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

Connaître le mécanisme de sa verrière

En vol, l'ouverture intempestive de la verrière est souvent une urgence très préoccupante, dont les conséquences peuvent être graves.

L'ouverture intempestive d'une verrière est souvent consécutive à un oubli lors de l'installation à bord, et dans ce cas seule une bonne organisation au départ suivie des vérifications de la check-list constitue une parade efficace (voir *Info-Pilote* n° 634 de janvier 2009). Mais elle peut également avoir pour cause une méconnaissance de la technologie, d'un défaut, d'une usure ou d'un léger endommagement du système de verrouillage. Dans ce cas, on conseillera à nos amis pilotes de prendre le temps de bien connaître les mécanismes et notamment leurs faiblesses. Les instructeurs, les mécaniciens, les constructeurs vous informeront si vous avez le moindre doute.

On ne ferme pas l'habitacle d'un avion comme on claque une portière de voiture. Suivant le type de verrière, des dispositifs sont étudiés, testés et mis en place par les constructeurs d'avions. Ensuite, ils doivent démontrer la parfaite conformité aux exigences de certification. Le rôle du pilote consiste à suivre les instructions afin de :

- procéder à une manipulation soigneuse et académique des dispositifs, certains, mal utilisés, pouvant facilement s'endommager ;
- savoir détecter toute anomalie de fonctionnement (usure, systèmes déformés par une manipulation antérieure maladroite, corps étrangers dans les cavités, gêne occasionnée par un passager mal installé ou trop corpulent...) lors des manœuvres de verrouillage et de déverrouillage ;
- décider si, malgré un léger dysfonctionnement, le verrouillage est acceptable pour le vol projeté ou si l'appareil doit être examiné par un mécanicien ;
- connaître toutes les maladresses qui ont par le passé provoqué des ouvertures intempestives quand la sécurité du verrouillage avait faibli ;
- savoir comment résoudre en vol un problème lié au déverrouillage de la verrière (par exemple : ne rien toucher car la sécurité du dispositif est malgré tout assurée pour la suite du vol, y remédier immédiatement, la verrière s'est ouverte en grand, comment la refermer si c'est possible ?). Y réfléchir avant avec une personne qualifiée est fort recommandé.

A - Toutes les verrières sont aspirées !

Contrairement à certaines idées reçues, toutes les verrières d'avions légers, d'ULM, ou de planeurs d'architectures traditionnelles sont aspirées par la différence de pression entre la cabine (proche de la pression atmosphérique) et l'extérieur où la vitesse, augmentée par l'obligation qu'a l'air de contourner la verrière (effet Bernoulli), fait chuter la pression statique extérieure de quelques hectopascals au-dessous de la pression atmosphérique. Cette différence de pression est appliquée à toute la surface. Elle produit, verrière fermée, une force sensiblement verticale dirigée de bas en haut et légèrement orientée vers l'arrière. Elle tend à faire pivoter la verrière autour de ses charnières. Où qu'elles soient placées : à l'avant, à l'arrière ou sur les côtés. Verrière ouverte, c'est une autre histoire, la force appliquée pouvant devenir une traînée pure. On s'oppose ainsi à certaines idées reçues qui considèrent que, « charnières en avant de la verrière », on ne risque aucune ouverture ou arrachement en vol. Certes, si cette disposition n'empêche pas l'ouverture totale de la verrière, les conséquences d'une ouverture intempestive restent en général moins graves que pour une verrière dont les charnières sont situées à l'arrière. Cette dernière se retourne avec violence soit en s'arrachant et en risquant d'endommager l'arrière de l'appareil (empennages, hélice quand elle est propulsive), soit en constituant un dangereux aérofrein qui conduit à la perte de contrôle.

Figure 1

B - Quatre exemples de verrières classées par la position de leur liaison au fuselage (charnières pour l'ouverture pivotante, rails pour l'ouverture en translation).

Figure 1.
Charnières à l'arrière de la verrière. Jodel D19

Elle s'ouvre ainsi « face au vent » et risque de s'arracher en vol en cas d'ouverture intempestive ou de rester accrochée à ses vérins. Heureusement, sur ce type de montage un dispositif de sécurité empêche l'ouverture complète en cas de défaillance du système principal ou d'oubli de verrouillage de la part du pilote : un crochet de secours toujours en place qui empêche l'ouverture au-delà de plus de quelques centimètres. La sécurité doit toujours être activée intentionnellement pour permettre l'ouverture complète au sol ou l'évacuation d'urgence. Peu de chances de réussir à refermer en vol une telle verrière entrouverte. En général, il vaut mieux continuer le vol avec la sécurité opérante que chercher à refermer et risquer de libérer la sécurité.

Si elle est ouverte à fond, on peut toujours essayer de la fermer mais c'est en général impossible compte tenu de la force du vent (100 kgf par m² à 150 km/h). Ralentir sans perdre le contrôle est une procédure à tenter.

Si la verrière s'arrache, on peut redouter un endommagement des empennages. Si l'avion est encore contrôlable, la réduction de vitesse s'impose et on cherche à atterrir au plus vite.

