



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

Les dangers du centrage arrière

LE CHANGEMENT DE CENTRAGE D'UN APPAREIL ENTRAÎNE UN COMPORTEMENT QUI PEUT SURPRENDRE LE PILOTE. ZOOM SUR DIX ACCIDENTS SIGNIFICATIFS ET SUR LES DIFFICULTÉS OBSERVÉES À STABILISER L'AVION.

Les manuels d'instruction au pilotage sensibilisent les futurs pilotes au changement de comportement d'un appareil selon qu'il soit centré plutôt avant, au milieu de la plage de centrage, ou plutôt arrière. Malheureusement des accidents récents montrent combien des pilotes ont été surpris en passant d'un appareil centré au milieu de la plage de centrage (25 % de la corde de l'aile) ou plutôt avant (autour de 18 à 20 %), à un appareil centré arrière (30 % et plus). Avec la plupart des quadriplaces-école la formation se fait plutôt en, centrage milieu, avec deux ou trois personnes à bord. Mais dès qu'on part en voyage à quatre, plus les bagages, on se retrouve sans transition plutôt centré arrière. En général les écoles et les aéroclubs forment les jeunes pilotes et les obligent à faire quelques vols « en charge » avec instructeur, c'est-à-dire appareil au voisinage de sa masse maxi autorisée et centré près de la limite arrière. Les exemples qui suivent montrent que la formation n'a pas toujours été suivie ou pas toujours bien assimilée. A noter que les deux centrages hors limite pris parmi les exemples qui suivent (limite arrière dépassée) sont contributifs des deux accidents mortels de la liste.

A. Dix exemples d'accidents, dont deux récents, dans lesquels le centrage a joué un rôle : soit facteur contributif, soit facteur principal

1. Accident d'un DR400 au décollage (lien #1 sur notre site)

L'élève applique une action à cabrer trop ample lors du décollage ce qui provoque une incidence proche de l'incidence de décrochage. L'appareil était centré plus arrière que d'habitude, l'élève a mal dosé son action. Trop près du sol, l'instructeur n'a rien pu faire d'autre, une fois l'appareil au second régime, que de se reposer sans pouvoir contrôler l'arrondi. Sur un DR400 centré arrière (+ deux passagers) l'action

nécessaire à la rotation est si peu ample que même un élève prévenu peut la surdoser facilement.

2. Accident d'un TB-9 en montée (lien #2 sur notre site)

Le BEA a calculé que l'appareil était en surcharge et centré plus arrière que la limite arrière. Ainsi il devait être difficile à piloter. Préoccupé par le franchissement d'une couche nuageuse que les faibles performances de l'appareil surchargé ne permettaient pas d'éviter facilement, le pilote a perdu le contrôle dès que les conditions de visibilité ne lui permettaient plus de stabiliser un appareil difficile à piloter en tangage. Un probable passage en IMC, aux commandes d'un appareil qui a perdu ses qualités de vol, a achevé le scénario déjà

mal engagé. L'avion heurte le sol, l'accident fait cinq morts.

3. Accident d'un DR400 au cours d'une remise de gaz (lien #3 sur notre site)

L'appareil est lourd et centré arrière. Suite à des rebonds à l'atterrissage, le pilote décide d'effectuer une remise de gaz. Les volets en position atterrissage et l'appareil centré arrière ont compliqué la tâche du pilote qui n'a pas réussi à prendre de la hauteur et s'est enfoncé à plat jusque dans les arbres. A noter que d'après le règlement du club, le pilote n'aurait pas dû être commandant de bord sur cet appareil sur lequel il n'avait jamais volé et qu'il utilisait pour la première fois avec quatre personnes à bord et centré arrière.

4. Accident d'un DR400 au décollage (lien #4 sur notre site)

L'avion subit une rafale au décollage. Malgré ses efforts, le pilote ne parvient pas à corriger les embardees en tangage et en roulis. L'avion était centré arrière, ce qui a probablement accru les difficultés du pilote pour contrôler les écarts en tangage.

5. Accident d'un DR400 à l'atterrissage (lien #5 sur notre site)

Le pilote qui n'avait pas l'habitude de piloter l'appareil, à

sa masse maxi et centré arrière, dose mal la manœuvre d'arrondi qu'il effectue trop haut. L'appareil décroche et rebondit. Il est fortement endommagé.

