



Par **Michel Barry**
Pilote professionnel, ingénieur aéronautique

La vulnérabilité des avions génétiquement modifiés

Modifier le matériel d'origine d'un avion n'est pas anodin. Que cette transformation résulte d'une autorisation administrative - "Supplemental Type Certificate" (STC) - ou non, des vérifications de principe s'imposent avant et pendant la période d'essai au sol et en vol. Etude de sept cas, suivie de nos recommandations.

Les exemples d'accidents choisis pour la rubrique de ce mois-ci montrent la très grande vulnérabilité de l'avion face à des tentatives de modifications du matériel existant. Du simple circuit d'aération à des chantiers d'installation de matériel plus sophistiqué, nous découvrons combien "améliorer" le matériel qui fonctionne correctement est une opération risquée même si au départ elle semble anodine et souhaitable.

Une grande partie de notre flotte d'avions légers est très ancienne. Des valeurs sûres en matière de mécanique, de qualités de vol et de performances qui connaissent le succès depuis parfois plus de cinquante ans. Leur technologie ne pose plus trop de problèmes, en tout cas pas de problèmes nouveaux, hormis le vieillissement. Une maintenance maîtrisée élaborée au cours de toutes les années d'utilisation et d'observation a rendu les machines parfaitement fiables pour qui leur manifeste un minimum d'égards.

Ainsi, grâce en partie au retour d'expérience qui a engendré des modifications, la technologie de leur cellule a acquis une maturité qui reste compétitive face à des appareils de conception récente. En revanche, certains équipements anciens apparaissent désuets face aux nouveautés des technologies issues de l'électronique, puis de l'informatique. Leurs avancées spectaculaires en matière de navigation renvoient au musée la plupart des instruments électromécaniques.

D'où la tendance bien compréhensible à installer des équipements de la nouvelle génération, plus légers, plus conviviaux, plus efficaces et intrinsèquement très fiables, à la place des anciens.

Première difficulté : où le bât blesse en général, c'est à l'interface entre l'ancienne technologie et la nouvelle. Les anciens équipements s'inséraient harmonieusement dans des espaces prévus dès la conception de l'appareil. Ces espaces tenaient parfaitement compte de la technologie de l'instrumentation, de leur encombrement et surtout intégraient leurs modes de fixation et d'alimentation.

L'adaptation d'équipements récents sur des avions anciens oblige au contraire le concepteur à exploiter le plus opportuné-

ment possible l'existant, tâche bien plus délicate et bien plus risquée que si dès la conception, les modules à insérer sont connus et bien définis.

Deuxième difficulté : les nouveaux équipements, notamment ceux nécessitant un STC ("Supplemental Type Certificate"), nécessitent une prise en compte des changements auxquels le pilote doit faire face dans l'exploitation de l'avion. Il s'ensuit une modification ou un additif au manuel de vol qui précise les nouvelles techniques d'utilisation de l'avion, parfois très différentes de celles auxquelles les pilotes étaient habitués. Même si la plupart du temps, les STC ne nécessitent pas de nouvelles qualifications pour les pilotes, un apprentissage (au sol, parfois en vol) est toujours utile, voire nécessaire.

Ensuite, au moment des premiers vols de l'appareil transformé, il y aura lieu de procéder à des vérifications de principe avant et pendant la période d'essais au sol et en vol. On s'assurera :

- que l'appareil peut être réglementairement modifié selon les consignes du constructeur ou de l'équipementier ;
- que la transformation a été conduite par un atelier agréé ou par du personnel expert ;
- que l'appareil, à l'issue d'une durée plus ou moins longue et représentative de l'importance de la modification, fonctionne comme prévu. On effectuera de véritables vols conduits comme des ouvertures de vol d'un prototype ;
- des qualités de vol et des éventuels changements dus aux nouveaux dispositifs ;
- de la cohérence entre les informations recueillies au cours de ces premiers vols et les instructions du constructeur ou de l'équipementier qui figureront au manuel de vol ;
- que le lâcher de pilotes moins confirmés est possible et on adaptera des séances d'instructions éventuelles.

