



Par **Michel Barry**,
pilote professionnel,
ingénieur aéronautique.

Compensateur, comprendre son fonctionnement

Penchons-nous sur les incidents liés à un compensateur (trim) de profondeur défectueux. Après avoir rappelé les qualités du trim, étudié 10 incidents récents liés à une panne de dispositif de commandes de celui-ci, nous expliquerons son rôle et vous exposerons nos conseils et recommandations.

Ce mois-ci, nous nous intéressons à la panne du compensateur (trim) de profondeur. Sa gravité dépend du niveau des efforts qu'elle engendre pour le pilote qui ne peut plus, soit totalement soit partiellement, les annuler et doit terminer le vol en retenant le manche, à cabrer ou à piquer. Pourtant, la plupart du temps, une solution (gaz, vitesse) permet de rentrer tout en exerçant une force moindre que celle apparue au moment de la panne ou du blocage du trim. En remarquant qu'un modèle réduit peut voler parfaitement avec une gouverne de profondeur fixe, équivalente à un trim bloqué, voir **figure 1** et vidéo sur www.info-pilote.fr : <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=LBEpn17Oo0w> nous chercherons à comprendre comment un vol stabilisé peut être retrouvé en exerçant le moins d'efforts possible.

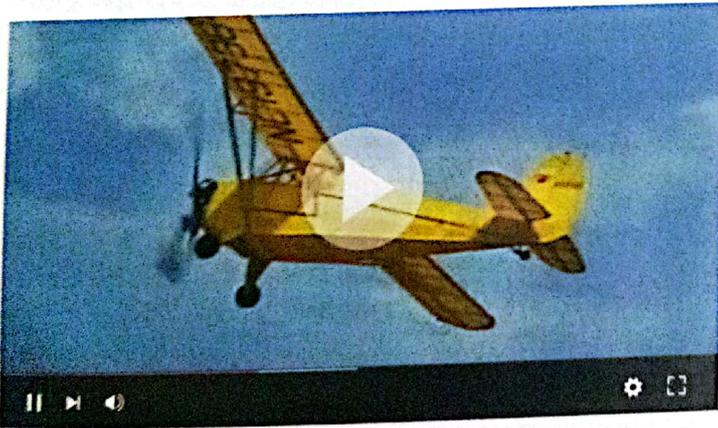


Figure 1. Oui, c'est bien un petit modèle réduit propulsé avec un moteur-caoutchouc.

On dirait un vrai. En quelques vols, propulsé par son moteur à caoutchouc, le petit modèle réduit a enseigné à son constructeur les rudiments de mécanique du vol (**figure 1**), ceux absolument nécessaires au pilotage d'un avion, du DR400 à l'A380. Même si elles semblent de plus en plus ignorées, les techniques fondamentales de contrôle du vol dans le plan vertical restent les mêmes. Et malgré tous les biais introduits pour permettre à des appareils de pouvoir être pilotés, alors qu'ils ne possèdent pas la plupart des qualités de vol du petit avion à moteur à élastique de

l'image, le contrôle en tangage n'a pas changé depuis Blériot. Si vous regardez la vidéo, son empennage est fixe. Pourtant il monte, il vole en palier, il est stable en virage et, dès que l'élastique perd son énergie, il se met à descendre et atterrit gracieusement. Si nous avions la possibilité de mesurer sa vitesse nous constaterions, étonnés, qu'elle n'a pratiquement pas varié pendant tout son vol (elle vaut Vtrim, voir § B.). Depuis le début, avec l'élastique remonté à fond (puissance maximale) jusqu'à la fin du vol – où l'élastique ne délivrait plus assez de puissance pour assurer le vol en palier –, la puissance disponible n'a pas cessé de décroître.

Aucun dispositif de contrôle compliqué n'est installé à bord. Aucune commande de vol, pas le moindre dispositif de stabilité automatique, aucune intelligence artificielle. Simplement un respect des principes élémentaires de la mécanique du vol, notamment en ce qui concerne la stabilité et l'équilibre longitudinaux. Ses qualités de vol lui viennent de son dessin (surfaces, formes, profils), de la position de son centre de gravité et enfin du grand soin apporté à l'orientation de l'axe de l'hélice. Nos avions possèdent, en plus de toutes ces qualités, des commandes de vol sur leurs trois axes. Car, contrairement au modèle réduit dont la trajectoire est imposée, dès qu'ils s'envolent, ils nécessitent :

- le contrôle du lacet et du roulis afin d'aller dans une direction choisie pour ne pas, comme le modèle réduit, tourner indéfiniment en rond ;
- le contrôle du tangage afin de pouvoir choisir la vitesse d'évolution et l'altitude ;
- le contrôle de la puissance afin d'adapter la trajectoire voulue dans le plan vertical.

Finalement, pour les domaines d'incidences et de vitesses usuelles, c'est bien la puissance qui dégrossit la pente. La gouverne de profondeur se contente de la corriger brièvement et d'adapter la vitesse au maintien de la pente choisie.

