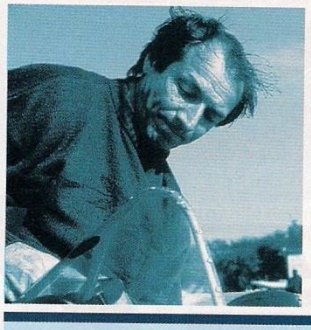


par **MICHEL BARRY**
Pilote professionnel,
ingénieur aéronautique

Évitez la rentrée intempestive ou inopportune des volets
Mieux comprendre pour prévenir....

Au décollage comme à l'atterrissage, ne pas maîtriser les mouvements des volets et ne pas bien connaître l'incidence de leur sortie ou de leur rentrée empêche le pilote d'avoir les bonnes réactions.

La sortie et la rentrée des volets provoquent d'importantes modifications de l'équilibre longitudinal de l'avion. Quand elles sont effectuées aux hauteurs de sécurité recommandées ces manœuvres laissent le temps au pilote de stabiliser l'appareil dans sa nouvelle configuration, en principe sur la même pente, mais en réajustant de nouveaux paramètres : vitesse, assiette, incidence et puissance.

En revanche une sortie, ou plus fréquemment une rentrée, intempestive, induite ou non par le pilote, des volets à très basse hauteur peut surprendre le pilote au point de ne pas lui laisser le temps de stabiliser correctement sa trajectoire et sa vitesse.

En montée, par exemple, une rentrée prématurée des volets, à une vitesse insuffisante pour la configuration "volets zéro", peut produire un enfoncement dangereux.

De même, en courte finale, une rentrée accidentelle des volets peut produire le même enfoncement de l'appareil et conduire à un contact violent avec le sol, avant ou après le seuil de piste.

Après avoir décrit les phénomènes qui accompagnent la sortie ou la rentrée des volets, sur la plupart des avions légers, nous examinerons un cas extrait des rapports du BEA pour lequel la manœuvre des volets à trop basse hauteur a provoqué un accident. D'autres rapports BEA, signalés par leur URL, montrent la dangerosité d'une rentrée inopportune des volets à basse hauteur.

Évolution des paramètres au cours de la manœuvre des volets

a. La sortie des volets. Cas de l'approche

(voir figure 1)

• **Courbe 1 :** à l'instant t0 le pilote commande la sortie des volets ; à t1 ils se verrouillent en position "sortis".

• **Courbe 2 :** l'augmentation de traînée conduit à une diminution de vitesse. À compenser par une augmentation de puissance et une légère action à piquer.

• **Courbe 3 :** la sortie des volets provoque un couple qui tend à diminuer l'incidence de l'aile (rotation à piquer). Cette diminution étant en général insuffisante pour rester sur le plan à – 5 %, elle doit être accompagnée par une légère action à piquer qui accentuera la diminution d'incidence.

• **Courbe 4 :** il s'ensuit une diminution de l'assiette.

• **Courbe 5 :** l'augmentation de la portance produite par l'augmentation du coefficient de portance Cz incurve provisoirement la trajectoire vers le haut. Si le pilote ne réagissait pas (pas de compensation à la profondeur, pas d'ajustage de la puissance) l'appareil se stabiliserait ensuite sur une trajectoire plus descendante ; car la finesse de l'appareil est dégradée par la sortie des volets.

• **Courbe 6 :** la puissance est supposée rester constante pour comprendre quelle serait l'évolution naturelle des paramètres précédents, sans action correctrice à la profondeur. En pointillé la correction idéale de puissance pour rester sur le plan à – 5 % et stabiliser au plus tôt 1,3 VS0 (VS0 < VS1) après la sortie des volets.

• **Courbe 7 :** le facteur de charge augmente avec l'augmentation de portance puis diminue quand l'appareil retrouve une trajectoire descendante. Une bonne anticipation du pilote par l'action à piquer décrite ci-dessus, dès le début de la sortie des volets, permet de garder le facteur de charge constant et proche de 1. Trajectoire rectiligne et facteur de charge constant vont de pair.

Commentaires :

• À la sortie des volets tout pilote ressentira une tendance de l'avion "à cabrer". C'est-à-dire qu'il percevra nettement une augmentation immédiate du facteur de charge et un infléchissement de la trajectoire vers le haut (surtout si l'on est près des repères du sol). Ces deux perceptions le conduiront instinctivement à donner un ordre à piquer au manche afin de rester sur le plan de descente supposé correct avant la sortie des volets.

