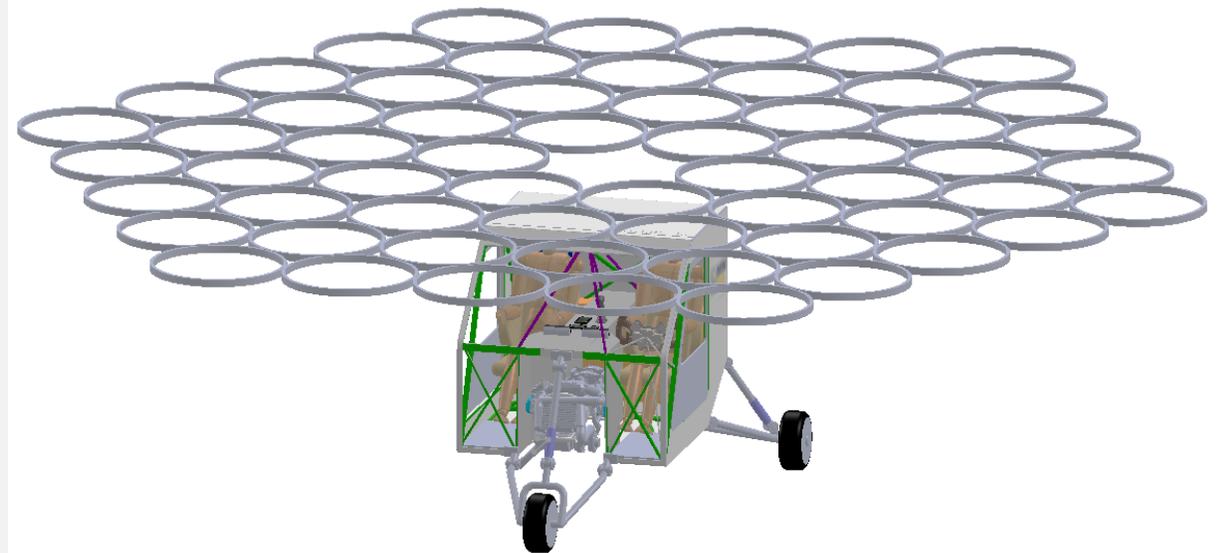


MODÉLISATION DE LA **MAQUETTE** **NUMÉRIQUE** DU MINI-BEE

Document support • MAJ : 24 avril 2023

BUI • GALLET • JONNERY • TY • VIZET

ESTACA • 3e année SQY



Calendrier

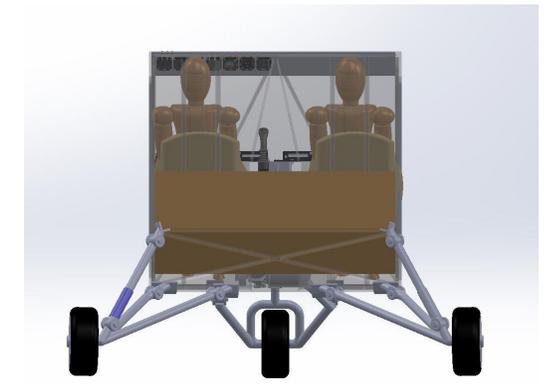
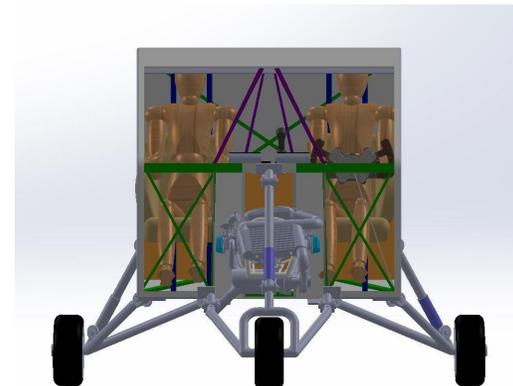
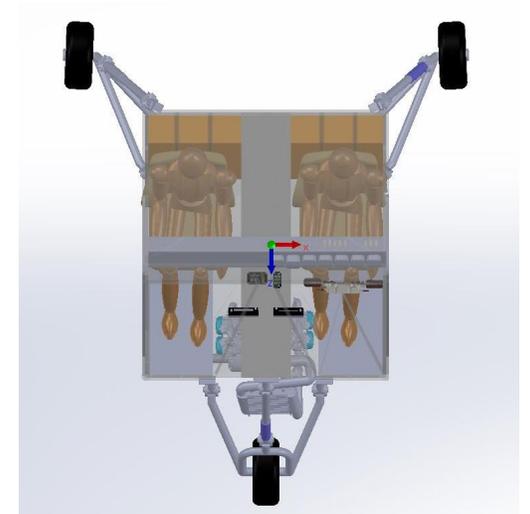
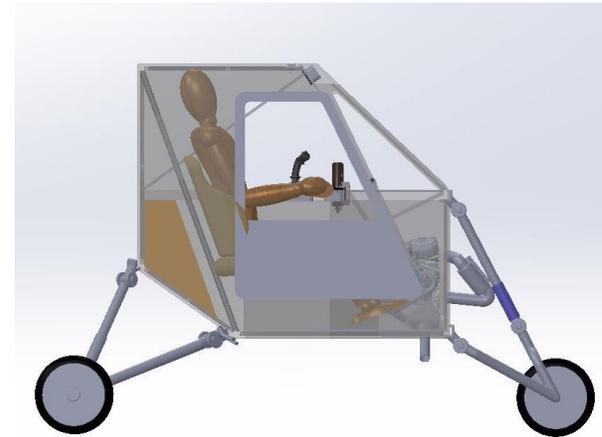


2022			2023				
OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9 Soutenance finale 9:00
10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13 Eval intermédiaire	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24 Aujourd'hui 14:00	24
25	25	25	25	25	25	25	25
26 Première réunion	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31

Table des matières



- Introduction
- Réflexions et maquette 2D
- Modélisation 3D de la structure
- Moteur Rotax 915 IS
- Aménagement intérieur
- Composants extérieurs
- Transport en conteneur LD3
- Performances
- Conclusion





Introduction



Sommaire de la partie



- Le partenaire du projet
- Écoles participantes 2022-2023
- Nos objectifs pour ce projet
- Work Breakdown Structure (WBS)
- Diagramme de Gantt
- Cahier des charges



Le partenaire du projet

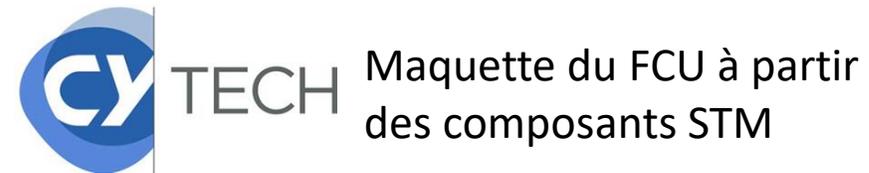


Fondé en 2013 par Xavier Dutertre, **TECHNO PLANE** est un bureau technique et un fournisseur de solutions de data dans le domaine aéronautique. L'entreprise est également coordinatrice technique du projet collaboratif Mini-Bee (VTOL hybride).

Le projet Mini-Bee en quelques mots :

- Inventer une ambulance volante facilement démontable, pouvant être utilisée pour du sauvetage en zone dangereuse ou difficile d'accès.
- Engin de transport médical facile à utiliser, pratique avec une capacité de déploiement potentiellement très rapide.
- Projet Lesser Open Source.

Écoles participantes 2022-2023



3SQY : • **Maquette numérique**

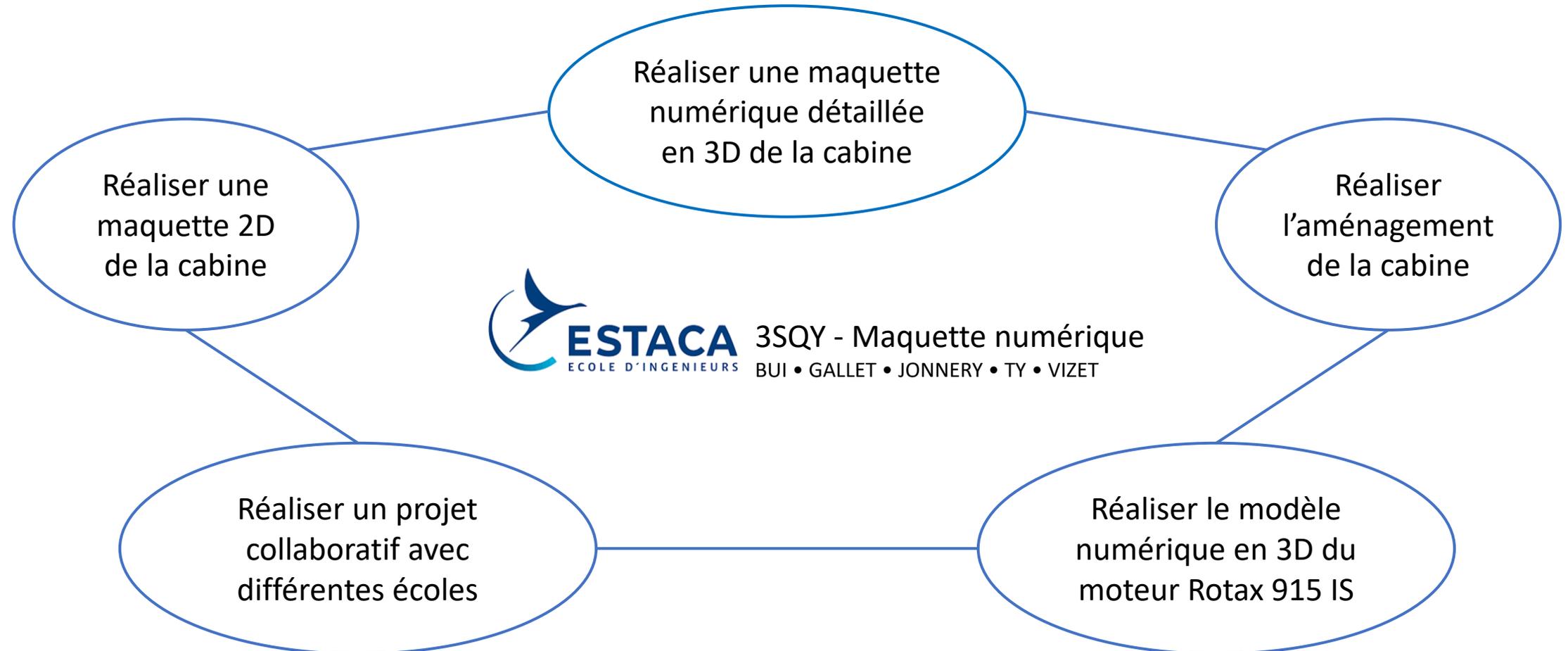
• Propulsion hybride

3BDX : • Chaîne de propulsion

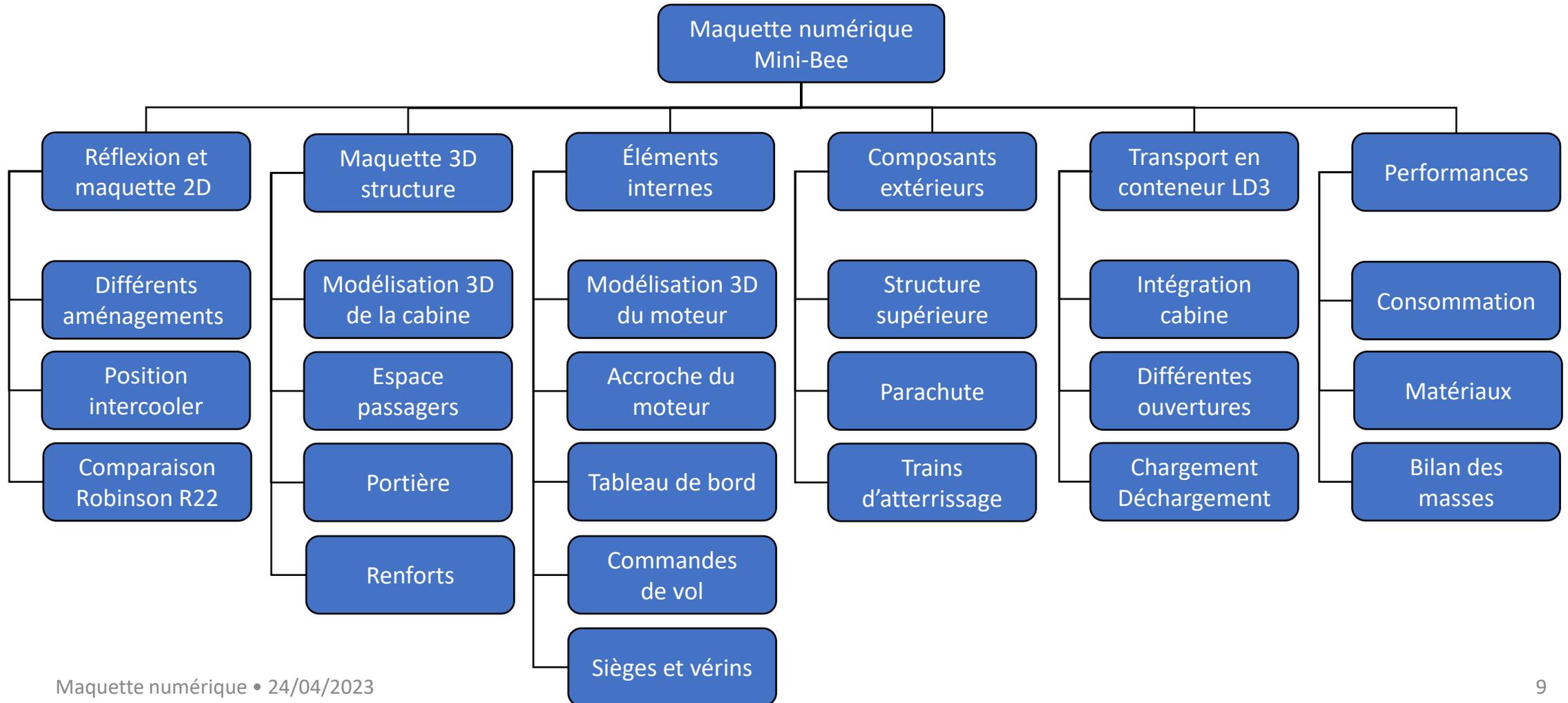
• Maquette structure

4SQY : FCU et commandes de vol

Nos objectifs pour ce projet



Work Breakdown Structure (WBS)



Cahier des charges



Critères	Contraintes limites
Nombre de passagers	2 (pilote inclus)
Vitesse de croisière	170 km/h
Vitesse verticale	4 m/s
Accélération maximale	5 g
Distance franchissable	600 km
Maximum Take Off Weight (MTOW)	700 kg
Nombre de rotors	60
Norme hélicoptère	CS27 et TSO
Coût total	< 300 000 €



Réflexion et maquette 2D



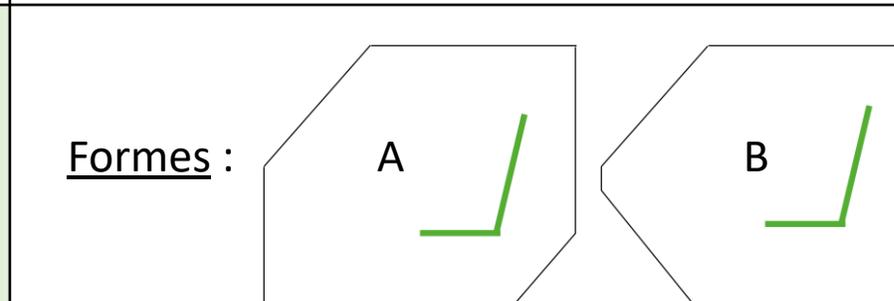
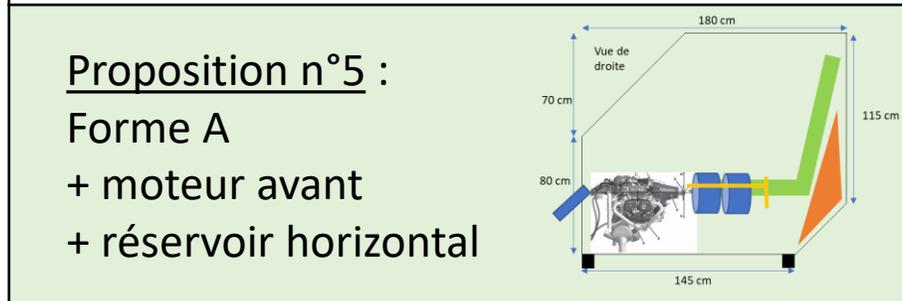
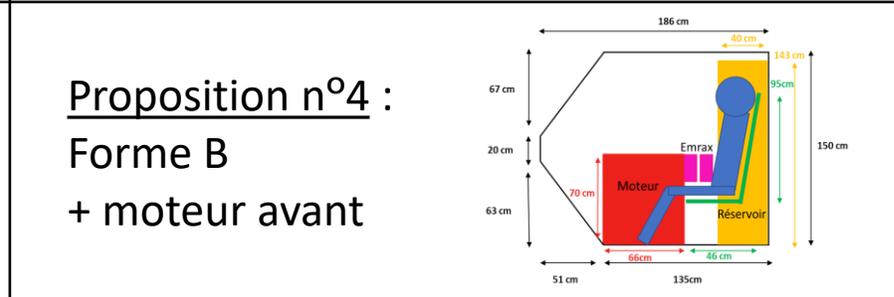
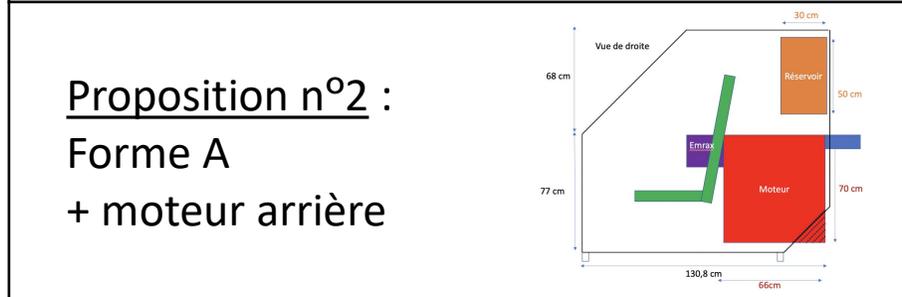
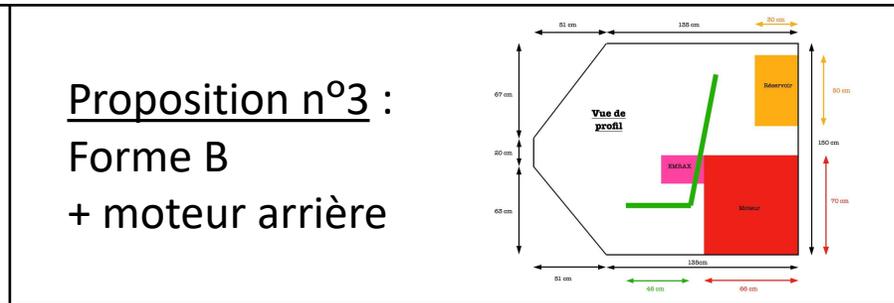
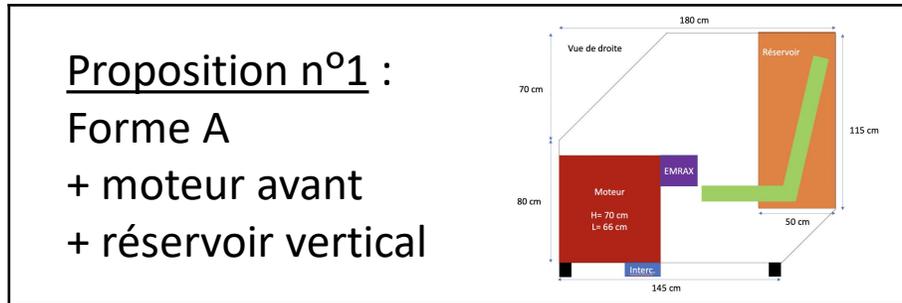


Sommaire de la partie

- Réflexion sur l'aménagement
- Matrice de cotation
- Détail des 5 propositions
 - Proposition n°1
 - ...
 - Proposition n°5
- Approfondissement de la Proposition n°5
- Comparaison avec le Robinson R22
 - Dimensions de la cabine
 - Position du siège