Applications pratiques au vol d'un appareil en panne de compensateur de profondeur (trim de profondeur plus couramment). Les observations faites sur le modèle réduit nous permettront de comprendre, quand elles existeront, les parades aux difficultés rencontrées à bord d'un appareil privé de trim. Dans ce cas, le pilote est contraint d'accepter de voler avec une gouverne de profondeur au braquage fixe, au moins pendant les séquences où il doit relaxer ses muscles vite fatigués. En effet l'application d'une force permanente chargée de contraindre un caprice du compensateur – soit bloqué soit parti en butée à cabrer ou à piquer – peut devenir une véritable épreuve physique pour le pilote.

Une nouvelle série de dysfonctionnements du compensateur de profondeur (trim de profondeur), suivis souvent d'une incompréhension de la part du pilote, sont synthétisés après la lecture de deux rapports d'accident et de huit REX FFA. Tous illustrent la nécessité de comprendre quelques notions essentielles comme :

- la vitesse V trim ;
- le rôle de la gouverne de profondeur sur la pente et sur la vitesse ;
- le rôle de la puissance (ou de la poussée) sur la pente et sur la vitesse.

A. Dix événements récents liés à une panne du dispositif de commande du compensateur de profondeur

Cas 1. Accident d'un Piper PA-31

Lieu: Caernarfon Airport, Gwynedd (UK) **Date:** le 06/09/2017
Lien sur info-pilote.fr: 01

L'appareil arrive à grande vitesse sur la piste qu'il percute. Le pilote décède dans le choc. On lira dans le rapport de l'AAIB comment un probable dysfonctionnement du trim de profondeur « trim runaways » ou déroulement ou emballement de trim) pourrait expliquer le braquage vers la position à piquer du volet de trim retrouvé sur l'épave. Un tel braquage oblige le pilote à exercer un effort permanent qui aurait pu dépasser ses possibilités musculaires et surtout perturber le contrôle en tangage. On lira avec attention l'ensemble des mesures prises par les autorités anglaises et destinées à la formation des pilotes. Pour chaque appareil, petit ou gros, il existe une ou plusieurs procédures qui minimiseront les conséquences d'une panne de trim. D'un appareil à l'autre, elles peuvent être très différentes. Il est indispensable de les apprendre.

Cas 2. Incident d'un Pilatus PC-12

Lieu: en Australie **Date:** le 14/04/2019
Lien sur info-pilote.fr: 02

Un relais électrique défaillant est à l'origine d'un emballement de trim. La lecture du rapport (*PDF dans le lien*) détaille la séquence de l'incident et montre que pour un dispositif voisin de ceux de nos avions équipés d'un pilote automatique la moindre défaillance technique conduit rapidement à une situation d'urgence.

Cas 3. Incident d'un Robin DR400-160 (REX FFA)

Date: en septembre 2019
Lien sur info-pilote.fr: 03

Un événement qui montre comment :

- un simple défaut d'étiquetage de la position du compensateur peut générer une situation d'urgence ;
- le vécu d'une force à pousser le manche, pour revenir à une incidence de vol normal, peut être très perturbant même si théoriquement la force reste dans les limites acceptables de la certification en CS-23 (*voir § B. 2*).

Cas 4. Incident d'un Piper PA-28 (REX FFA)

Date: en décembre 2020
Lien sur info-pilote.fr: 04

L'évènement montre la vulnérabilité des commandes électriques, notamment du bouton de trim sur le manche, dont le moindre effleurement par la main du pilote peut provoquer un dérèglement du neutre préjudiciable à la tenue machine après le décollage.

En recommandation, nous indiquerons :

- comment se prémunir au maximum contre la panne du compensateur de profondeur, notamment en prenant connaissance de la technologie du trim et, de plus en plus sur les nouveaux appareils, de ses carences ;
- comment conduire la suite du vol en cas de défaillance grave du compensateur de profondeur.

Le rôle de la check-list sera en permanence associé à nos recommandations liées au trim.

Cas 5. Incident d'un Robin DR401 (REX FFA)

Date: en mai 2021
Lien sur info-pilote.fr: 05

L'évènement pose le problème de la fiabilité des composants du trim électrique du DR401. On redoublera de vigilance lors des tests de fonctionnement au sol et on se préparera à tout déroulement et à tout blocage intempestif en vol.

Cas 6. Incident d'un Jodel D112 (REX FFA)

Date: en août 2021
Lien sur info-pilote.fr: 06

Le récit décrit avec précision l'oscillation du volet de trim quand l'un du (ou des) câble(s) qui le commande(nt) est(ou sont) cassé(s). Le tremblement, bien qu'inquiétant, ne conduit pas en général à une situation d'urgence si les efforts alternés ne cassent pas les charnières du trim. En cas de perte du volet de trim, on se retrouve sans possibilités de compenser mais avec des efforts modérés pour maintenir le vol en palier et exécuter les manœuvres d'arrivée et d'atterrissage.