Avec la verrière ouverte et levée (figure 1), l'avion ne pourrait pas voler (trop de traînée, masque sur les empennages). En général, les dispositifs de maintien sont arrachés et libèrent la verrière. Mais dans le cas de l'accident du Katana évoqué plus loin, les vérins ont maintenu la verrière ouverte et levée, entraînant la perte de contrôle.

Vulnérabilité

Malgré la grande vulnérabilité d'un tel choix, l'expérience montre que les ouvertures en vol ne sont pas plus nombreuses que celles des autres types de fixation. À condition, bien entendu, que le verrouillage soit exécuté dans les règles et que le pilote comprenne la logique de son fonctionnement. Au-dessus du tableau de bord, comme sur le D18, le système de verrouillage a peu de chance d'être l'objet de fausses manœuvres en vol.

En revanche celui trop accessible du Katana a probablement été à l'origine de l'accident ci-dessous.

Accident d'un Katana DA20 en Suisse

Extrait du rapport du BEA suisse

« Accidents similaires sur le Katana. Les types DA20 et DV20 se différencient entre autres par le système de verrouillage de la verrière. Le constructeur de l'aéronef DA20-A1 en cause a rapporté trois accidents dus à l'ouverture intempestive de la verrière équipée du même système de verrouillage que l'OE-AKG. Contrairement au cas traité dans ce rapport, ces accidents se sont tous déroulés lors du décollage ou peu après le départ. »
http://www.sust.admin.ch/pdfs/AV-berichte/2087.pdf

Figure 2

Figure 2.
Charnières latérales. Prototype Chudzik CC02

Pour les monoplaces ou les biplaces en tandem, l'étroitesse de la verrière ne permet pas au concepteur d'écarter facilement les charnières à l'avant ou à l'arrière. La solution des charnières latérales, verrière se basculant sur le côté, est la plus facile à mettre en œuvre. Sur le flanc opposé aux charnières on peut ainsi implanter deux ou trois fixations. Chacune est capable d'assurer seule le verrouillage. Ce qui constitue une sécurité naturelle à condition toutefois que le mécanisme soit apparent, facile à contrôler et que le pilote soit bien informé. Ce qui n'était pas vrai dans le cas de l'Extra 300 rapporté ci-dessous.

Vulnérabilité

• La verrière est souvent maintenue en place par des pions qui pénètrent dans des tenons (voir rapport BEA) la principale vulnérabilité tient au fait que les pilotes ne savent pas ou ne peuvent pas toujours vérifier que les pions sont bien engagés.

Figure 3

• Le voisinage des coudes peut provoquer des déverrouillages intempestifs si la sécurité n'est pas en place. D'où l'intérêt d'avoir au moins deux verrous, indépendants (non conjugués).

Accident d'un Extra 300

Un léger désalignement des deux pions ne leur a pas permis de s'engager dans les tubes des tenons. Seule la position des poignées pouvait indiquer au pilote que la verrière n'était pas verrouillée car le mécanisme n'est pas apparent. La même cause (désalignement) ayant entraîné simultanément le même effet (impossibilité des pions à s'engager dans les tubes) on ne peut pas parler de « double sécurité ».
Les pilotes devraient connaître cette particularité de l'avion.
https://www.bea.aero/uploads/tx_elydbrapports/BEA2016-0092.pdf

Figure 3.
Charnières à l'avant. Czech Sport Aircraft PS28

Il semble à première vue que l'ouverture soit peu dangereuse, voire impossible en vol. On imagine volontiers le vent relatif rabattant la verrière sur le fuselage. Il n'en est rien, comme le montrent le rapport du BEA ci-dessous et le REX du mois.
Certes, il est rare qu'une telle verrière s'arrache en vol si sa fermeture est défaillante ou si l'ouverture est actionnée intempestivement. Cependant, son entrebâillement est généralement suffisant pour provoquer des perturbations sur l'autorité des commandes de vol et libérer des objets emportés par le vent qui s'engouffre dans la cabine.

Vulnérabilité

Dans l'incident rapporté ci-dessous, la veste du pilote accrochée à l'empennage horizontal, déjà perturbé par le masque de la verrière légèrement ouverte, montre bien comment un cumul des éléments défavorables engendre rapidement une situation d'urgence et une perte de contrôle momentanée. Le REX confirme la perturbation de la trajectoire.