Différents aménagements



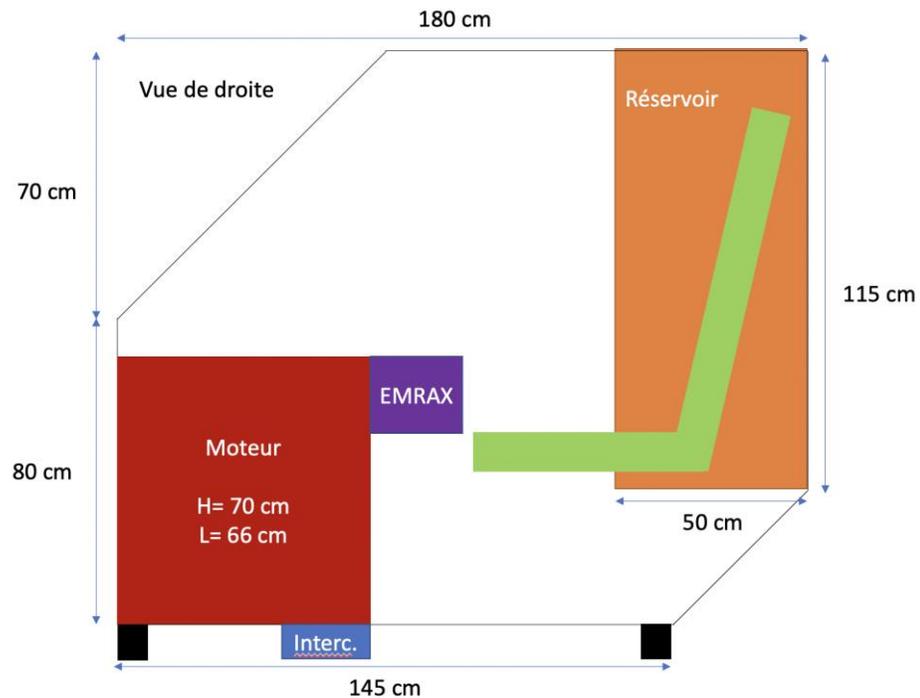


Matrice de cotation

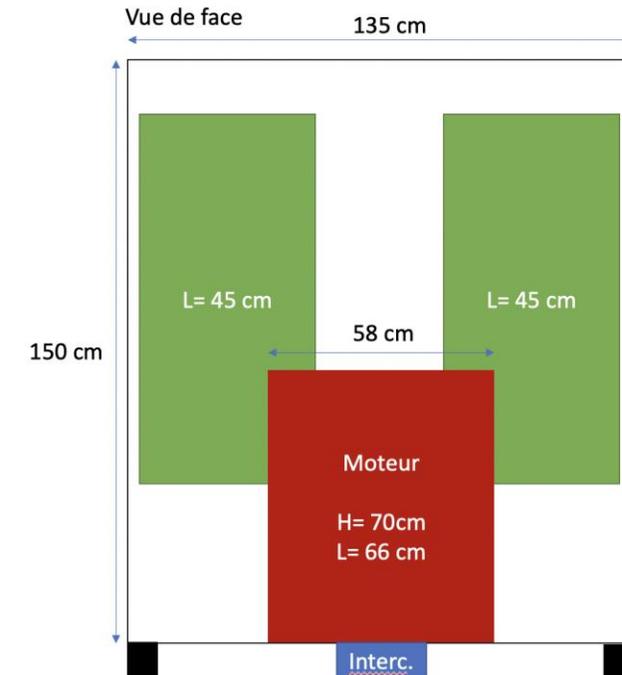
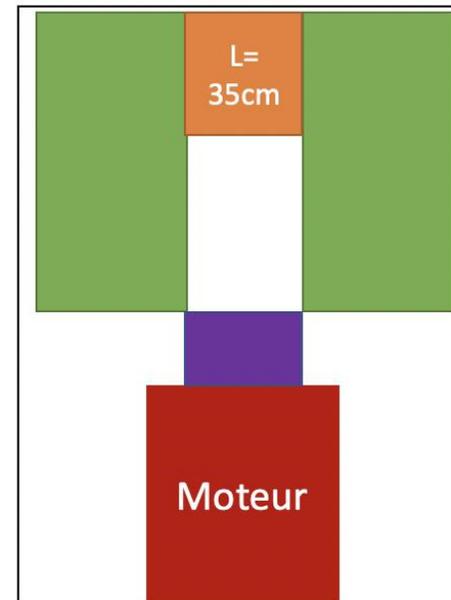
	Proposition 1	Proposition 2	Proposition 3	Proposition 4	Proposition 5
Espace pour les jambes	4	1	1	4	4
Format de la cabine	4	2	1	1	4
Disposition du réservoir	2	2	3	2	4
Position de l'intercooler	2	2	3	2	4
Total	12	7	8	9	16

Cotation	4 : Très bon	3 : Bon	2 : Mauvais	1 : Très mauvais
-----------------	--------------	---------	-------------	------------------

Proposition n°1 : Forme A + moteur av. + réservoir verti.



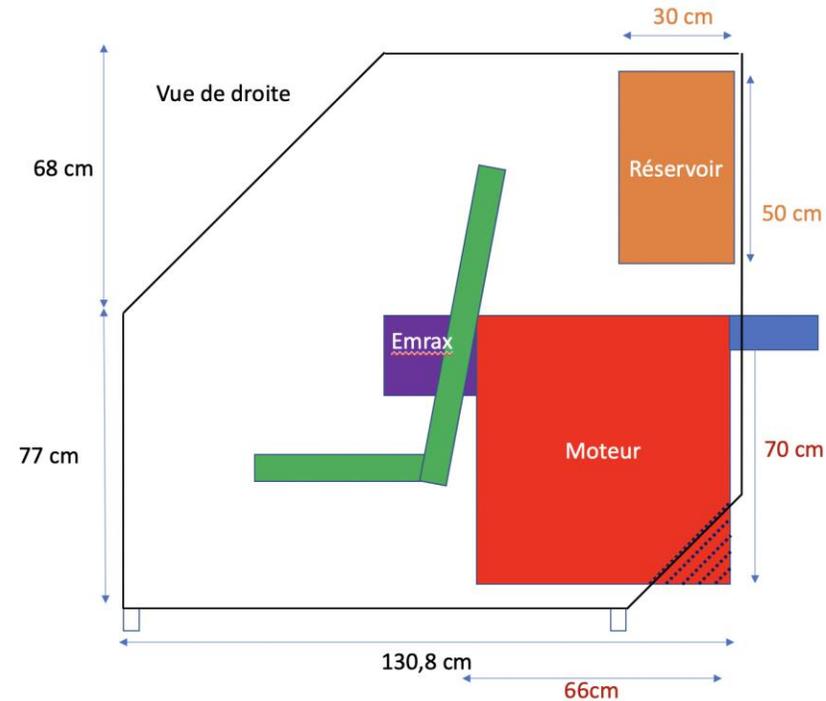
Vue de haut



Proposition précédemment retenue à la date du 27/11/2022



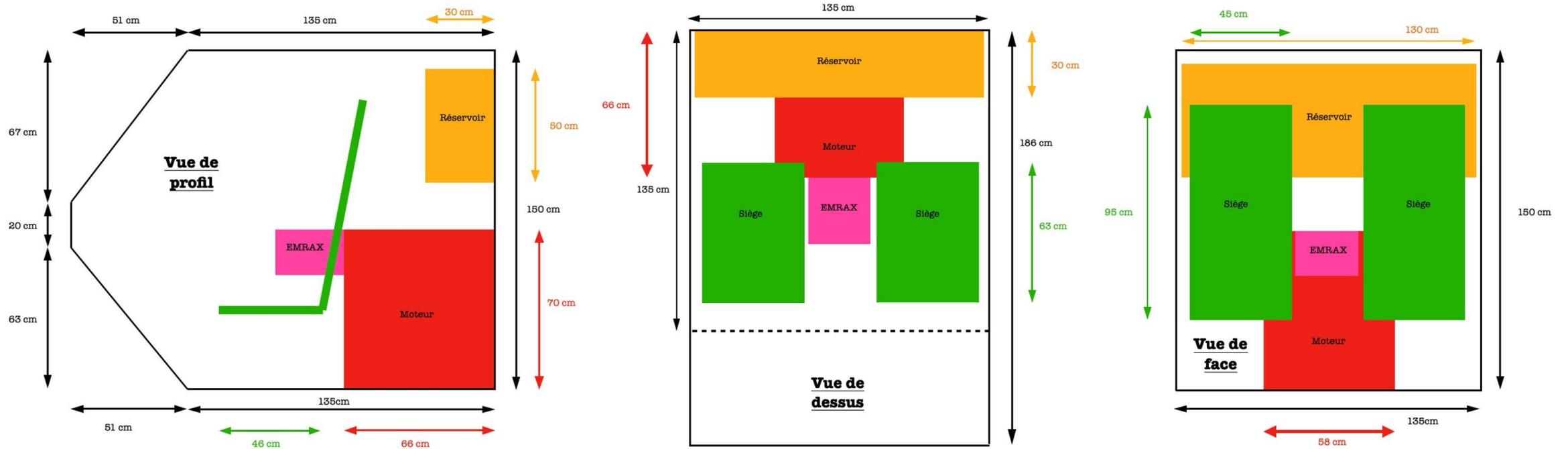
Proposition n°2 : Forme A + moteur arrière



Proposition non réalisable car l'espace pour les jambes n'est pas suffisant si l'on avance le moteur



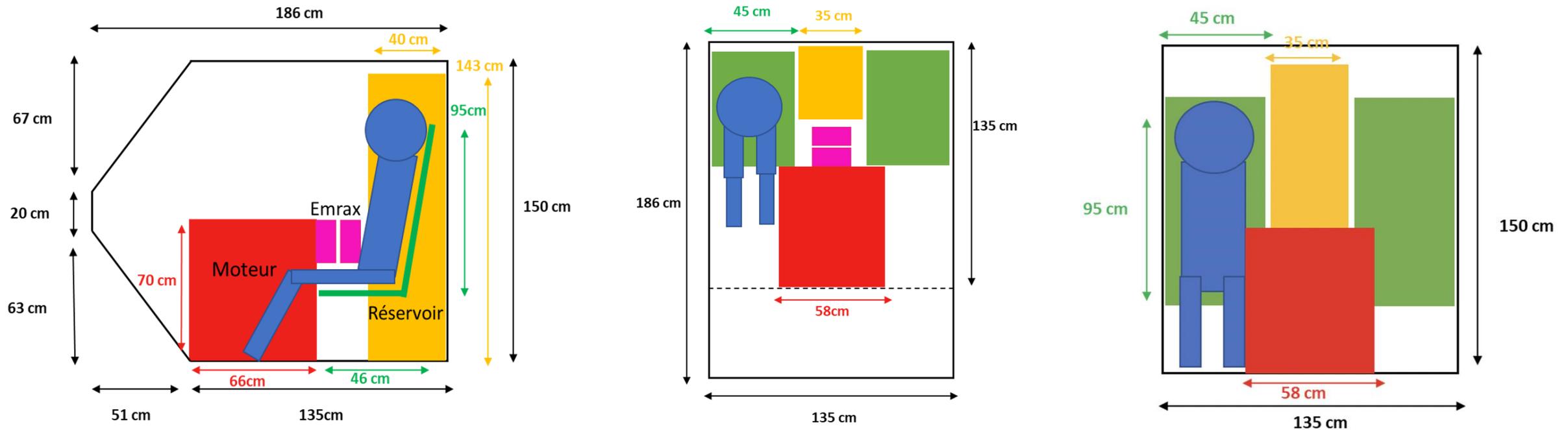
Proposition n°3 : Forme B + moteur arrière



Proposition non réalisable car l'espace pour les jambes n'est pas suffisant à cause de l'angle en bas

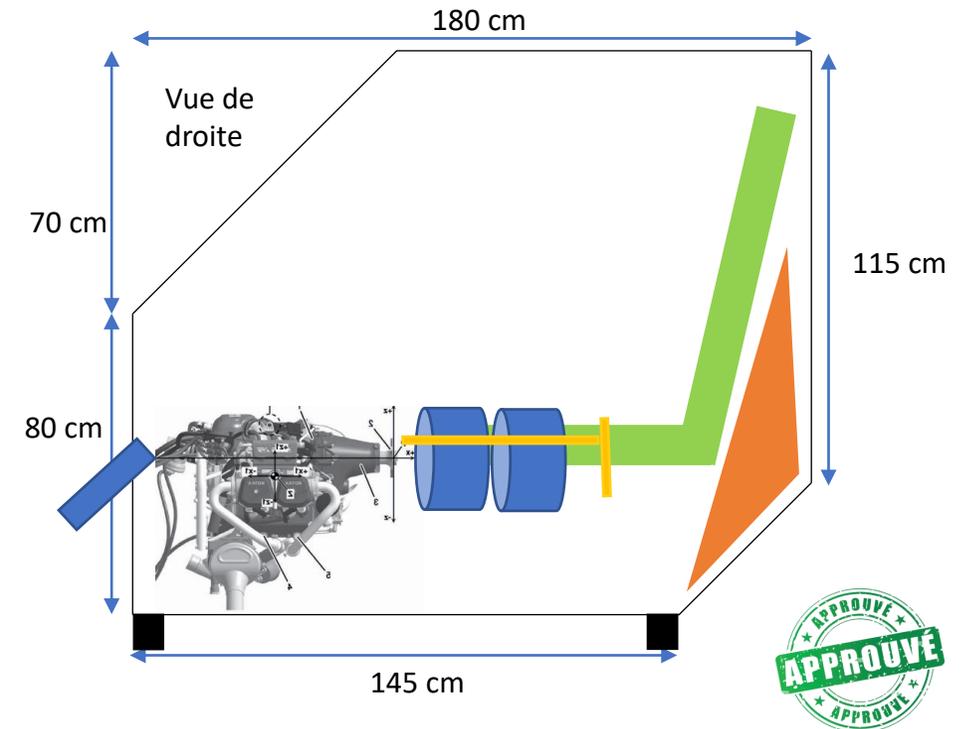
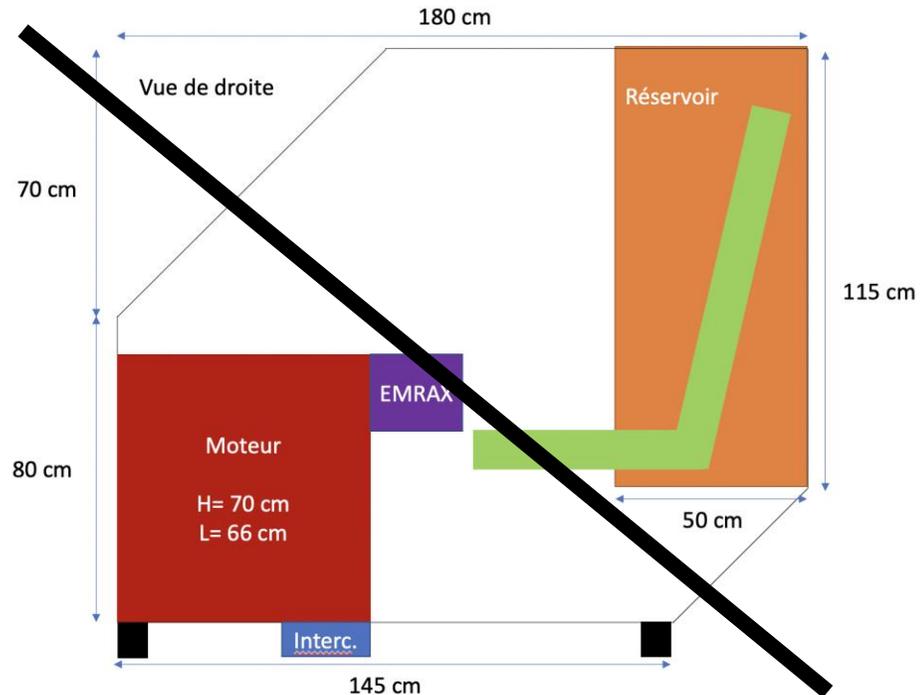


Proposition n°4 : Forme B + moteur avant



Proposition non retenue, car les passagers auront les jambes trop serrées à cause du moteur

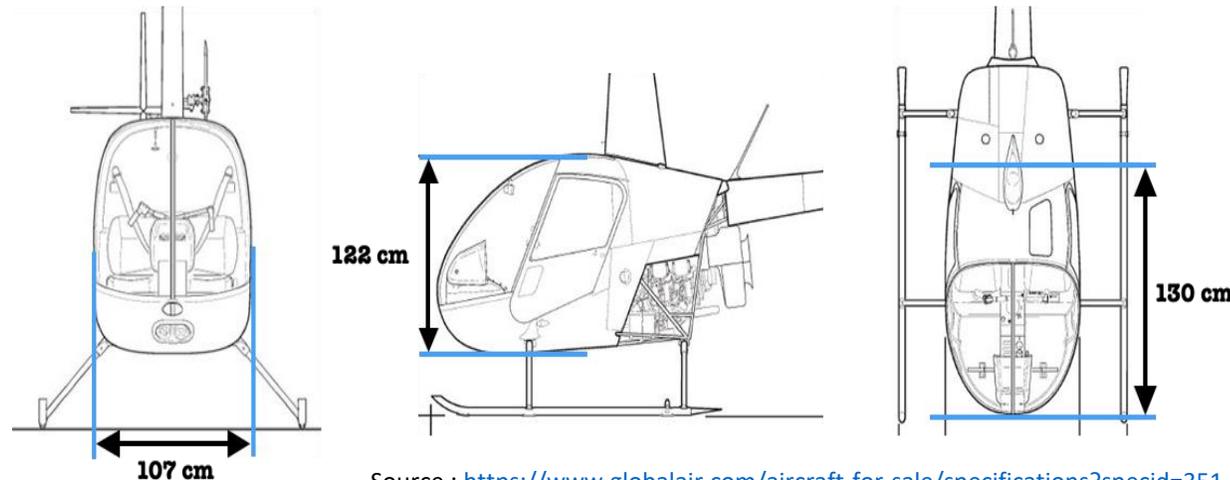
Proposition n°5 retenue



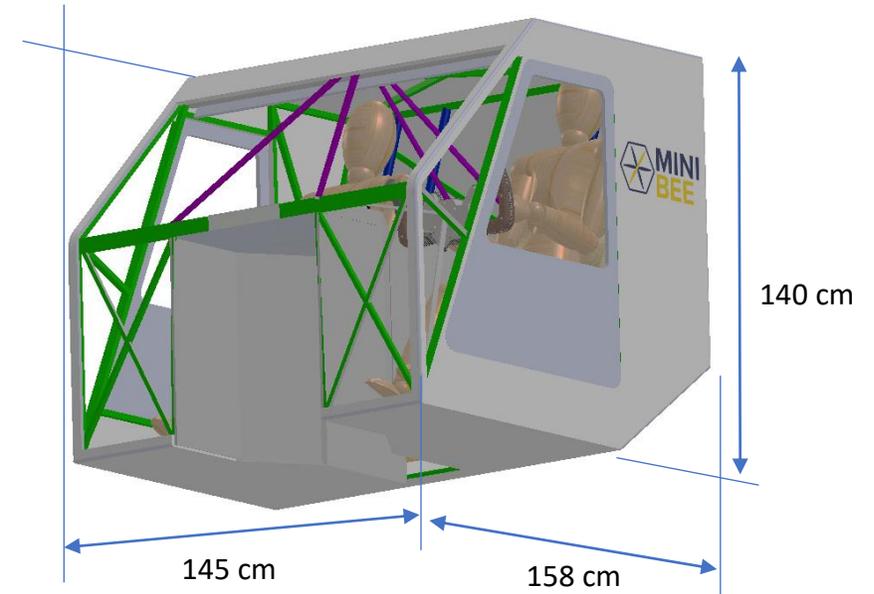
Proposition n°1 : Forme A + moteur avant + réservoir vertical + intercooler sous plancher

Proposition n°5 : Forme A + moteur avant + réservoir horizontal + intercooler devant

Comparaison R22 - Dimensions



Source : <https://www.globalair.com/aircraft-for-sale/specifications?specid=351>

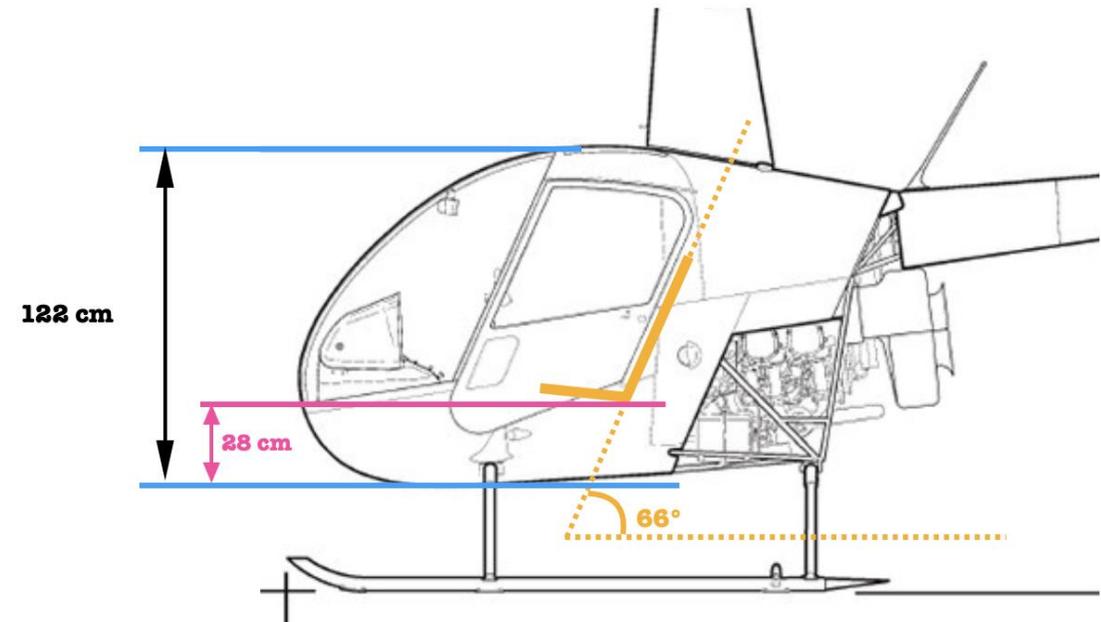


Modèle	Hauteur	Largeur	Profondeur
R22 (cabine seule)	1,22 m	1,07 m	~ 1,3 m
R22 (cabine + moteur)	1,22 m	1,07 m	~ 1,8 m
Mini-Bee	1,4 m	1,45 m	1,58 m

La cabine du Mini-Bee est plus grande que celle du Robinson R22 mais le moteur doit être positionné à l'intérieur ce qui réduit l'espace disponible.

