

Multiaxes ▶ pendulaires ▶ hélicos légers ▶ autogires ▶ construction amateur

ULM+LSA

VOL moteur

Le MAGAZINE du PILOTE ULM



Test multiaxes

Storch X Jumper VACHE SACRÉE !

Classe 5
La situation
avec Samir Elari

Altisurface J'irai poser chez vous...
Le Parasoir ...Morestel LFH!

Aventure
L'Afrique en ULM (suite)

FlyDOO CLASSE 5

La bulle d'air chaud qui n'en finit pas de monter



TEST

RÉFLEXION

Le pendulaire revient dans la course



Coulisses prises de vues
aériennes. Sécurité, matos,
procédures

Technique. Refroidissement
Rotax 912, 2^e partie

FICHE PRATIQUE :
Radio Becker AR6201 :
le câblage, 4^e partie

L 14137 - 408 - F: 6,90 € - RD



n° 408 > février 2020 > 6,90 €
Belgique, DOM, LUX, PORT CONT 7,90 €
Canada 12,50 \$CA • TOM 1200 cfp

2^e partie

Refroidissement des Rotax série 912 carbu

Températures de fonctionnement : comment les atteindre et les conserver ?

En ce début de période hivernale, la seconde question qui vient après la météo, c'est « *Comment faire chauffer mon moteur ?* » En première partie, nous avons acquis des notions de thermodynamisme, évoqué les solutions qui se présentent pour un bon refroidissement, en nous intéressant plus particulièrement à l'air. Dans ce numéro, nous abordons l'huile, l'eau et les systèmes mixtes.

Texte et illustrations : Kristof Huchet. Photo : Vol Moteur

Chapitre 4 • L'huile

Comme expliqué dans la première partie, l'huile a plusieurs fonctions. L'une, bien connue, étant la lubrification, une autre les qualités calorifiques du fluide qui sont les siennes. Il faut ici comprendre que l'on cherche à gérer et à maintenir une température de fonctionnement constante pour permettre un fonctionnement optimal du moteur en maîtrisant les dilatations des différents métaux qui constituent les pièces en mouvement.

Les frottements produits par les assemblages mécaniques mobiles internes au moteur sont parfaitement maîtrisés par le concepteur du moteur.

Les comportements des métaux et des alliages utilisés sont eux aussi connus et maîtrisés. Par conséquent, les températures de fonctionnement idéales de ces pièces entre elles sont également parfaitement identifiées et doivent être respectées et maîtrisées en permanence pour éviter tout risque de casse.

C'est pour cela qu'il est indispensable d'atteindre la température minimale dite plancher (50°) avant d'exercer des contraintes mécaniques ou de « charger » le moteur ; puis de lui permettre de monter et de maintenir une température dans une plage définie qui lui confèrera un fonctionnement harmonieux (85° à 120°). Dans le circuit de lubrification on constate la présence d'un « radiateur » qui, dans ce cas est appelé « réfrigérant » (notion de température subie).

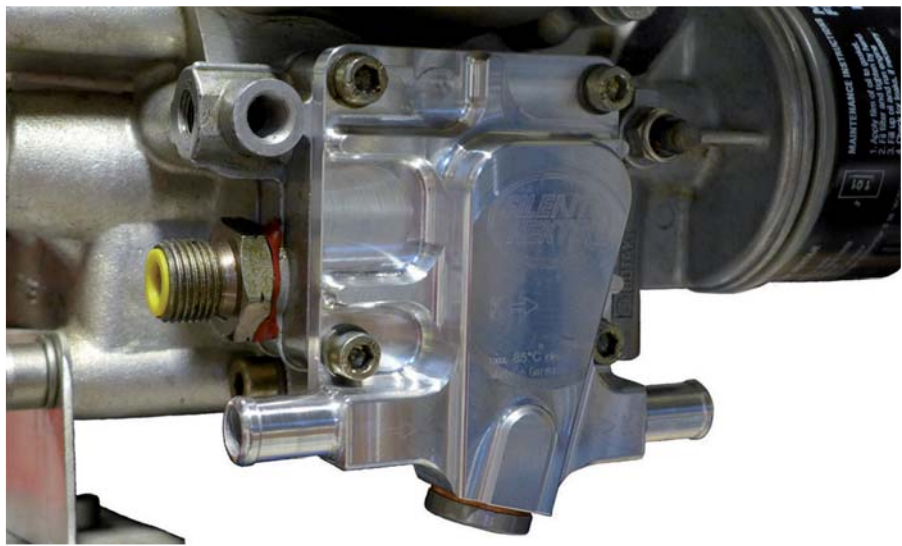
Le moyen de gérer la montée en température (de l'accélérer) consiste à influencer sur le refroidissement de ce liquide normalement échauffé. Pour ce faire, il existe plusieurs solutions.

