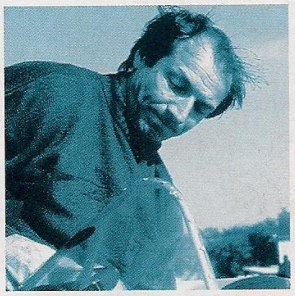
Exemples BEA
Nouveau ! Retrouvez désormais tous les liens des exemples des rapports du BEA de cet article sur le site www.info-pilote.fr, rubrique sécurité.



par **MICHEL BARRY,**
pilote professionnel,
ingénieur aéronautique.

MAINTENANCE
Petites erreurs, graves conséquences

Ce mois-ci nous portons à la connaissance de nos lecteurs quatre accidents graves qui auraient pu être évités par une meilleure connaissance de l'appareil. En effet, si l'essentiel de la maintenance est le domaine de mécaniciens hautement qualifiés, les petites interventions du pilote au sol ou en vol nécessitent une bonne connaissance de l'avion. Faute de quoi un incident anodin pourrait très vite se transformer en catastrophe. Voir REX du mois – déclaration DKVQJUDWKN du 17/08/2016 « Mise à l'air libre réservoir ».

Les quatre accidents présentés sont survenus à des pilotes probablement prudents et responsables. Mais une trop grande confiance dans leurs connaissances techniques ou dans leurs compétences les a piégés dans une phase du vol délicate (proximité du sol) ou en croisière. La panne-moteur qui a suivi, traitée avec plus ou moins de pertinence et de réussite, montre aussi à quel point tout pilote doit y être préparé.
Nous nous attacherons essentiellement à faire des recommandations sur les raisons qui ont provoqué la panne du GMP.

1. Premier exemple
Le 21 mai 2015, la panne-moteur en montée initiale d'un DR 400 conduit à une perte de contrôle.
(Voir lien #1 sur notre site.)
Juste après le décollage, le moteur a des ratés et s'arrête, l'avion vire et s'écrase sur une route. Deux morts, un blessé grave : le pilote et l'instructeur pourtant très expérimenté (11 600 heures) qui venait de reprendre les commandes. Après inspection post accident, le moteur révèle quelques défauts consécutifs à des maladresses survenues lors des opérations de maintenance mais rien qui puisse expliquer son arrêt brutal. Des investigations plus approfondies font alors apparaître que le moteur, tel qu'utilisé antérieurement, ne pouvait pas fonctionner normalement. En effet une consommation anormalement basse, due à un ajustage incorrect de la richesse, semble responsable de l'arrêt du moteur.
Les bougies de couleur blanche confirment cette hypothèse.
On ne sait pourquoi l'appareil était exploité avec une richesse aussi basse (mauvaises consignes, volonté de réduire la consommation, instrumentation défaillante...), mais le BEA recommande de s'inquiéter fortement lorsqu'on constate une consommation nettement inférieure à celle indiquée, donc préconisée, par le constructeur. Contrairement à des idées reçues, ça n'est un signe ni de bonne santé ni de fonctionnement nominal du moteur ! On rappelle qu'un moteur réglé « trop pauvre » peut surchauffer dangereusement ce qui va nuire à sa longévité en endommageant gravement tout le haut-moteur (culasses, soupapes). Et fonctionnant à la limite de « l'extinction pauvre », il est susceptible de s'arrêter à la moindre perturbation du débit de carburant ou à la moindre augmentation du débit d'air.
Voir figure 1, parue dans *Info-Pilote* n°729 de décembre 2016, les risques d'un mélange trop pauvre (dosage inférieur à 1/22) face à un mélange normal (dosage 1/15). On trouve, entre richesse normale et richesse-limite-extinction-pauvre (15/22 = 0,68), un ratio théorique proche de celui mentionné dans le rapport du BEA : 24 litres/heure sur l'avion accidenté contre 32 en moyenne pour le même avion dans d'autres clubs. Le ratio 24/32 = 0,75 montre que l'avion était en moyenne exploité près de sa richesse d'extinction pauvre, donc, probablement, il approchait parfois cette limite.