De la mise à l'air libre mal orientée du réservoir à l'alarme de train inopérante en passant par une fixation trop fragile, les sept accidents ci-après résultent tous du manquement à l'une des consignes ci-dessus.

Accédez directement
aux liens de cet article en
scannant ce QR code.



A. Sept accidents imputables à de nouveaux équipements ou à des modifications inadéquates

1. Accident d'un Robin R1180

Lieu: Sainte-Suzanne (09) Date: 27/05/2005

Lien sur info-pilote.fr: 01

La modeste modification d'un circuit d'aération par introduction de bouchons non adaptés dans les gaines de ventilation provoque une surchauffe et une émission de fumées vers le cockpit. Et ce, bien que le chauffage soit fermé. Ce raccourci technologique pris en dehors de toute règle de sécurité a remplacé un examen technique plus approfondi des circuits d'aération. En effet, l'appareil étant certifié, les autorités de certification ont certainement approuvé les divers fonctionnements (ventilation, chauffage) de l'aération de la cabine. Si de l'air chaud pénétrait intempestivement, c'est qu'il existait une panne des dispositifs de distribution. Le bricolage qui consiste à boucher avec du ruban adhésif les arrivées d'air chaud ne peut conduire qu'à des ennuis. Malgré l'atterrissage en campagne qui a provoqué la destruction de l'avion, le bilan peut être considéré comme léger. Cas difficile à classer mais exemple de modification à ne pas faire.

2. Accident d'un Piper J-3 C

Lieu: Rolleville (76) Date: 11/06/2014

Lien sur info-pilote.fr: 02

L'avion se pose en panne d'essence dans un champ. Il passe sur le dos, il est fortement endommagé. Il avait subi une transformation du circuit carburant à la suite d'un changement de moteur. En particulier l'installation d'un réservoir supplémentaire muni d'un évent dans le bouchon, évent qui doit être orienté vers l'avant à chaque revissage du bouchon. **Figure 1.** Sans quoi le carburant n'est pas mis en pression pour se transférer, la gravité aidant, dans le réservoir principal. Le BEA remarque que l'ensemble du montage, même s'il était couvert par un STC pour d'autres types d'avion, n'était pas applicable au J-3 C.

Le non-respect de la réglementation, l'orientation de l'évent non précisée dans un additif au manuel de vol qui aurait dû être revu à la suite du STC, un pilote non informé de la consigne caractérisent une modification dont le manque de rigueur a conduit à un accident qui a fortement endommagé l'appareil.

3. Accident d'un Vans RV-4

Lieu: Coëx (85) Date: 01/06/2016

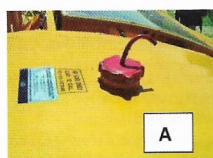
Lien sur info-pilote.fr: 03

Nous avons déjà rapporté dans notre n° 825 de décembre 2024, l'ensemble des erreurs techniques qui avaient provoqué cet accident dramatique (une personne décédée, une personne gravement blessée, un avion détruit) suite à une série de négligences qui ont conduit à un arrêt moteur et à une perte de contrôle sur cet appareil de construction amateur. Notre message était alors une recommandation qui mettait en évidence:

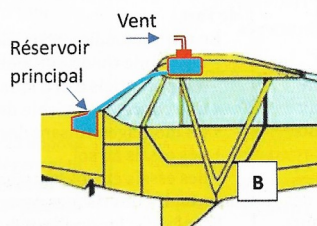
- le manque de compétence et de qualifications des personnes qui avaient entrepris une transformation de l'allumage du moteur;
- l'insouciance du pilote, peu conscient du fait que le vol dépendait de la charge d'une seule batterie et que cette dernière n'était pas rechargée.

Ce mois-ci, nous remettons en cause l'intérêt de l'idée, puis du besoin, qu'éprouvent certains propriétaires d'avion de procéder à des transformations. Ils remplacent ainsi un dispositif généralement éprouvé et fiabilisé par un montage aléatoire censé accroître les performances ou diminuer la consommation.

