

Longeron "Magic" : Calcul sur tableur

Données de calcul

Masse max (MTOW)	620 Kg
Delestage masse voileure	-80 Kg
Masse portée par la voileure délestée	540 Kg
Surface portante	8,3 m ²
Masse portée par la voileure délestée par m ²	65,06 Kg
Portance a 1G par m ² délesté du poids de la voileure	63,80 daN
Facteur de charge extrême	15,2 (8 coef de 1,9)
Portance extrême au m ²	970 daN

Méthode de calcul

Formule ailes trapezoidales de l'ingénieur Desgrandchamps

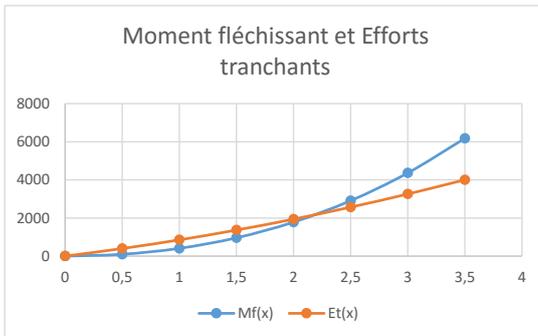
Charge pour 1m ² de voileure	q	970 daN
Différence entre corde emplanture et corde saumon	a	0,84 m
Corde saumon	b	0,76 m
(Envergure totale - largeur fuselage) / 2	L	3,5 m
Distance du point de calcul au saumon	x	m

Moment de flexion : $Mf(x) = q \left(\frac{bx^2}{2} + \frac{ax^3}{6L} \right)$

Effort Tranchant : $Et(x) = q \left(bx + \frac{ax^2}{2L} \right)$

Progressivité Et et Mf au long de l'envergure

(pour information mais non utilisé ci-dessous)



	Saumon	-	-	-	-	-	-	Emplanture
x	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Mf(x)	0	97	407	960	1784	2909	4364	6177
Et(x)	0	398	853	1367	1939	2570	3258	4005

Valeurs maximum admissible retenue dans les materiaux employés

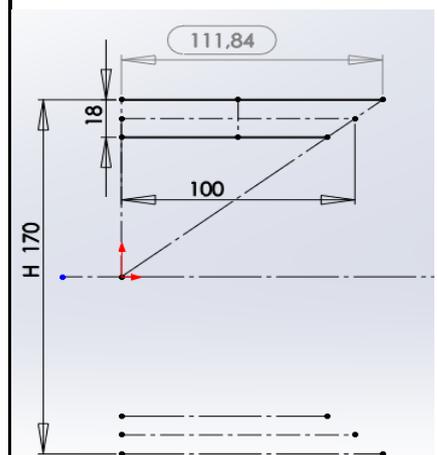
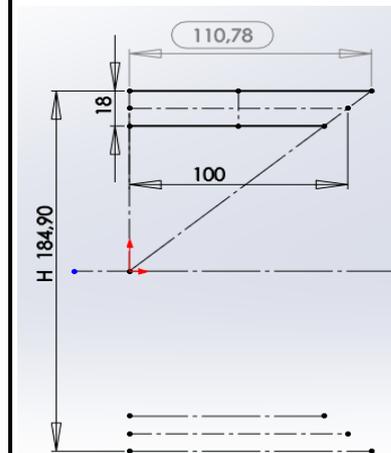
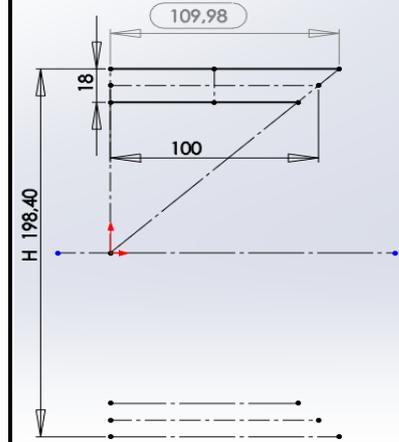
	Carbone pultrudé en compression	800 MPa
	Contreplaqué de bouleau charge orientée à 45 ° des fibres extérieures	38 MPa
(pour info)	Contreplaqué de bouleau charge orientée parallelement aux fibres extérieures	93 MPa
(pour info)	Contreplaqué de bouleau charge orientée perpendiculairement aux fibres extérieures	54 MPa