6. Accident d'un DR400 au décollage (lien #6 sur notre site)

Le pilote qui pilotait pour la première fois l'appareil à sa masse maxi et centré arrière perd le contrôle lors du décollage. Après plusieurs oscillations en tangage dont l'amplitude s'aggrave l'avion finit par décrocher et heurte le sol. Un passager est blessé, l'avion est détruit.

7. Accident d'un DR221 (train classique) lors de la phase de roulement à l'atterrissage (lien #7 sur notre site)

Le contrôle de la trajectoire au sol d'un appareil à train classique est d'autant plus délicat (instable en lacet, commande plus sensible) que l'appareil est centré plus en arrière. Un pilote habitué à un appareil centré plus avant découvrira un comportement très différent qu'il lui sera difficile de maîtriser sans un bon entraînement.

8. Accident d'un DR400 à l'atterrissage (lien #8 sur notre site)

La perte de contrôle est probablement due à un verrouillage du train avant à cause du centrage plus arrière que

SÉCURITÉ

| Date | Avion | Circonstances | Centrage | Conséquences |
|------|----------------|--|------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | DR400 | Perte de contrôle au décollage | Plutôt arrière | Appareil fortement endommagé |
| 2 | 23/08/09 TB-9 | Perte de contrôle en montée | Au-delà de la limite arrière | 5 morts, appareil détruit |
| 3 | 25/06/10 DR400 | Perte de contrôle en remise de gaz | Plutôt arrière | Appareil détruit |
| 4 | 16/07/10 DR400 | Perte de contrôle au décollage | Plutôt arrière | Appareil endommagé |
| 5 | 26/06/11 DR400 | Arrondi mal maîtrisé | Plutôt arrière | Appareil endommagé |
| 6 | 02/07/11 DR400 | Perte de contrôle au décollage | Plutôt arrière | Un passager blessé, appareil détruit |
| 7 | 05/08/11 DR221 | Perte de contrôle lors du roulement | Plutôt arrière | Fuselage fortement endommagé |
| 8 | 31/08/12 DR400 | Perte de contrôle lors du roulement à l'atterrissage | Plutôt arrière | Train avant et hélice endommagés |
| 9 | 12/09/17 DA42 | Perte de contrôle en approche | Au-delà de la limite arrière | 4 morts, avion détruit |
| 10 | 08/08/19 D140 | Perte de contrôle au décollage | Plutôt arrière | Appareil fortement endommagé |

d'habitude. Sur DR400, le centrage arrière peut déléster la roulette de nez, et empêcher le pilote de retrouver l'usage directionnel du train avant, s'il ne pense pas à comprimer l'amortisseur avant par une action à piquer dès que l'appareil roule (voir *Info-Pilote* n°715 d'octobre 2015). A noter que sur appareil à train tricycle la difficulté du contrôle du cap lors du roulement au décollage ou à l'atterrissage est moindre que sur un appareil à train classique. Cependant le centrage influe sur la stabilité du roulement ce qui pourrait expliquer le louvoiement constaté par le passager en place arrière.

9. Accident d'un DA42 en approche, en atmosphère agitée (lien #9 sur notre site)

Le centrage était très en arrière de la limite arrière fixée par le constructeur. Le pilote relativement peu expérimenté a été confronté aux difficultés de contrôler un appareil instable en atmosphère très agitée. Malgré le dispositif ESP (« Electronic Stability and Protection system »), dont on ignore s'il était actif au moment de la perte de contrôle, le pilote n'a pas pu empêcher l'avion de s'installer sur une trajectoire descendante (piqué, vrille, décrochage?) et de heurter le sol avec une assiette relativement faible mais une vitesse de chute estimée à -3000 ft/min. L'accident a fait quatre morts.

10. Accident d'un D140 au décollage (lien #10 sur notre site)

Le centrage plus arrière que d'habitude, avec deux passagers sur la banquette arrière, a contribué à la perte de contrôle au décollage. Le réglage du compensateur de profondeur n'était pas conforme au centrage plus arrière et a dû générer des efforts au manche inhabituels. La plus grande instabilité en lacet, en centrage arrière, a probablement joué un rôle dans la perte de contrôle qui s'est poursuivie jusqu'au cheval de bois.