• Et pourtant la sortie des volets, en imposant une diminution du moment de l'aile (diminution du coefficient de moment Cm), produira aussi une diminution d'incidence et d'assiette. Mais en général cette seule diminution sera insuffisante pour contrer la tendance à monter et le cerveau du pilote interprétera globalement la sortie des volets comme étant génératrice d'une tendance à cabrer. Ainsi pour stabiliser la trajectoire il poussera le manche en avant. Si cette interprétation est favorable au pilotage lors d'une sortie normale des volets en condition d'approche (passage de la configuration lisse à la configuration approche, puis sortie des pleins volets vers la configuration atterrissage), elle peut perturber le discernement d'un pilote dont l'objectif serait simplement de procéder à une stabilisation de l'assiette quand l'appareil oscille rapidement en tangage à cause d'un mouvement intempestif des volets (marsouinage).

Dans ce dernier cas, si les volets sortent, rentrent et ressortent rapidement (suite à une fausse manœuvre, comme celle de l'exemple BEA voir page 58) le pilote, pour se battre contre les variations rapides et intempestives d'assiette dues aux mouvements alternés des volets qui rentrent et qui sortent (plutôt qu'aux écarts de trajectoire), devrait agir en sens contraire : en poussant le manche quand les volets rentrent et en le tirant quand les volets sortent... Bien entendu, puisque ces actions sont contraires aux réflexes acquis au cours de sa formation, le pilote aura intérêt à prévenir ce cas de figure en évitant tout mouvement intempestif (sortie, suivie immédiatement d'une rentrée).

b. La rentrée des volets. Après décollage ou en remise de gaz

(voir figure 2)

• **Courbe 1 :** à l'instant t2 le pilote commande la rentrée des volets ; à t3 ils se verrouillent en position "rentrés" (0°).