Cas 7. Incident d'un Tecnam P2002 (REX FFA)

Date: en février 2022
Lien sur info-pilote.fr: 07

Récit d'une panne de trim correctement traitée avec notamment la recherche de la vitesse nécessitant le moins d'effort (*notion de Vtrim expliquée en B. 1*)

Cas 8. Incident d'un Aquila ATO1 (REX FFA)

Date: en septembre 2023
Lien sur info-pilote.fr: 08

Le partage de ce REX, partage recommandé par son rédacteur dans la synthèse du plan d'action, montre trois éléments à faire connaître aux pilotes :

- en principe trim plein piqué à VNO, l'appareil doit être compensé, car personne n'a demandé au constructeur de concevoir un trim chargé de compenser au-delà, notamment à VNE (*voir B. 2*) ;
- la course morte de l'actionneur du trim (servomoteur) peut être considérée comme un deuxième grave défaut de conception ou de réglage du dispositif de compensation ;
- puisque malheureusement cette course morte existe parfois, il faut cohabiter avec et nous invitons les pilotes et les instructeurs

à examiner au sol si, quand ils agissent sur le servomoteur, le volet de trim sous contrainte (appuyez légèrement dessus) pivote effectivement. Ou, au contraire, ne pivote qu'après une certaine course de son actionneur.

Cas 9. Incident d'un Tecnam P2002

Date : en janvier 2024

Lien sur info-pilote.fr: 09

En vol d'instruction, pour une raison inconnue, le trim part à fond à cabrer. L'instructrice est alertée par l'imprécision du pilotage de son élève et elle intervient. Le ou les composants incriminés seront

remplacés à l'atelier. A noter que les efforts bien que gênants n'ont produit une réelle situation d'urgence ce qui est généralement le cas pour un trim parti à fond à cabrer.

Cas 10. Incident d'un DR401

Date : en janvier 2024

Lien sur info-pilote.fr: 10

Déroutement du trim vers sa butée à cabrer juste à la rotation. Il était dû à un interrupteur de manche qui restait « ON ». Après avoir contré les efforts importants, le pilote a pu reprendre le vol en palier. Deuxième cas de défaillance du circuit électrique de trim sur DR401

B. Comprendre le rôle du compensateur de profondeur (trim de profondeur) et son implication sur le moment de charnière de la gouverne de profondeur

1. La vitesse de compensation ou Vtrim, comment voler en cas de panne de trim, loin de Vtrim

En vol école avec votre instructeur si vous êtes élève, après avoir annulé les efforts à la profondeur à la vitesse V grâce au trim, lâchez le manche et attendez une petite perturbation atmosphérique. Selon le centrage, trois comportements différents apparaissent sur la **figure 2**.

- A. Centrage en arrière du point neutre avion :** l'appareil part à cabrer ou à piquer d'une manière irréversible.
- B. Centrage moyen, usuel** (généralement entre 25 et 35 % de la corde moyenne MAC) : une perturbation aléatoire de l'atmosphère ou une petite impulsion du pilote sur le manche entraîne la trajectoire, dans le plan vertical, dans une série d'oscillations. Elles sont d'autant plus vite amorties que le centrage est plus en avant. L'appareil finit par se stabiliser sur une trajectoire quasi rectiligne qui peut être légèrement montante ou légèrement descendante. Il retrouve après quelques oscillations la vitesse initiale V.
- C. Centrage très avant** (limite de centrage avant 15 ou 20 %) : la même perturbation ou la même petite impulsion au manche du pilote produit très peu de modification de la trajectoire et l'appareil retrouve naturellement V.

Cette vitesse à laquelle l'appareil semble attaché dès lors que le centrage n'est pas excessivement trop arrière s'appelle Vtrim ou vitesse de compensation.

Elle correspond à une position du volet du trim (ou des ressorts de trim pour un trim à ressort) imposant un braquage et un seul à la gouverne de profondeur. La gouverne se braque naturellement à cet angle qui équilibre tous les moments qui tendraient à la faire pivoter autour de ses charnières : moment dû à sa propre portance, moment dû à son poids, moment dû à l'effet porteur ou déporteur sur le volet de trim, moment dû aux éventuels ressorts de compensation. Par l'action du manche, vous introduiriez un autre moment. Que vous rajoutiez de la puissance ou que vous en enleviez, au bout de quelques instants manche libre, l'appareil retrouvera naturellement Vtrim :

- en montant si vous rajoutez de la puissance ;
 - en restant sensiblement à l'altitude à laquelle vous venez de lâcher le manche ;
 - en descendant si vous réduisez la puissance.
- Retenez que le braquage du trim fixe la vitesse de l'avion, manche libre.

Une position du trim, manche lâché, équivaut à une gouverne fixe ou quasi fixe. Une seule valeur possible de la vitesse Vtrim, quelle que soit la puissance appliquée. Comme pour le vol de la maquette de la **figure 1**.

Figure 2. Comportement très schématique de l'avion soumis à la seule autorité de son trim de profondeur.