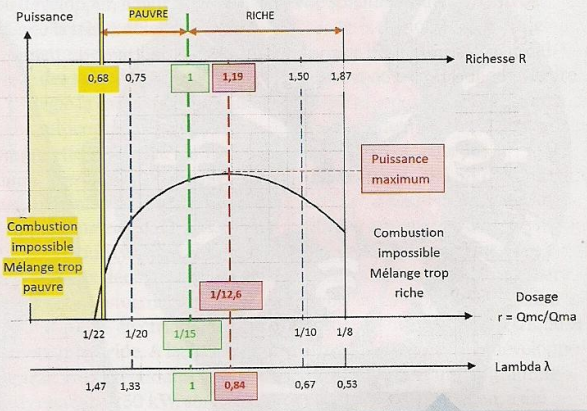


FIGURE 1. Richesse R, dosage r, lambda λ et leur rôle sur la puissance du moteur
Pour assurer la carburation complète le dosage r doit valoir r = 1/15 (1 g d'essence pour 15 g d'air, richesse R = 1). La puissance maxi est à : r = 1/12,6 R = 1,19 ; λ = 0,84.
Carburation trop riche, r > 1/8 ou R > 1,87 (trop d'essence) le moteur s'arrêterait par manque d'oxygène.
Carburation trop pauvre, r <1/22 ou R < 0,68 (trop d'air), le moteur s'arrêterait par manque de carburant.
Le pilote doit savoir régler sa carburation (richesse ou dosage ajustables). Sinon (carburateur sans réglage de richesse) il doit connaître les limites d'utilisation, notamment en altitude, afin de ne pas se mettre en situation dangereuse :
• richesse trop élevée, l'autonomie est réduite, mais il est peu probable à l'altitude où montent les appareils à carburateur à aspiration atmosphérique que l'excès de richesse provoque l'arrêt du moteur ;
• **trop pauvre, le mélange risque d'endommager le moteur, voire de l'arrêter.**
Cas de l'oubli d'enrichir pendant la descente.

Recommandations :
• renseignez-vous sur le réglage de la richesse requis pour votre moteur ;

• apprenez à utiliser les instruments (débitmètre, sonde EGT...) qui permettent de faire un réglage en vol et assurez-vous de leur justesse ;
• alarmez-vous lors d'événements anormaux : moteur tournant d'une manière « rugueuse », à la limite des vibrations, couleur des bougies (trop claires), consommation anormalement basse ;
• assurez-vous de l'effet de la commande de richesse lors de la checklist avant-décollage. Vérifier notamment que l'EGT diminue après être passé par le « pic EGT ».

2. Deuxième exemple

Le 1er juin 2016, la panne-moteur en approche d'un Vans RV-4 conduit à une collision avec le sol.

(Voir lien #2 sur notre site.)

La panne probable du dispositif d'allumage électronique monté en remplacement des traditionnelles magnétos équipant d'origine les moteurs Lycoming O-320 a obligé le pilote à effectuer un atterrissage forcé. La hauteur de 600 pieds au moment de la panne, en fin de vent arrière, a laissé peu de temps pour choisir le point d'atterrissage. Un évitement raté des arbres, suivi d'une assiette à piquer a produit une violente collision avec le sol. Le pilote était pourtant très expérimenté (ATPL, 15160 heures). Il a été tué et le passager gravement blessé. La modification de l'allumage est retenue comme cause probable de l'arrêt du moteur. Elle pose la question de la gestion de la navigabilité des appareils qui échappent à nos organismes de contrôle technique comme l'OSAC. En dehors de l'aspect réglementaire concernant les avions qui peuvent échapper à un contrôle de navigabilité, ce qui était le cas de cet appareil immatriculé aux Pays-Bas, nous tenons à mettre en garde nos amis constructeurs amateurs contre toute tentative d'« amélioration » des dispositifs existants. Notamment celle des dispositifs à l'apparence archaïque comme nos magnétos dont la technologie a plus de 150 ans ! Mais l'expérience prouve que les adaptations, malgré tous les bénéfices qu'elles peuvent apporter (réduction du poids, meilleur rendement, économie, simplicité, prix...) ne peuvent présenter la même fiabilité que le double allumage par 2 magnétos. Les organismes de certification (CEAT, CEV) connaissent bien tous ces « mieux » qui sont souvent l'ennemi du « bien ». Sans essais d'endurance très longs, selon des protocoles draconiens destinés à solliciter dans les conditions les plus extrêmes les nouveaux composants, on ne peut s'assurer de la fiabilité des nouvelles technologies. Il suffit parfois de l'oubli d'une seule limite d'utilisation lors des tests pour qu'en vol on la rencontre et qu'elle devienne fatale. Par exemple, dans le rapport du BEA, on lit combien il est probable qu'une vitesse de rotation du moteur trop basse n'ait pas permis d'alimenter l'électronique de l'allumage et ait provoqué l'arrêt du moteur. Personne n'avait envisagé la condition de vitesse minimale !

Recommandations :

Bien entendu l'expérimentation des dispositifs nouveaux est souhaitable quand elle est autorisée (cas des appareils de construction amateur) mais elle doit être, notamment en vol, entourée des précautions qui permettent d'assurer la sécurité en cas de défaillance. Un même dispositif bénéficiera grandement du retour d'expérience de plusieurs installations identiques sur plusieurs appareils exploités dans des environnements différents.

