master.

Lors de ma formation d'instructeur effectuée avec ma machine équipée d'un 912iS, mon formateur me dit: « C'est super l'injection, mais on ne peut pas faire de posé moteur coupé, car la séquence de démarrage est trop longue. » Preuve du manque d'information, car il suffit, après l'arrêt moteur en vol, de réengager les deux Lanes et le contacteur Emergency power qui permet le redémarrage à la demande.

Sachez que les versions 915 et 916 utilisent exactement la même logique de fonctionnement et ne diffèrent que par leurs puissances et la présence d'un turbo qui sont transparents pour le pilote.

Les stratégies de fonctionnement alternatives de Rotax

Abordons maintenant la logique suivie par Rotax quant aux informations sur le fonctionnement de ces moteurs à destination des pilotes. Pour cela, il faut comprendre que, du fait de la redondance des systèmes et la capacité de l'ECU à identifier les dysfonctionnements éventuels, et avec elle, la possibilité de s'autodépanner, Rotax a prédéfini des stratégies de fonctionnement: « Auto_AB » et « Auto_A » « Auto_B », à des modes « Only_A » « Only_B ».

Ces stratégies alternatives sont activées en cas de présence de défauts ou d'échecs d'activation d'un composant constatée lors de la mise en route ou au cours du vol. Ces modes de fonctionnement ont pour objectifs de garantir la disponibilité de la puissance moteur. Les autocontrôles qui déclenchent l'entrée ou la sortie de l'un de ces modes s'effectuent exclusivement au démarrage. Cette procédure doit donc être extrêmement rigoureuse.

Selon l'importance du dysfonctionnement constaté, l'ECU active divers scénarios induisant un changement de mode de fonctionnement. Ces modifications d'état sont totalement transparentes pour le pilote qui ne peut avoir aucune action directive ou corrective sur celles-ci.



Pour faire simple, la présence d'un défaut est signalée par un clignotement du voyant de la Lane correspondante.

- Une fonction peut être affectée, mais la Lane reste active. La présence d'une panne est signalée par un allumage permanent du voyant de la Lane correspondante.
- La Lane est désactivée.

Ces solutions, en plus de la localisation, révèlent instantanément l'importance de l'incident, ce qui permet au pilote de décider de la poursuite ou non du vol.

J'ai un jour croisé sur une base un pilote qui, devant un café, m'a tenu ces propos lunaires : « Depuis septembre, le voyant rouge de la Lane B s'allume dès que je suis en croisière, après +/- 15 min, et il ne s'éteint que lorsque j'arrête le moteur. » Je lui ai expliqué que, dans cette configuration, il ne volait que sur la Lane A, ce qu'il n'a pas cru une seconde parce que son vendeur lui avait dit : « Ça arrive, ce n'est pas grave tant que tu n'as pas de chute de régime. » S'il lit cet article, il se reconnaîtra, et je peux lui confirmer que dans ce cas-là, sa Lane B est en panne, comme s'il volait avec une seule magnéto...

Une matrice simplifiée des événements, de leurs effets, ainsi que des configurations qu'elles induisent, est disponible dans l'Operator Manual du moteur concerné. Elle fait huit pages, d'où l'obligation d'avoir recours à un logiciel de diagnostic pour les lire et les interpréter avec précision.

De nombreuses informations complémentaires sur les fonctionnements et les anomalies éventuelles sont également gérées par le calculateur, mais ne sont pas affichées. Elles sont stockées dans les mémoires de l'ECU et, pour partie, laissées à la discrétion des constructeurs qui décident ou non de les exploiter via leurs propres logiciels, soit, plus couramment, en utilisant les EMS des grandes marques de glass cockpit: Garmin, Dynon, Kanardia, etc.

À l'évidence, le basculement vers l'injection impose un apprentissage spécifique du pilote, qui commence par la parfaite connaissance du POH et OM Rotax, une prise en main avec un amphi-cockpit exhaustif qu'il ne faudra pas négliger et, sûrement, par réviser, sous peine de passer à côté des minima « en toute confiance ».

Le B.U.D.S., logiciel de diagnostic.

Exemple de 912iS en fonctionnement sur un A32 : 4850 rpm / 23,9 in / TAS 211 km/h / 15,5 l/h.



Des différences d'intégration

Après avoir survolé les données de base, il faut revenir sur les informations d'autodiagnostic dont sont pourvus les ECU de ces moteurs. Les lois d'allumage et des voyants sont très importantes, car elles renseignent en temps réel sur l'état de « navigabilité » du moteur. Là encore, les constructeurs peuvent, pour diverses raisons, avoir recours à des affichages différents de ces informations, d'une machine à l'autre, pourtant de même marque et de même type, mais ne disposant pas du même équipement (planche de bord personnalisée, par exemple). La standardisation type automobile n'est pas encore arrivée en aéro (qui s'en plaindra!).

Ces différences d'intégration ne simplifient pas la compréhension de la mise à disposition des données, tant pour leurs commandes ou les actions de mise en route de contrôle et d'arrêt que pour l'affichage immédiat des informations en fonctionnement (alertes).

Mais cette situation est inévitable, car personne, aujourd'hui, ne comprendrait que tous ces paramètres qui sont naturellement observés et utilisés pour le fonctionnement de l'injection, les régimes, MAP, flux de carburant, T°(s) et autres CHT, ne soient ni monitorés ni enregistrés pour être exploités à des fins d'agrément d'utilisation (logbook), de suivi technique (fréquence de maintenance), de recherche de pannes (diagnostic) ou pour d'éventuelles investigations faisant suite à un accident.

Comme vous le voyez, le passage à l'injection n'est pas neutre, il impose au pilote de remettre en question ses habitudes de gestion du moteur, mais, rassurez-vous, la majorité de ces différences d'exploitation entre un de série 9-carbu et un de série 9-i sont transparentes, et je pense pouvoir affirmer, en pariant sur l'avenir, qu'elles le seront de plus en plus.

S'il est un aspect qui fait consensus chez le motoriste comme chez les constructeurs et les réparateurs, c'est qu'il y aura un avant et un après l'arrivée de l'injection. ✈