Manche libre, le trim impose un braquage de la gouverne de profondeur. Selon le centrage, si l'appareil est compensé pour voler à Vtrim, on observe dès la moindre perturbation - soit atmosphérique, soit provoquée après avoir lâché le manche - trois comportements :

A. Centrage trop arrière
Trajectoire divergente, à cabrer ou à piquer.

Figure 2. A

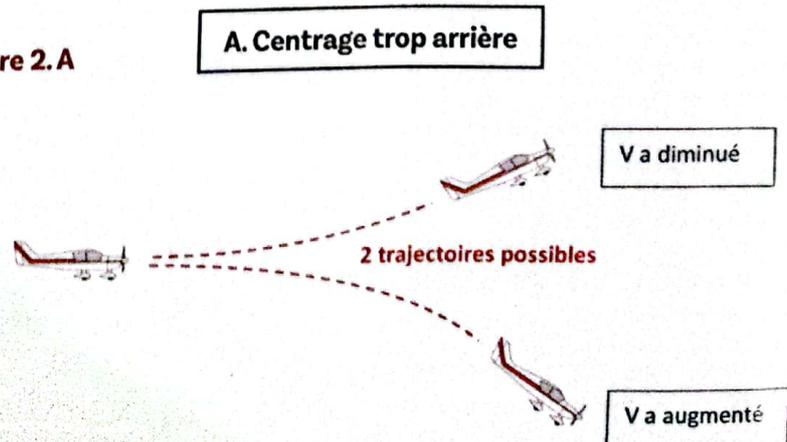
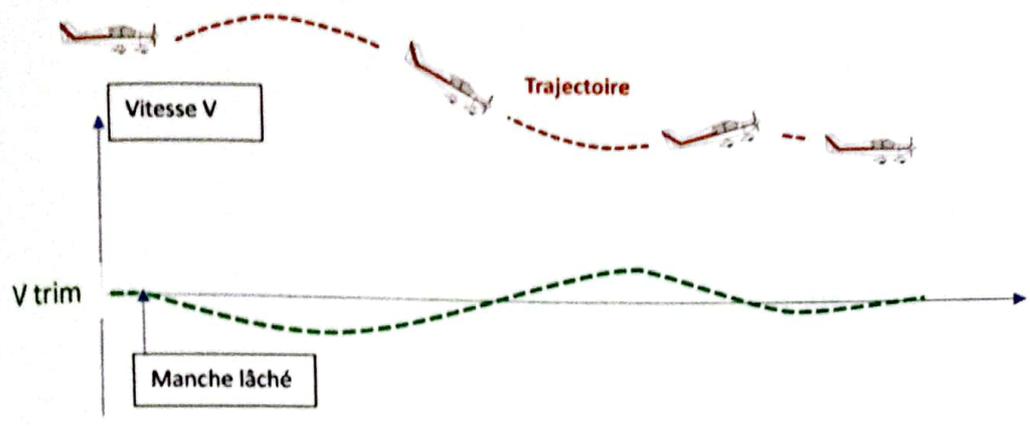


Figure 2. B

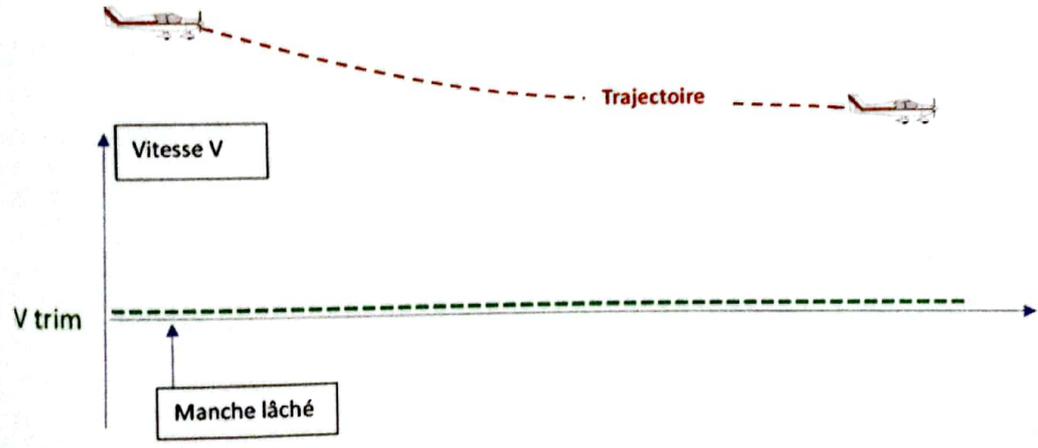
B. Centrage moyen, usuel



B. Centrage usuel
 Une trajectoire ondulante, montante puis descendante ou descendante puis montante qui finit par s'amortir. La vitesse se stabilise de nouveau à V_{trim} (phugoïde ou phygoïde, nom de la ligne représentant la trajectoire).

Figure 2. C

C. Centrage très avant



C. Centrage très avant
 Une trajectoire qui suit la perturbation, légèrement montante ou descendante, et qui redevient rectiligne. V va très peu varier et se stabilise de nouveau à V_{trim} .

