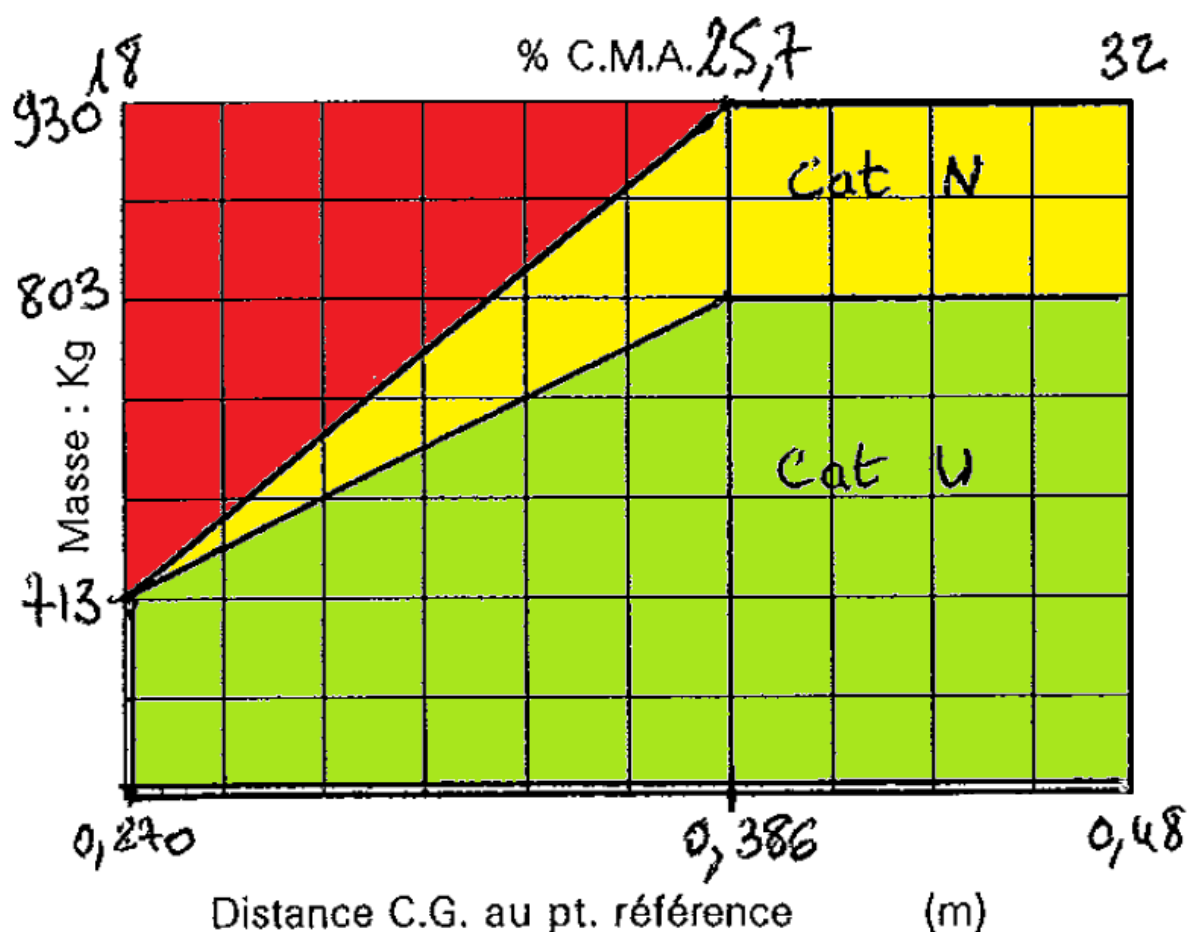


Devis de masse et de centrage - 2.

Le premier chapitre de ce sujet en a laissé plus d'un perplexe... et en tentant de répondre aux questions, j'ai moi-même été atteint par cette perplexité concernant le domaine de centrage du Super-Diamant F-PYQO.

La fiche de pesée contient le diagramme suivant (que j'ai nettoyé et colorié pour plus de clarté).



Les « %CMA » (pourcents de Corde Moyenne de l'Aile) de l'échelle supérieure et leur équivalence en mètre de l'échelle inférieure permettent de calculer que la corde moyenne prise en compte vaut 1,50 m.