Calcul Effort tranchant et Moment Flexion aux points des jonctions des caissons

SECTION B			
Hauteur H	0,1984 m		
Hauteur H' (H -0,018)	0,1804 m		
position de la section à l'axe de l'avion	0,635 m		
x	3,275 m		
Mf (formule Desgramchamps)	5314,9 daN.m		
Force de compression sur semelle sup Mf / H'	29456,8 daN		
Section semelles = 6 x 90	540 mm ²		
Contrainte	545,5 MPa		
Coefficient surcharge fibre externes pour H 198,4	1,0998		
Contrainte sur fibres ext	599,9 MPa	1,33	
Valeur en éléments finis pour comparaison avec protections bouleau	641 MPa	1,25	
Valeur en éléments finis pour comparaison sans protections bouleau	649 MPa	1,23	
Et (formule Desgramchamps)	3661,8 daN		
épaisseur ames 1,5+1,5+2+2+1,5+1,5	11,5 mm		
Hauteur ames	198,4 mm		
surface section ames	2281,9 mm ²		
contrainte ames	16,0 MPa	2,37	
Valeur en éléments finis pour coMParaison	23 MPa	1,65	
SECTION C			
Hauteur H	0,1849 m		
Hauteur H' (H -0,018)	0,1669 m		
position de la section à l'axe de l'avion	1 m		
x	2,91 m		
Mf (formule Desgramchamps)	4076,3 daN.m		
Force de compression sur semelle sup Mf / H'	24430,8 daN		
Section semelles = 5 x 90	450 mm ²		
Contrainte	542,9 MPa		
Coefficient surcharge fibre externes pour H 197,9	1,1078		
Contrainte sur fibres ext	601,4 MPa	1,33	
Valeur en éléments finis pour comparaison avec protections bouleau	630 MPa	1,27	
Valeur en éléments finis pour comparaison sans protections bouleau	634 MPa	1,26	
Et (formule Desgramchamps)	3130,1 daN		
épaisseur ames 1,5+1,5+2+2+1,5+1,5	10,0 mm		
Hauteur ames	184,9 mm		
surface section ames	1848,5 mm ²		
contrainte ames	16,9 MPa	2,24	
Valeur en éléments finis pour coMParaison	24 MPa	1,58	
SECTION D			
Hauteur H	0,1700 m		
Hauteur H' (H -0,018)	0,1520 m		
position de la section à l'axe de l'avion	1,4 m		
x	2,51 m		
Mf (formule Desgramchamps)	2935,0 daN.m		
Force de compression sur semelle sup Mf / H'	19312,5 daN		
Section semelles = 4 x 90	360 mm ²		
Contrainte	536,5 MPa		
Coefficient surcharge fibre externes pour H 197,9	1,1184		
Contrainte sur fibres ext	600,0 MPa	1,33	
Valeur en éléments finis pour comparaison avec protections bouleau	620 MPa	1,29	
Valeur en éléments finis pour comparaison sans protections bouleau	626 MPa	1,28	
Et (formule Desgramchamps)	2583,0 daN		
épaisseur ames 1,5+2+2+1,5+1,5	8,5 mm		
Hauteur ames	170,0 mm		
surface section ames	1444,8 mm ²		
contrainte ames	17,9 MPa	2,13	
Valeur en éléments finis pour coMParaison	26 MPa	1,46	