2. Application, la panne de trim : trim bloqué à une position intermédiaire ou trim entraîné vers l'une de ses butées à cabrer ou à piquer

- **Trim bloqué en palier, par exemple à la vitesse de croisière.**
 Cas n°5
 En manœuvrant le manche, vous obtiendrez toutes les vitesses désirées du domaine de vol mais vous ne pourrez pas annuler l'effort. Pour aller plus vite, vous devrez pousser le manche mais, dans cette situation, mieux vaut plutôt chercher à continuer le vol à la vitesse V_{trim} , c'est-à-dire sans effort continu. Vous devez vous attendre à ne pas pouvoir compenser à l'arrivée et à l'atterrissage et à devoir appliquer un effort continu pour voler moins vite. D'où l'intérêt de ne pas chercher à voler à trop basse vitesse plus longtemps qu'il n'est nécessaire pour l'approche, la finale et l'atterrissage, afin de préserver votre potentiel musculaire. En lâchant le manche vous rencontrez, selon votre centrage, l'une des situations de la figure 2. Attention, l'effort pour arrondir sera plus intense que d'habitude !
- **Trim partant vers la position cabré et y restant bloqué (emballement, déroulement de trim, pitch trim runaway).**
 Cas n°3, 4, 9 et 10
 Si vous êtes en palier, l'appareil va chercher à monter tout en perdant sa vitesse. Il va tendre à voler avec une nouvelle vitesse V_{trim1} plus faible

que celle à laquelle vous veniez de le compenser en palier V_{trim0} . Plusieurs scénarios possibles :

- Si vous tentez de voler en maintenant $V = V_{trim0}$, vous devez appliquer un effort permanent, contenu toutefois dans des limites des règles de certification. Les exigences de certification CS-23 et CS-VLA fixent ces valeurs maximales pour toutes les configurations possibles de l'avion.

| | CS-23 | CS-VLA |
|--------|--------|--------|
| Manche | 27 daN | 20 daN |
| Volant | 34 daN | 25 daN |

- Si vous acceptez de voler à V_{trim1} , vous devrez réduire la puissance pour éviter de monter. Si votre appareil était certifié correctement, en atteignant une vitesse de l'ordre de 1,3 V_{S1} , vous devriez ne plus avoir à appliquer d'efforts car rien n'obligeait le constructeur à installer un trim plus puissant.

- Vous pouvez partager les contraintes en choisissant une autre valeur de V comprise entre V_{trim1} et V_{trim0} . Vous vous fatiguerez moins et ne serez pas obligé de voler à trop basse vitesse. Vous ajusterez la puissance nécessaire au vol en palier à cette vitesse plutôt inhabituelle.
- Dans les trois cas, vous êtes dans une situation d'urgence et il vaut mieux rejoindre un aérodrome au plus vite en déclarant une panne. voire lancer un appel « Mayday » si vous estimez que vous aurez des difficultés, vous et votre équipage, à assurer les efforts nécessaires au retour au terrain (voir cas n°1). Si vous êtes deux pilotes à bord, l'un peut assurer l'effort permanent alors que l'autre pilote exécute les manœuvres nécessaires.

• Trim partant vers la position piqué et y restant bloqué (emballement, déroulement de trim, pitch trim runaway). Cas n°1 et 2.

Si vous volez en palier et que le trim se déroule intempestivement vers sa position « à piquer », le manche va partir tout seul en avant et l'appareil va avoir tendance à descendre tout en augmentant sa vitesse. Il va tenter de voler à une vitesse V_{trim2} supérieure à V_{trim0} .

- Si vous pouvez accepter de voler à V_{trim2} , sans retenir le manche, l'appareil va descendre et accélérer jusqu'à V_{trim2} . Mais c'est une situation angoissante que de laisser trop accélérer l'avion et l'on comprend que tous les pilotes cherchent à contrôler la situation en appliquant un effort permanent à tirer sur le manche afin de rester à une vitesse plus proche de celle choisie initialement et inférieure ou égale à VNO . C'est possible car c'est une exigence de certification. Mais pas toujours réalisée sur certains appareils, notamment certains LSA qui ne sont pas soumis à cette exigence. Voir cas n°8.
- Comme précédemment, vous pouvez laisser l'avion atteindre une vitesse plus élevée mais toutefois en exerçant un effort à cabrer permanent au manche. Cas intermédiaire entre V_{trim} qui est devenue excessive et la vitesse de palier à laquelle vous n'avez plus pu compenser l'appareil.
- Vous êtes dans une situation d'urgence surtout si vous ne pouvez maintenir le palier avec un effort à cabrer acceptable. Mais, contrairement à certaines idées reçues, ce n'est qu'en acceptant de laisser augmenter un peu la vitesse que vous diminuerez l'effort à cabrer au manche.

3. Les efforts au manche, appareil non compensable, trim bloqué. Figure 3.

Ils ne dépendent pratiquement pas de la puissance, mais seulement :

- de la vitesse ;
- de la configuration de l'avion (volets, train, centrage) ;

Figure 3.