Cette valeur correspond en réalité à la corde de la partie rectangulaire, qui est supérieure à la corde moyenne (surface alaire / envergure = $13,3 \text{ m}^2 / 9,2 \text{ m} = 1,446 \text{ m}$.) Mais d'une part cette différence de 54 mm est suffisamment faible pour ne pas poser de problème pour la suite et d'autre part, la mesure s'en trouve considérablement simplifiée.

Il apparaît également que les axes et leurs échelles sont arbitraires et très difficiles à utiliser. Le diagramme a donc servi de base à une feuille Excel qui reprend les calculs des masses et des moments, et qui présente les résultats avec les limitations du diagramme.

L'exemple suivant reprend celui de la fiche de pesée, 3 passagers standard et les pleins d'essence (moins 1 litre consommé au roulage dans le réservoir avant) :

Devis de MASSE-CENTRAGE		Masse	Volume	Bras de levier		Moment
	à renseigner	kg	litres	m	%	m kg
Passagers avant	(max 200 kg)	154	-	0,450	30,0%	69,30
Passagers arrière	(max 110 kg)	77	-	1,250	83,3%	96,25
Bagages	(max 110 kg)	0	-	1,425	95,0%	0,00
Essence Avant	(max 75 l)	51,8	74	-0,275	-18,3%	-14,25
Essence Ailes	(max 2 x 40l)	56	80	0,060	4,0%	3,36
Avion vide		591	-	0,350	23,3%	206,85
Limitations Catégorie U (<803 kg)		803	-	0,27 - 0,48	18% - 32%	-
Limitations Catégorie N (<930 kg)		930				
Résultat		929,8	154	0,389	25,9%	361,52

Le résultat du calcul montre que la masse et la position du centre de gravité sont bien dans la plage autorisée. Autre configuration : pilote de 77 kg seul avec les pleins :

Devis de MASSE-CENTRAGE		Masse	Volume	Bras de levier		Moment
	à renseigner	kg	litres	m	%	m kg
Passagers avant	(max 200 kg)	77	-	0,450	30,0%	34,65
Passagers arrière	(max 110 kg)	0	-	1,250	83,3%	0,00
Bagages	(max 110 kg)	0	-	1,425	95,0%	0,00
Essence Avant	(max 75 l)	52,5	75	-0,275	-18,3%	-14,44
Essence Ailes	(max 2 x 40l)	56	80	0,060	4,0%	3,36
Avion vide		591	-	0,350	23,3%	206,85
Limitations Catégorie U (<803 kg)		734	-	0,27 - 0,48	18% - 32%	-
Limitations Catégorie N (<930 kg)		764				
Résultat		776,2	155	0,297	19,8%	230,42

Centrage avant

Cette configuration, qui a priori n'aurait pas du poser de problème, fait apparaître le message d'alerte « centrage avant » dans la mesure où avec une position du centre de gravité de 19,8% de la corde, la limite de masse autorisée tombe à 764 kg, douze kilos de moins que la masse calculée. Pour « rentrer dans les clous », il suffirait que le centre de gravité recule, d'où le libellé de l'alarme. D'ailleurs, en ajoutant 10 kg dans la soute à bagage, on obtient une solution correcte :

Devis de MASSE-CENTRAGE		Masse	Volume	Bras de levier		Moment
	à renseigner	kg	litres	m	%	m kg
Passagers avant	(max 200 kg)	77	-	0,450	30,0%	34,65
Passagers arrière	(max 110 kg)	0	-	1,250	83,3%	0,00
Bagages	(max 110 kg)	10	-	1,425	95,0%	14,25
Essence Avant	(max 75 l)	52,5	75	-0,275	-18,3%	-14,44
Essence Ailes	(max 2 x 40l)	56	80	0,060	4,0%	3,36
Avion vide		591	-	0,350	23,3%	206,85
Limitations Catégorie U (<803 kg)		745	-	0,27 - 0,48	18% - 32%	-
Limitations Catégorie N (<930 kg)		790				
Résultat		786,5	155	0,311	20,7%	244,67

Avec deux personnes à bord (2 x 77 kg à l'avant), on rencontre le même problème :

Devis de MASSE-CENTRAGE		Masse	Volume	Bras de levier		Moment
	à renseigner	kg	litres	m	%	m kg
Passagers avant	(max 200 kg)	154	-	0,450	30,0%	69,30
Passagers arrière	(max 110 kg)	0	-	1,250	83,3%	0,00
Bagages	(max 110 kg)	0	-	1,425	95,0%	0,00
Essence Avant	(max 75 l)	52,5	75	-0,275	-18,3%	-14,44
Essence Ailes	(max 2 x 40l)	56	80	0,060	4,0%	3,36
Avion vide		591	-	0,350	23,3%	206,85
Limitations Catégorie U	(<803 kg)	744	-	0,27 - 0,48	18% - 32%	-
Limitations Catégorie N	(<930 kg)	789				
Résultat		853,5	155	0,311	20,7%	265,07

**Centrage
avant**

Mais la même solution nécessite énormément de charge en soute... (pas moins de 50 kg !)