Par opposition à la construction amateur, les autres exemples d'accidents cités ici, tous issus d'une transformation approuvée et d'actions conduites par des professionnels de la maintenance, montrent à quel point pourtant la moindre défaillance technologique rend l'opération hasardeuse même entre des mains expertes.



Montage incorrect de la mise en pression du réservoir d'aile.
(Extrait du rapport BEA)



Montage correct. La surpression due à la vitesse du vent favorise le transfert du carburant vers le réservoir principal.

Figure 1. Schéma de principe de l'alimentation du réservoir principal par un réservoir supplémentaire d'aile sur le Piper J-3.

La prise de pression totale doit être orientée vers l'avant (B).

Sinon (A) le réservoir supplémentaire est en dépression et le carburant ne descend pas dans le réservoir principal.

Information vitale après STC.

SÉCURITÉ

A fortiori, en construction amateur, nous ne saurions trop recommander de respecter les techniques connues. Si vous décidez de procéder à des modifications, notamment au niveau de la motorisation, vous aurez intérêt à vérifier que les nouveaux dispositifs n'introduisent pas de vulnérabilité imprévue. Remplacer les magnétos par un allumage électronique rend le fonctionnement du moteur totalement dépendant de la batterie, composant au fonctionnement bien plus aléatoire que les rustiques magnétos en général doublées.

D'autre part, pour les essais en vol, il aurait été prudent d'introduire une certaine progressivité (tests au sol, vérification de la tenue des nouveaux composants, points fixes, vols en solo conformément à un programme établi à l'avance, donc non improvisé, survol de zones permettant un atterrissage forcé...). Et quelle que soit votre expérience pour des vols d'essais, il vaut mieux vous assurer que vous connaissez suffisamment l'appareil pour en garder le contrôle en conditions dégradées et surtout ne pas prendre de passager.

4. Accident d'un Cessna U206G

Lieu : Granville (50) Date : 03/07/2017

Lien sur info-pilote.fr : 04

Lors d'un vol de largage de parachutistes, un feu en cabine, accompagné d'une abondante fumée, s'intensifie rapidement. Le pilote réussit à atterrir malgré des difficultés pour respirer. L'avion est fortement endommagé. La lecture du rapport du BEA montre comment une modification mineure et une réparation non approuvée de l'équipement électrique ont pu provoquer un contact indésirable entre deux pièces portées de ce fait à des potentiels électriques trop différents. Une conséquence difficile à prévoir, sans étude préalable approfondie et des contrôles experts après les travaux, quand on procède à des modifications. D'où l'intérêt de conserver les configurations qui ont été certifiées, puis qui ont fait leur preuve, sans oublier toutefois d'appliquer les consignes de vérification et de maintenance du constructeur.

5. Accident d'un Piper PA-28

Lieu : Bâle-Mulhouse (68) Date : 23/07/2020

Lien sur info-pilote.fr : 05

Au cours d'un premier vol technique après l'installation d'une nouvelle avionique, et avec trois personnes à bord, un incendie se déclare. Le pilote décide d'un retour d'urgence. Au cours du roulement à l'atterrissage un passager évacué prématurément l'appareil et il décède lors du contact avec la piste. Un autre passager est blessé, l'avion est détruit.

Cet accident pose le problème de fond des modifications importantes nécessitant un STC mais pas de vol de contrôle. Les premiers vols qui suivent devraient pourtant s'apparenter davantage à un premier vol de prototype, plutôt qu'à un vol de sortie d'atelier après la signature d'une APRS.

Or dans le cas présent, l'équipage, parce que le vol était considéré standard, n'a pas eu à mesurer les menaces comme le ferait un équipage d'essais en vol qui testerait de nouveaux équipements électriques remplaçant les anciens équipements traditionnels. Dans ce cas on devrait redouter :

- un risque de panne générale des circuits ;
- un risque de feu à bord (brûlures, intoxication, atteinte des fonctions vitales de l'appareil et des réserves de carburant).