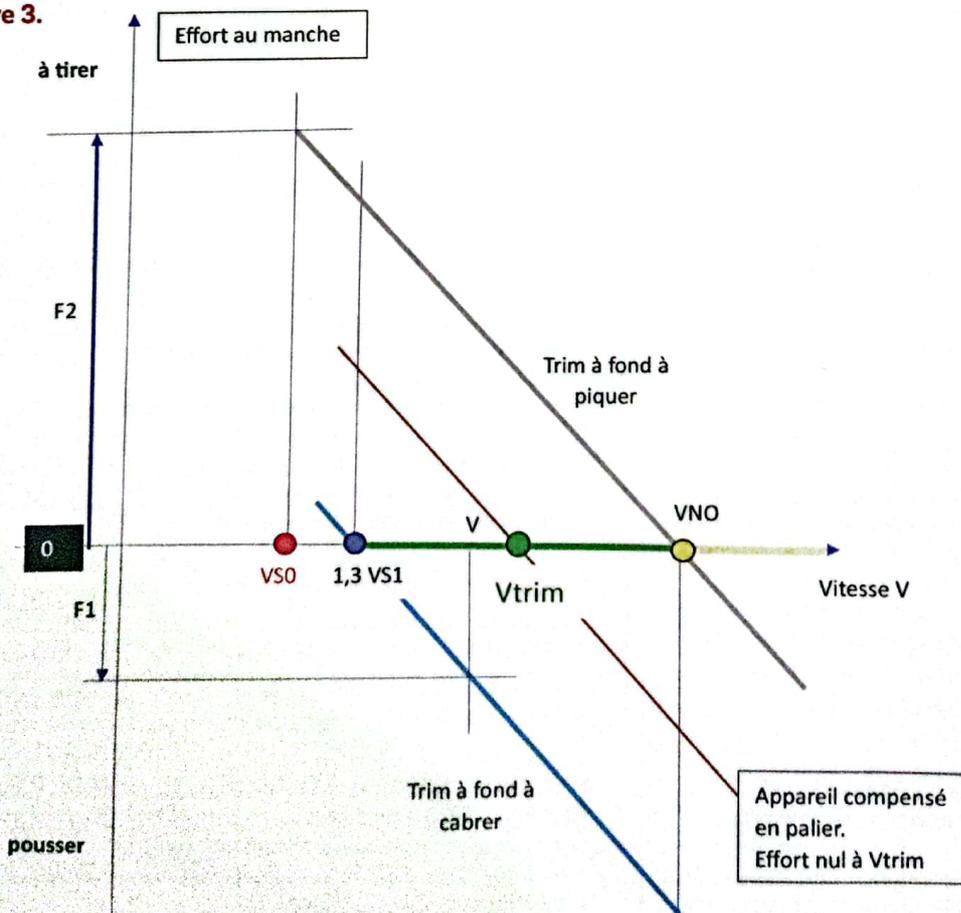


Figure 3. Lois effort/vitesse dans le domaine de vitesses à compenser réglementairement⁽¹⁾, par exemple (1,3 VS1 ; VNO), au centrage maximum avant autorisé. Dans ce cas la pente des efforts $\Delta F/\Delta V$ est maximale. Les efforts à appliquer en cas de déroulement de trim seraient maximaux. Par exemple :

- trim braqué à fond à cabrer (droite bleue), il faut appliquer la force $F1$ à pousser au manche pour voler à une vitesse quelconque V telle que $1,3 VS1 < V < V_{trim}$;
 - trim braqué à fond à piquer (droite grise,) il faut appliquer la force $F2$ à tirer au manche pour parvenir à atterrir à une vitesse proche de VS , non réglementairement couverte par la plage verte des vitesses à compenser.
- Le schéma ($F2 > F1$) montre que le cas est généralement plus critique que celui du trim déroulé à fond à cabrer. Quoi qu'il en soit $F1$ ou $F2$ ne devraient pas dépasser les valeurs du tableau précédent.
- Pour un centrage moins avant, le schéma est identique. Les pentes des efforts $\Delta F/\Delta V$ sont alors plus faibles que le centrage plus arrière.

(1) Voir détails en CS-23, en CS-VLA, en CS-25

C. Conseils, recommandations, mesures à appliquer en cas de panne de trim, trim bloqué ou trim parti en butée à cabrer ou à piquer

1. Mesures préventives

- Découvrez au sol la technologie du compensateur. Examinez son mouvement surtout quand il est commandé par un servomoteur. Le cas n°8 montre comment la méconnaissance de la course réelle du trim commandé depuis la cabine a perturbé un pilote au point de le persuader qu'il était en panne de trim et l'a conduit à une arrivée chaotique en se déclarant en panne.
- Pour un compensateur électrique, repérez le breaker de trim et apprenez à le disjoncter. Ne jamais le réenclencher si on réussit à interrompre la course intempestive en disjonctant.
- Si la commande de trim passe par le pilote automatique, vous risquez d'être confronté à des systèmes très différents d'un appareil à l'autre. Soyez certain d'en connaître le fonctionnement, notamment en situation dégradée. Informez-vous sur la logique de repositionnement du trim quand vous désengagez le pilote automatique. L'avion est-il compensé ou non ?
- En vol, de préférence avec un instructeur, il sera toujours très formateur de dérégler le trim, à cabrer ou à piquer, même très légèrement afin de ressentir physiquement l'intensité des efforts auxquels vous seriez confronté en cas de problème lié au trim. Vérifiez s'ils restent bien en-deçà des maxims exigés par la réglementation (1 daN # 1 kg Force). Remarquez que chaque position du trim correspond à une vitesse, et une seule. Manche libre c'est Vtrim.