Comparaison R22 – Position siège

Grâce aux différentes images de l'intérieur du Robinson R22 nous avons pu positionner les sièges de cet hélicoptère sur le plan ce qui nous a permis de réaliser les mesures suivantes :





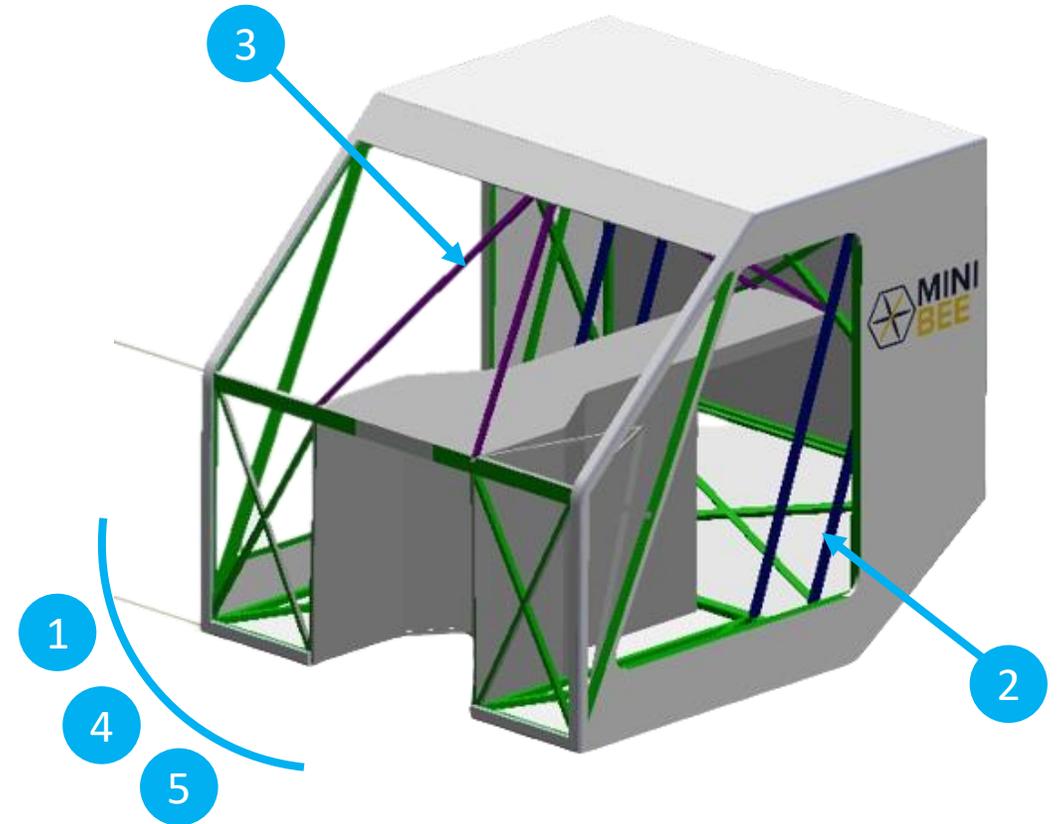
Modélisation 3D de la structure



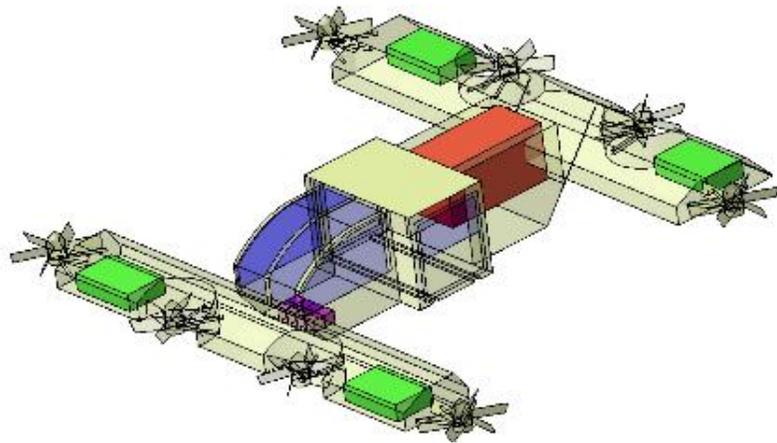
Sommaire de la partie



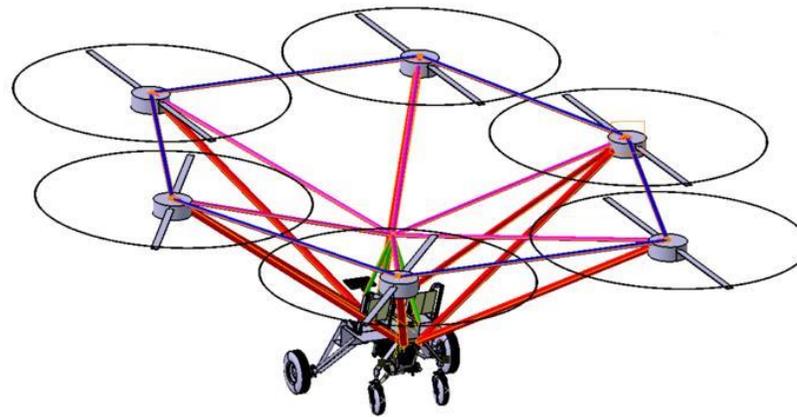
- 1 Évolution du modèle 3D
- 2 Accessibilité
- 3 Renforts
- 4 Vues 3D de la cabine seule
- 5 Mise en plan (Version Mai 2023)



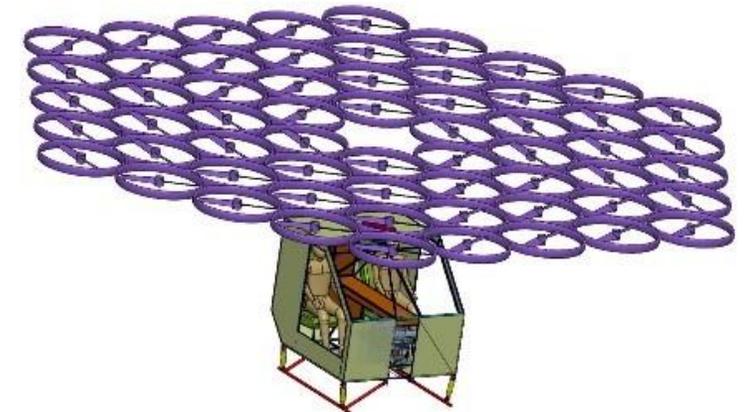
1. Évolution du modèle 3D



2017

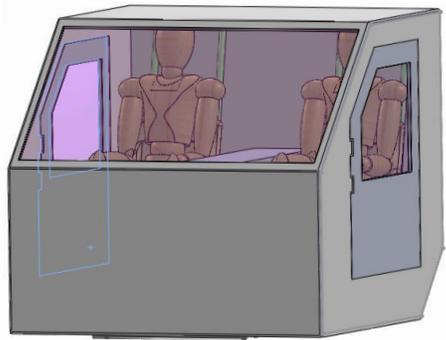


2020

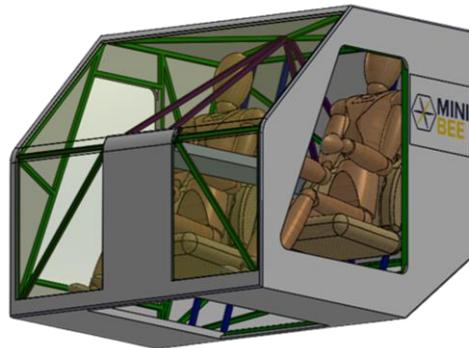


2022

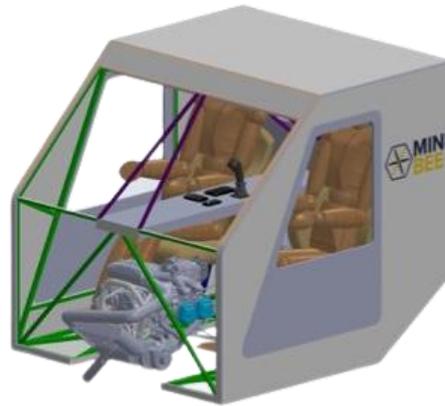
1. Évolution du modèle 3D



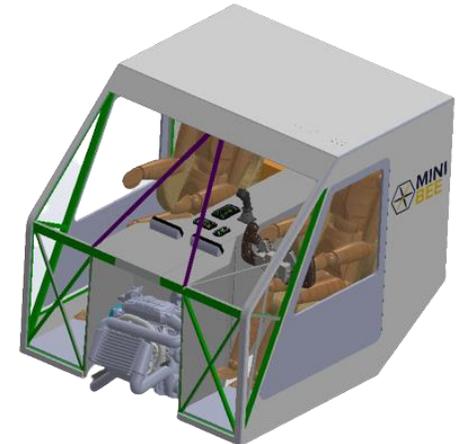
Avant
5 janvier 2023



13 janvier 2023

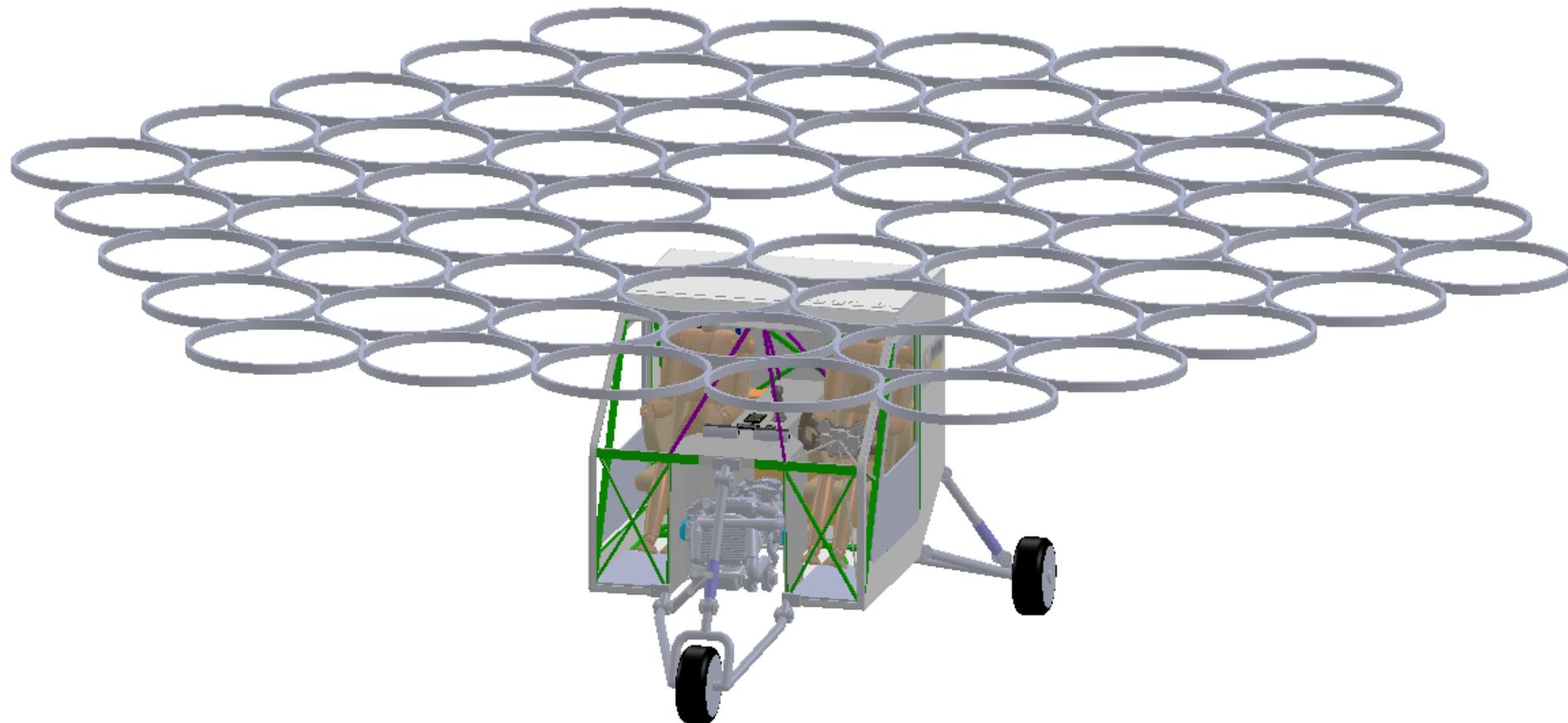


10 février 2023



23 Avril 2023

1. Évolution du modèle 3D



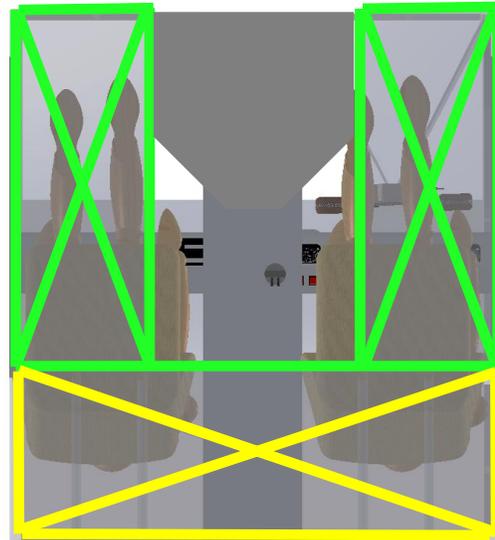
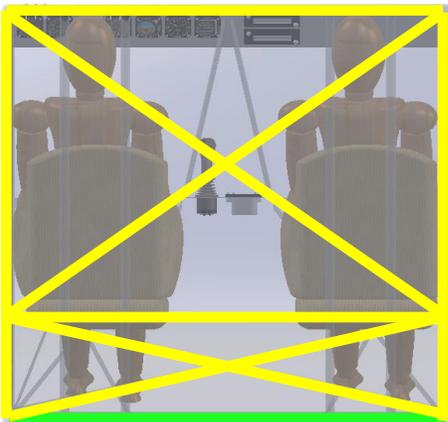
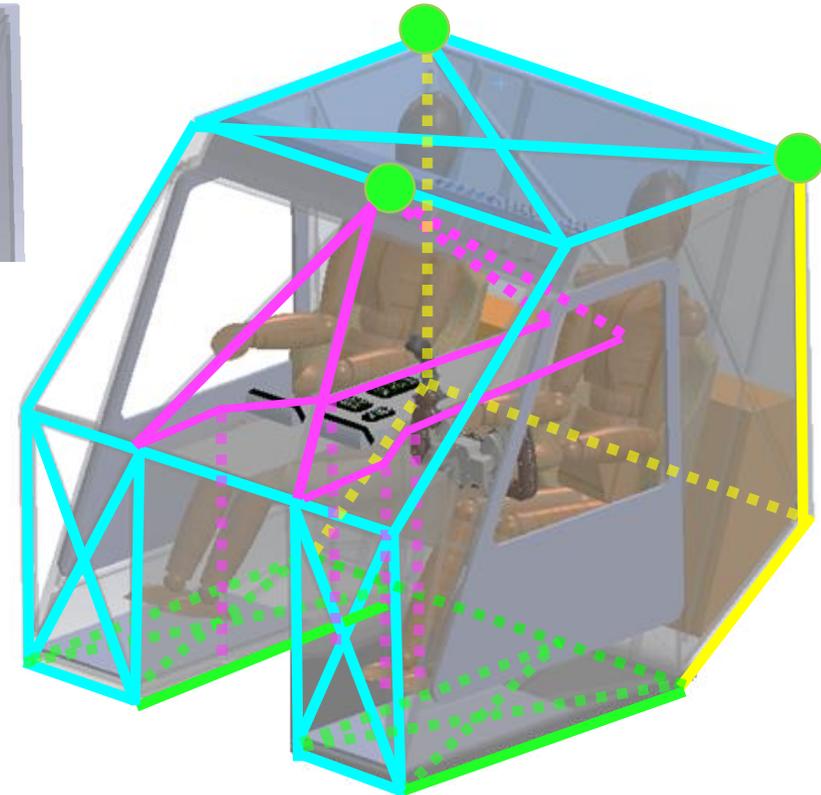
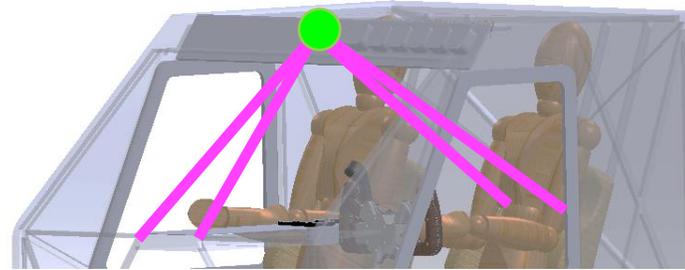
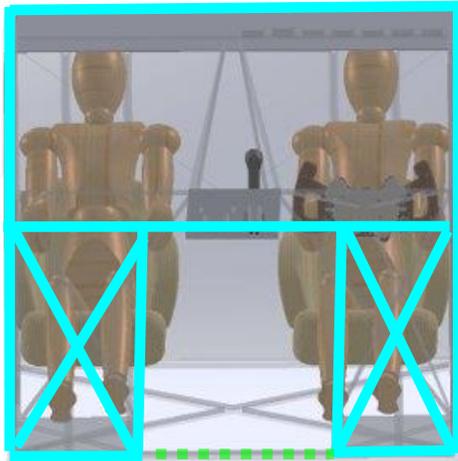
Version finale : Mai 2023