Le masquage du radiateur qui consiste à réduire la surface de refroidissement du réfrigérant exposée à l'air, il est généralement réalisé à l'aide d'adhésif type Duct-Tape apposée sur le faisceau ou par un écran placé devant celui-ci.

Avantages/inconvénients :

- simplicité, immédiateté, absence de coût ;
- impossibilité de gérer les surfaces masquées en vol ;
- salissures (colle) et risque d'endommagement du faisceau.

L'autre consiste au montage dans le circuit d'un by-pass qui va limiter le volume de l'huile à circuler dans le réfrigérant durant la phase de réchauffage. Ce faisant, la température de l'huile s'élève plus vite. Une fois la température



Montage dans le circuit d'un by-pass qui va limiter le volume de l'huile à circuler dans le réfrigérant durant la phase de réchauffage.

cible atteinte (85°), une vanne thermostatique ouvre le circuit complet dans lequel se répand très rapidement l'huile la plus chaude élevant ainsi rapidement la température de la totalité du volume de l'huile.

Avantages/inconvénients :

- une montée en température rapide du lubrifiant permettant une sollicitation des pièces en mouvement (moteur) ;
- un stress important sur un volume de fluide réduit, qui a pour corollaire une augmentation des contraintes sur le lubrifiant, (cisaillement...) ;
- l'intervention sur des canalisations dans lesquelles circule un fluide très chaud (150°) sous pression (7 bars) impose des canalisations lourdes et aux raccords parfois complexes et onéreux qui doivent être parfaits pour éviter tout risque de fuites.

Les risques :

- le dysfonctionnement de la vanne thermostatique réduisant ainsi le volume d'huile circulant ayant pour conséquence une élévation très importante de sa température car fortement sollicitée. Cela peut entraîner une dégradation des qualités lubrifiantes de l'huile risquant de générer des défauts de lubrification entraînant des dommages sur les organes en mouvement (coussinets, paliers,...).

Point particulier, pour éviter le développement de la corrosion interne des organes moteurs, il est indispensable d'éviter au maximum la prolifération de l'humidité dans le carter moteur et le réservoir d'huile. Le développement de l'humidité est un phénomène naturel et iné-

vitabile, il naît de l'humidité de l'air qui génère de la condensation, celle-ci se dépose sur les pièces métalliques dans des proportions d'autant plus conséquentes que leurs variations de température sont importantes, ce qui est le cas du moteur puisque le métal est par définition plus froid que l'air en statique lors de l'inutilisation ce qui donne un ΔT° pouvant atteindre +150° en régions tempérées.

Pour cette raison, il est préconisé (et souhaitable) que la T° de l'huile moteur dépasse 100° au moins une fois par vol et ce pour vaporiser l'humidité présente dans le carter moteur et le réservoir.

- Nombre de pilotes rapportent qu'ils n'atteignent jamais 100° avec l'huile, c'est la preuve d'une gestion incorrecte des T° de fonctionnement, ce n'est souvent pas de leur fait mais des « libertés » prises par les constructeurs d'aéronefs concernant l'implantation du moteur dans la machine mais ils peuvent néanmoins agir sur le point suivant ;
- Pour atteindre au moins 1 fois par vol les 100° avec l'huile et lorsque le circuit le permet (en respectant les postulats expliqués dans cet article), il faut profiter de la montée initiale qui est la période de contrainte maximale pour le moteur donc d'élévation de T° . Pour cela, il suffit de maintenir les gaz (pas de réduction à 300 ft) en réduisant légèrement la charge par une diminution du taux de montée (on rend la main) mais avec une conservation du régime (en respectant le maxi de 5 500 tr/m) jusqu'à l'altitude désirée. Cela permettra à l'huile d'atteindre et de dépasser les 100°. Il sera ensuite beaucoup plus facile de conserver les bonnes valeurs.