2. Traitements d'une panne de trim, notamment d'un déroulement intempestif

2.1 En croisière. Figure 4.

- Si les efforts sont anormalement élevés et que vous identifiez une panne de trim, essayez de forcer le dispositif s'il est mécanique (molette, levier...). S'il est électrique, disjonctez au plus vite et ne cherchez plus à remettre le trim en fonction sous peine d'aggraver le fonctionnement et d'augmenter le niveau d'effort à appliquer continument.
- Faites part de vos difficultés au contrôle en évaluant la situation qui peut être une simple panne (PAN-PAN) ou un cas de détresse « Mayday ». Demandez à raccourcir au maximum votre trajectoire d'arrivée afin de ne pas épuiser vos muscles si l'effort est trop intense.
- En fin de vol, redoutez les basses vitesses si le trim est parti en butée, à piquer et si vous êtes centré avant. Pour arrondir, l'effort sera important. Conduisez votre arrivée en choisissant une vitesse la plus proche de Vtrim qui vous est imposée par la panne. Cette situation est la plus critique (cas n°1).

Suite 

boutique.aero
VOTRE BOUTIQUE AÉRONAUTIQUE !

INFO !
 Entrée en vigueur des éditions 2024 des cartes aéronautiques françaises le jeudi 18 avril 2024.

BD Black squaw
 Livre La Patrouille de France : 70 ans d'excellence
 Manuels de pilotage
 Check-list Preciflight 14.70 €
 Casques APcom à partir de 149.95 €
 Casques David Clark à partir de 349.00 €
 GPS portables GARMIN à partir de 989.00 €
 Planchettes de vol Aviation Passion, Dimatex, Jeppesen, ASA à partir de 9.95 €
 Sacs de vol Lightspeed à partir de 379.00 €
 Blouson pilote US type « bombers » 49.95 €
 Sweat-shirts avec capuche à partir de 34.95 €
 Hélices en bois Authentic Models à partir de 165.00 €
 Montre Patrouille de France Athos 7 - Boîtier acier cadran bleu, bracelet acier 199.00 €
 Lunettes de soleil American Optical à partir de 249.00 €
 Plaques décoratives en métal à partir de 34.95 €
 Maquette bois Robin DR400 198.00 €
 Porte-clés brodés plusieurs modèles disponibles à partir de 3.50 €
 Aero'Dej
 RÉJONCÉZ-NOUS À VILLEFRANCHE DE ROUERGUE
 Porte-clés Aviation Tag à partir de 19.95 €

Documents et illustrations non contractuels - Prix indicatifs en TTC hors frais de port et d'emballage, valables jusqu'au 31 avril 2024 dans la limite des stocks disponibles.

boutique.aero
 6 allée Henry Pottas
 Zone d'Aviation d'Affaires et de Fret
 31700 BLAGNAC - FRANCE

Commandes et conseils
 Tél : + 33 (0) 534.605.604
 E-mail : support@boutique.aero
 (à propos d'une commande ou d'un produit)

Commandez en ligne sur www.boutique.aero

Paiement sécurisé par carte bancaire, virement ou chèque.

Figure 4. Traitement d'une panne de trim en croisière ou en palier.

Au départ l'appareil est compensé à V_{trim0} , le volet de trim est braqué à $\alpha 0$

1. Départ en butée à piquer (gouverne jaune) : si le volet de trim part intempestivement en butée de $\alpha 0$ vers $\alpha 1$ (davantage à piquer), V_{trim0} devient V_{trim1} . Pour maintenir le palier, le pilote doit appliquer un effort au manche pour ramener la gouverne de profondeur au braquage 0. S'il lâche le manche, le volet de trim entraîne la gouverne de profondeur au braquage 1. L'avion descend et se stabilise au vario 1 (négatif).

Si le pilote augmente la puissance, le vario deviendra nul pour la puissance $P1$. Attention à ne pas dépasser la VNE !

Toutefois les règles de certification exigent que l'effort ne devrait pas dépasser les valeurs de la grille pour rester à V_{trim1} et que même manche libre on ne devrait pas dépasser VNO.

2. Départ en butée à cabrer (gouverne bleue), le trim part à $\alpha 2$: le pilote doit pousser le manche pour maintenir le palier. S'il lâche le manche, la vitesse va décroître jusqu'à V_{trim2} . L'appareil monte et se stabilise au vario 2

2.2 En descente et en finale. Figure 5.

Même stratégie de recherche d'une vitesse acceptable pour vos muscles tout en évitant d'atteindre, selon que le trim se déroule à cabrer ou à piquer, les vitesses inconfortables des limites du domaine de vol. Voler le plus longtemps à V_{trim} imposée par la panne de trim réduira le temps d'application des efforts

Figure 5. Traitement de la panne de trim en descente.

1. Remarquez qu'il existe une large plage de vitesse (vert foncé) où la pente de descente ne dépend pas trop de la vitesse. Dans cette plage, vous ne devriez pas être préoccupé, pour maintenir la pente, par le maintien de la vitesse. Il peut être assuré par une position quasi fixe du manche (moins de fatigue musculaire) quel que soit le dérèglement du trim.