Devis de MASSE-CENTRAGE		Masse	Volume	Bras de levier		Moment
	à renseigner	kg	litres	m	%	m kg
Passagers avant	(max 200 kg)	154	-	0,450	30,0%	69,30
Passagers arrière	(max 110 kg)	0	-	1,250	83,3%	0,00
Bagages	(max 110 kg)	50	-	1,425	95,0%	71,25
Essence Avant	(max 75 l)	52,5	75	-0,275	-18,3%	-14,44
Essence Ailes	(max 2 x 40 l)	56	80	0,060	4,0%	3,36
Avion vide		591	-	0,350	23,3%	206,85
Limitations Catégorie U	(<803 kg)	792	-	0,27 - 0,48	18% - 32%	-
Limitations Catégorie N	(<930 kg)	904				
Résultat		903,5	155	0,372	24,8%	336,32

Alors que la solution était de faire passer le passager sur la banquette arrière :

Devis de MASSE-CENTRAGE		Masse	Volume	Bras de levier		Moment
	à renseigner	kg	litres	m	%	m kg
Passagers avant	(max 200 kg)	77	-	0,450	30,0%	34,65
Passagers arrière	(max 110 kg)	77	-	1,250	83,3%	96,25
Bagages	(max 110 kg)	0	-	1,425	95,0%	0,00
Essence Avant	(max 75 l)	52,5	75	-0,275	-18,3%	-14,44
Essence Ailes	(max 2 x 40l)	56	80	0,060	4,0%	3,36
Avion vide		591	-	0,350	23,3%	206,85
Limitations Catégorie U	(<803 kg)	800	-	0,27 - 0,48	18% - 32%	-
Limitations Catégorie N	(<930 kg)	924				
Résultat		853,5	155	0,383	25,5%	326,67

Résultat pour le moins étonnant pour un triplace, et pas très favorable à la communication !

Si on persiste à vouloir voler avec 2 personnes aux places avant (cas de l'élève et de l'instructeur), et avec peu de bagages en soutes (5 kg), il faut réduire la quantité d'essence dans le réservoir avant de 36 litres, ce qui est tout de même gênant si on veut aller loin :

Devis de MASSE-CENTRAGE		Masse	Volume	Bras de levier		Moment
	à renseigner	kg	litres	m	%	m kg
Passagers avant	(max 200 kg)	154	-	0,450	30,0%	69,30
Passagers arrière	(max 110 kg)	0	-	1,250	83,3%	0,00
Bagages	(max 110 kg)	5	-	1,425	95,0%	7,13
Essence Avant	(max 75 l)	27,3	39	-0,275	-18,3%	-7,51
Essence Ailes	(max 2 x 40l)	56	80	0,060	4,0%	3,36
Avion vide		591	-	0,350	23,3%	206,85
Limitations Catégorie U	(<803 kg)	763	-	0,27 - 0,48	18% - 32%	-
Limitations Catégorie N	(<930 kg)	835				
Résultat		833,3	119	0,335	22,3%	279,13

Et si le réservoir avant est plein, il faut que les réservoirs d'ailes ne contiennent pas plus de 28 litres (52 litres de moins que le plein, soit encore 16 litres de moins que dans la configuration précédente) :

Devis de MASSE-CENTRAGE		Masse	Volume	Bras de levier		Moment
	à renseigner	kg	litres	m	%	m kg
Passagers avant	(max 200 kg)	154	-	0,450	30,0%	69,30
Passagers arrière	(max 110 kg)	0	-	1,250	83,3%	0,00
Bagages	(max 110 kg)	5	-	1,425	95,0%	7,13
Essence Avant	(max 75 l)	52,5	75	-0,275	-18,3%	-14,44
Essence Ailes	(max 2 x 40l)	19,6	28	0,060	4,0%	1,18
Avion vide		591	-	0,350	23,3%	206,85
Limitations Catégorie U	(<803 kg)	758	-	0,27 - 0,48	18% - 32%	-
Limitations Catégorie N	(<930 kg)	822				
Résultat		822,1	103	0,328	21,9%	270,01

Tous ces exemples montrent l'importance de la limitation de centrage avant, qui n'apparaît pas clairement aux seuls vu des masses et des bras de leviers, mais qui correspond aux limitations liées à l'efficacité des gouvernes à basse vitesse (impossibilité d'arrondir à faible vitesse).