2. Accessibilité

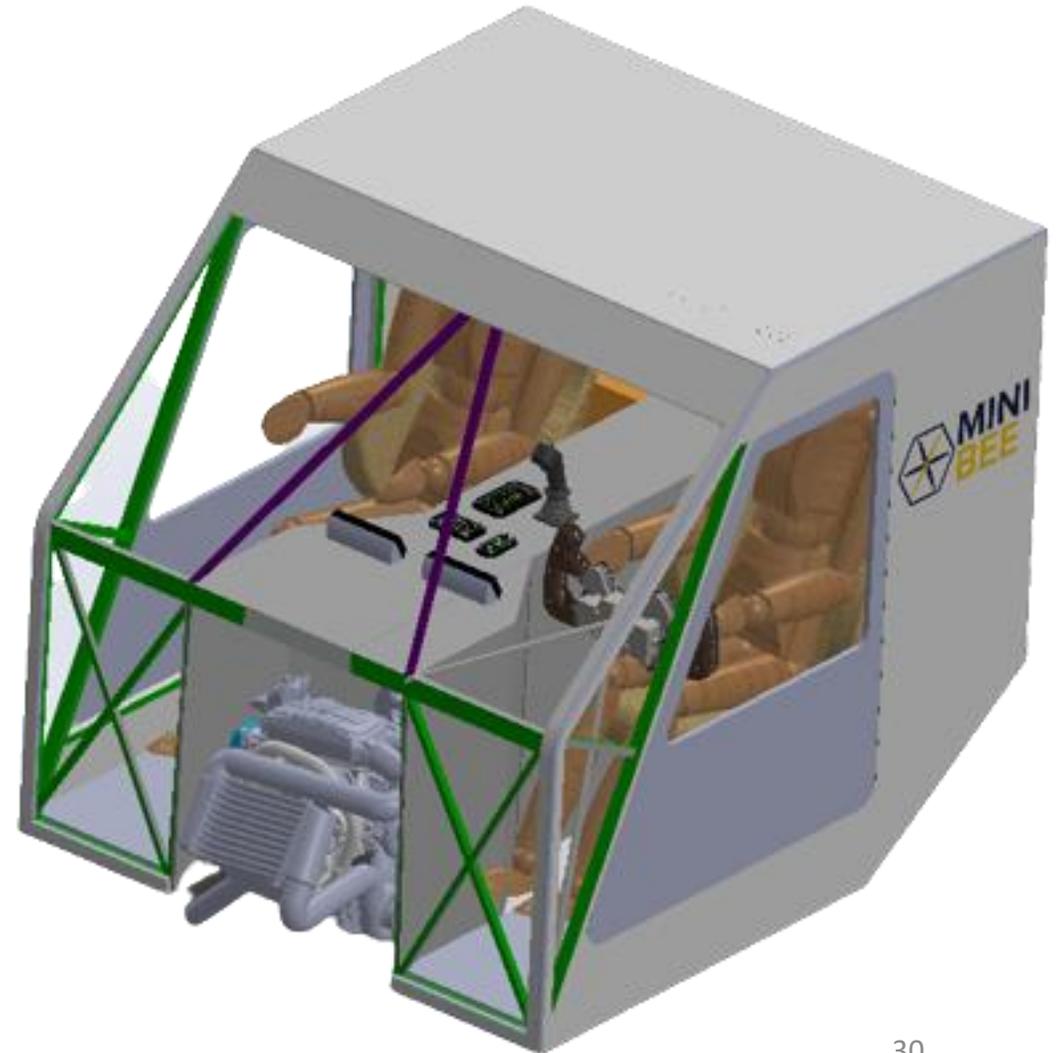
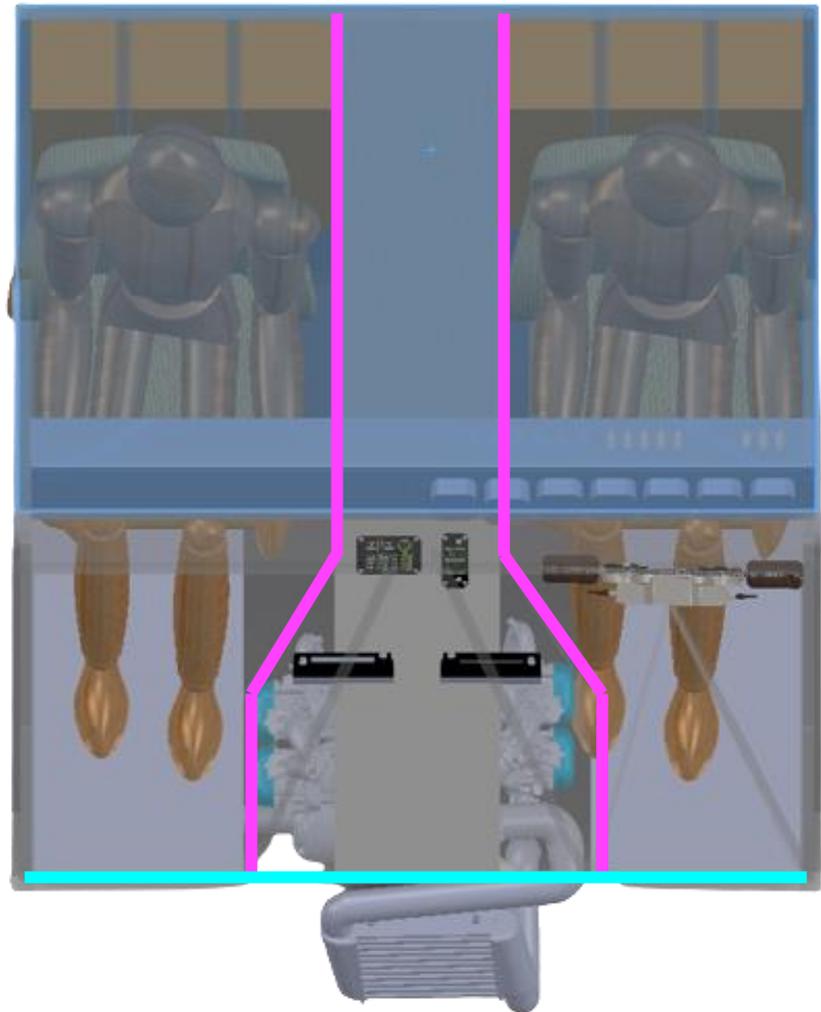
<p>Espace passager</p>	<p>Problème:</p> <p>Pas assez d'espace en hauteur pour les passagers</p> <p>+ contrainte de longueur sur la course utile des vérins en cas de crash</p>	<p>Solution:</p> <p>Abaissement du siège de 40 à 30cm du sol, inclinaison des vérins, Comparaison aux vérins du robinson R22, ayant des vérins plus petits.</p>	
<p>Portières</p>	<p>Problème:</p> <p>Mauvaise reprise d'effort au niveau des charnières.</p> <p>Trop de bras de levier</p>	<p>Solution:</p> <p>Changement de l'emplacement des charnières (bleu), plus efficace, plus ergonomique, renforts modifiés en conséquence.</p>	

3. Renforts – Structure

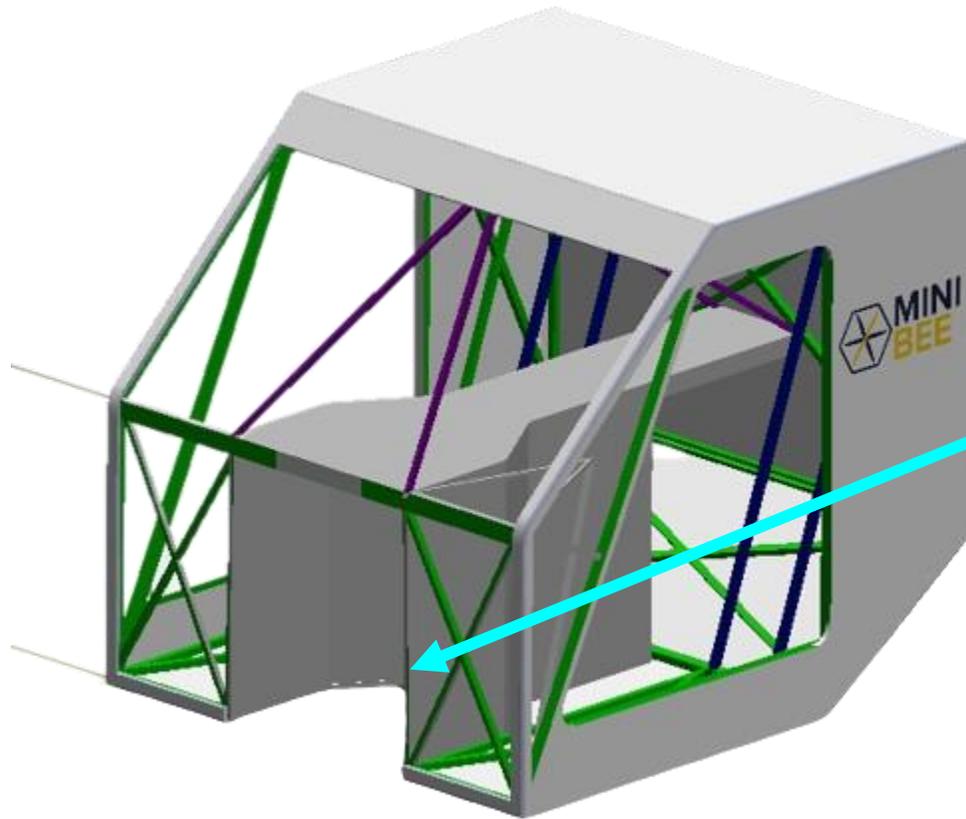


Pour des raisons de visibilité, les renforts de la vue ci-dessus ne sont pas tous indiqués.

3. Renforts – Poutre



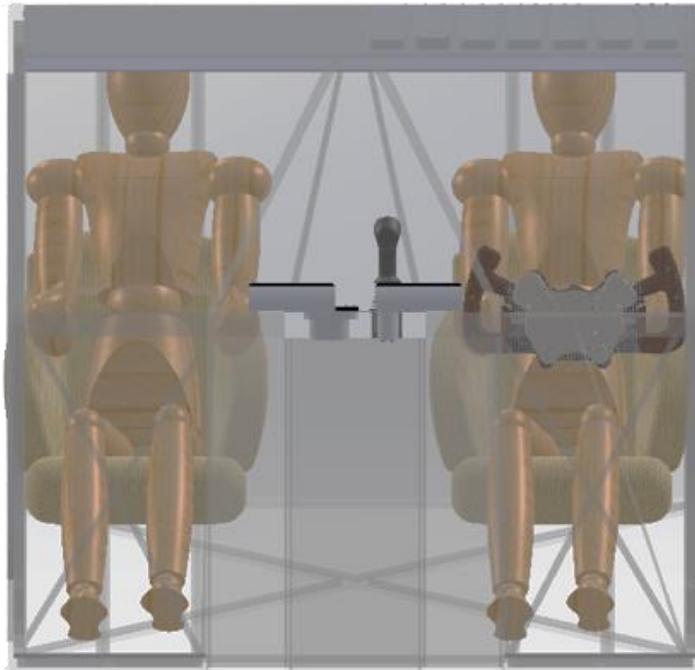
3. Renforts – Face avant



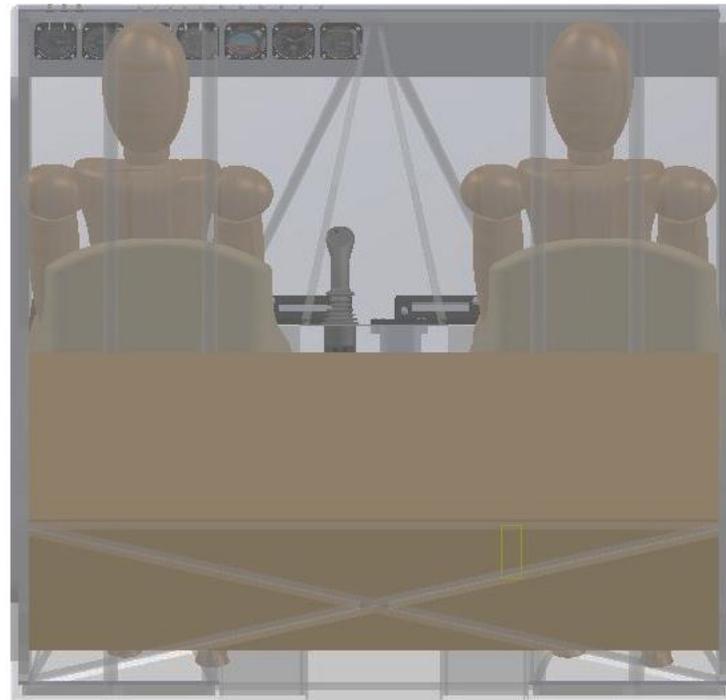
Rajout de renforts verticaux à l'avant de la structure pour rigidifier et pouvoir supporter les patins (voir slide 54)

4. Vues 3D de la cabine seule

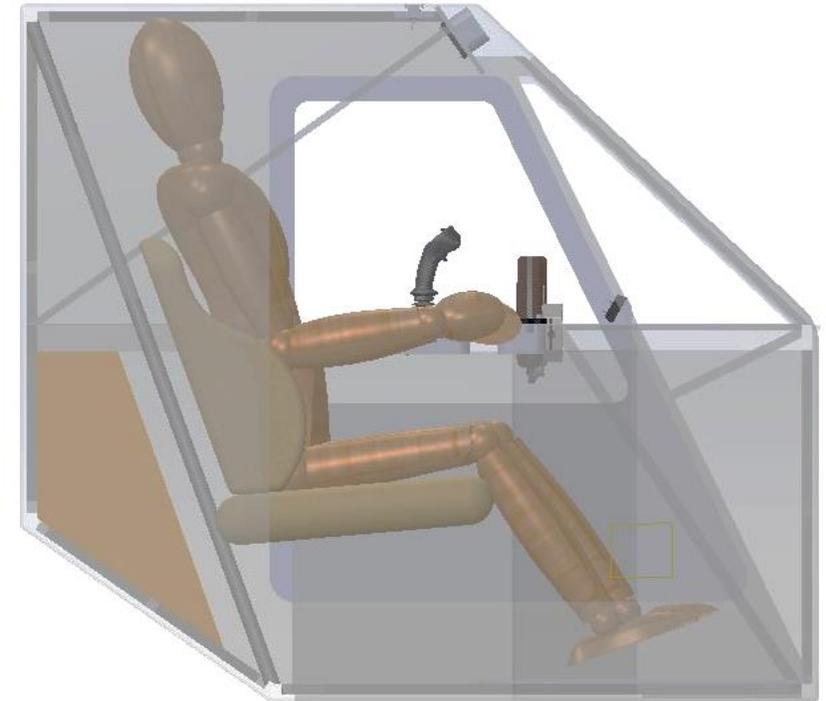
Vue de face



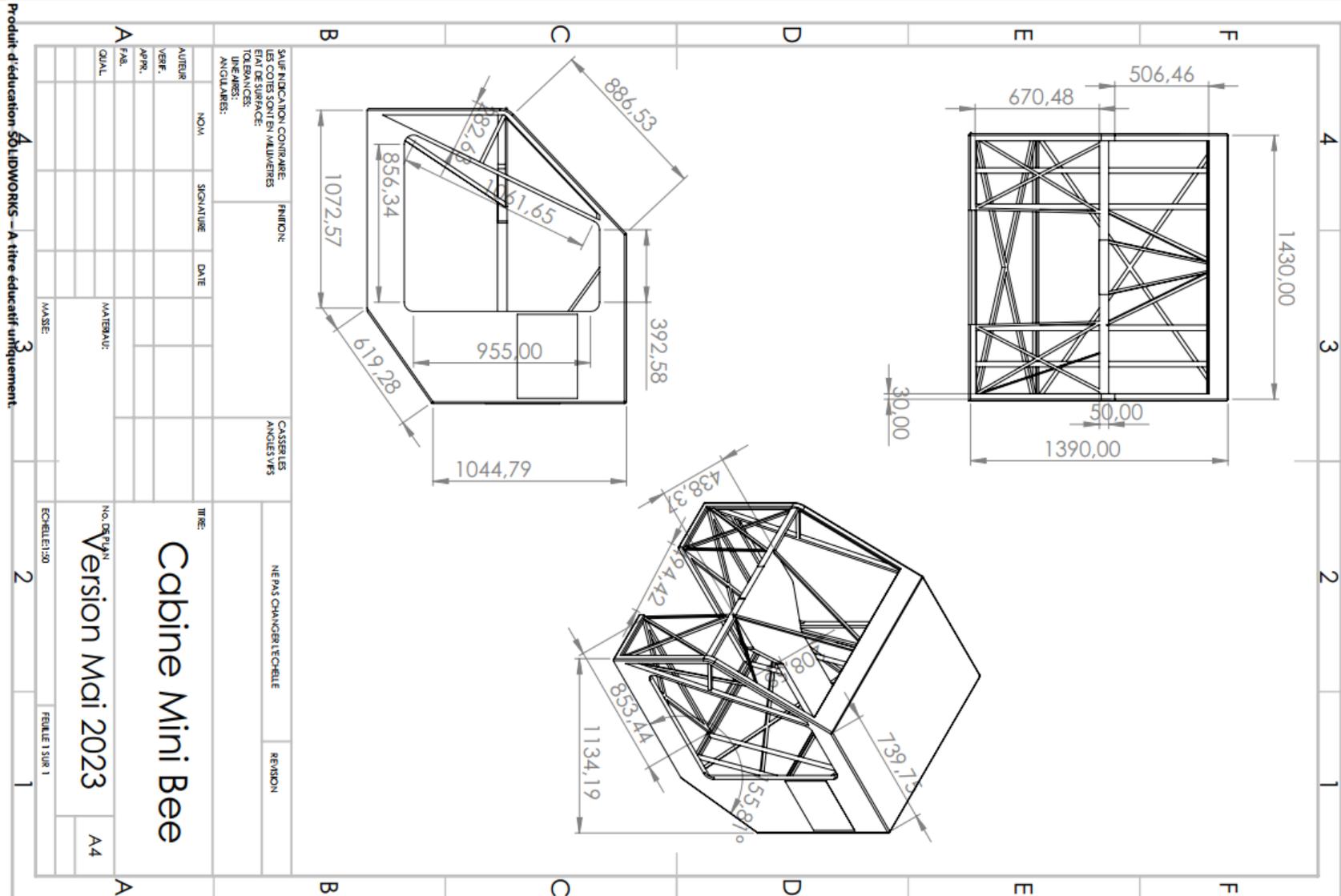
Vue arrière



Vue de côté

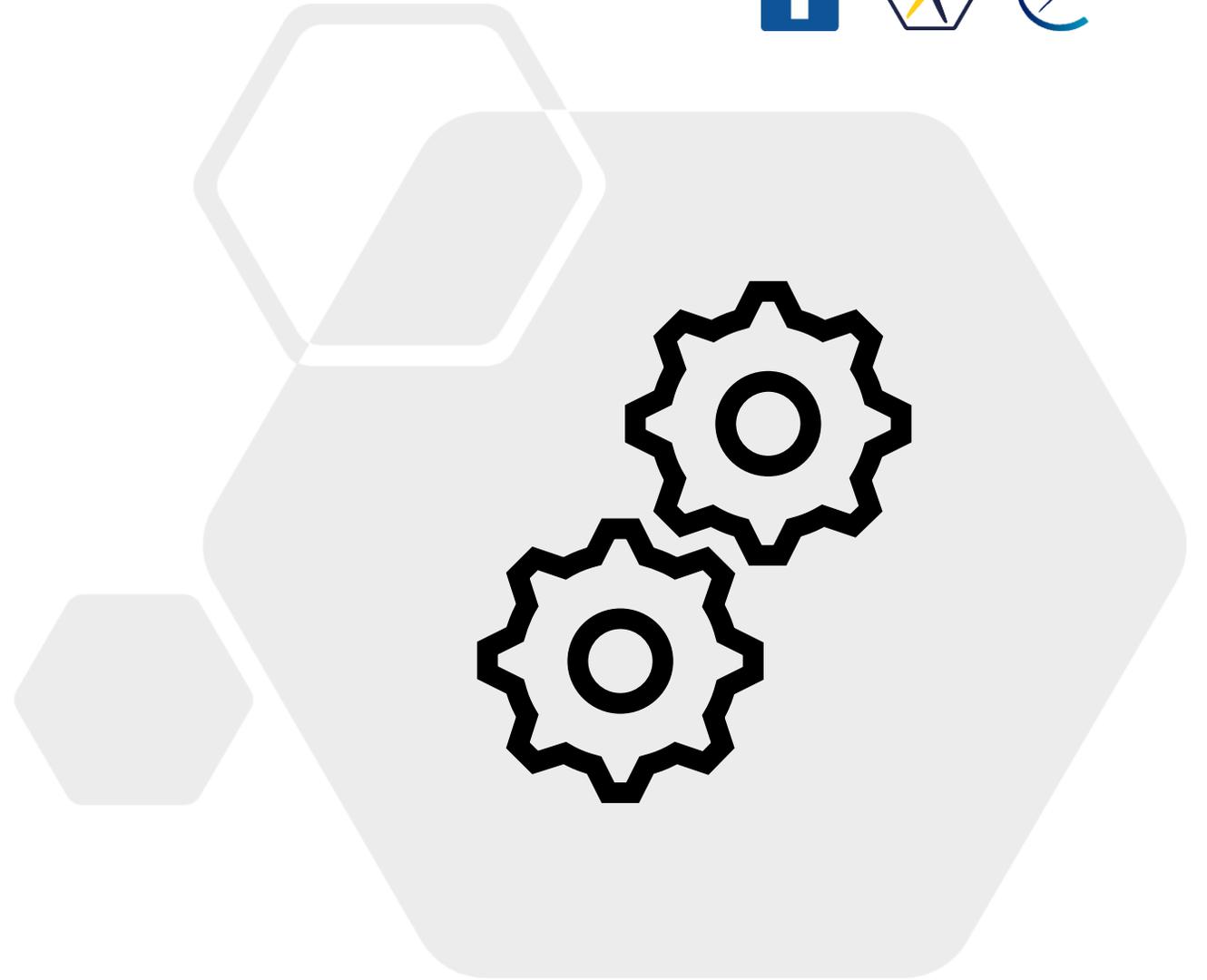


5. Mise en plan (Version Mai 2023)





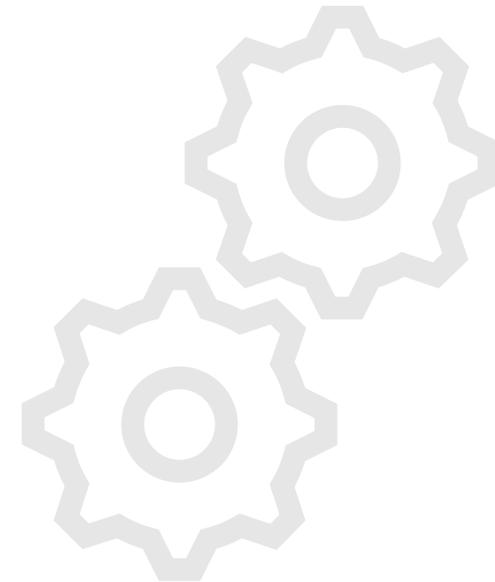
Moteur Rotax 915 IS



Sommaire de la partie



- Présentation du moteur Rotax 915 IS
- Moteur & Emrax
 - Vue d'ensemble
 - Axe moteur
 - Fixation n°1
 - Fixation n°2
- Fixation des éléments moteurs
- Vue 3D de la cabine avec moteur