2. Une fois la vitesse optimale (effort mini) trouvée, en bloquant le manche, l'avion descendra à vitesse fixe comme le petit avion à moteur à caoutchouc (empennage arrière fixe) quand il n'a plus de puissance.

3. La puissance permettra seule d'ajuster la pente sans trop d'action (fatigue moindre) au manche.

4. Après avoir exécuté l'approche et la finale à une vitesse imposée par le trim dérèglé - donc qui n'est pas celle normalement requise pour une approche standard - il faudra par exemple penser à ralentir (en cas de trim en butée à piquer par exemple) assez tôt pour pouvoir atterrir en réduisant la puissance et en tirant progressivement le

(positif). Attention à la proximité de VS !

Si le pilote réduit la puissance à $P2$, le vario devient nul et l'appareil est compensé sans effort au manche à V_{trim2} .

3. Dans les deux cas, des solutions intermédiaires laissant la vitesse partir vers V_{trim} mais sans l'atteindre permettront de réduire l'effort au manche tout en restant à une vitesse moins proche des limites du domaine de vol. Sachez bien où est V_{trim} par rapport à la vitesse actuelle.

musculaires, dont vous réserverez le potentiel aux manœuvres plus délicates de l'atterrissage. Procéder deux à trois minutes auparavant, vous permettra de rentrer dans la boucle du pilotage avec efforts parasites sans être trop fatigué. Voir *Info-Pilote* n°790 de janvier 2022 « Restez dans la boucle ».

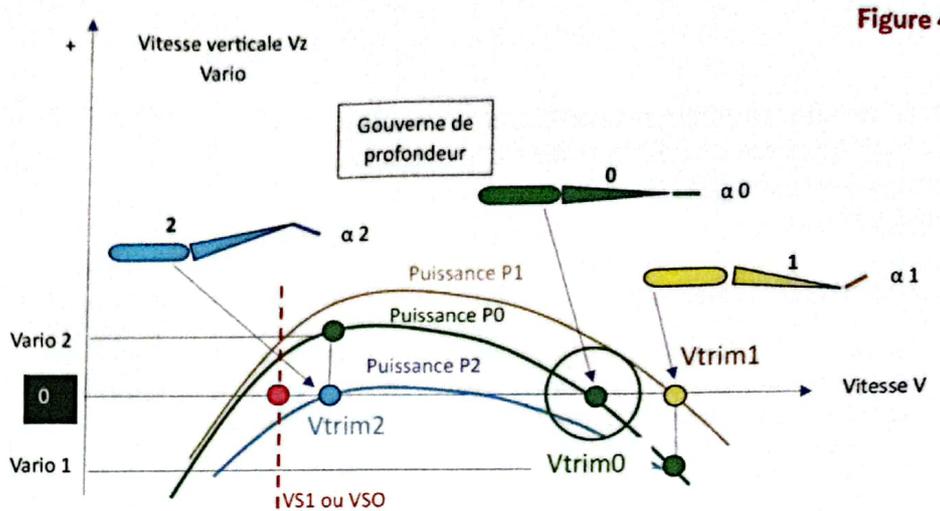


Figure 4.

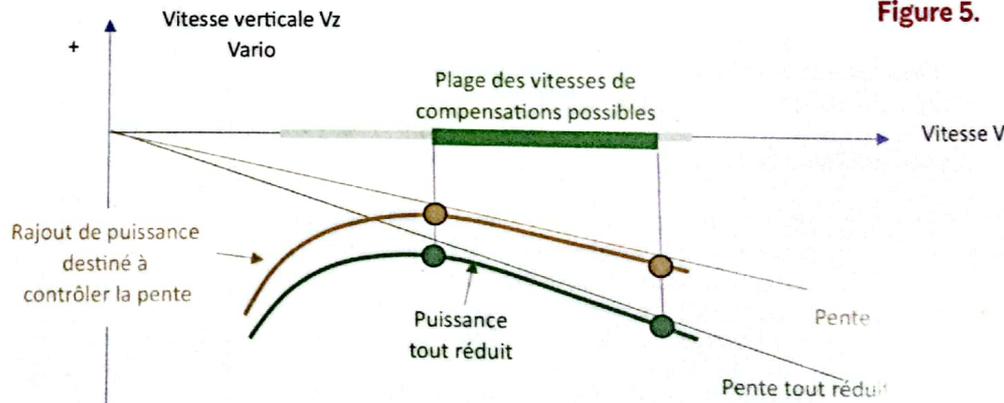


Figure 5.

manche pour rester sur le plan. Vous minimiserez ainsi la durée d'application de l'effort à cabrer de toute façon indispensable pour tenir l'appareil aux faibles vitesses.

5. En cas de trim en butée à cabrer, on se rapproche des braquages de la finale, donc moins de dérèglement de trim, donc moins d'efforts permanents à appliquer.

Références, lectures : • *Info-Pilote* n°620 de novembre 2007 « Compensateur de profondeur bloqué »

• *Info-Pilote* n°707 de février 2015 « Pente et vitesse en finale »

• *Info-Pilote* n°744 de mars 2018 « Le trim »

• Vidéo sur le déroulement de trim produite par le CNFAS : <https://www.youtube.com/watch?v=aLhU-nXi4Yc>