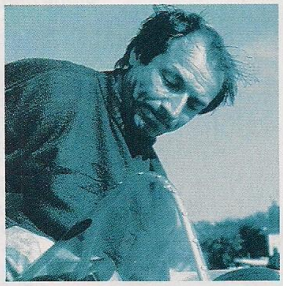
Exemples BEA
Nouveau ! Retrouvez désormais tous les liens des exemples des rapports du BEA de cet article sur le site www.info-pilote.fr, rubrique sécurité.



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

Sauve qui purge !

Pourquoi et comment purger votre circuit de carburant ?

Malgré de nombreux accidents ou incidents dus à la présence d'impuretés dans le carburant, notamment d'eau ou de produits de corrosion, on assiste encore parfois à des mises en œuvre de l'avion, du hangar jusqu'au décollage, sans qu'aucune purge du circuit-carburant ne soit effectuée. Ce qui peut avoir pour conséquence un grave dysfonctionnement allant jusqu'à l'arrêt complet du moteur.

Des croyances tenaces étayent la négligence de ne pas purger :
- *« l'avion a volé hier »* ;
- *« il n'a pas plu depuis le dernier plein »* ;
- *« il fait chaud et sec »* ;
- *« je n'ai rien trouvé dans le réservoir gauche, et les deux communiquent »* ;
- *« le joint de mon bouchon de réservoir est neuf »* ;
- ... et plein d'autres bonnes raisons dont chacun d'entre nous se souvient peut-être !

Parfois aussi, une connaissance imparfaite du circuit de carburant de l'avion, notamment de l'emplacement des purgeurs, de leur technologie, de leur rôle... conduit à des procédures incomplètes qui ne permettent pas de purger toutes les capacités susceptibles de contenir de l'eau. Quelques millimètres cubes d'eau, pas davantage, peuvent être avalés sans trop de toussotements par la plupart des moteurs. En revanche, une quantité de l'ordre du centimètre cube peut provoquer l'arrêt immédiat et brutal. Suivi d'une quasi-impossibilité de remise en route dans les instants qui suivent.

D'où les lignes destinées à :
- comprendre mécaniquement, puis thermodynamiquement parlant, quelques raisons de la présence toujours possible d'eau dans l'essence ;
- examiner les dysfonctionnements que l'eau peut provoquer à brève et à longue échéance ;
- expliquer la technique de purge, différente d'un avion à l'autre.

A. Comment l'eau entre-t-elle dans le réservoir ? Son danger potentiel ?

1. Premier scénario : pluie, lavage maladroit, réservoir inadapté, bouchon peu étanche.

Des causes directes et faciles à comprendre pour lesquelles les pilotes prennent en général des précautions maximales.

Lors d'un plein effectué sous la pluie, un parapluie empêchera utilement quelques gouttes de pénétrer par l'ouverture du réservoir. Ce processus bien qu'envisageable ne permet pas en général à de grosses quantités d'eau de pénétrer dans le réservoir. Plus pervers, le bouchon de réservoir encastré et affleurant, qui se trouve au fond d'une petite capacité susceptible de retenir l'eau de pluie ou de lavage. Dès qu'on enlève le bouchon, l'eau, qui s'est accumulée autour, pénètre dans le réservoir, ni vu ni connu, et en quantité non négligeable (voir *IP* n°733). Penser qu'un joint de bouchon défectueux laisse pénétrer l'eau en permanence et représente un réel danger pour un avion garé à l'extérieur.

2. Deuxième scénario : l'eau contenue dans l'air humide.

Phase vapeur, phase liquide, deux états physiques dont la succession permet à l'eau d'envahir les fonds de réservoirs et d'y rester.

L'air est un gaz capable de contenir d'autres corps en faibles quantités. Chaque corps mélangé à l'air s'y trouve sous une forme – gazeuse, liquide (ou parfois solide) – qui lui est propre et toujours en masse limitée. Au-dessus de cette limite, l'air n'est plus capable de contenir lesdits gaz sous forme gazeuse et dissoute : il les rejette. On dit qu'il est saturé.

La température est le paramètre essentiel qui détermine l'aptitude de l'air à contenir de l'eau sous forme gazeuse. Ainsi plus l'air est chaud, plus il peut contenir de masse d'eau sous forme gazeuse... et plus il peut produire d'eau par condensation !

3. Quelques chiffres...

... pour se convaincre de la dangerosité de l'air chaud et humide, saturé en eau, qui peut progressivement coloniser le réservoir sous forme liquide :
- à 30 °C, un mètre cube d'air chaud et humide saturé peut contenir 30,4 g d'eau sous forme gazeuse, entièrement mélangée et invisible ;
- à 10 °C, ce même mètre cube ne peut plus contenir que 9,4 g d'eau sous forme gazeuse. (Saturation complète).