Chapitre 5 • L'eau (liquide de refroidissement)

Comme expliqué en préambule (voir VM 407), seules les culasses sont concernées par ce mode de refroidissement.

À l'intérieur des chambres de combustion et lors de celle-ci, l'élévation de température est brutale et très importante. Le choc thermique généré à cette occasion est, en premier lieu, absorbé par la masse métallique qui le transmet à un fluide caloporteur, le liquide de refroidissement.

Afin de disperser les calories emmagasinées par le fluide et d'en réguler la température, celui-ci est maintenu en mouvement par une pompe qui le fait circuler dans l'ensemble d'un circuit fermé composé des culasses, d'un radiateur, d'un vase d'expansion et d'un réservoir de trop-plein (illustration 1).

Comme tous fluides aqueux (il contient 51 % d'eau), le liquide de refroidissement est sujet à une expansion de son volume en fonction de sa température. C'est pourquoi la totalité du fluide transite par un réservoir appelé « Vase d'Expansion », qui permet de gérer la pression du liquide à l'intérieur du circuit. Le vase d'expansion est muni d'un dispositif de décharge, une soupape qui, au-delà d'une pression déterminée (1,2 bar) s'ouvre et rejette vers un réservoir de trop-plein le volume de liquide en excédent.

Ce fonctionnement est à double sens, lorsque la T° diminue dans le circuit et en cas de manque de liquide, le volume étant moindre, il se produit alors un effet de siphon qui aspire le liquide se trouvant dans le réservoir de trop-plein. Pour que cette aspiration se produise, il est indispensable que la canalisation entre le vase d'expansion et le bocal de trop-plein ne contienne pas d'air.

C'est pour cette raison que le niveau de liquide de refroidissement se contrôle dans le réservoir de trop-plein sans ouvrir le vase d'expansion qui, depuis 2013, est muni d'un hublot permettant d'observer le niveau.

Dans ce circuit et afin de pouvoir disperser les calories emmagasinées par le fluide, il a été inséré un radiateur dont la position, la taille et le volume dépendent des constructeurs d'aéronefs en respectant un pouvoir de dispersion calorifique (kW/BTUs) prédéfini dans le cahier des charges Rotax (ex: IM Effectivity: 912 Series Edition 2/Rev. 1 75-00-00 page 23 February 01/2015).

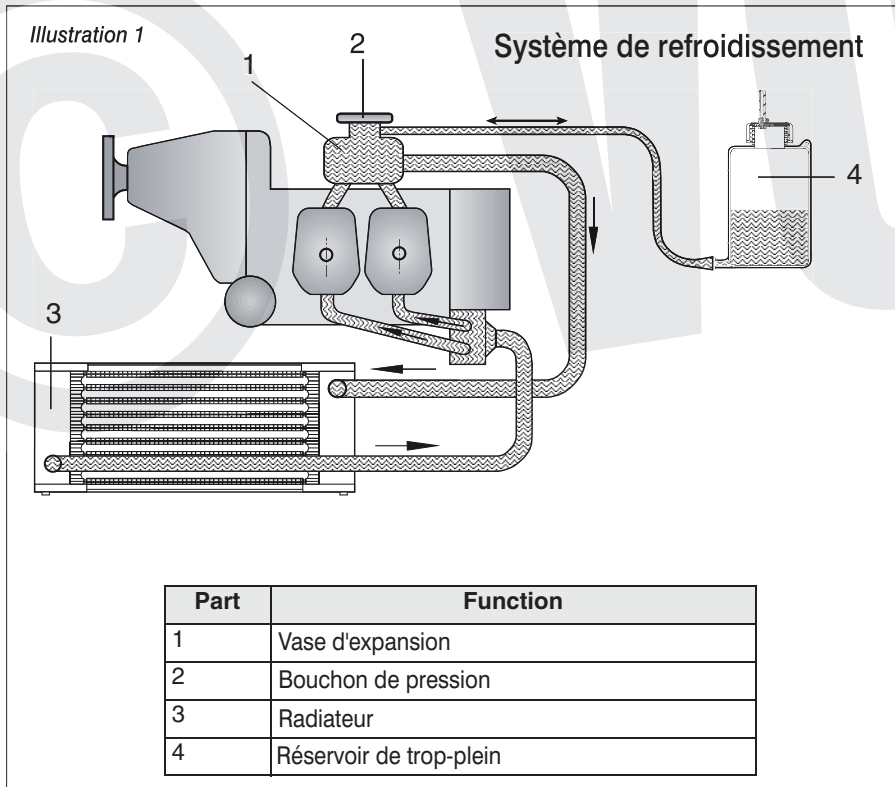
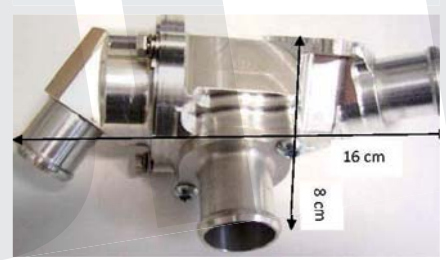
Les solutions pour accélérer la montée en température du liquide de refroidissement sont similaires à celles utilisées pour l'huile.

