

Devis de masse et de centrage.

Le devis de masse et de centrage est un des sujets qui doivent être contrôlés avant tout vol.

Dans les aéroclubs, en plus des diagrammes qui se trouvent dans tous les manuels de vols des avions, les chefs-pilotes ou les instructeurs diffusent souvent des règles pratiques simplifiées. Ces règles (a priori plus restrictives et donc dégageant les marges de sécurité supplémentaires) permettent de s'assurer rapidement que le chargement de l'avion est sûr.

Car en plus de toutes les conséquences juridiques possibles, un chargement incorrect a des conséquences directes sur la sécurité de l'équipage et des populations survolées.

1/ Une masse excessive diminue les performances de l'appareil, en particulier au décollage et en montée, et augmente les contraintes sur la structure dont les facteurs de charge limites se trouvent réduits de fait. La fatigue de la structure qui en résulte peut être à l'origine de ruptures en vol.

2/ Un centrage trop « avant » diminue les performances de l'appareil, car l'empennage horizontal doit produire une déportance importante, qui augmente la trainée, et la charge de l'aile. En plus d'un trim positionné très « à cabrer », cela se traduit par une vitesse d'atterrissage plus importante à cause de l'impossibilité d'arrondir à faible vitesse. (Sur un avion de configuration « canard » le phénomène est un peu différent, mais les conséquences pratiques sont très proches).

3/ Un centrage trop « arrière » ne diminue pas les performances de l'appareil. Au contraire, elle aurait tendance à les augmenter car l'empennage horizontal doit produire une déportance très faible (voire une portance), et la charge de l'aile en est diminuée, ainsi que la trainée. En plus d'un trim positionné très « à piquer », l'avion est moins stable en tangage (voire franchement instable) ce qui le rend difficile à piloter. La vitesse d'atterrissage est également plus importante à cause de l'impossibilité de contrôler l'assiette de l'avion sans un soufflage suffisant de l'empennage. Mais le plus grave, c'est que l'avion devient incapable de sortir du décrochage et de la vrille. Éventuellement favorable pour la manœuvrabilité d'un avion de chasse piloté à travers un système de commande qui le rend artificiellement stable (et muni d'un siège éjectable !) Le centrage « arrière » est totalement proscrit pour un avion léger ! (Sur un avion de configuration « canard » le phénomène est un peu différent, mais les conséquences pratiques sont très proches – En cas de centrage arrière, le décrochage d'un avion canard est non seulement possible, mais particulièrement brutal !).

Le devis de masse et de centrage est donc soigneusement vérifié avant le décollage avec les conditions de chargement... Est-ce suffisant ? **Et bien non !**

L'exemple suivant illustre le problème.

Soit le Super Diamant 180 HP F-PYQO chargée de la manière suivante :

Premier vol : Deux personnes à bord, pesant chacune 80 kg placées sur les sièges avant ; 30 kg de bagages et les pleins de carburant (155 litres) répartis en 75 litres dans le réservoir avant et 2 fois 40 litres dans les réservoirs d'ailes. Le calcul donne les résultats suivants :

CARBURANT	litres		
Essence Avant (max 75 l)	75		
Essence Ailes (max 80 l)	80		
Essence totale	155		
MASSES et CALCUL	Masses	Bras de levier	Moment
	kg	m	m kg
Passagers avant (max 200 kg)	160	0,450	72
Passagers arrière (max 110 kg)		1,250	0
Bagages (max 110 kg)	30	1,425	42,75
Essence Avant	52,5	-0,275	-14,4375
Essence Ailes	56	0,060	3,36
Avion vide	591	0,350	206,85
Cumul (max 930 kg)	889,5	0,349	310,5225

1/ La masse (889,5kg) est inférieure à la masse maximale (930kg)

2/ Le bras de levier total (0,349m) est bien dans la plage de centrage autorisée (0,27m à 0,48m)

L'avion se pose après trois heures de vol de croisière rapide. Les réservoirs d'aile sont vides et il reste environ 60 litres dans le réservoir avant.

Deuxième vol : Un troisième passager de 80 kg s'installe sur le siège arrière (qui est limité à 110 kg) et 15 kg de bagages supplémentaires sont ajoutés dans la soute (qui est également limitée à 110 kg).

Pour ne pas dépasser la masse maximale, le pilote se contente de compléter le plein du réservoir avant. Le calcul donne les résultats suivants :

CARBURANT	litres		
Essence Avant (max 75 l)	75		
Essence Ailes (max 80 l)	0		
Essence totale	75		
MASSES et CALCUL	Masses	Bras de levier	Moment
	kg	m	m kg
Passagers avant (max 200 kg)	160	0,450	72
Passagers arrière (max 110 kg)	80	1,250	100
Bagages (max 110 kg)	45	1,425	64,125
Essence Avant	52,5	-0,275	-14,4375
Essence Ailes	0	0,060	0
Avion vide	591	0,350	206,85
Cumul (max 930 kg)	928,5	0,462	428,5375

1/ La masse a augmenté (928,5kg) mais est toujours inférieure à la masse maximale (930 kg)

2/ Le bras de levier total (0,462m) est encore dans la plage de centrage autorisée (0,27m à 0,48m)

A première vue, l'avion est correctement chargé et a assez d'essence pour un vol de 400 km parcourus en croisière économique à 100 kt – 24 litres à l'heure.

OR IL NE FAUT PAS EFFECTUER CE VOL !

Pourquoi ? Tout simplement parce que les conditions de chargement de l'avion varient pendant le vol car le moteur consomme du carburant. Dans notre exemple, 52 litres, il restera 23 litres de sécurité à destination.

Ce n'est pas un problème pour la masse qui diminue, et s'éloigne donc de la limite maximale.

Pour le centrage, par contre, le réservoir étant à l'avant, son allègement fait reculer le centre de gravité de l'avion, comme le montre le calcul :

CARBURANT	litres		
Essence Avant (max 75 l)	23		
Essence Ailes (max 80 l)	0		
Essence totale	23		
MASSES et CALCUL	Masses	Bras de levier	Moment
	kg	m	m kg
Passagers avant (max 200 kg)	160	0,450	72
Passagers arrière (max 110 kg)	80	1,250	100
Bagages (max 110 kg)	45	1,425	64,125
Essence Avant	16,1	-0,275	-4,4275
Essence Ailes	0	0,060	0
Avion vide	591	0,350	206,85
Cumul (max 930 kg)	892,1	0,492	438,5475

1/ La masse (892kg) est bien inférieure à la masse maximale (930kg)

2/ Le bras de levier total (0,492m) est sorti de la plage de centrage autorisée (0,27m à 0,48m)

Cet exemple démontre 2 points importants :

- Il faut calculer le centrage dans les conditions de décollage, mais aussi après consommation du carburant, après le vol prévu, et également après la consommation totale du carburant de réserve. Dans notre exemple on arrive à une masse de 876kg, ce qui est correct mais à un bras de levier de 0,506m qui est loin en arrière de la limite arrière (0,48m)...
- Il est préférable de placer les réservoirs au plus près de la plage de centrage autorisé, et éventuellement légèrement en arrière de celle-ci, afin que la variation de centrage dus à la consommation du carburant ait une influence neutre ou favorable sur le centrage.