Présentation du moteur Rotax 915 IS



Contraintes d'utilisation et de fonctionnements :

- Le moteur ne doit pas déranger les passagers
- L'intercooler doit se situer dans le flux d'air
- Le système Rotax + Emrax 228 doit être attaché au niveau du réservoir et au niveau de la poutre centrale
- Le moteur doit être accessible facilement pour la maintenance

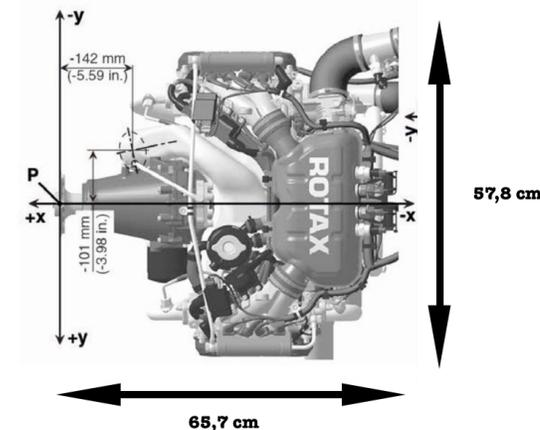
TCDS No.: E.121
Issue: 15

BRP-Rotax GmbH & Co KG
Rotax 912 series

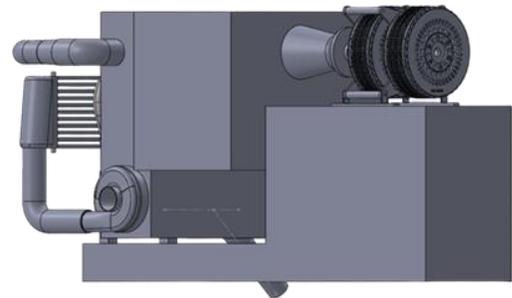
Date: 04 October 2021

915 iSc A and 915 iSc C24 series:

Description	mm	in.
Overall length	657	25.87
Overall length with suspension frame	657	25.87
Overall height	398	15.67
Overall height with exhaust system	702	27.64
Overall height with engine suspension frame	430	16.93
Overall width	578	22.76



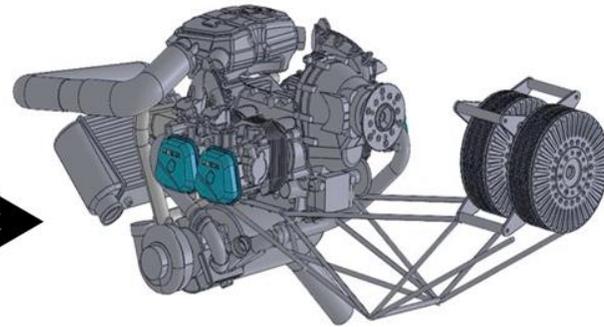
Présentation du moteur Rotax 915 IS



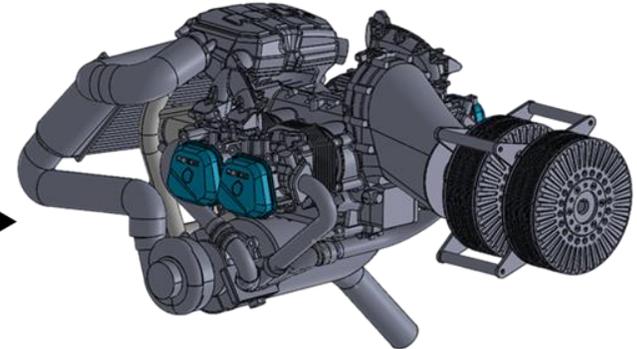
5 janvier 2023



5 Février 2023



21 Février 2023

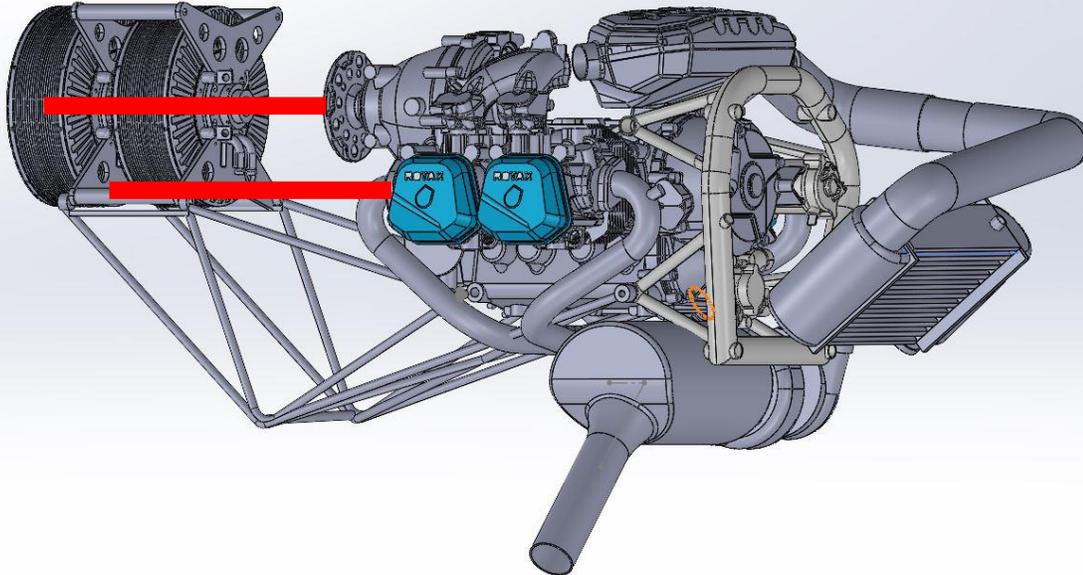


Fin projet : 9 Mai 2023

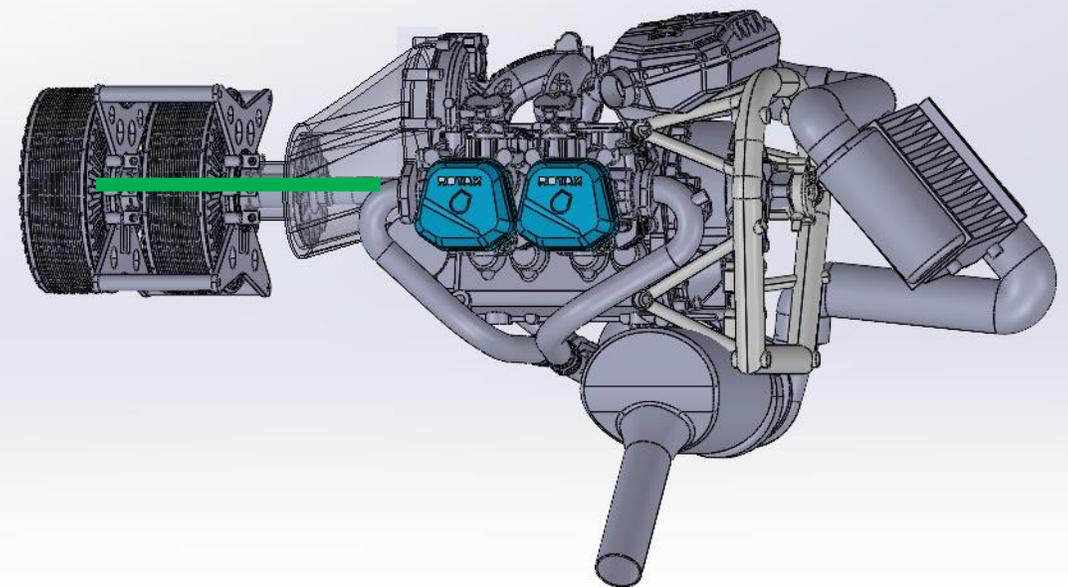
Moteur & Emrax - Vue d'ensemble



Proposition 1 : retenue jusqu'au 2/03



Proposition 2 : retenue au 23/03



 Anciens axes de transmission

 Nouvel axe de transmission

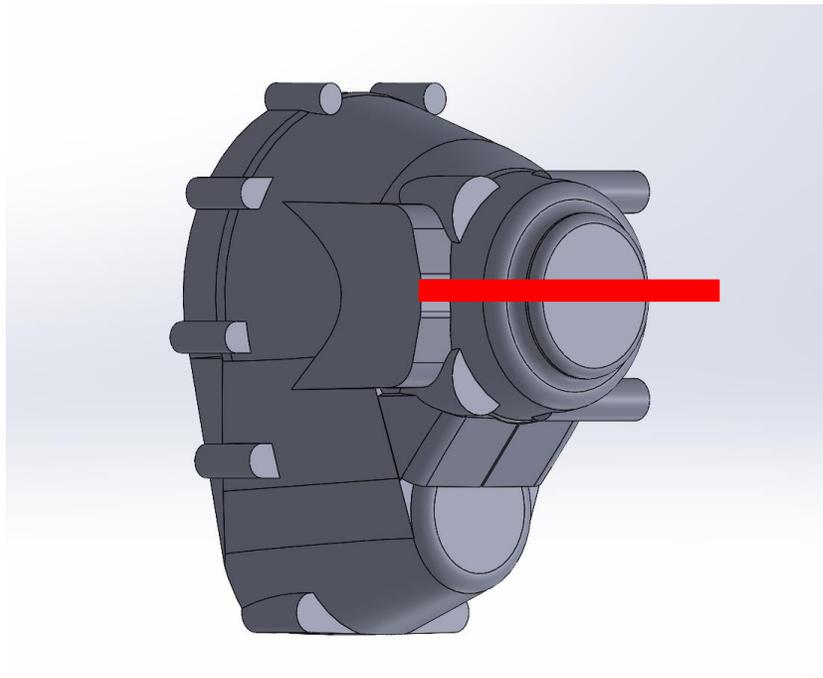
Références utilisées : <https://grabcad.com/library/engine-rotax-914-1>
- <https://grabcad.com/library/engine-rotax-912is-1>



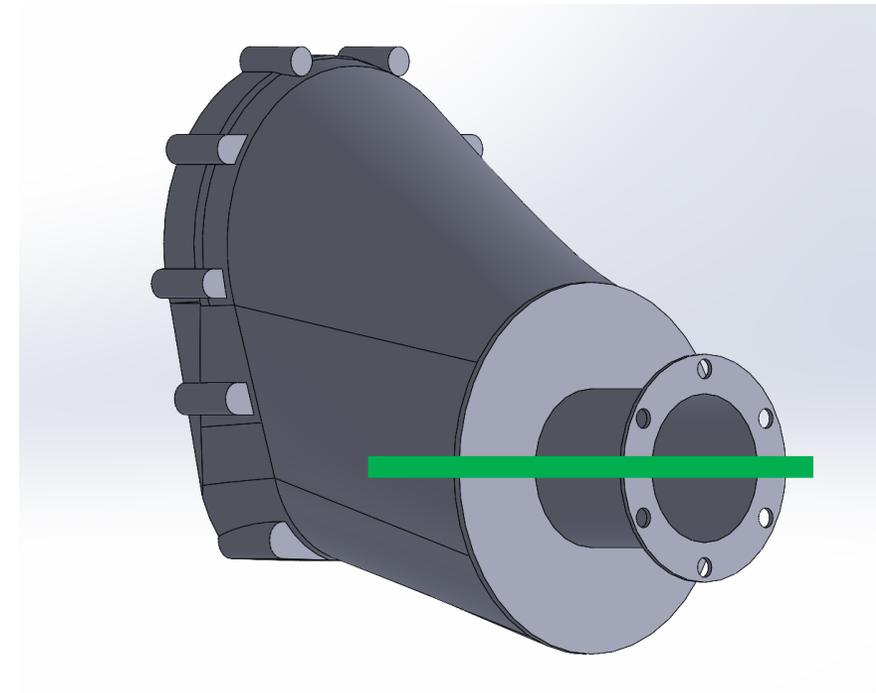
Moteur & Emrax - Axe moteur

Changement de pièce autour de l'arbre de transmission guidé au niveau de l'axe :

Ancienne Gearbox



Nouveau "alésage" autour de l'arbre



Ancien axe moteur



Nouvel axe moteur



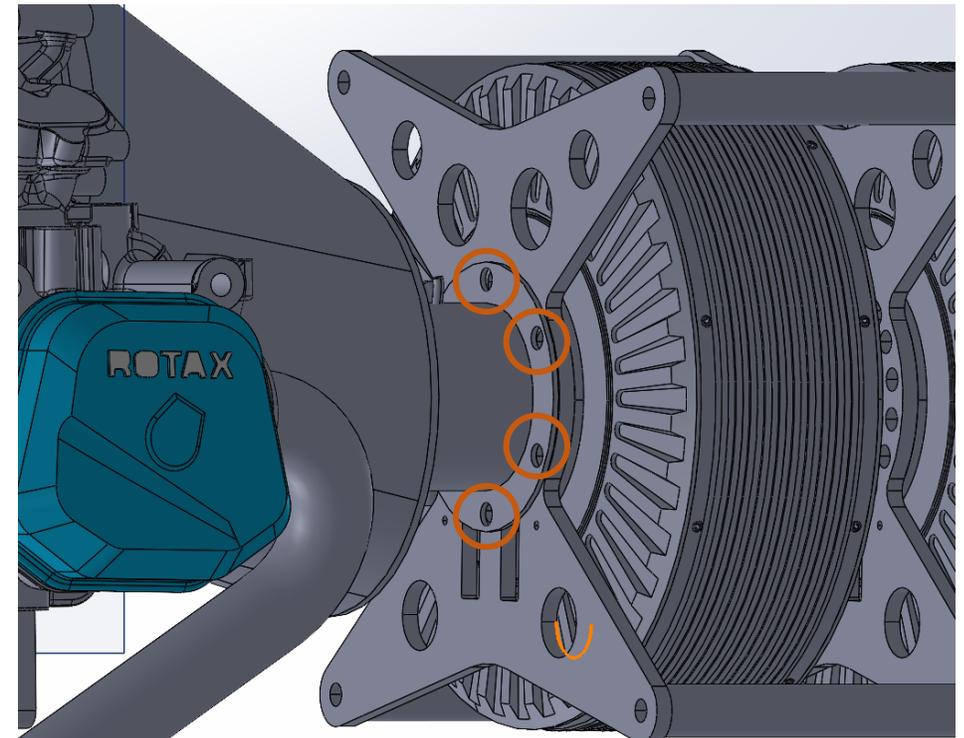
Moteur & Emrax – Fixation n°1



Exemple d'accroche au niveau de l'Emrax



Modélisation 3D
de l'accroche au niveau de l'Emrax



Moteur & Emrax – Fixation n°2

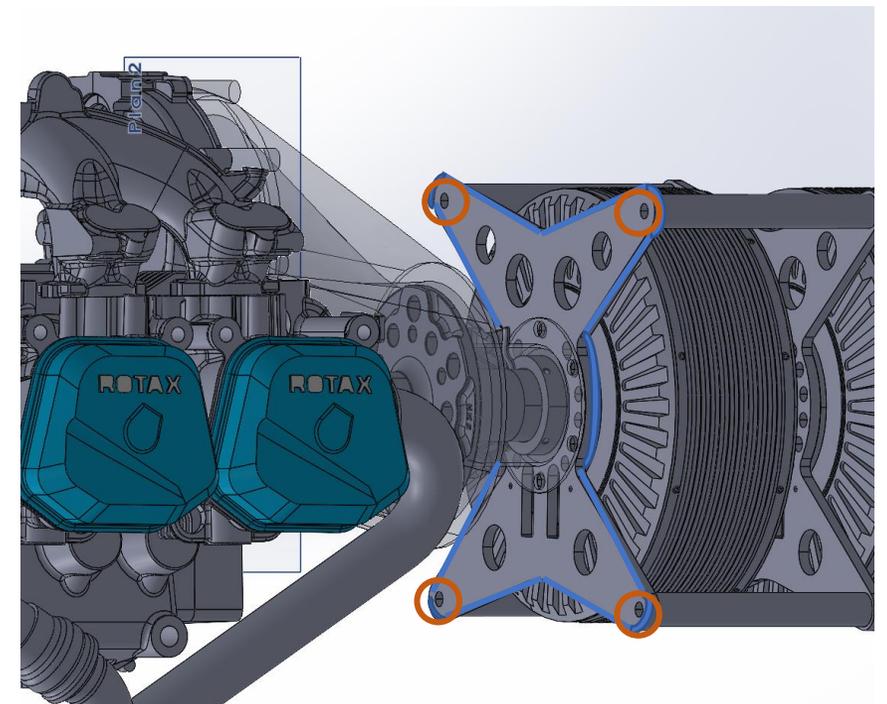
Système de fixation Emrax sur les supports en X



○ Points d'accroches

- Utilisation d'un ensemble vis + écrous M8
- On crée et on superpose le meme système X pour accrocher le moteur au niveau des accroches.