La première d'entre elles, la plus connue et la plus pratiquée, consiste en un masquage du radiateur qui permet de conserver la température du fluide communiquée par le haut moteur.

▼ **Avantages/inconvénients :**

- ils sont les mêmes que pour l'huile.

Une autre solution plus complexe consiste en la modification du circuit du liquide de refroidissement, plus précisément en réduisant, momentanément, le volume circulant dans le radiateur. Cette solution consiste à insérer une vanne thermostatique qui ne s'ouvre que lorsque la température cible du liquide est atteinte (80°).





L'AUTOGIRE et sa technique

Le manuel indispensable du pilote autogire



En vente sur www.flying-pages.com/shop_fr ou par tél 01 46 70 14 88

Une autre solution plus complexe consiste en la modification du circuit du liquide de refroidissement, plus précisément en réduisant, momentanément, le volume circulant dans le radiateur. Cette solution consiste à insérer une vanne thermostatique qui ne s'ouvre que lorsque la température cible du liquide est atteinte (80°), permettant alors au liquide chaud de circuler dans l'ensemble du circuit y compris le radiateur c'est le « calorstat » il existe des modèles différents selon qu'ils permettent (3 voies) ou non (2 voies) une continuité de la circulation en position fermée.

▼ Avantages/inconvénients :

- une montée en température rapide ;
- une stabilité constante de la température du liquide (80° mini) ;
- l'absence totale d'intervention une fois le système en place ;
- une mise en œuvre relativement complexe et qui peut être onéreuse imposant l'installation de dispositifs fixe ou volant ;
- la multiplicité des coudes et raccords sur les durites qui sont autant de risques de fuite éventuelle ;
- l'encombrement et les difficultés de cheminement des canalisations dans le compartiment moteur exigu sur les ULM pouvant occasionner des effets induits indésirables (frottement, échauffements parasites des éléments contigus...)

Chapitre 6 • Les systèmes mixtes

Le principe est d'utiliser l'élévation rapide de la température du liquide de refroidissement pour faire monter plus rapidement la température du lubrifiant afin d'atteindre la valeur plancher (50°) puis d'utiliser la température l'huile (+-100°) pour stabiliser la température du liquide de refroidissement (+-90°), une fois les valeurs cibles atteintes.

C'est la solution techniquement et thermiquement la plus aboutie. Elle nécessite de faire circuler les deux fluides à proximité immédiate l'un de l'autre à l'intérieur d'un « boîtier » contenant des circuits distincts où sont placés des calorstats. Appelés échangeurs, ces dispositifs permettent le partage calorifique entre les fluides.