Incident grave sur un Czech Sport Aircraft PS28

Il semble qu'escamoter le mécanisme des organes de sécurité, comme les verrouillages de verrière, afin de satisfaire à des critères d'esthétique ne va pas dans le sens de la sécurité. On peut toujours installer des contacts, des témoins... rien ne vaut un contrôle visuel des verrouillages surtout lorsqu'ils sont à proximité immédiate du pilote. Et quand l'avion est muni de tels dispositifs, il est impératif de connaître leur fonctionnement et la signification des alarmes.
Quoi qu'il en soit, un contrôle sensitif, comme la main du pilote éduquée à l'évaluation du fonctionnement correct d'un mécanisme, trompe rarement ceux qui font l'effort de s'y intéresser.
https://www.bea.aero/uploads/tx_elydbrapports/BEA2016-0281.pdf

Figure 4.
Verrière coulissante sur rail : APM 30 Lion

La verrière coulisse sur deux rails ancrés sur le fuselage. Souvent son ouverture en vol, contrôlée par le pilote, est possible car les forces aérodynamiques qui s'exercent présentent une composante parallèle au rail, dirigée vers l'arrière, de faible intensité. Bien entendu, la manœuvre doit faire partie des procédures normales, ce qui n'est pas toujours le cas. Mais la présente mise en garde concerne essentiellement un déverrouillage intempestif dû à une méconnaissance du dispositif et qui ferait reculer la verrière brutalement jusqu'à l'arracher (voir rapport BEA).

Vulnérabilité

En général, on solidarise la verrière et le haut du pare-brise grâce à une poignée tournante qui doit engager un crochet de sécurité dans son logement.
Pour réussir la manœuvre, la poignée doit être au départ en position « ouverte ». Si, à cause d'une mauvaise connaissance du mécanisme, un pilote mal informé tente de fermer, poignée en position partiellement ouverte, il ne réussira pas à engager le crochet. Il décollera avec la verrière bien positionnée, apparemment « verrouillée » mais prête à glisser vers l'arrière et à s'arracher.

Deux incidents sur des APM 30

Malgré des recommandations du constructeur (manuel de vol, inscription en cabine) les pilotes n'ont pas su verrouiller le mécanisme. Il s'agit pourtant d'un dispositif largement répandu depuis son apparition sur les MS 880.
https://www.bea.aero/fileadmin/documents/docspa/2012/f-uf120820/pdf/f-uf120820.pdf

C - Quelques recommandations

• Soyez certain de bien connaître le fonctionnement général du mécanisme de votre verrière.
• Manipulez au sol et apprenez à détecter quand le verrouillage est effectif.

Figure 4

Figure 5. La modification d'une verrière de D 18 dont les charnières initialement prévues à l'arrière ont été reportées à l'avant. En reportant les charnières à l'avant, on limite les risques d'arrachement en cas de défaillance du verrouillage. À comparer avec le montage figure 1.
© Roger Colas - Sylvère Chatelier

• Informez-vous de la conduite à tenir en vol en cas d'incident lié au verrouillage de la verrière. Consignes du constructeur ? Manuel de vol ?
• Arrimez le plus possible les objets à l'intérieur de la cabine. Un simple vêtement accroché à l'empennage peut provoquer des problèmes. Des objets plus denses peuvent être aspirés et endommager les empennages ou les hélices propulsives.
• Le rapport d'enquête de l'Extra 300 rappelle combien on a intérêt à utiliser toute la longueur de piste pour le décollage sachant qu'une verrière mal fermée s'ouvrira souvent pendant cette manœuvre.
• Constructeurs amateurs:
- Vous ne bénéficiez pas du contrôle expert et des garanties liées à une certification. Évitez des montages hasardeux, compliqués, trop sophistiqués si vous ne disposez pas de moyens d'essais approuvés.
- Choisissez des techniques de fixation plutôt charnières arrière ou charnières latérales (voir figure 5).

REX DU MOIS Extrait de *REC Info* n° 7

Manœuvre involontaire du levier d'ouverture en vol

L'auteur de ce récit est pilote privé. L'avion utilisé est équipé d'une verrière qui s'ouvre vers l'avant, aidée par deux vérins pneumatiques. L'ouverture est commandée par un levier situé sur la gauche du pilote.

« Ce jour-là, pendant la croisière, j'ai la main gauche posée sur le haut du tableau de bord, le bras le long de la verrière. Le fenestron est ouvert. La manche de ma chemise flotte au vent. Lorsque je ramène ma main en arrière, ma manche accroche le levier d'ouverture de la verrière. Celle-ci s'ouvre largement sans que ce levier n'oppose la moindre résistance !

L'avion effectue une abatée très violente à tel point que nous nous sentons décollés de nos sièges, mais sommes heureusement maintenus par les harnais.

J'agis sur la commande de profondeur pour corriger l'assiette de l'avion tandis que mon passager s'agrippe à la verrière et parvient à réduire son ouverture. L'avion prend une assiette à cabrer impressionnante. Je parviens à remettre l'avion en ligne de vol normale, puis je joins mes efforts à ceux de mon passager, qui crie : « Je n'y arrive pas », pour refermer la verrière. À deux, nous y parvenons.

Nous sommes à nouveau dans des conditions de vol normales et faisons un bilan de la situation :

- nous avons perdu 300 pieds pendant la durée de l'événement estimée à une quinzaine de secondes ;
- nous avons perdu une paire de lunettes et une casquette, arrachées par le vent relatif ;
- le contenu d'un vide-poches a disparu. Nous le retrouverons après le vol à l'arrière de la cabine ;
- mes tibias ont été écorchés en heurtant le bas du tableau de bord au cours de l'abatée.

L'avion est examiné par des mécaniciens après le vol. Il n'y a pas de dommage.