B. Un peu de mécanique du vol

A des degrés divers, les pilotes impliqués dans les dix accidents ont tous été surpris par une différence de comportement de leur appareil. Il semblerait que pour la plupart d'entre eux ils passaient pour la première fois d'un appareil habituellement centré au milieu de la plage de centrage à un appareil centré beaucoup plus en arrière. Pour huit d'entre eux, l'appareil aurait pu être pilotable mais les pilotes ne possédaient pas l'expérience et l'entraînement nécessaires au dosage des commandes, soit pour la commande de profondeur, soit pour la commande de lacet lors du roulement au sol. Pour deux autres cas, le centrage était au-delà de la limite arrière et il était de ce fait impossible de stabiliser un appareil devenu quasi

« impilotable » dans un environnement plutôt déstabilisant (mauvaise visibilité, atmosphère très turbulente).

1. Amplitude nécessaire au manche en fonction du centrage pour une même variation d'incidence (ou d'assiette) (voir figure 1)
2. Variation d'incidence (ou d'assiette) pour une même amplitude au manche (voir figure 2)

Les deux schémas (figure 1 et figure 2) expliquent les pertes de contrôle des cas 1, 3, 4, 5, 6 et 10. Les appareils étaient dans les limites de centrage admises par le constructeur mais centrés plus arrière que d'habitude. Le pilote éduqué à des dosages plus amples à la profondeur n'a pas eu le temps de s'adapter à une nouvelle amplitude qui aurait dû être d'autant plus réduite que le centrage était plus arrière.

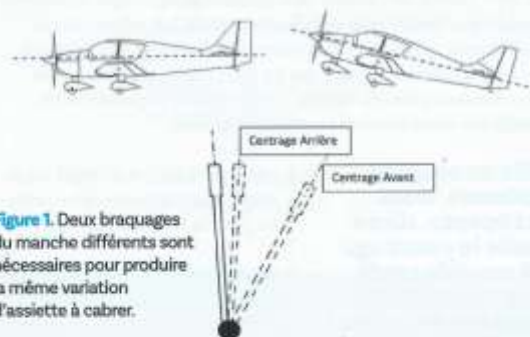
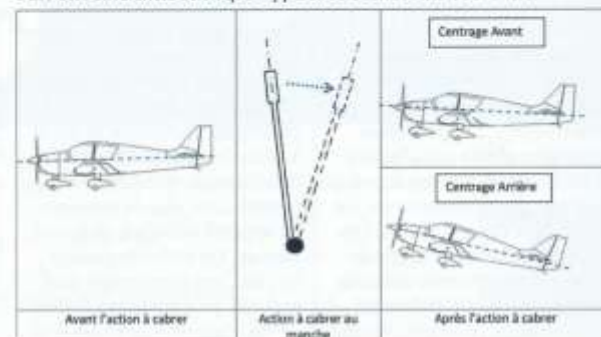


Figure 1. Deux braquages du manche différents sont nécessaires pour produire la même variation d'assiette à cabrer.

Figure 2. Le même braquage du manche (ici à cabrer) produit deux variations d'assiette différentes selon que l'appareil soit centré Avant ou Arrière.



D'où les surcompensations qui ont produit les pertes de contrôle au voisinage du sol.

3. Limite de stabilité en incidence, notion de « foyer avion » ou « point neutre »

Les schémas simplifiés ci-dessus concernent la zone de centrage autorisée par le constructeur. Plus en avant ou plus en arrière, les réactions de l'avion deviennent difficiles à contrôler :

- Plus en avant l'avion est difficile à manœuvrer longitudinalement. Une fois en vol, s'il réussit à décoller, il devient hyperstable, donc peu manœuvrable, et posera de réels problèmes à l'atterrissage où la pleine amplitude à cabrer du manche sera insuffisante pour réaliser un arrondi correct.

- Plus arrière qu'un point caractéristique appelé « foyer avion », l'appareil est instable

et nécessite des corrections permanentes à la profondeur (et même parfois à la direction) pour conserver une incidence constante. Si les corrections sont habilement appliquées par le pilote il peut réussir à conserver un vol à peu près stabilisé. Mais en condition de mauvaise visibilité (cas n° 2) ou en atmosphère agitée (cas n° 9), le pilote finira par perdre le contrôle de l'appareil. Il s'engagera, soit en piqué la commande de profondeur étant hors domaine d'efficacité, soit il décrochera sans que le pilote, manche à fond en avant, ne puisse ramener l'incidence à des valeurs normales.