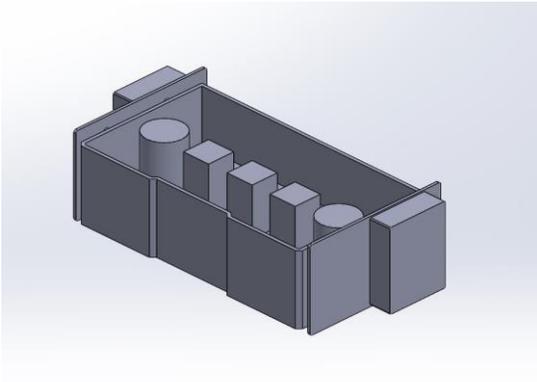
Modélisation 3D de l'accroche au niveau de l'Emrax



Fixation des éléments moteurs



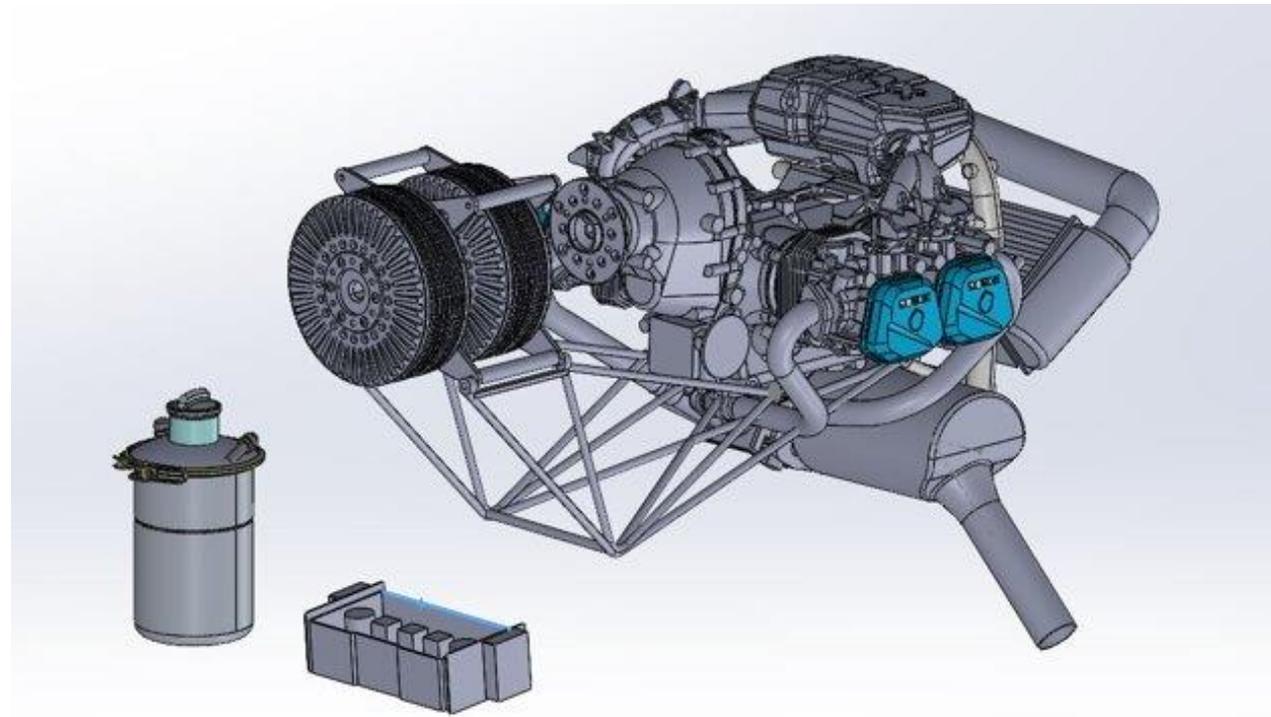
Fusebox



Réservoir d'huile



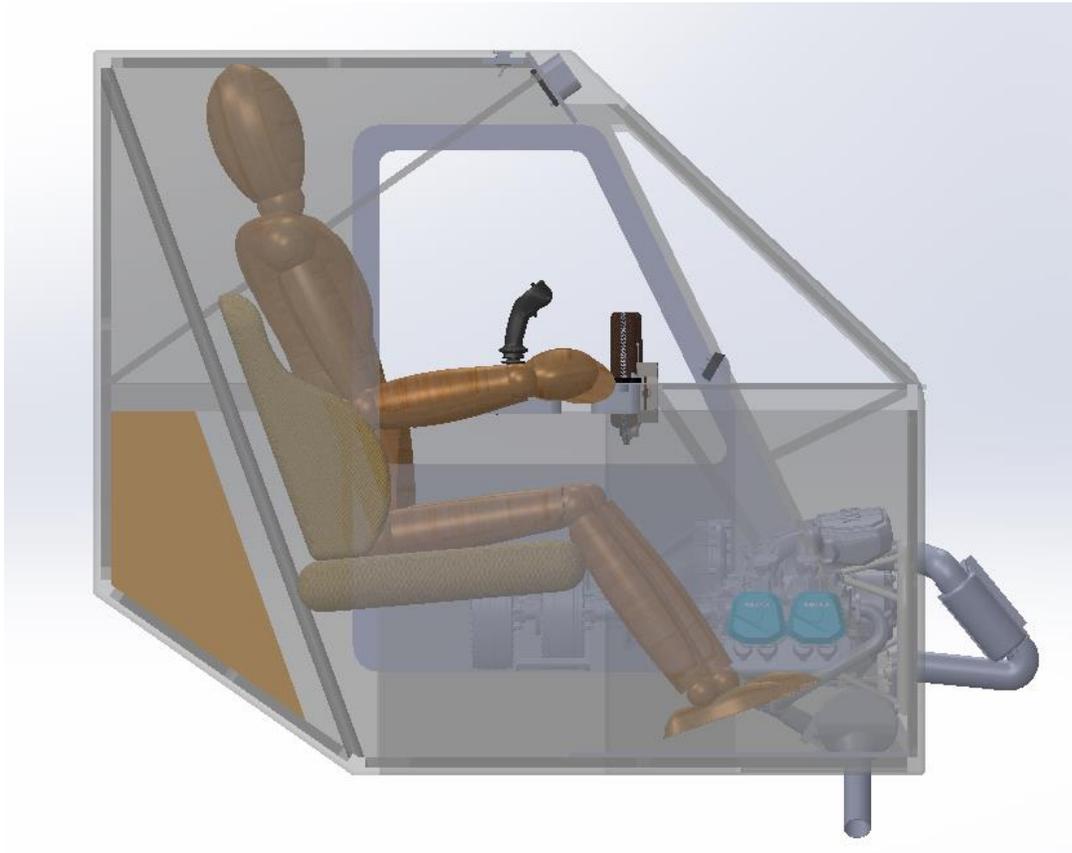
Où placer ces éléments pour assurer leur fixité ?



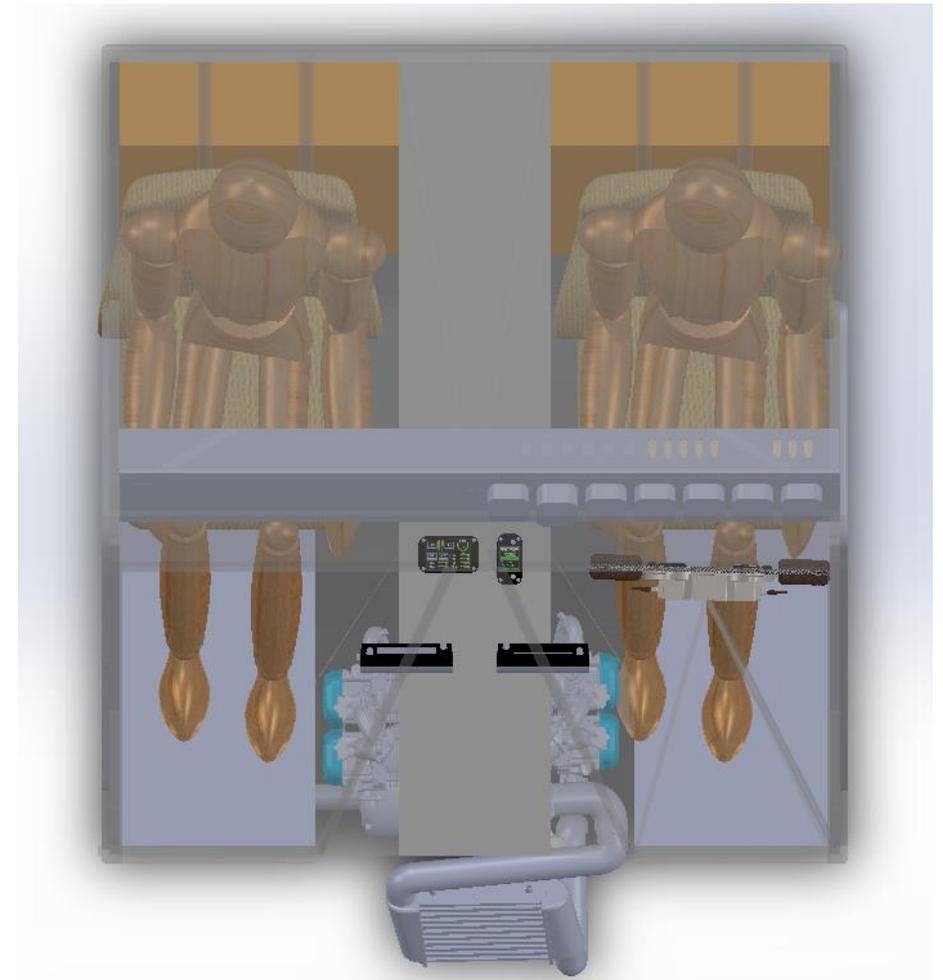
Vues de la cabine avec moteur



Vue de côté

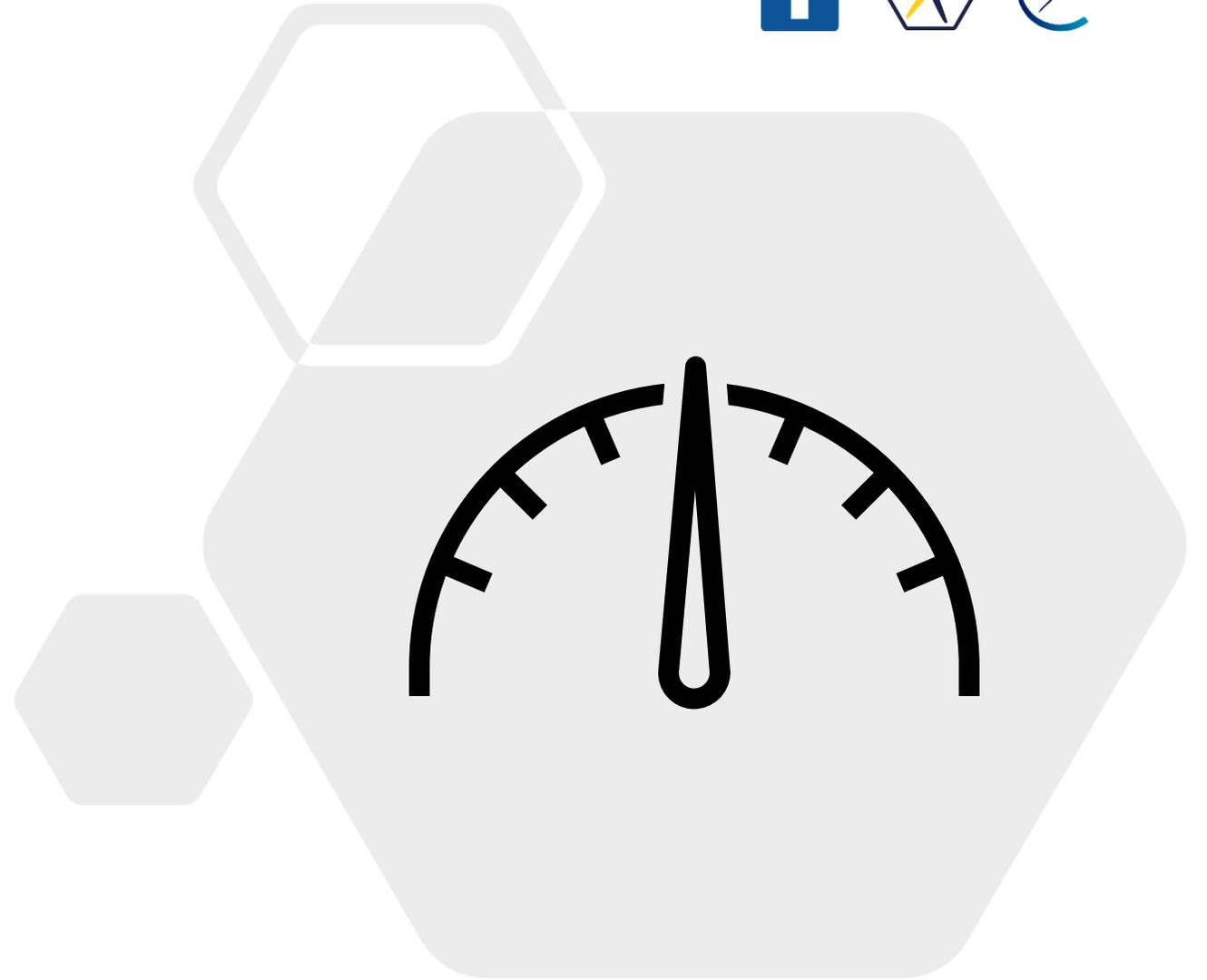


Vue de haut





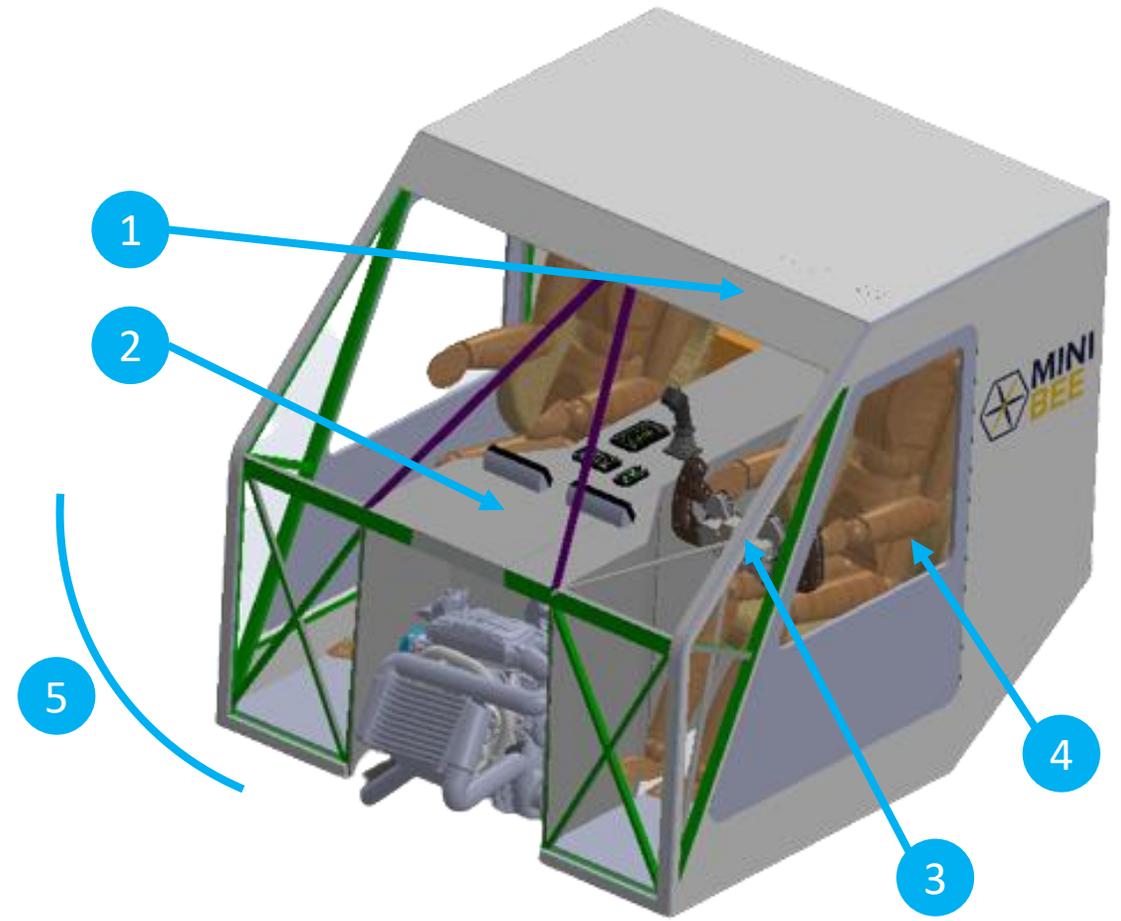
Aménagement intérieur



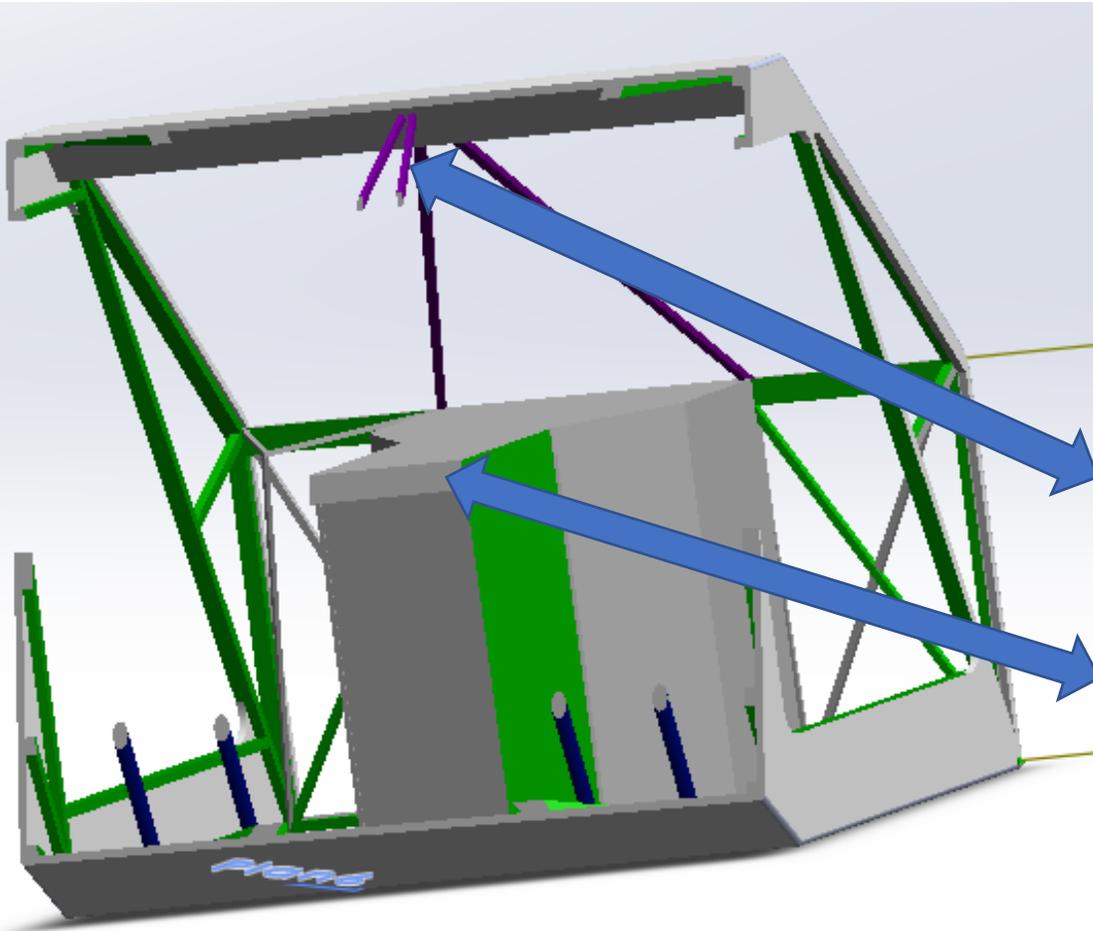
Sommaire de la partie



- 1 Tableau de bord
 - Présentation
 - Matrice de cotation
 - Détail des configurations
- 2 Poutre centrale
- 3 Intégration volant
- 4 Sièges
- 5 Vue globale intérieure



1. Tableau de bord - Présentation



Tous les instruments de vol se situent sur le plafonnier, à distance raisonnable du pilote / passager.

Seuls joystick et "écrans" se retrouvent sur la poutre centrale



1. Tableau de bord – Présentation

Présentation de **trois** configurations:

Config1 – Respecte la règle du T

Config2 – Tableau de bord sur le plafonnier, au dessus de la verrière.

Config3 – Tableau de bord sur le plafonnier, au dessus de la verrière, en deux parties.

Conventions pour l'agencement des instruments de vol:

- Règle "du T" pour l'horizon artificiel, altimètre, anémomètre et directionnel.
- Instruments relatifs au vol sur la gauche et relatifs au moteur sur la droite



1. Tableau de bord – Matrice cotation



	Respect du « T »	Sur plafonnier	Sur plafonnier en 2 parties
Espace libéré	2	3	4
Champ de vision	1	2	4
Accessibilité	3	3	3
Respect conventions	4	3	3
Total	10	11	14

Cotation	4 : Très bon	3 : Bon	2 : Mauvais	1 : Impossible
----------	--------------	---------	-------------	----------------

1. Tableau de bord - Configuration A



- 1 : - feux (anticollision / nav / strobe / taxi)
- phares (atterrissage / bouclage)
- batterie / alternateur / fuel pump
- (Park brake) / starter

2 : Instruments de Vol kanardia (horizon artificiel, altimètre, anemo, directionnel, vario, combo)

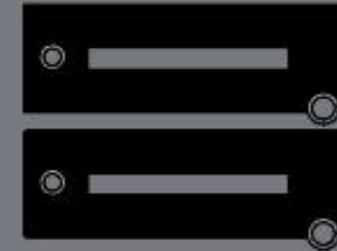
3 : Tachimètre (+autres?)

4 : Radios (+autres moyens de com?)