Il est clair que cette limitation est souvent négligée pour trois raisons :

- Il n'y a pas de risque de perte de contrôle en vol lié à un centrage trop avant,
- L'approche est souvent réalisée à une vitesse suffisante où les gouvernes sont efficaces,
- Une configuration qui serait problématique pour se reposer juste après le décollage ne l'est plus à la fin d'un vol où le centrage a reculé à la suite de la consommation de l'essence des réservoirs situés à l'avant.

Pourtant, ce phénomène de recul du centre de gravité avec la consommation de l'essence durant le vol peut poser des problèmes encore plus graves :

Soit 3 personnes standard de 77 kg ayant chacune 17,5 kg de bagage. Les bagages sont placés dans la soute arrière. Le réservoir avant est plein et les réservoirs d'aile sont vides :

Devis de MASSE-CENTRAGE		Masse	Volume	Bras de levier		Moment
	à renseigner	kg	litres	m	%	m kg
Passagers avant	(max 200 kg)	154	-	0,450	30,0%	69,30
Passagers arrière	(max 110 kg)	77	-	1,250	83,3%	96,25
Bagages	(max 110 kg)	55	-	1,425	95,0%	78,38
Essence Avant	(max 75 l)	52,5	75	-0,275	-18,3%	-14,44
Essence Ailes	(max 2 x 40l)	0	0	0,060	4,0%	0,00
Avion vide		591	-	0,350	23,3%	206,85
Limitations Catégorie U (<803 kg)		803	-	0,27 - 0,48	18% - 32%	-
Limitations Catégorie N (<930 kg)		930				
Résultat		929,5	75	0,469	31,3%	436,34

Le résultat est correct pour le décollage, mais à la fin du vol, quand il ne reste plus que 20 litres d'essence dans le réservoir avant, on a :

Devis de MASSE-CENTRAGE		Masse	Volume	Bras de levier		Moment
	à renseigner	kg	litres	m	%	m kg
Passagers avant	(max 200 kg)	154	-	0,450	30,0%	69,30
Passagers arrière	(max 110 kg)	77	-	1,250	83,3%	96,25
Bagages	(max 110 kg)	55	-	1,425	95,0%	78,38
Essence Avant	(max 75 l)	14	20	-0,275	-18,3%	-3,85
Essence Ailes	(max 2 x 40l)	0	0	0,060	4,0%	0,00
Avion vide		591	-	0,350	23,3%	206,85
Limitations Catégorie U (<803 kg)		803	-	0,27 - 0,48	18% - 32%	-
Limitations Catégorie N (<930 kg)		930				
Résultat		891	20	0,502	33,4%	446,93

Centrage arrière

Centré arrière l'avion est dangereux ! En cas de turbulences ou de vitesse un peu faible en approche, le résultat risque d'être dramatique. Il aurait suffi de placer les bagages les plus lourds au pied du passager arrière, juste derrière les sièges avant pour résoudre le problème :

Devis de MASSE-CENTRAGE		Masse	Volume	Bras de levier		Moment
	à renseigner	kg	litres	m	%	m kg
Passagers avant	(max 200 kg)	154	-	0,450	30,0%	69,30
Passagers arrière	(max 110 kg)	77	-	1,250	83,3%	96,25
Bagages	(max 110 kg)	55	-	0,900	60,0%	49,50
Essence Avant	(max 75 l)	14	20	-0,275	-18,3%	-3,85
Essence Ailes	(max 2 x 40l)	0	0	0,060	4,0%	0,00
Avion vide		591	-	0,350	23,3%	206,85
Limitations Catégorie U (<803 kg)		803	-	0,27 - 0,48	18% - 32%	-
Limitations Catégorie N (<930 kg)		930				
Résultat		891	20	0,469	31,3%	418,05