• **Courbe 2 :** la diminution de

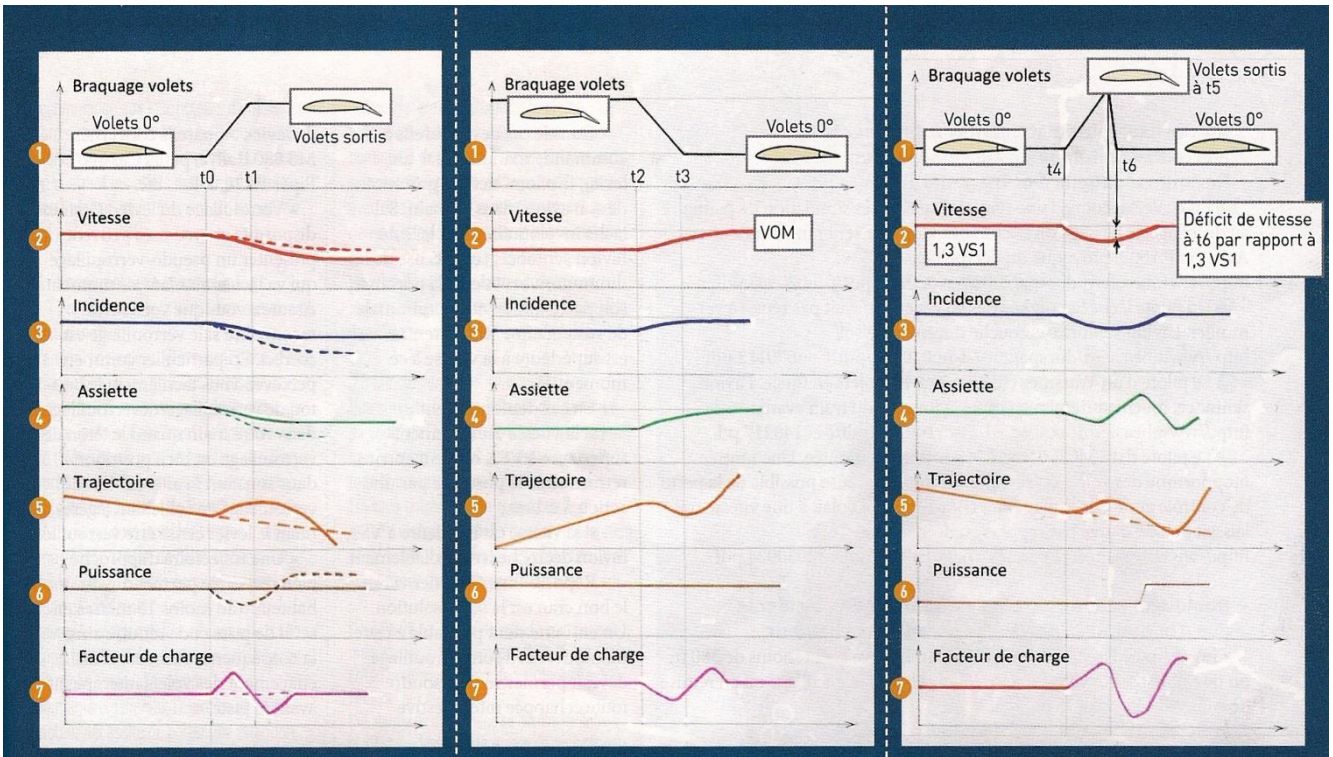


Figure 1
Évolutions naturelles (sans corrections, ni à la profondeur, ni à la puissance) des différents paramètres au cours d'une manœuvre de sortie des volets. En pointillé, résultats des corrections qu'on attend du pilote, par des compensations idéales (profondeur, puissance) au cours d'une séquence de sortie des volets.

Figure 2
Évolutions naturelles (sans corrections, ni à la profondeur, ni à la puissance) des différents paramètres au cours d'une rentrée des volets pendant la montée. Le pilote ajuste sa pente de montée en affichant la Vitesse Optimale de Montée après la rentrée des volets

Figure 3
Évolutions avec réactions instinctives du pilote déclenchées par la rentrée brutale des volets (proches du cas du rapport BEA)

traînée, à puissance constante, conduit à une augmentation de vitesse qui favorise la montée et qui peut d'ailleurs conduire naturellement vers la Vitesse Optimale de Montée (VOM).

• **Courbe 3 :** la rentrée des volets provoque un couple qui tend à augmenter l'incidence de l'aile (rotation à cabrer).

• **Courbe 4 :** il s'ensuit une augmentation de l'assiette.

• **Courbe 5 :** la diminution de la portance produite par la diminution du coefficient de portance Cz rend provisoirement la trajectoire moins ascendante, voire descendante.

Si le pilote ne réagissait pas (pas de compensation à la profondeur) l'appareil se stabiliserait ensuite sur une trajectoire plus montante car la finesse de l'appareil est améliorée par la rentrée des volets.

Il se peut que cette trajectoire soit la trajectoire optimale de montée mais il se peut aussi qu'elle nécessite une correction à la profondeur.

• **Courbe 6 :** la puissance de montée est supposée rester constante pour comprendre l'évolution naturelle des paramètres précédents sans action correctrice à la profondeur.

• **Courbe 7 :** le facteur de charge diminue quand les volets rentrent à cause du déficit instantané de coefficient de portance Cz. Il raugmente un peu quand l'appareil passe de nouveau en montée.

c. Mouvement intempestif des volets (sortie suivie d'une brutale rentrée). Difficulté pour stabiliser les paramètres

(voir figure 3)

• **Courbe 1 :** à l'instant t4 le pilote commande la sortie des volets. À t5, ils rentrent intempestivement, à t6 ils se retrouvent en position "rentrés".

• **Courbe 2 :** la vitesse en diminution lors de la sortie des volets n'a pas pu raugmenter assez vite lors de la rentrée brutale. L'avion se retrouve en lisse avec un déficit de vitesse par rapport à 1,3 VS1.

• **Courbe 3 :** même traitement pour l'incidence qui n'a pas raugmenté.

• **Courbe 4 :** l'appareil, soumis à une sollicitation de diminution d'assiette suivie d'une sollicitation d'augmentation, peut être entraîné dans une oscillation en tangage pour peu que la période des sollicitations alternées corresponde à sa propre période d'oscillation en tangage. Le pilote ne comprend plus la nature des corrections à apporter. Priorité à l'assiette ou à la trajectoire ? Dans l'exemple BEA on remarque que l'instructeur a sauvé la trajectoire une première fois mais au détriment de l'assiette et de la vitesse ce qui a conduit au vol au second régime et au décrochage final à la fin de la 2e oscillation. Les oscillations ont divergé.

• **Courbe 5 :** les oscillations en tangage provoquent des variations de portance qui font dangereusement onduler la trajectoire.