Bien trop Large pour le plafonnier
(obstruction champ de vision)

Respect des conventions de positionnement

1. Tableau de bord - Configuration B



Assez fin pour être installé au dessus de la verrière

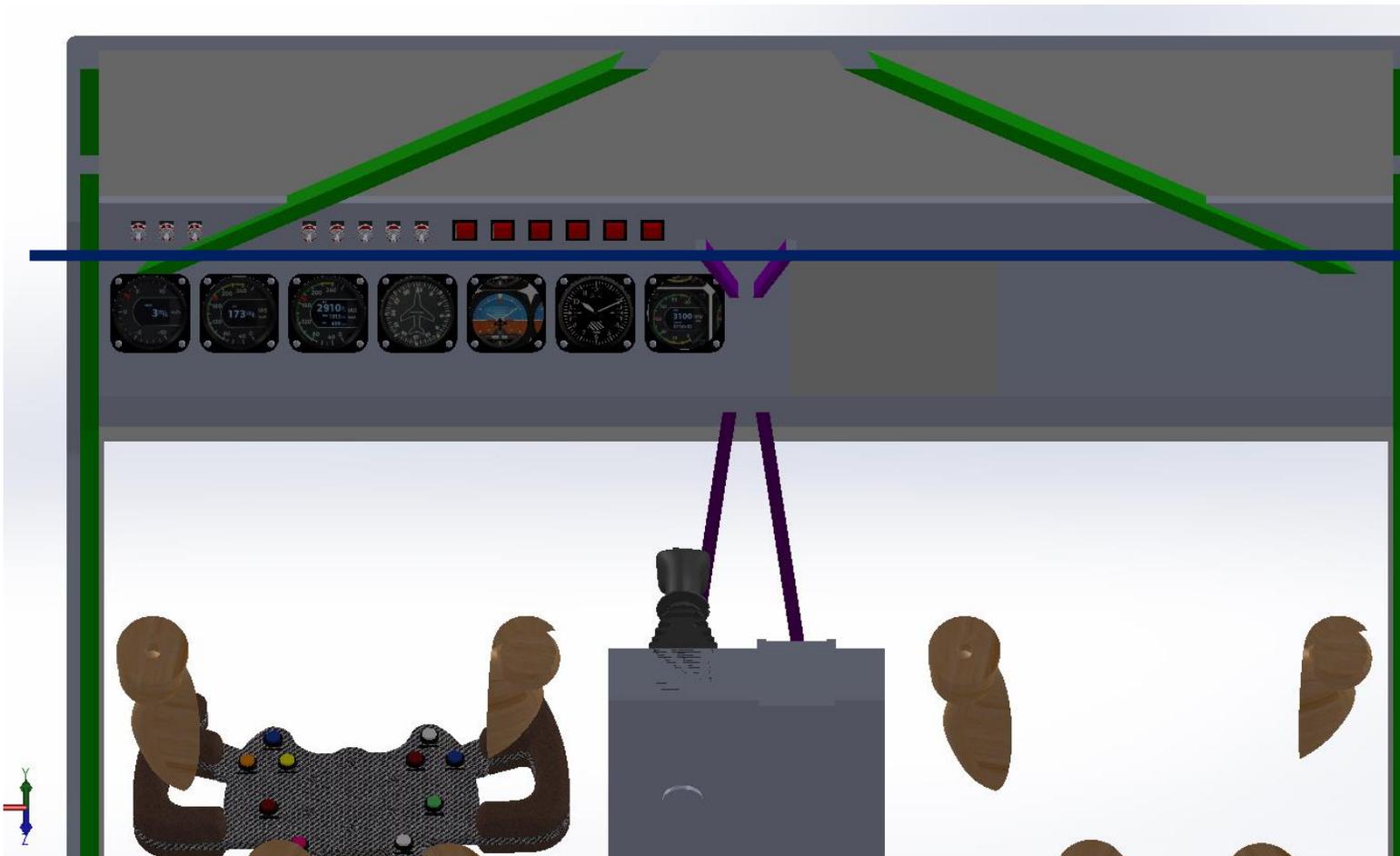
Non respect des conventions de placement des instruments

Cette Version plus compacte a une disposition des éléments moins naturelle mais bien plus adaptée en terme d'encombrement

→ Semble être la meilleure des 2 options présentées



1. Tableau de bord - Configuration C



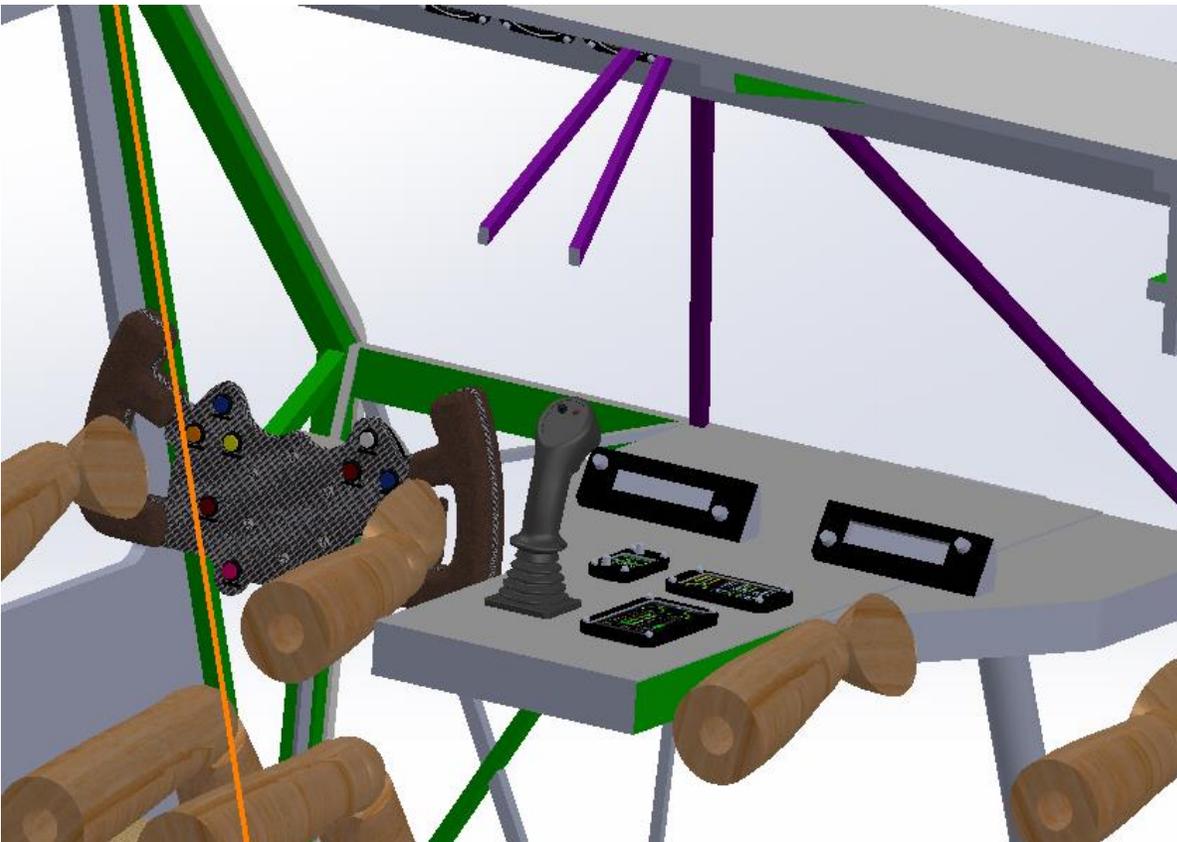
Partie interrupteurs
(plafonier)

Partie Instruments



Tableau de bord en “2 parties” :
- instruments entre verrière et plafonnier
- interrupteurs directement sur le plafonnier pour un gain en espace et en champ de vision

2. Console centrale

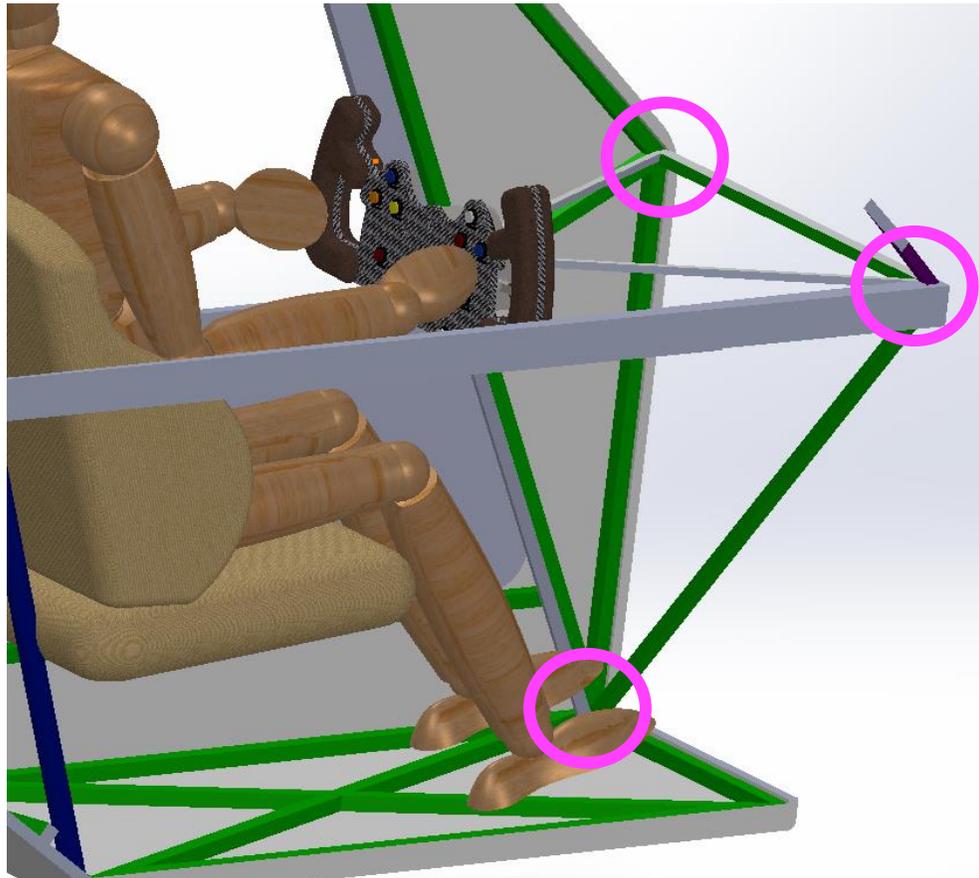


Instrumentation Kanardia:

- 1: Autopilot
- 2: Joystick
- 3: "Digi"
- 4: "Emsis"

Ajout des radios à la poutre centrale

3. Intégration volant



3 points de reprise d'efforts

2 cas majeurs de forte contrainte: la montée/descente du pilote

Montée: peut "tirer" le volant pour se hisser

Descente: peut s'appuyer sur le volant

Dans les deux cas, la reprise d'effort se fait majoritairement sur le coin avant gauche du plancher de la cabine, un des plus gros noeud dans la structure de renforts de la cabine.

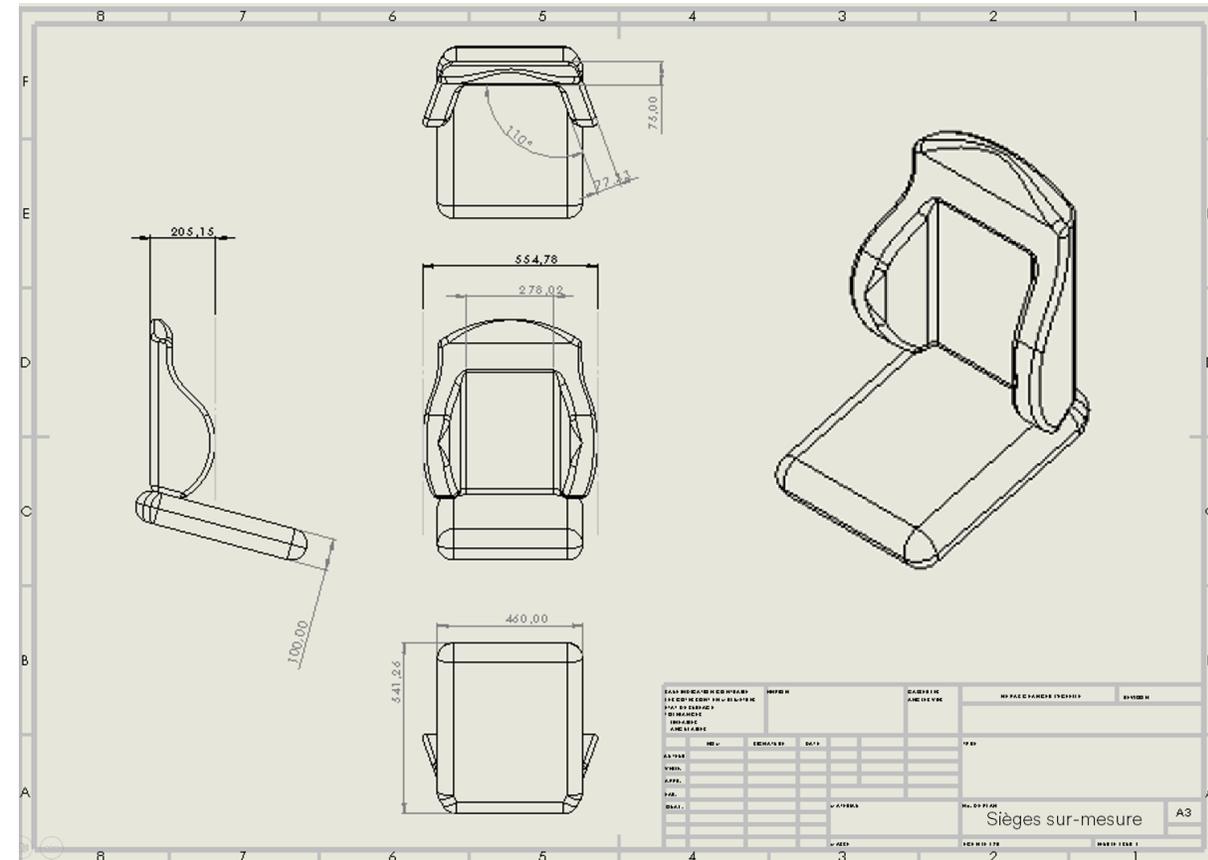
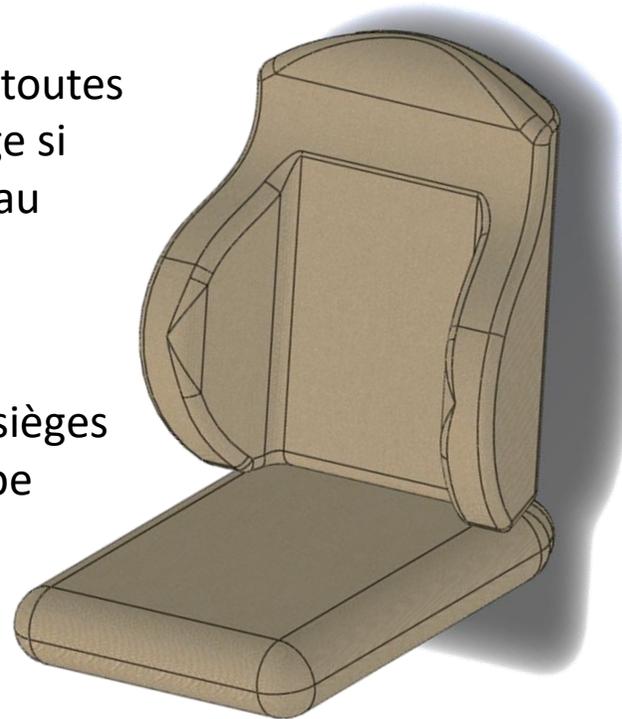
Ce système a pour but de remplacer le système de "corde" utilisée jusqu'au 02/03/2023 pour tenir le volant au plafonnier

4. Sièges – Modèle



Possibilité de changer toutes les dimensions du siège si besoin, pour épouser au mieux la cabine.

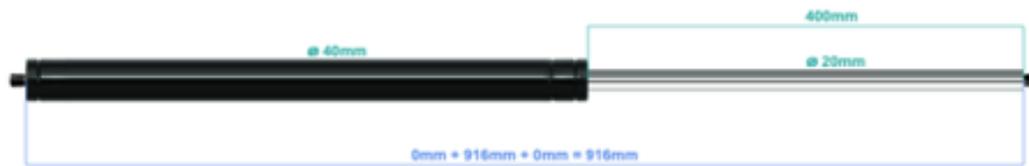
Basé sur les tailles de sièges "standard" pour ce type d'engin volant.





4. Sièges – Amortisseurs

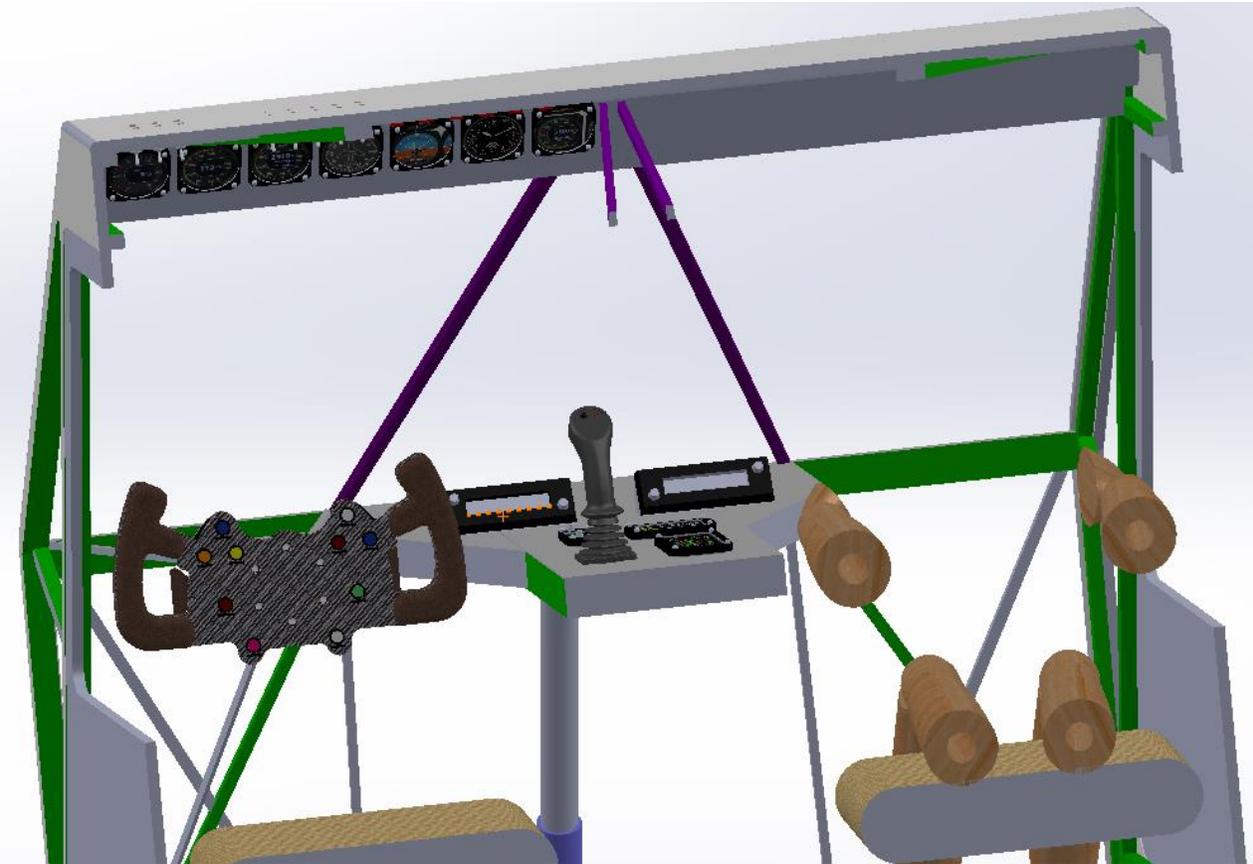
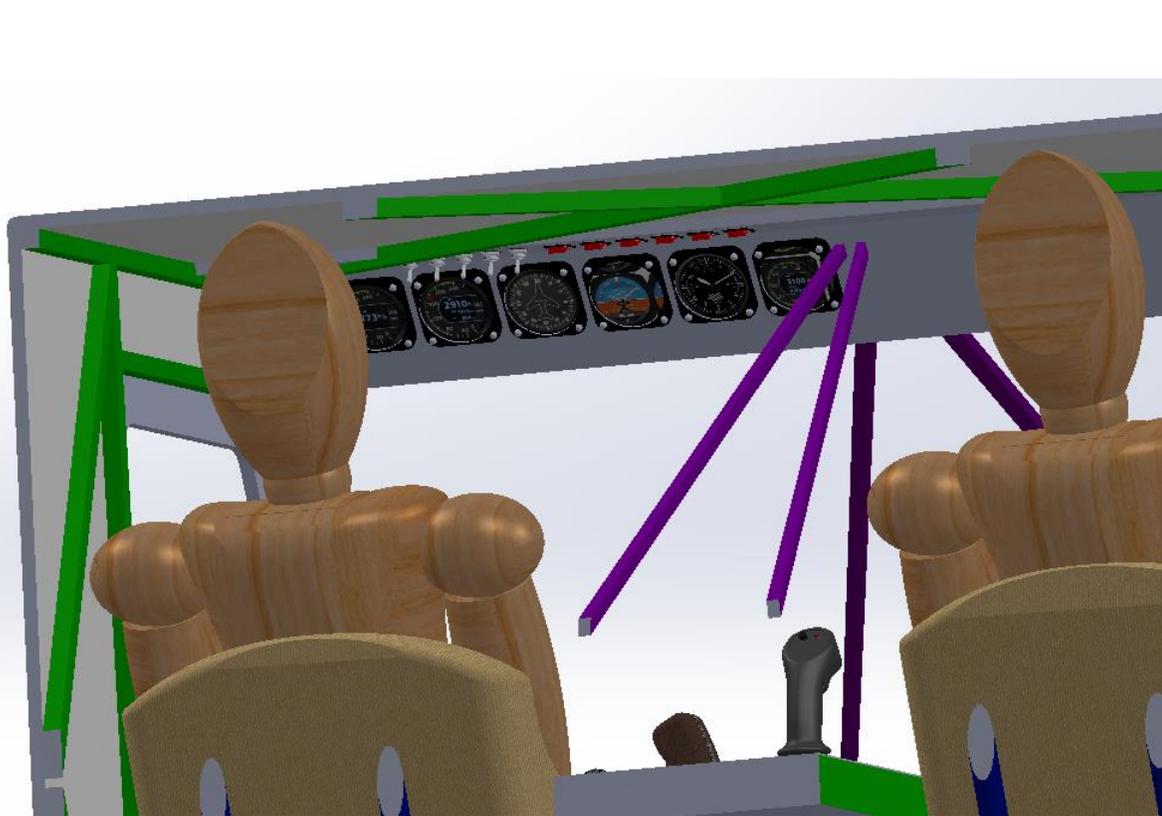
- Vérins à gaz
- Diamètre tube : 40 mm
- Diamètre tige : 20 mm
- Extrémité filetée : M14
- Longueur déployée : variable suivant le modèle
- Course : variable suivant le modèle
- Coût : environ 200 €