Avec de telles menaces, le vol serait préparé avec un équipage minimum, entraîné à évacuer l'appareil en vol après avoir tenté de couper l'alimentation des circuits, et de lutter contre le feu

avec les moyens prévus à cet effet. Un équipage d'essai ou de contrôle technique serait capable de diagnostiquer des signes inquiétants tel celui d'une surintensité de 70 ampères, interprétée par erreur comme la conséquence d'une batterie déchargée, par un biais de raisonnement non expert.

Indépendamment de la possibilité d'exploiter l'appareil normalement, dès les travaux terminés, on peut s'étonner que les fortes différences de potentiels qui régnaient, conformément à des évaluations qui auraient dû être conduites par une étude préalable entre les nouveaux équipements et la cellule de l'avion, n'aient pas fait l'objet d'une attention plus spécifique. Isoler un radiateur de la cellule de l'avion, grâce à des fixations rudimentaires, fragiles, vulnérables mécaniquement et thermiquement, est une solution qui révèle une faille dans la conception ou dans l'information technique. Elle n'a pas permis aux différents acteurs de la maintenance de tenir compte d'un bulletin de service du constructeur prévoyant bien la défaillance des fixations et recommandant un montage plus fiable.

Finalement, sans entrer dans l'ensemble des détails techniques parfaitement exposés et commentés dans le rapport du BEA, je suis consterné de constater que de telles modifications sont susceptibles d'entraîner un accident grave, même mortel, simplement si une rondelle isolante, trop sollicitée mécaniquement et thermiquement, est endommagée au montage ou finit par casser.

Figure 2.

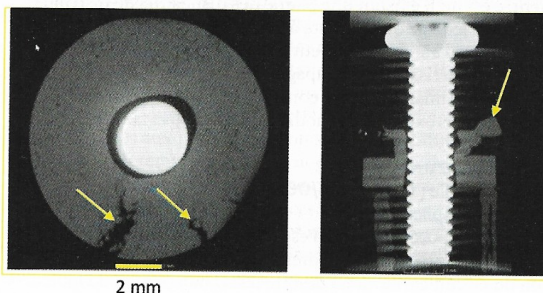


Figure 2. Une simple rondelle isolante endommagée est probablement à l'origine de l'incendie qui a provoqué le décès d'une personne, des blessures à une deuxième, et détruit un avion. (Extrait rapport BEA.)

Le long travail de mise au point d'un appareil éprouvé, comme le Piper PA-28 sous sa forme standard, est vite réduit à néant par ceux qui tentent des modifications sans respecter les règles de l'art.

En n'approfondissant pas de nouveaux critères de navigabilité par :

- une étude théorique, notamment de la distribution des potentiels électriques et thermiques,
- une conception viable des nouveaux assemblages,
- un montage utilisant des fixations non défaillantes,
- des essais au sol,
- des essais en vol structurés et progressifs,

on prendra des risques certains.

Et même si les quelques heures de vol après remise en service se déroulent sans incidents on ne pourra pas considérer que l'avion a le même niveau de fiabilité que celui qu'il possédait auparavant.

6. Accident d'un DR400

Lieu: Culoz (01) Date: 08/07/2022

Lien sur info-pilote.fr: 06

Cet accident, dû à des rajouts d'accessoires électriques sans considération particulière des puissances dissipées dans les conducteurs (déjà rapporté dans notre numéro 825 de décembre 2024), complète ce mois-ci les exemples de travaux effectués sans bilan de puissance des circuits électriques et surtout sans respecter les règles de certification, notamment celles liées aux modifications mineures. Des courts-circuits avaient perturbé le fonctionnement des magnétos et provoqué l'arrêt du moteur. Au cours de l'atterrissage forcé, l'avion avait été détruit.