C'est donc 21 g d'eau qui sont expulsés sous forme liquide (condensation) lorsque l'air se refroidit de 30 °C à 10 °C.

Supposons un réservoir de 250 litres rempli de 150 litres de carburant donc contenant 100 litres d'air. Le jour où l'atmosphère est chaude et humide (30 °C, air saturé en eau), le volume de 100 litres contient 3 g de vapeur d'eau. Si la nuit la température tombe à 10 °C, le même volume d'air, ne pouvant plus contenir que 0,94 g d'eau sous forme gazeuse, va libérer environ 2 g d'eau. Cette eau sous forme liquide se dépose sur les parois froides du réservoir ou tombe dans le carburant par gravité. Chaque mouvement du carburant *« essuie »* la rosée des parois et le carburant laisse ensuite l'eau se déposer au fond du réservoir. L'eau et les hydrocarbures n'étant pas miscibles, l'eau plus dense reste en couche ou en grosses gouttes Figure 1 au fond du réservoir.

À chaque fois que le réservoir est ouvert pour faire le plein, les

divers mouvements des fluides (carburant, air) homogénéisent les propriétés physiques de l'air, qui entre dans le réservoir. Ainsi, les jours humides, un plein partiel en carburant est toujours surmonté d'une quantité d'air humide prêt à se condenser quand la température baisse. D'où l'intérêt, quand c'est possible, de procéder au plein total afin de laisser le moins possible d'air humide dans le réservoir. Sinon ensuite, en l'absence de purge, l'eau stagne dans le réservoir, entraînée tôt ou tard d'une manière aléatoire vers le carburateur ou vers le système d'injection.

- Quel danger représentent 2 grammes d'eau (2 mm³) dans le fonctionnement d'un moteur ?

Supposons une consommation de 25 litres/heure. Le moteur avale donc environ 7 mm³ de liquide par seconde, carburant de préférence, mais aussi de l'eau – si la grosse goutte de 2 mm³ est aspirée. Elle sera « consommée » en 0,3 seconde. Pendant ce temps, un moteur tournant à 2 500 t/min (40 tours/seconde) subira 40 x 0,3 = 12 tours en étant uniquement alimenté par de l'eau ! Si le carburant revient au bout des 12 tours, le moteur ne s'arrêtera probablement pas, mais il manifestera clairement sa désapprobation par *« un raté »* susceptible d'inquiéter le pilote qui décolle au-dessus de la mer. On imagine volontiers que 10 gouttes de 2 mm³ (20 mm³ au total) produiraient le même phénomène pendant 3 secondes. Et là, c'est l'arrêt assuré !

Or, compte tenu de nos hypothèses prises pour illustrer l'exemple, 20 mm³ résultant de la condensation (condensats) correspondraient à 10 cycles de remplissage partiel du réservoir par de l'air chaud et humide qui se refroidirait pendant la nuit.

À noter que de l'air, même non saturé en eau, produit aussi de la condensation dans le réservoir.

Et si la présence de l'humidité paraît moins gênante en été qu'en hiver, elle n'en est pas moins dangereuse pour envahir nos réservoirs. En effet, l'air chaud est susceptible de contenir davantage d'eau sous forme de vapeur que l'air froid. Pour illustrer, 1 mètre cube d'air à 30 °C peut contenir jusqu'à 30,4 g d'eau, alors qu'à 5 °C il n'en contient que 6,8 g !

4. La corrosion des parties métalliques du circuit carburant.

L'eau qui séjourne dans les réservoirs et dans les différents composants peut provoquer de la corrosion ; les produits-résidus sont capables ensuite d'obstruer le circuit de carburant.

5. Un avitaillement en carburant pollué.

Voir **REX du mois** page suivante

B. Où se rassemblent les condensats et comment les évacuer ? Que faire en cas de doute lors de la purge ?

1. Vue schématique d'un circuit de carburant et de ses points de purges. Figure 2

Le pilote doit absolument connaître l'emplacement des purgeurs et la technique de purge qu'il faut leur appliquer. (voir encadré encadré Témoignage ci-contre). Il doit également pouvoir s'assurer que le

Témoignage

par Bertrand Ravel

- **Trajet :** Ile d'Yeu (LFEY), Toussus-le-Noble (LFPN)
- **Machine :** TB20, deux réservoirs structurels de 2 x 163 litres.