La pertinence de cette solution est évidente : elle regroupe l'ensemble des avantages, mais également quelques inconvénients supplémentaires comme la complexité de l'échangeur (se-

lon les solutions technologiques choisies par son fabricant, clapets, sondes, vannes, faisceau). Il faut également considérer la masse de ces dispositifs relativement importante (1,5 kg). De plus, ils sont souvent volants (non fixés), imposant des stress sur les canalisations d'eau et d'huile relativement difficiles à gérer sur les ULM (fixations aléatoires générant des contraintes...). Il faut également intégrer un paramètre important : le taux d'échange calorifique entre les 2 fluides aux qualités physico-chimiques différentes n'est ni constant ni linéaire ni similaire ; cela signifie que les volumes et surfaces des radiateurs ou réfrigérant sont à ajuster en fonction des T° ambiantes. Ce point rend relativement complexe l'adaptation de l'échangeur car les dimensions retenues par les constructeurs d'aéronefs répondent souvent à des impératifs de place ou d'esthétique qui ne permettent pas toujours de les modifier





C'est la solution techniquement et thermiquement la plus aboutie. Elle nécessite de faire circuler les deux fluides à proximité immédiate l'un de l'autre à l'intérieur d'un « boîtier » contenant des circuits distincts où sont placés des calorstats. Appelés échangeurs, ces dispositifs permettent le partage calorifique entre les fluides.

facilement. De plus, les dimensions choisies sont généralement des compromis permettant une utilisation de l'aéronef quel que soit le climat de la région où il est exploité.

Le choix d'un système est influencé par de nombreux paramètres : le type de machine tractif/propulsif ; multi-axes/giro/pendulaire, mais également la place disponible autour et sur le moteur, sans oublier les coûts.

Pour résumer

Le Duct-Tape sur le(s) radiateur(s) : mise en œuvre facile (par le pilote) ; difficulté de gestion des T°, pas de réglage en vol possible ; encrassement des faisceaux,

> Coût : négligeable

Volet entrée d'air : fabrication complexe, (réservée aux constructeurs amateurs !) réglage difficile, élévation rapide à la T° plancher ; influe sur la T° en vol.

> Coût : beaucoup de temps !

Calorstat eau : encombrement, montage sans complexité (amateur soigneux), fixation, poids (+- 0,5 kg) ; absence d'intervention après montage ; fonctionnement simple ; stabilité de la T° en vol.

> Coût : 200 à 800 €

Calorstat huile : Montage délicat (pro de préférence) du fait des canalisations, poids (+- 0,3 kg) absence d'intervention après montage ; fonctionnement complexe ; montée en T° rapide ; stabilité de la T° en vol.

> Coûts (300 à 1 000 €)

Échangeur : Montage complexe (pro impératif) ; poids (+- 3 kg) ; stabilité des T° dans toutes les conditions ; fonctionnement transparent si parfaitement adapté.

> Prix (1 200 à 2 000 €)

Ma préférence va au calorstat d'eau 3 voies à montage fixe sur le corps de la pompe à eau (si l'encombrement le permet) car il représente le meilleur compromis technique et est exempt de tout problème de fixation, il garantit un fonctionnement du moteur dans les paramètres préconisés par le constructeur.

Il peut être installé par un amateur s'il respecte des règles simples, ce qui en fait un équipement tout à fait abordable et, selon moi, indispensable particulièrement dans les régions les plus froides.

Il existe de nombreuses solutions et de multiples produits sur le marché mais, avant toutes modifications, il faut définir clairement les besoins, les impératifs. Bien penser la faisabilité, valider les encombrements, les cheminements et fixations des canalisations. Ensuite pour la réalisation, il faut respecter



Raccords comportant des dispositifs de rétention des durites (bourrelets ou redents).

des règles simples : les diamètres et qualités des canalisations et durites doivent être conformes à ceux équipant le moteur, ne pas comporter d'aspérités internes bannir les augmentations et/ou réductions de diamètres, limiter au maximum le nombre de raccords intermédiaires (aucun sur le circuit d'huile!). Dans le cas où vous êtes obligé d'intercaler des raccords ceux-ci doivent impérativement comporter des dispositifs de rétention des durites (bourrelets ou redents). Les canalisations ne doivent supporter aucune contrainte de forme ou de cheminement, pensez qu'à chaud les matériaux ramollissent et peuvent se plier ou s'écraser ; protéger des blessures et frottements éventuels.

Surtout ne vous lancez pas à l'aveugle, ayez à l'esprit qu'il est parfois préférable de perdre 10 minutes avant de décoller plutôt que de passer de longues journées au sol si le moteur a été endommagé par un montage inadapté ou mal réalisé.

Bon hiver au chaud ! ●

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