- Stabilité en lacet. Elle est très sensible lors du roulement sur les appareils à train classique. Un appareil centré plus arrière que d'habitude sera plus difficile à contrôler au sol, le pilote devant appliquer de constantes corrections à la

SÉCURITÉ

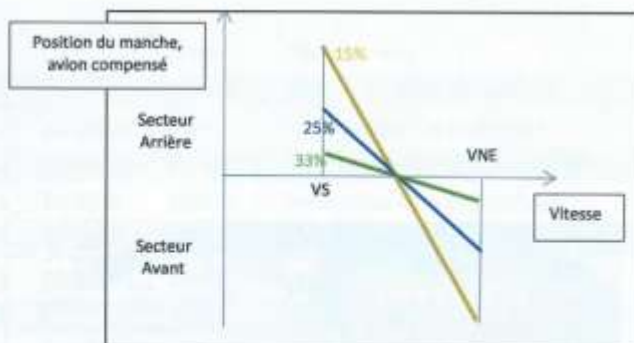
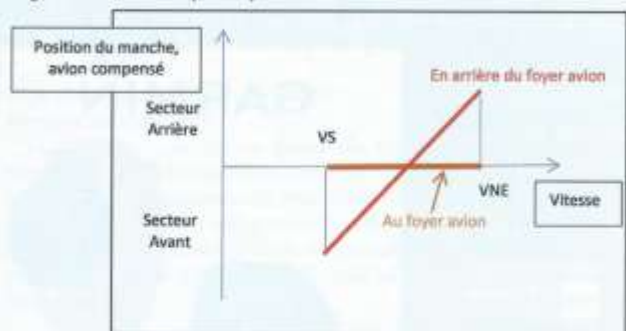


Figure 3 (ci-dessus). Position du manche, avion compensé vitesse stabilisée, pour 3 centrages différents : 15 %, 25 % et 33 %

On remarque que dans le domaine de vitesse (VS, VNE) l'amplitude du manche pour maintenir l'avion à la vitesse choisie est d'autant plus grande que le centrage est plus avant. Vitesse et incidence étant liées, la remarque est compatible avec les constatations des figures 1 et 2. L'avion est stable tant que la pente de ces courbes, proches de droites, est descendante. Pour empêcher l'avion de monter on pousse à grande vitesse, pour l'empêcher de descendre on tire à basse vitesse. Manche lâché l'avion retrouve toujours la même vitesse liée à la position du trim (Vtrim). L'équilibre longitudinal est stable.

Figure 4 (ci-dessous). Position du manche, avion impossible à compenser, requise pour stabiliser la vitesse pour 2 centrages différents : au foyer avion (autour de 40 % sur la plupart des avions classiques) et en arrière du foyer

• Avion centré au foyer : la même position du manche est requise pour toutes les vitesses du domaine (VS, VNE). L'équilibre longitudinal est indifférent. L'avion n'ayant pas de stabilité propre requiert un pilotage longitudinal permanent.
• Avion centré en arrière du foyer : la loi entre la position du manche et la vitesse est inversée par rapport à un centrage correct. Ainsi plus l'avion prend de la vitesse, plus il nécessite que le pilote tire le manche en secteur arrière pour le stabiliser. Mais une fois le manche en butée arrière, le pilote est impuissant à empêcher l'avion de continuer à accélérer jusqu'au piqué final. Inversement si l'avion ralentit le pilote devra pousser le manche en avant pour tenter de stabiliser la vitesse. Une fois le manche en butée avant, rien ne s'opposera au décrochage. D'où les pertes de contrôle en atmosphère agitée et en centrage trop arrière. Manche lâché, la vitesse varie (augmente ou diminue). Si une correction n'est pas appliquée aussitôt l'appareil part en piqué ou décélère jusqu'au décrochage. L'équilibre longitudinal est instable (cas n°9).



direction afin de corriger en permanence les écarts de cap (cas n° 7 et cas n° 8). De même en vol, le recul excessif du centre de gravité pourra rendre un appareil instable en lacet. Le mécanisme est identique à l'instabilité en tangage. On peut parler de « foyer de lacet ». Sur les appareils correctement

étudiés, les surfaces des empennages, horizontal et vertical, qui déterminent la position des deux foyers sont calculées de telle manière que les deux soient situés au même endroit. Rien ne servirait en effet d'avoir un appareil trop stable en lacet (stable donc moins manœuvrable) s'il était instable

en tangage. D'où la nécessité d'avoir le centre de gravité toujours en avant du foyer avion.