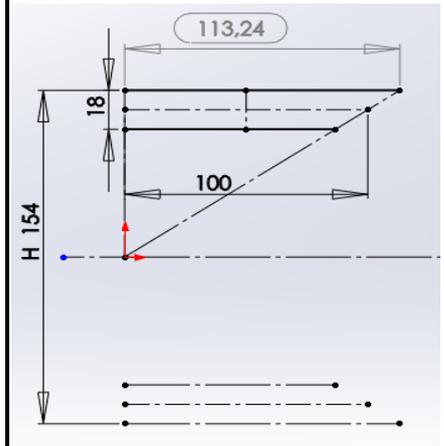
Coefficient de sécurité par rapport à la valeur admissible

Calcul du coef de surcharge des fibres ext



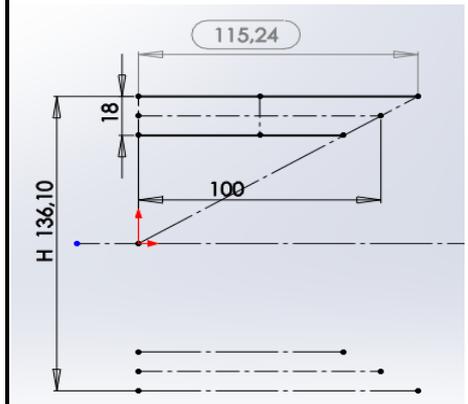
SECTION E

Hauteur H	0,1540 m	
Hauteur H' (H -0,018)	0,1360 m	
position de la section à l'axe de l'avion	1,83 m	
x	2,08 m	
Mf (formule Desgramchamps)	1943,3 daN.m	
Force de compression sur semelle sup Mf / H'	14291,7 daN	
Section semelles = 3 x 90	270 mm ²	
Contrainte	529,3 MPa	
Coefficient surcharge fibre externes pour H 197,9	1,1324	
Contrainte sur fibres ext	599,4 MPa	1,33
Valeur en éléments finis pour comparaison avec protections bouleau	605 MPa	1,32
Valeur en éléments finis pour comparaison sans protections bouleau	613 MPa	1,31
Et (formule Desgramchamps)	2036,4 daN	
epaisseur ames 1,5+2+2+1,5	7,0 mm	
Hauteur ames	154,0 mm	
surface section ames	1077,8 mm ²	
contrainte ames	18,9 MPa	2,01
Valeur en éléments finis pour coMParaison	28 MPa	1,36



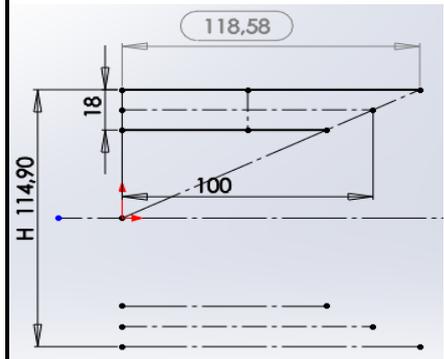
SECTION F

Hauteur H	0,1361 m	
Hauteur H' (H -0,018)	0,1181 m	
position de la section à l'axe de l'avion	2,31 m	
x	1,6 m	
Mf (formule Desgramchamps)	1102,2 daN.m	
Force de compression sur semelle sup Mf / H'	9331,5 daN	
Section semelles = 2 x 90	180 mm ²	
Contrainte	518,4 MPa	
Coefficient surcharge fibre externes pour H 197,9	1,1524	
Contrainte sur fibres ext	597,4 MPa	1,34
Valeur en éléments finis pour comparaison avec protections bouleau	568 MPa	1,41
Valeur en éléments finis pour comparaison sans protections bouleau	581 MPa	1,38
Et (formule Desgramchamps)	1477,1 daN	
epaisseur ames 2+2+1,5	5,5 mm	
Hauteur ames	136,1 mm	
surface section ames	748,7 mm ²	
contrainte ames	19,7 MPa	1,93
Valeur en éléments finis pour coMParaison	30 MPa	1,27