7. Accident d'un Piper PA-46

Lieu: Poitiers (86) Date: 27/07/2024

Lien sur info-pilote.fr: 07

Un pilote oublie de sortir le train d'atterrissage à l'arrivée. Il se pose sur le ventre et endommage fortement son appareil. L'accident est sélectionné comme exemple ce mois-ci car il fait apparaître la faille ergonomique des systèmes EFIS en comparaison à l'avionique traditionnelle dont était équipé à l'origine le Piper PA-46. **Figure 3** : un signal sonore qui prévenait le pilote de l'oubli du train quand la pression d'admission passait au-dessous de 14 pouces avec les volets au moins sortis à 10 degrés et quoiqu'il arrive cette alerte restait toujours opérationnelle.

Mais, avec le nouveau montage, la complexité de la logique de l'alarme visuelle, en cas d'oubli de sortie de train, associée

à un probable problème de luminosité ambiante sur le Garmin G1000, n'a pas fourni d'alerte efficace et pertinente au pilote. Ni visuelle, ni vocale, l'alerte sonore "CHECK GEAR" peut de surcroît être facilement et malencontreusement désactivée. Quand le mieux est l'ennemi du bien...



Piper PA-46, cockpit mécanique.



Piper PA-46, glass cockpit.

Figure 3. Il est facile de comprendre qu'un pilote moyennement entraîné ait besoin d'un certain nombre d'heures de vol avant de dominer totalement toutes les subtilités du glass cockpit. Notamment celle liée au risque de désactiver des alarmes importantes comme celle de sortie de train. Trop d'informations peut tuer l'information...

B. Conseils, recommandations

1. Mise en garde contre tout raccourci (lors des essais, lors de la communication aux pilotes) sous-estimant les conséquences d'une transformation sur un appareil

- Les travaux de transformation d'un appareil existant peuvent toujours introduire un risque de défaillance là où on ne l'attendrait pas.

Il en est de même pour tout prototype d'avion nouveau. Mais dans ce dernier cas, du moins pour les appareils certifiés, une méthode de mise au point est imposée (règles de certification). Grâce à des essais au sol, des contrôles au sol, des essais en vol, l'ensemble des systèmes est vérifié conformément à un programme imposé par la réglementation CS-23. **Figure 4.** Ce n'est qu'à l'issue d'une campagne d'essais qui s'étend en général sur plusieurs mois, voire plusieurs années, que l'appareil peut être commercialisé.

Figure 4. Programme CS-23 imposé aux constructeurs d'avions légers pour conduire les essais au sol et en vol. Une fois l'avion certifié, il n'est plus question de le modifier. Ensuite chaque modification, majeure ou mineure, doit faire l'objet de nouveaux essais et donner suite à un additif dans le manuel de vol.

CONTENTS (general layout)

CS-23

Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes

BOOK 1 – AIRWORTHINESS CODE

- SUBPART A — GENERAL
- SUBPART B — FLIGHT
- SUBPART C — STRUCTURE
- SUBPART D — DESIGN AND CONSTRUCTION
- SUBPART E — POWERPLANT
- SUBPART F — EQUIPMENT
- SUBPART G — OPERATING LIMITATIONS AND INFORMATION
- APPENDICES: A, C, D, F, G, H, I, and J

BOOK 2 – ACCEPTABLE MEANS OF COMPLIANCE (AMC):

- SUBPART C — STRUCTURE
- SUBPART D — DESIGN AND CONSTRUCTION
- SUBPART E — POWER-PLANT
- SUBPART F — EQUIPMENT
- SUBPART G — OPERATING LIMITATIONS AND INFORMATION
- APPENDIX A
- FLIGHT TEST GUIDE

SÉCURITÉ

- Dans le cas d'une modification ou de remplacement d'un des systèmes, l'avion se trouve, certes à un niveau moindre, dans la même situation qu'un prototype.

La difficulté consiste alors à évaluer la menace que présentent les nouveaux dispositifs et surtout comment ils sont susceptibles de réagir soit entre eux, soit avec les dispositifs existants, en cas de défaillance même mineure d'un composant.