Dimanche, fin août, vers 17 h, la météo est particulièrement clémente et je prépare le vol de retour d'un week-end. Le tb20 est resté deux jours sur le parking à l'air libre sur l'herbe. Il n'y a pas eu de pluie ce week-end-là, mais les nuits sont déjà fraîches. Lors de ma visite prévol, je m'assure d'avoir assez de carburant pour le retour. Les réservoirs sont à moitié pleins avec 80 litres à droite et 90 litres à gauche. Il y a suffisamment de carburant pour rentrer tranquillement.

Continuant ma visite prévol, je trouve lors de la purge de l'aile droite une importante quantité d'eau qui m'oblige à réaliser plus d'une dizaine de purges, et plus de 7 purges dans l'aile gauche.

Après réflexion, je décide de partir, mais en prenant des précautions supplémentaires. Je décolle sur le réservoir de l'aile qui a le plus d'essence et surtout celui qui avait le moins d'eau. Je fais des essais moteur plus longs que d'habitude, par sécurité. Après un démarrage sans souci. Des essais moteur parfaits, j'enclenche la booster pompe, je m'aligne et je décolle en 32.

Mais en montée initiale, à 600 pieds au-dessus de la mer, le moteur ratatouille un bref instant. Je décide de poursuivre la montée initiale en faisant un léger virage à droite pour ne pas trop s'éloigner de l'aérodrome.

Après avoir attendu une minute non loin de la terre ferme. Je décide de faire un scan des paramètres moteur. Tout me semble fonctionner parfaitement à pleine puissance.

Par sécurité, j'ai tout de même conservé la booster pompe durant toute la traversée maritime. La suite du vol s'est passée sans encombre.

En huit ans, c'est la première fois que j'ai rencontré ce problème.

- **Observation :**

Après réflexion, j'ai pu déduire de cette expérience que l'eau qui se trouvait dans les réservoirs était sans doute la cause d'une condensation sur les parois métalliques de ces derniers.

Malgré les purges, les réservoirs devaient encore avoir quelques gouttes d'eau sur leurs parois qui ont dû être aspirées durant le décollage.

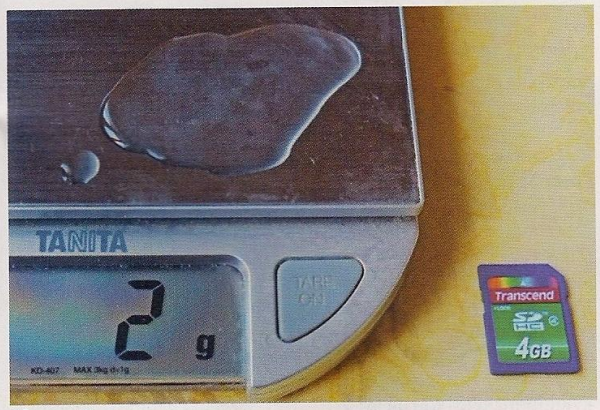


Figure 1.
Une grosse goutte d'eau de 2 grammes (2 mm³). Elle représente la quantité libérée sous forme liquide par le refroidissement de 100 litres d'air très humide (saturé en eau) de 30 °C à 10 °C. Prisonnière au fond du réservoir, elle ne s'évaporera plus et y restera jusqu'à ce que l'on purge. À condition de purger là où elle se trouve !

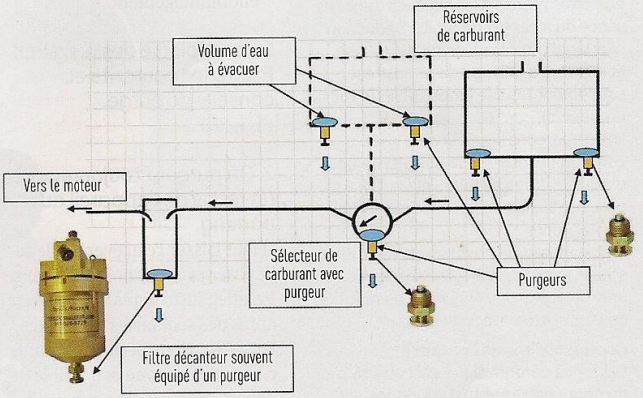


Figure 2. Vue schématique des points bas de la plupart des avions légers. Emplacement optimal des purgeurs.
En ouvrant les purgeurs, on peut espérer faire s'écouler l'eau qui s'est réfugiée dans les points bas du circuit de carburant. L'emplacement des purgeurs doit être connu du pilote qui doit purger (ouvrir les purgeurs) pendant la visite prévol jusqu'à ce qu'aucune eau ne sorte de chaque purgeur. Seulement du carburant. Si le schéma du circuit de carburant du manuel de vol n'est pas suffisamment explicite quant à l'emplacement des purgeurs, interrogez le chef pilote ou le mécanicien en cas de doute ou d'incertitude.