4. Limite de stabilité en vitesse liée au centrage, position du manche dans tout le domaine de vitesse

- Pour les centrages admissibles, par exemple 15 à 33 % (voir figure 3)
- Pour les centrages au foyer avion et plus en arrière (voir figure 4)

C. Recommandations

- 1 Respecter la plage de centrage du constructeur est un acte vital lors de la préparation du vol.
- 2 Si l'on a peu d'expérience on ne part pas avec un appareil centré vers sa limite arrière sans avoir effectué un contrôle en vol dans les mêmes conditions de chargement. Un appareil centré vers sa limite arrière nécessite une nouvelle éducation des réflexes pour le contrôle longitudinal et souvent pour le contrôle en lacet au sol.
- 3 Un avion qui nécessite peu d'amplitude de manche dans tout son domaine de vol est peut-être centré plus en arrière qu'on ne l'a calculé. Il mérite une attention accrue lors des évolutions normales.
- 4 Un manche qui paraît peu homogène, entre la manœuvre des ailerons et l'action à la profondeur (ailerons qui paraissent durs par rapport au manche qu'on manœuvre sans effort et qui nécessite peu d'amplitude), peut laisser soupçonner un centrage excessivement arrière.
- 5 Par rapport au foyer avion, le constructeur impose toujours une marge de sécurité (définie par la marge statique, distance entre le centrage et le foyer). Par exemple foyer à 40 %, limite arrière à 33 %, marge 7 %. Pas question de la grignoter car elle vous protège d'autres risques comme celui de la perte de contrôle en lacet, de l'impossibilité de sortir de vrille, d'un pilotage trop nerveux qui risquerait de provoquer des facteurs de charge inconfortables, voire prohibitifs et aux limites du domaine de vol.

Des appareils légers comme le DR400 et qui peuvent emporter une charge relativement plus élevée que des appareils de même catégorie sont davantage susceptibles de subir de grandes variations de la position du centre de gravité. Notamment d'être chargés vers la limite arrière.

REX du mois : n°3 de 2003 §1

« Quand le pilote est aligné et prêt à décoller, je jette un coup d'œil rapide : portes, volets, compensateur, sélecteur carburant, pompe électrique, magnétos. Le pilote met la puissance et l'avion accélère pour le décollage. C'est alors qu'un passager me tape sur l'épaule pour me demander un renseignement. Je me retourne pour écouter sa question et lui répondre. Pendant ce temps, le pilote annonce la vitesse lue et effectue la rotation. L'avion prend alors une très forte assiette à cabrer, l'avertisseur de décrochage retentit. Je reviens promptement vers l'avant. Le pilote tente de contrôler l'assiette, mais les corrections ne sont pas adaptées et l'avion oscille en tangage avec une amplitude qui semble croissante. Je bloque vivement le manche dans une position intermédiaire. L'avion se stabilise. Il accélère ensuite en effet de sol et poursuit sa montée. Les passagers se taisent sans manifester d'inquiétude. Les deux ou trois oscillations n'ont duré que quelques secondes. Le reste du vol se déroule comme prévu. Les passagers sont heureux de leur voyage. Un débriefing complet s'impose avant de déclarer le pilote "lâché". En effet, il lui a semblé que la commande de profondeur était partie brusquement vers l'arrière. Je lui ai expliqué que, lors du vol précédent, nous étions seulement deux à bord, l'avion, léger et centré avant, était stable et peu maniable. Ainsi, au décollage, l'effort au manche pouvait être important. Pour ce deuxième vol, la situation était opposée : l'avion, lourd et centré arrière, était relativement instable et très sensible aux efforts sur le manche : une pression de très faible intensité provoque un changement d'assiette important, sans qu'il y ait un retour d'effort notable. Nous avons alors évoqué le réglage du compensateur au décollage. Par ailleurs, ce vol a beaucoup enrichi mon expérience d'instructeur. »