SECTION G

Hauteur H	0,1149 m	
Hauteur H' (H -0,018)	0,0969 m	
position de la section à l'axe de l'avion	2,88 m	
x	1,03 m	
Mf (formule Desgramchamps)	433,3 daN.m	
Force de compression sur semelle sup Mf / H'	4471,1 daN	
Section semelle = 1 x 90	90 mm ²	
Contrainte	496,8 MPa	
Coefficient surcharge fibre externes pour H 197,9	1,1858	
Contrainte sur fibres ext	589,1 MPa	1,36
Valeur en éléments finis pour comparaison avec protections bouleau	533 MPa	1,50
Valeur en éléments finis pour comparaison sans protections bouleau	543 MPa	1,47
Et (formule Desgramchamps)	882,6 daN	
epaisseur ames 2+2	4,0 mm	
Hauteur ames	114,9 mm	
surface section ames	459,7 mm ²	
contrainte ames	19,2 MPa	1,98
Valeur en éléments finis pour coMParaison	30 MPa	1,27



Calcul du moment de flexion et de l'effort tranchant au niveau de l'axe de fixation fuselage.

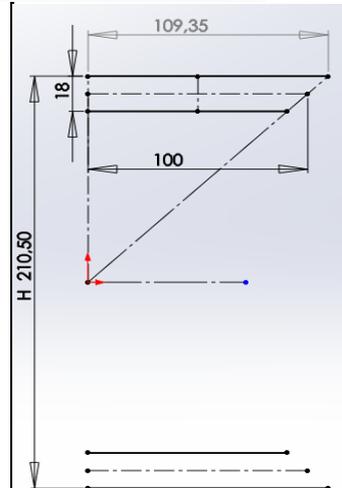
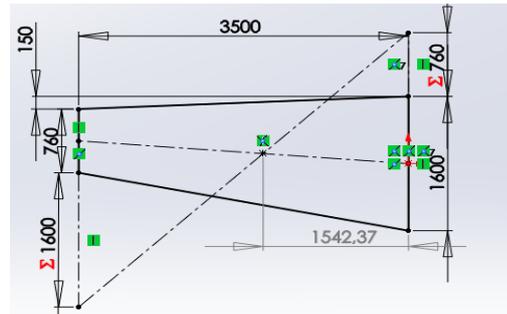
SECTION A

Cette section n'est pas située dans le secteur portant de la voilure :
La Méthode Desgramchamps ne peut s'appliquer.

Le calcul du moment de flexion se réalise par connaissance de la distance du centre de portance de la demi voilure à ce point et par connaissance de la force portante par coté

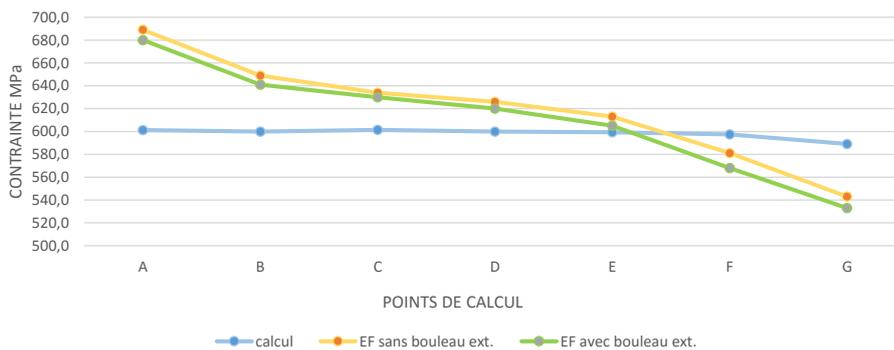
Le centre géométrique de la partie portante de la voilure est situé 1,542m de l'emplanture
L'axe de fixation de la voilure est à 0,115 m de l'emplanture