Pour les appareils certifiés, le constructeur a dû répondre à des exigences (programme d'essais au sol et en vol) imposées par les organismes de certification. Il n'empêche que malgré toutes ces précautions des défaillances peuvent toujours survenir après certification et au début de la commercialisation. Ceci montre bien a fortiori le risque encouru par le constructeur amateur isolé qui équipe son appareil d'un nouvel allumage et l'utilise dans un environnement où la panne moteur peut se terminer dans les arbres.

3. Troisième exemple

Le 21 juillet 2016, la diminution de puissance en croisière d'un RF 47 conduit à un atterrissage forcé.

(Voir lien #3 sur notre site.)

La non-adaptation de l'huile au moteur semble responsable de la panne qui a gravement endommagé un RF 47. On rappelle toutes les fonctions que doit assurer simultanément le lubrifiant d'un moteur d'avion :
• lubrifier les pièces qui frottent les unes sur les autres. En particulier les paliers (vilebrequin, arbres à cames, pompes...), les poussoirs (distribution), les queues de soupapes, les pistons dans les cylindres, les engrenages... ;
• participer au refroidissement des pièces internes ;
• protéger l'ensemble des métaux du moteur de la corrosion ;
• drainer les impuretés grâce à une circulation permanente activée par la pompe à huile. Les impuretés sont piégées dans un filtre qu'il faut ensuite soit changer soit nettoyer.

Autant de fonctions contraignantes à assurer, qui souillent l'huile et qui justifient son remplacement périodique. En effet, même si elle combat l'usure des pièces il existe toujours des micro-arrachements de métal qui sont entraînés avec l'huile et se comportent comme des abrasifs quand l'huile en est trop chargée. L'eau, qui se mélange à l'huile au cours des épisodes humides, nuit également à son pouvoir lubrifiant : une dernière bonne raison qui justifie son remplacement périodique.

L'huile doit donc toujours être propre et récente. Voir prescriptions des fabricants.

Mais elle doit également être adaptée au moteur et notamment à la température des pièces qu'elle doit lubrifier. Trop froide (trop visqueuse), elle circule mal, trop chaude (trop fluide), elle perd son pouvoir lubrifiant. Sa viscosité qui diminue avec sa température doit rester dans des limites (inférieure et supérieure) compatibles avec la fonction de lubrification. Voir

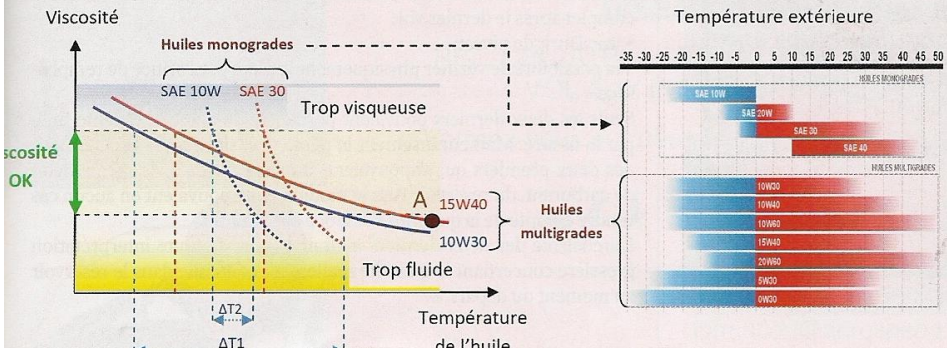


Figure 2. Pouvoir lubrifiant des huiles

Sur les courbes à gauche, on voit comment les huiles multigrades permettent une lubrification (viscosité OK) sur une plage de température ΔT1 bien plus large que les huiles monogrades. Ces dernières lubrifient correctement seulement sur une plage plus étroite ΔT2.

Les exemples du tableau de droite regroupent les choix principaux proposés aux appareils équipés de moteurs à pistons. Les huiles multigrades comme la 10W60 permettant de fonctionner sous des températures extérieures allant de -20 °C à +45 °C c'est-à-dire toute l'année sous nos climats. Attention, il s'agit de préconisations moyennes associées à la température extérieure et non aux températures du moteur qui sont beaucoup plus élevées !

A noter qu'une huile multigrade a aussi ses limites. Utilisée à une température trop élevée, elle n'assurera pas la lubrification : le point A correspondant au scénario de la panne.

REX du mois déclaration DKVQJUDWKN du 17/08/2016

• Description de l'événement :
A l'occasion d'un vol d'instruction, j'ai remarqué une légère baisse de puissance en vol à l'altitude de 1 500 ft. Tous les paramètres moteur étaient corrects et le moteur tournait normalement. En prenant de l'altitude, j'ai remarqué que la baisse de puissance s'accentuait environ 100 tours de moins que la normale à 3 000 ft. Les paramètres moteurs étaient toujours corrects et le moteur tournait toujours rond. J'ai décidé alors de me dérouter sur LFNR pour vérification auprès de notre atelier.
Après investigation, il s'avère que c'était la mise à l'air libre du réservoir qui avait été écrasée dans la goulotte de remplissage d'essence.
Après réparation, le moteur a retrouvé toute sa puissance.