REX du mois (n° 412)

Pollution carburant, avion DA40-180

De retour de Corse après une traversée sans encombre, je fais escale et je passe une nuit à Cuers.
Le lendemain matin, je réalise une prévol soignée, la purge des deux réservoirs et réalise les pleins complets des deux réservoirs, puis je repars pour Pontoise.
Après 2 h de vol environ, en montée à 300 ft/min vers le FL105, je constate que le régime du moteur semble assez instable.
Je réduis le pas hélice à 2200 rpm, en conservant la richesse en « riche », et me met en palier après avoir reçu l'autorisation de l'ATC pour rester sur un niveau de vol impair.
Après une dizaine de minutes, je constate que le débitmètre essence est de plus en plus instable puis des alarmes « Low Fuel Pres » apparaissent.
Le régime du moteur est de plus en plus instable.
J'active immédiatement la pompe électrique, change de réservoir (gauche), le régime se stabilise un peu, mais le débit d'essence reste instable. Je suis au niveau FL90.
Le terrain le plus proche est le Puy-Loudes, à une quinzaine de nautiques.
J'informe l'ATC de mes difficultés moteur et l'informe que je me déroute sur le terrain du Puy.
L'atterrissage se déroule sans encombre.
Au parking, un mécano alerté par mes échanges à la radio m'attend.
Nous soupçonnons assez rapidement un problème d'essence polluée.
Nous attendons une bonne heure pour laisser décanter les réservoirs, et commençons à purger, et, là, stupéfaction, nous constatons de nombreuses paillettes métalliques oxydées dans l'essence du réservoir de droite, beaucoup plus léger dans le réservoir de gauche, et la purge au niveau du moteur est totalement trouble (impossible de voir au travers).
Nous purgeons les réservoirs jusqu'à constater l'absence de paillettes – une dizaine de litres en tout – et vérifions rapidement le filtre à essence qui semble assez propre.
Essais moteurs « poussés », le régime est stable, la pression également. Je repars pour un vol de deux heures à destination de Pontoise sans aucun souci.

Commentaires de l'auteur :
L'essence aéronautique est considérée comme « *fiable* » et très « *contrôlée* ».
Mais en période estivale, lorsque la consommation d'essence est importante sur les plateformes, on n'est jamais à l'abri de bénéficier d'un fond de cuve, potentiellement pollué. Malheureusement, il n'existe aucun moyen de vérifier ce genre de chose, à moins de faire une prévol avec purge après avitaillement, sous réserve d'attendre un peu que les réservoirs décantent...

purgeur n'est pas bouché. S'il y a du carburant dans le réservoir, le purgeur doit impérativement couler. Faire l'hypothèse, sans l'avoir vérifiée, que le réservoir est vide si le purgeur ne débite pas est dangereux !
Ainsi face aux anomalies suivantes, constatées au cours de la purge de la visite prévol, on renoncera au vol et on informera un responsable si :

- on n'arrive pas à obtenir un gobelet de purge sans eau, malgré plusieurs tentatives ;
- le liquide qui s'écoule du purgeur n'est pas limpide (émulsion, aspect pâteux, coloration anormale...) et n'est pas du carburant ;
- bien que le réservoir contienne du carburant, le purgeur ne coule pas. Soit alors il est bloqué et on ne peut plus purger, peut-être depuis longtemps, ce qui laisse supposer que l'eau éventuelle n'a pu être retirée. Soit un dépôt dans le fond du réservoir ou de l'organe qu'on cherche à purger empêche le carburant de couler. Ce dernier cas est le signe d'un grave endommagement.

2. Technologie des purgeurs. Exemples courants et conseils de purge.

Figure 3

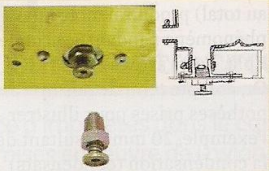
3. On purgera toujours après un repos de l'appareil au parking.

Il faut laisser l'eau éventuelle se déposer près des points de purge. En effet, juste après un plein ou après des séquences de roulage, l'eau est mélangée au carburant, en émulsion, donc peu visible dans le contenu d'un gobelet de purge.