Soit le centre de portance à 1,657 m de l'axe de fixation
Force portance par coté = 4025 daN



Hauteur H	0,2105 m	
Hauteur H' (H -0,018)	0,1925 m	
position de la section à l'axe de l'avion	0,295 m	
Mf = 1,657 x 4025	6669,0 daN.m	
Force de compression sur semelle sup Mf / H'	34644,2 daN	
Section semelles = 7 x 90	630 mm ²	
Contrainte	549,9 MPa	
Coefficient surcharge fibre externes pour H 210,5	1,0935	
Contrainte sur fibres ext	601,3 MPa	1,33
Valeur en éléments finis pour comparaison avec protections bouleau	680 MPa	1,18
Valeur en éléments finis pour comparaison sans protections bouleau	689	1,16
Effort tranchant : identique à celui du point B	3661,8 daN	
Epaisseur ames = 1,5+1,5+1,5+2+2+1,5+1,5+1,5	13 mm	
Hauteur ames	0,2105 mm	
surface section ames	2736,5 mm ²	
contrainte ames	13,38 MPa	2,84
Valeur en éléments finis pour coMParaison	20 MPa	1,90

Comparaison de la contrainte dans les semelles entre le calcul et la détermination par éléments finis



Différences constatées entre les deux méthodes de détermination de la charge dans les semelles:

Les éléments finis indiquent une plus forte charge dans la partie centrale de la voilure et une charge plus faible dans la partie voisine du saumon.

Il y a des différences de fond entre les deux méthodes:

- Le calcul indique une contrainte moyenne de la charge alors que l'élément fini indique la valeur maximum : "Le point le plus chargé".

Ceci explique la raison pour laquelle les éléments finis indiquent des valeurs plus élevées en partie centrale

- Par contre, la détermination de la charge par élément fini prend tous les éléments du longeron en considération alors que le calcul considère que le moment fléchissant est repris uniquement par les semelles.

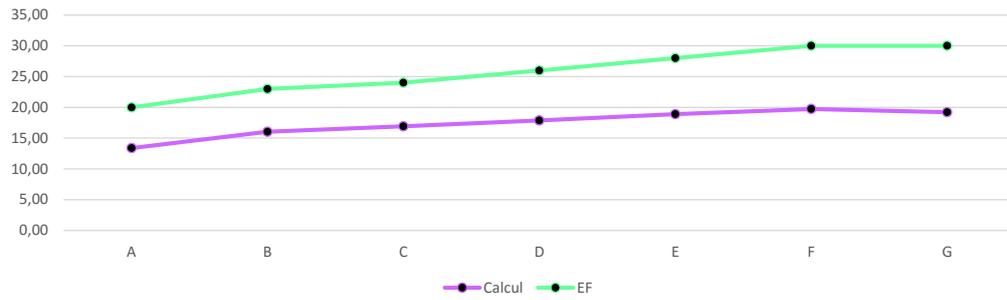
Pourtant, Le contreplaqué en reprend un peu, d'une valeur négligeable dans les parties centrales très chargées mais de façon plus significative au niveau du saumon où le moment fléchissant devient très faible.

Cette indication n'a pas été calculée mais c'est probablement la raison pour laquelle la charge du carbone est, selon les éléments finis, plus faible en extrémité de voilure.

note:

les données d'éléments finis sans bouleau de protection et avec bouleau de protection proviennent de deux modélisations et maillages différents.

Comparaison de la contrainte dans les ames entre le calcul et la détermination par éléments finis



Différences constatées entre les deux méthodes de détermination de la charge dans les ames:

La similitude des courbes est à noter.

Les éléments finis indiquent des valeurs plus fortes n'exédant cependant pas le maximum admissible. Ici je ne note pas de concentration de contraintes mais plutôt une charge bien répartie sur la surface. Ci dessous le point "D"