• Commentaire du déclarant :
Notre mécanicien pense que la mise à l'air libre a peut-être été écrasée par le pistolet de la pompe à essence lors de l'avitaillement de l'avion.

figure 2. Pour cette raison le choix de l'huile par le motoriste, après essais au banc, sera une première indication pour l'avionneur qui devra concevoir l'implantation du moteur, notamment son refroidissement, afin qu'été comme hiver, moteur froid ou moteur chaud, la température de l'huile respecte les consignes du motoriste.

Afin de permettre des ajustements, les fabricants mettent à notre disposition des huiles qui présentent une viscosité acceptable à l'intérieur de la gamme des températures atteintes par le moteur en fonctionnement. Elles sont classées en fonction de leur pouvoir lubrifiant pour un moteur standard et en fonction de la température extérieure. Les huiles multigrades peuvent être utilisées dans une plage de température plus large que les huiles monogrades.

Il s'agit de préconisations des fabricants d'huile pour des avions correctement refroidis. Mais une défaillance dans le circuit de refroidissement, un radiateur d'huile obturé ou trop généreux, peuvent vite déjouer ces prévisions et conduire à des surchauffes de l'huile ou au contraire à un refroidissement intempestif qui ne permet pas à l'huile d'atteindre la plage de viscosité requise.

Dans l'accident du RF 47, il est probable que le choix de l'huile était incorrect et a conduit à une

surchauffe récurrente qui a fini par endommager le moteur lors d'un vol avec une température extérieure de seulement 22 °C. Les vols en hiver permettaient probablement à l'huile de rester à une température correcte.

Recommandations :

• Bien suivre les préconisations du constructeur pour le choix l'huile-moteur.

• Pour les avions anciens ou orphelins, comme c'est le cas du RF 47, le manuel de vol n'est pas toujours en conformité avec l'appareil. La préconisation initiale *« SAE 50 ou SAE 40 en fonction de la température extérieure »*, du manuel de vol de 1995, semblait ne plus être connue du propriétaire de l'avion. Etait-ce toujours le même moteur ?

• Une chaleur excessive, inhabituelle, provenant du compartiment moteur peut faire redouter une souffrance du moteur. Notamment qu'il fonctionne à des températures trop élevées. Une enquête auprès de mécaniciens plus experts, une surveillance de l'huile, la température des cylindres pendant le vol, la température de l'huile sont autant de paramètres qui lèveront le doute.

• L'eau contenue en suspension est en général un signe d'huile ancienne. N'hésitez pas à procéder à son changement avant la date de la prochaine visite si votre avion n'a pas volé depuis longtemps.

4. Quatrième exemple

le 8 juillet 2017, l'arrêt du moteur d'un Pitts S-2B en croisière conduit à un atterrissage forcé

(Voir lien #4 sur notre site.)

La panne-moteur survenue après une fuite d'essence sur un raccord sommairement réparé a détruit un Pitts S-2B.

Les méthodes de suivi de la consommation par le pilote s'appuyaient essentiellement sur le débitmètre-totalisateur. Or ce dernier, après un plein datant de 27 jours, n'a pas vu fuir le carburant par la fissure au raccord réparé. Le suivi de la consommation en fonction des temps de vol n'a pas permis non plus de détecter la fuite. Mauvaise expertise qui privilégie les techniques les plus sophistiquées par rapport à des techniques plus rudimentaires comme une visualisation du niveau réel par l'orifice de remplissage. A noter que la Durit transparente, jauge rudimentaire type « vases communicants » réliée au raccord même défectueux, aurait permis de constater un abaissement anormal du niveau dans le réservoir. Son indication cohérente avec la réalité du niveau n'a pas été prise en compte par le pilote qui l'a consultée seulement une fois installé à bord.

Recommandations, enseignements :

Quatre moyens de contrôle de l'autonomie étaient possibles avant le départ :

• un débitmètre-totalisateur électronique ;

• un suivi carburant sur le carnet de route faisant mention d'un plein complet après le dernier vol ;

• une Durit de niveau ;

• la possibilité de vérifier physiquement le plein par l'orifice de remplissage.

Seuls les deux derniers pouvaient permettre de détecter la lente fuite par la fissure. Malheureusement le pilote s'est satisfait de la cohérence des deux premiers qui s'appuyaient l'un et l'autre sur le même débit de carburant, du réservoir vers le moteur, et ne pouvaient en aucun cas rendre compte de la quantité d'essence qui avait fui.

L'archaïsme des deux derniers mettait à l'abri de toute interprétation grossière concernant la quantité réellement contenue dans le réservoir au moment du départ. ●