• **Courbe 6 :** la puissance appliquée pour effectuer une remise de gaz produit en général des effets secondaires sur l'axe de tangage qui perturbent le pilotage déjà difficile quand l'appareil oscille.

• **Courbe 7 :** les variations du facteur de charge perturbent le pilotage. Certaines peuvent même contribuer à amplifier le phénomène d'auto-oscillation entretenue, les accélérations sur le corps du pilote notamment sur ses bras, pouvant générer des « ordres à diverger » sur la commande de profondeur.

Le pilote est dans le "zig" alors qu'il devrait être dans le "zag" : phénomène de *pilot induced oscillation*, ou "pompage piloté", ou "pompage imputable au pilote".

Autres exemples d'accidents ou d'incidents dus à la rentrée intempestive ou inopportune des volets. Recommandations d'ordre général

1 En école, au cours d'une remise de gaz après simulation de panne au décollage, le passage du 2e cran des volets au 1er cran d'un Reims-Aviation F 150 L provoque un décrochage.
http://www.bea.aero/docspa/2002/f-ui020905/pdf/f-ui020905.pdf

2 Un pilote lâche la poignée des volets qu'il n'avait pas réussi à verrouiller. L'avion s'enfonce et touche durement le sol.
http://www.bea.aero/docspa/2007/f-uu070113/pdf/f-uu070113.pdf

3 Le pilote d'un Wassmer CE 43 rentre les volets en finale. L'avion s'enfonce, touche durement et casse la fourche du train avant.
http://www.bea.aero/docspa/2014/f-cv140217/pdf/f-cv140217.pdf

4 Le pilote d'un MCR 01 perd le contrôle en montée. Une rentrée inopportune des volets est retenue comme une cause possible de la perte de contrôle et du décrochage alors que l'appareil volait à une vitesse qui laissait peu de marge par rapport au décrochage.
http://www.bea.aero/docspa/2003/f-ut030924/pdf/f-ut030924.pdf

Quelques recommandations découlant des accidents dus à une rentrée des volets à trop basse hauteur

• En dessous d'une hauteur recommandée, rarement moins de 300 ft, on ne rentre pas les volets que ce soit en finale, au décollage ou en remise de gaz…

• Dans le cas des appareils à commande manuelle, par un levier, le pilote "tient la portance de son avion" dans sa main. S'il lâche involontairement le levier l'avion s'enfonce, soit à cause de la diminution brutale de la portance, soit parce que la vitesse minimale de sustentation "volets rentrés" est supérieure à la vitesse à ce moment-là.

• En cas d'enfoncement :

- si la vitesse est nettement supérieure à VS1, on peut encore retrouver de la portance par une action à cabrer ;

- si la vitesse est inférieure à VS1, l'avion décroche irrémédiablement.

• Repositionner le levier vers le bon cran est la seule solution. Un entraînement préalable à cette manœuvre et à son verrouillage devrait permettre de résoudre toute échappée intempestive du levier. Appareils concernés : MS 880 Rallye, petits Cessna, Piper PA28, DR… etc.

• Verrouillage du levier. Certains dispositifs un peu usés peuvent présenter un pseudo-verrouillage qui va lâcher au mauvais moment. Assurez-vous que vous savez reconnaître si le verrouillage est correct. En particulier comment percevez-vous tactilement le bouton de verrouillage/déverrouillage dans votre main quand le téton de verrouillage est bien positionné dans son cran ? Faites un test de verrouillage en sollicitant légèrement le levier censé être verrouillé.

• Une trajectoire d'approche bien respectée permet d'avoir une hauteur d'au moins 15 mètres en seuil de piste et de réduire ainsi la conséquence fâcheuse d'un effacement des volets intempestif avant la piste. ●

RAPPORT du BEA

PERTE DE CONTRÔLE EN TANGAGE LORS DE LA REMISE DE GAZ SUITE À UN EXERCICE DE PANNE MOTEUR, COLLISION AVEC LE SOL, EN INSTRUCTION

- **Aéronef :** avion Piper PA-28 Archer II.
- **Exploitant :** club.
- **Lieu :** Volmerange-les-Mines (57).
- **Nature du vol :** aviation générale, instruction, double commande.
- **Personnes à bord :** instructeur, deux élèves.
- **Conséquences et dommages :** trains d'atterrissage rompus.