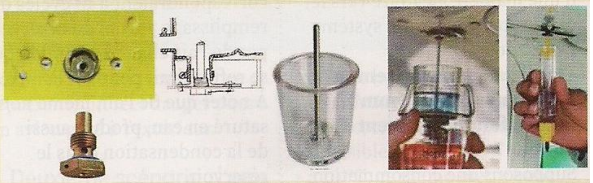
4. Les bonnes conditions

L'horizontalité du sol et une assiette correcte de l'appareil sur son train (amortisseurs à la bonne pression) permettent aux purgeurs de mieux soutirer l'eau quand elle est présente dans les points bas.

Figure 3
Les trois types de purgeurs les plus courants sur nos avions légers.
Leur maniement nécessite une bonne connaissance de leur technologie car, bien que parfaitement étudiés pour un usage intensif, ils peuvent être endommagés facilement par des actions inappropriées ou par la corrosion.
Déjà vu :
- Tentative de dévissage du purgeur n°1 par un pilote débutant
- Insertion d'une tige trop grosse qui s'est coincée, ou cassée dans le purgeur n°2
- Barrette forcée dans le mauvais sens avec une pince, tordue et cassée pour le purgeur n°3
- Purgeur bloqué (corrosion externe, dépôts internes, mécanisme faussé...)
- ... etc.



1 Un bouton poussoir accessible à la main permet d'ouvrir le purgeur. Le liquide doit être recueilli dans un simple gobelet transparent afin d'être analysé visuellement. Dès qu'on relâche la pression, le purgeur se referme. Bien vérifier son étanchéité, une fois la pression relâchée.



2 Le purgeur se présente sous la forme d'un discret orifice qui nécessite un récipient spécial (gobelet muni d'une aiguille) pour le purger. Dès qu'on relâche la pression, le purgeur se referme. Bien vérifier son étanchéité une fois la pression relâchée.

3 Le purgeur a la particularité de pouvoir rester en position « ouvert ». Ne pas oublier de le verrouiller, une fois la purge effectuée, vers la position « fermé ». Installé ici sur un filtre décanteur. Doit se manipuler à la main délicatement. Bien vérifier son étanchéité une fois verrouillé en position « fermé ».

C. Réservoirs contenant de l'eau et de la corrosion.

Trois accidents significatifs à propos de l'importance des purges. D'abord, de l'implantation des purgeurs, là où la présence d'eau peut être détectée, ensuite de l'interprétation de leur fonctionnement.

1. Accident d'un Cirrus SR 20.

Faillite du contrôle du carburant par des purgeurs probablement mal disposés par le constructeur.
Voir lien #1 sur notre site.

Malgré un entretien conforme aux prescriptions du constructeur et une révision moteur en 2010, un Cirrus SR 20 connaît une panne moteur en 2011.
Elle l'oblige à un atterrissage forcé en campagne. Des purges apparemment effectuées régulièrement n'ont pas permis de détecter la corrosion due à de l'eau et qui a produit des particules obstruant les injecteurs.
On peut se demander pourquoi les purgeurs n'ont pas conduit à constater la présence de cette eau. Le constructeur répond par deux recommandations :
- Avoir les réservoirs toujours pleins et vérifier l'absence d'eau

chaque semaine. Question : comment vérifier sinon par les purgeurs ?

• Obturer toutes les ouvertures du moteur.

Soient des restrictions d'utilisations peu habituelles sur ce type d'avion.

2. Accident d'un Cessna 182.

Mauvais diagnostic d'un dysfonctionnement d'un purgeur.

Voir lien #2 sur notre site.

En novembre 2015, un Cessna 182K connaît une panne moteur en montée initiale. Le dernier avitaillement remonte à 29 mois. 0,75 litre à 1 litre d'eau est retrouvé dans le réservoir droit, consécutif à un stationnement prolongé à l'extérieur. Le pilote a effectué les purges avant le vol de l'accident. Il n'a malheureusement pas été intrigué par le fait que le purgeur du réservoir droit ne coulait pas, attribuant sa constatation à la probabilité hasardeuse suivante : le réservoir est vide ! En réalité, le purgeur était grippé et le pilote n'a pas su le détecter. Bien entendu d'autres erreurs de maintenance et de stockage ont contribué à la panne. Mais une connaissance plus experte du système de purge par le pilote aurait permis de mieux comprendre que le carburant était pollué.

3. Accident d'un Cessna 172 au Canada.

Série d'actions inadaptées pour la purge.

Voir lien #3 sur notre site.

Le rapport d'accident détaille une suite de dysfonctionnements qui ne permettaient pas de purger correctement les réservoirs (sol incliné, purgeurs difficiles d'accès...).