L'autre réflexion qui devrait être conduite consiste à évaluer les risques de pannes que l'on peut rencontrer en vol et quelles parades sont possibles. Au cours des campagnes d'essais de certification, dans le cadre du CEV par exemple, l'éventualité a été prévue (survol de zones hospitalières, proximité d'un aérodrome de dégagement, composition d'équipage minimum avec des pilotes entraînés, évacuation de l'appareil pour un retour de l'équipage en parachute).

Mais après des modifications mineures ou des STC, on n'envisage pas de telles précautions alors que, comme exposé par les sept accidents ci-dessus, le niveau de menace est très voisin, voire supérieur :

- 4 cas de feux ou de fumée dans le cockpit
- 2 arrêts moteur
- 1 neutralisation intempestive de l'alerte de train

2. Recommandations à l'usage des pilotes autorisés à effectuer des vols techniques après modifications

- Avant le vol, procéder à une visite de conformité pour s'assurer que la modification ou la transformation est conforme aux préconisations du fabricant de l'avion et du fournisseur des nouveaux composants.
- Le vol technique doit être préparé et suivre un ordre d'essai précis.
- On informera le contrôle du thème du vol.
- On embarquera un équipage minimum.
- On restera à proximité d'un aérodrome.
- Si un risque majeur est susceptible de se produire (perte de contrôle, rupture en vol, feu à bord...), on envisagera l'évacuation en vol : sortie de cockpit aménagée, parachute.

- Pour un risque mineur (panne moteur par exemple), on envisagera un retour d'urgence au sol dans une zone hospitalière.
- On évitera les vols techniques au départ d'aérodromes où la panne moteur au décollage provoquerait une situation d'urgence (zones boisées, montagneuses, urbaines, survol maritime...).
- On conclura le programme de vols techniques en s'assurant que le manuel de vol tient compte des modifications apportées à l'avion (qualités de vol, performances, procédures, limitations...). On rédigera un additif s'il n'est pas déjà prévu par le constructeur ou l'équipementier. **Figure 5**
- On donnera aux instructeurs et aux pilotes des recommandations didactiques pour les utilisateurs de l'avion modifié (vols d'instructions, informations pratiques).

3. Recommandations pour les pilotes utilisateurs d'appareils modifiés

- Vous allez être lâché sur un appareil qui a subi des modifications majeures ou mineures. Dans toute association, dans toute ATO, vous recevrez en principe de nouvelles instructions relatives à votre futur lâcher sur le nouvel appareil.
- Au cas où vous ne seriez pas informé, renseignez-vous sur les changements éventuels propres à l'appareil modifié. Inquiétez-vous du manuel de vol et des nouvelles plaquettes installées à bord. Recherchez si les modifications par rapport à l'avion précédent apparaissent dans les 9 chapitres : "Généralités", "Limitations", "Procédures d'urgence", "Procédures normales", "Performances", "Masse et centrage", "Description", "Opérations de piste", "Suppléments". Le chapitre "Suppléments" doit contenir aussi la description et les modes d'utilisation des nouveaux équipements. **Figure 5.**
- Vérifier si la check-list tient compte des nouveautés. Au besoin corrigez-la.
- Si vous êtes propriétaire ou constructeur amateur, vous devez prendre en compte les deux groupes de recommandations évoquées ci-dessus. ●

SUPPLEMENT 15 PROTECTION CONTRE LE GIVRAGE SYSTEME "TKS"

SOCATA

SECTION 1 GENERALITES

Ce supplément doit être introduit dans le Manuel de Vol lorsque les systèmes de protection contre le givrage "TKS" sont montés conformément aux instructions TKS N° 1391.

Les informations contenues dans ce supplément complètent ou annulent et remplacent les plaquettes de base, les marquages des instruments et les instructions du Manuel de Vol de base.

Figure 5. Exemple de notification d'un équipement supplémentaire dans le manuel de vol du Socata TB20.