1 - Déroulement du vol

L'élève décolle de l'aéroport de Findel (Luxembourg) pour des exercices de simulation d'atterrissage forcé. Après environ quinze minutes de vol, l'instructeur réduit les gaz pour débuter l'exercice. L'élève prend la vitesse de 73 kt (vitesse de finesse maximale 76 kt), effectue une recherche de panne et choisit un champ. Il estime qu'il est trop haut et sort les pleins volets[1]. L'instructeur indique qu'à une hauteur de 200 ft, il considère l'exercice réussi et demande à l'élève de l'interrompre. L'élève applique la pleine puissance et repousse la commande de réchauffage du carburateur. Le levier des volets lui échappe des mains et les volets rentrent entièrement alors qu'il ne souhaite les rentrer que d'un cran. L'instructeur reprend les commandes, sort les pleins volets mais ne parvient pas à stabiliser l'assiette. Il explique que la vitesse n'augmente pas tandis que la hauteur continue de diminuer. Il arrondit juste avant l'impact avec le sol. Le train avant et le train principal droit se rompent à l'impact.

2 - Renseignements complémentaires

2.1 Renseignements sur les pilotes et témoignages

L'élève, âgé de 46 ans, est titulaire d'une licence luxembourgeoise d'élève pilote[2] depuis 2006. Il totalisait au moment de l'accident 55 heures de vol, toutes sur PA-28, dont 10 heures dans les trois derniers mois et 14 minutes en tant que commandant de bord.

Cinq semaines plus tôt l'élève avait effectué des exercices de remise de gaz qui s'étaient déroulés correctement.

L'élève explique qu'après la rentrée intempestive des volets, il a eu l'impression que l'avion ne réagissait plus aux commandes. Il a pour cette raison demandé à l'instructeur de prendre les commandes. Il ajoute avoir entendu l'alarme de décrochage[3] après que l'instructeur a repris les commandes, et que la vitesse était d'environ 55 kt à ce moment-là[4].

L'instructeur, âgé de 61 ans, est titulaire d'une licence de pilote privé avion luxembourgeoise depuis 1979 et d'une qualification d'instructeur. Il totalisait 1 169 heures de vol au moment de l'accident dont 545 heures en tant qu'instructeur, et 40 heures sur PA-28 dans les trois derniers mois.

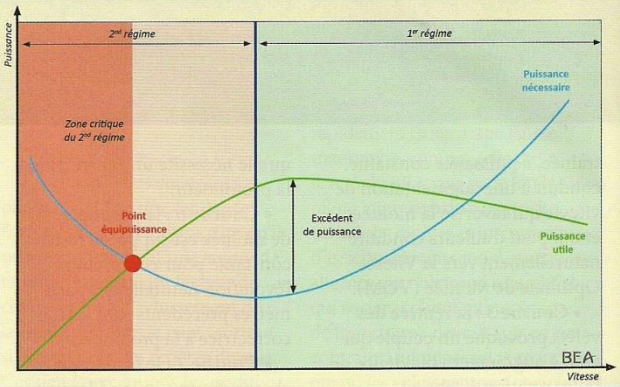
L'instructeur précise que lors de la remise de gaz, il a pris une assiette « trop élevée » et que l'avion a oscillé en tangage. Il ajoute qu'il n'a pas entendu l'avertisseur de décrochage.

2.2 Procédure de remise de gaz

L'élève indique qu'il avait l'intention de suivre, dans cet ordre, les étapes suivantes pour effectuer la remise de gaz :

1 affichage de la pleine puissance ;
2 arrêt du réchauffage carburateur ;
3 rentrée d'un cran de volets ;
4 affichage de l'assiette d'approche interrompue.

L'instructeur indique qu'il a enseigné à l'élève de rentrer les volets après l'affichage de l'assiette d'approche interrompue. Le guide de l'instructeur VFR édité par l'ENAC[5]



Au second régime, à une vitesse inférieure à celle du point équipuissance, la puissance fournie par le moteur devient insuffisante pour conserver la vitesse en palier. L'avion va alors ralentir. Pour sortir de la zone critique, la seule solution est de diminuer l'assiette et de perdre de la hauteur afin d'augmenter la vitesse. À proximité du sol, la décision d'effectuer cette manœuvre est difficile à prendre.

recommande aux instructeurs d'insister sur l'ordre précis des actions à effectuer lors d'une remise de gaz : « assiette-puissance en contrant les effets moteur puis rentrée des traînées conformément au manuel de vol ».

3 - Enseignement et conclusion

3.1 Surveillance de la vitesse en exercice de panne moteur

Pendant l'exercice, l'élève avait prévu d'évoluer à une vitesse de 73 kt correspondant à environ 1,3 fois la vitesse de décrochage volets rentrés. Cependant, le comportement de l'avion décrit par l'instructeur et l'élève après la rentrée intempestive des volets et le déclenchement de l'avertisseur de décrochage sont caractéristiques d'un vol à une vitesse proche de celle du décrochage (55 kt volets rentrés). La vitesse avait donc probablement diminué au cours de la descente moteur réduit, et l'assiette à cabrer importante prise après la remise de gaz a empêché l'avion d'accélérer.

De manière générale, l'exercice de panne moteur nécessite de porter une attention particulière à l'extérieur (aire d'atterrissage, obstacles) au risque d'une surveillance insuffisante de la vitesse.

3.2 Vol en zone critique du second régime

Lorsque l'instructeur prend les commandes, l'avion est proche du sol et sa vitesse est faible. Malgré l'affichage de la pleine puissance et une assiette à cabrer, l'avion continue à descendre. Ce comportement est symptomatique d'un vol au second régime avec une puissance nécessaire au vol supérieure à la puissance fournie par le moteur : c'est la zone critique du second régime.

La prise d'assiette à cabrer initiale trop importante a certainement favorisé l'entrée dans la zone critique du second régime.

3.3 Conclusion

Une surveillance insuffisante de la vitesse au cours de l'exercice de panne moteur puis, une assiette à cabrer excessive lors de la remise de gaz, ont probablement conduit l'avion à entrer dans la zone critique du second régime de vol. La hauteur d'évolution étant faible, l'instructeur n'a pas réussi à en sortir avant d'entrer en collision avec le sol.

(1)Le PA-28 est équipé de volets à commande manuelle, avec trois positions (10°, 25° et 40°).
(2)Le Luxembourg délivre des "licences d'entraînement" aux élèves pilotes.
(3)L'alarme de décrochage se déclenche entre 5 et 10 kt au-dessus de la vitesse de décrochage.
(4) Le manuel de vol indique une vitesse de décrochage volets rentrés de 55 kt (masse maximale, moteur au ralenti).
(5)Édition du 1er juin 2014, amendement n° 7, 03 - 15 - P7

REX du mois

De l'utilité des contrôles (l'auteur est instructeur)

L'élève pilote et son instructeur effectuent des tours de piste avec un Cessna 150.
Depuis son inscription à l'aéroclub l'élève pilote a volé environ 8 heures en instruction.
À l'issue d'un des tours de piste, l'élève pilote effectue un touché et redécolle, les volets sortis à 10°. En montée initiale la vitesse est ajustée à 80 mph. À une hauteur de 300 ft, l'élève pilote veut rentrer les volets. Au lieu de remettre au neutre le sélecteur de commande des volets, il le positionne à la position basse "baisse des volets". Normalement le sélecteur revient automatiquement au neutre, ce qui n'a pas été le cas cette fois-ci.
L'avion étant toujours en assiette de montée, les volets descendent sans contrôle à 10°, puis 20°, puis 30° (ils auraient pu aller jusqu'à 40°). La vitesse s'écroule. L'instructeur reprend les commandes compte tenu du risque de perte de contrôle de l'avion.

Commentaires de l'auteur

L'élève pilote n'a pas appliqué la règle enseignée à l'aéroclub : toute action doit toujours être suivie d'un contrôle !
Exemples :
Action : rentrée du train/Contrôle : train vérifié rentré... (lampes éteintes, etc.)
Action : sortie de train/Contrôle : train sorti vérifié, 3 vertes allumées, etc.
Action : sortie volets 10°/Contrôle : volets 10, vérifiés symétriques.
Cela concerne toutes les actions et procédures. L'importance de cette règle devient plus visible si elle n'est pas appliquée lorsqu'un dysfonctionnement apparaît... Comme pour ce Cessna 150, avec le retour automatique au neutre de la commande des volets devenue inopérante.

Actions mises en place :

– appliquer scrupuleusement cette règle avec ce Cessna qui est retiré de la flotte pour changement de moteur dans 35 heures de vol. Le sélecteur de volets sera révisé ;
– la mise en garde a été spécifiée sur le carnet de route ;
– des exercices de remise de gaz avec tous les volets sortis seront mis au programme des vols de prorogation et de contrôle.