Nombre de vérin par siège	$n = 2$
Masse utilisateur	$M = 100 \text{ kg}$
Coefficient de décélération maximale	$D = 5 * g = 5 * 9.81 \approx 50 \text{ m.s}^{-2}$
Force par vérin	$F = D * M = 100 * 50 = 5000 \text{ N}$
Force par siège	$F = f * n = 5000 * 2 = 10\,000 \text{ N}$

Parler de la longueur des vérins pour la même force

5. Vue globale intérieure





Composants extérieurs



Sommaire de la partie



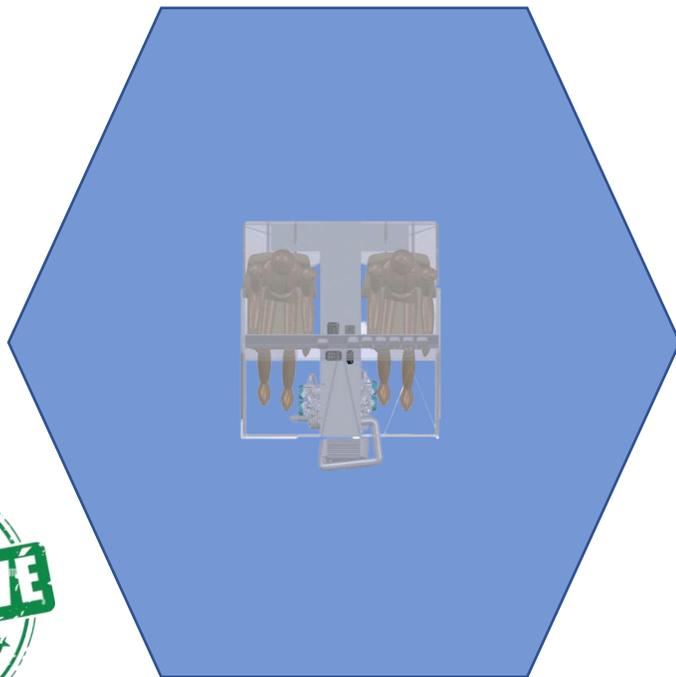
- Structure supérieure
 - Orientation
 - Fixation
- Parachute
- Intégration du parachute
- Système d'atterrissage
- Vues 3D avec moteur et trains



Structure supérieure - Orientation

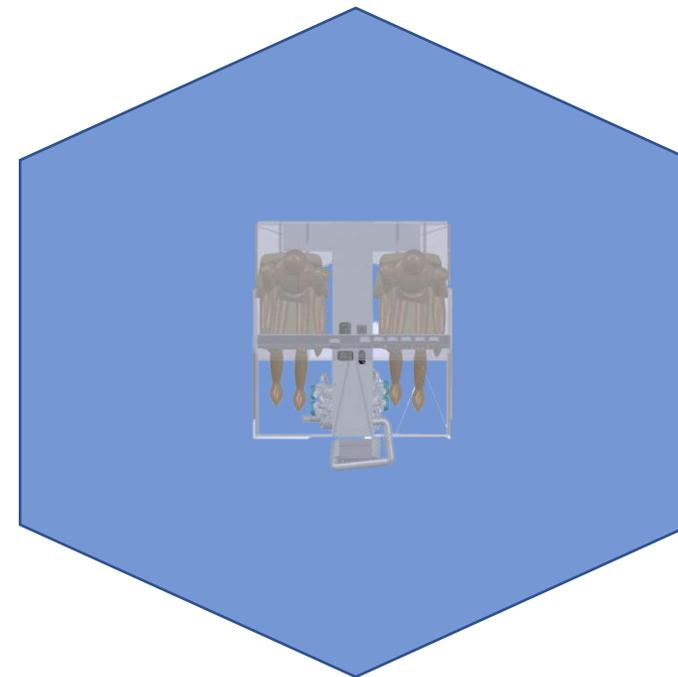


Proposition n°1



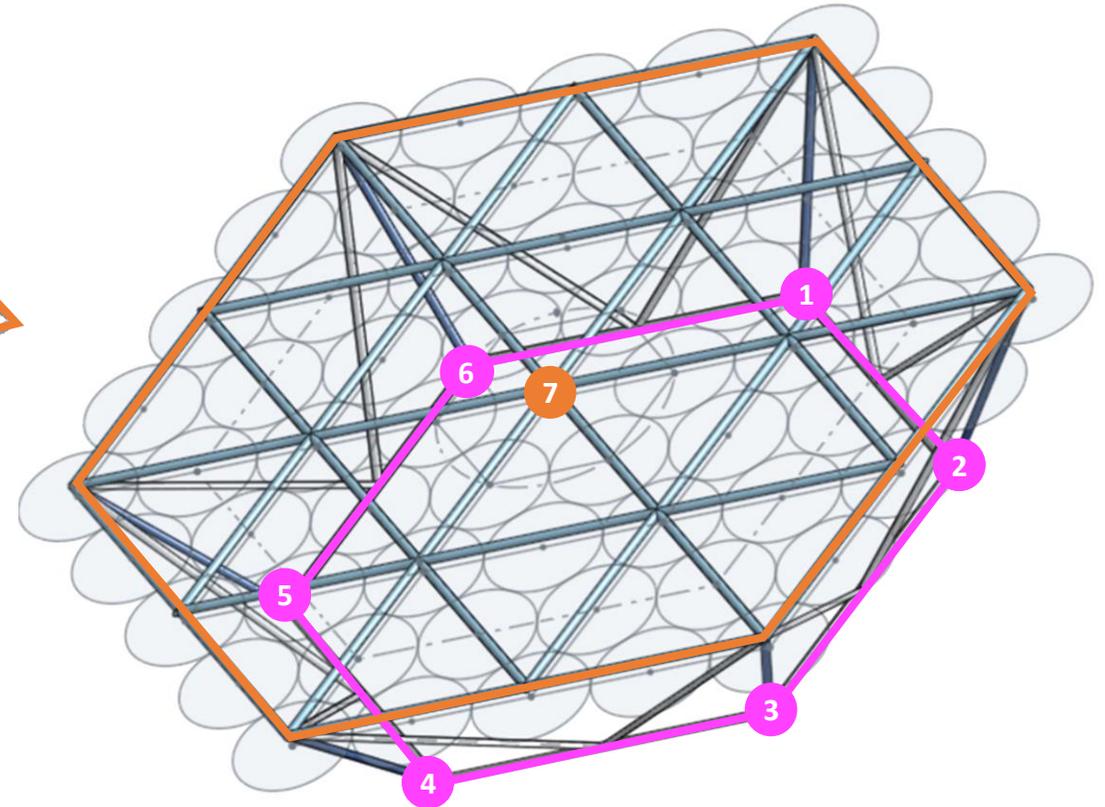
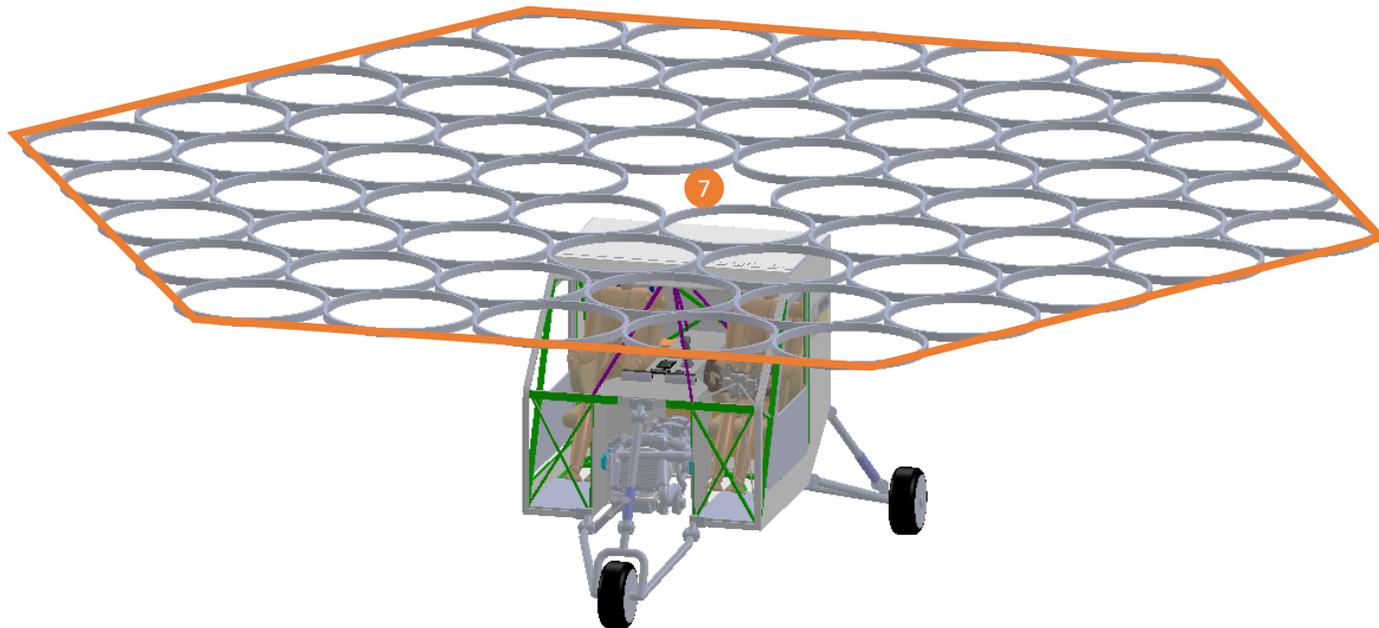
Air flow

Proposition n°2



Air flow

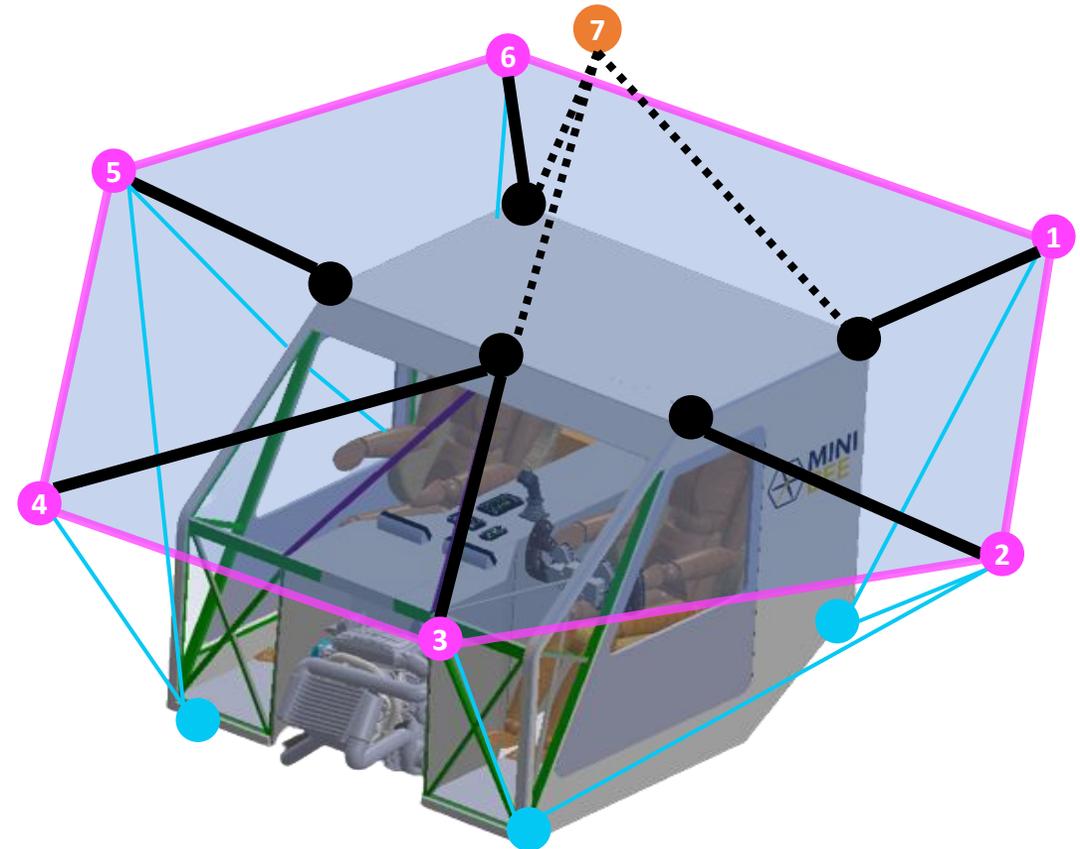
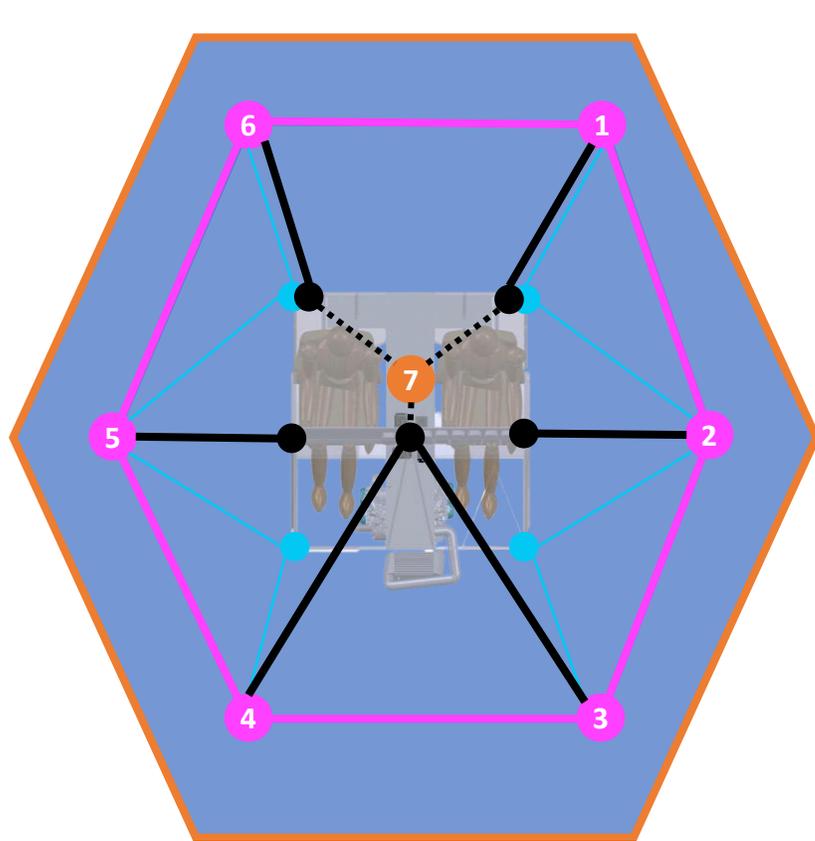
Structure supérieure - Accroche



1 2 3 4 5 6 : Premier étage

7 : Deuxième étage

Structure supérieure - Accroche



- 1 2 3 4 5 6 : Premier étage
- 7 : Deuxième étage

- Câbles
- Renforts

Parachute

GRS 6 800-990 :

- Masse maximum autorisée : 800 kg
- Vitesse max autorisée (VNE) : 380 km/h
- Durée d'ouverture du parachute : 6 s
- Taux de chute : 7,5 m/s
- Masse totale du système : 21,7 kg

galaxysky.cz/grs-6-800-990-sds-175m2-p43-fr

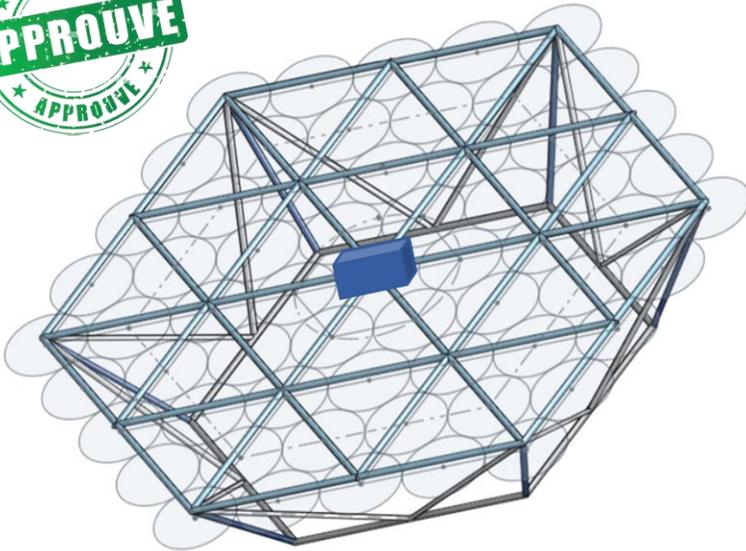


TYPES		800	900	1050
Coefficient de sécurité du parachute par ASTM F2316-12		Test ASTM 1,5		
Poids maximum autorisé MTOW	Kg	800	900	1050
Vitesse maximum autorisée VNE	Km/h	380	350	315
Contrainte de choc maximum a l'ouverture à VNE et MTOW	kN/G	46,0/5,9	45,5/5,2	47,4/4,9
Testé temps total de la canopée à plein temps en VNE et MTOW	sec.	5,7		
Temps moyen de pleine ouverture du parachute pour une vitesse de 95 km/hod. à MTOW	sec.	6,0		
Taux de chute enregistré au 1000m/AMSL Min. Max MTOW m/s Taux de chute enregistré au 1500m/AMSL	m/s	7,1-7,9 7,3-8,1		
Maximum la résistance du couvert à la vitesse 250 km/h	Kg	1000		
Ouverture maximale de fonctionnement pour un impact dynamique 250 Km/h	kN	48,7		
Hauteur minimum de sécurité a l'ouverture une vitesse horizontale à la vitesse 95 km/hod.	m.	140		
Méthode éjection		court manche		
Parachute				
Surface	m ²	175		
Nombre de suspentes et panneaux		40		
Diametre nominal	m	13,1		
la quantité des fentes/Slider*		160°		
Dispositif balistique				
Moteur-fusée MK4				
Système de mise a feu		Dual primer		
Puissance de la roquette au démarrage		670 N/sec. 68Kg		
Puissance de la roquette a son maximum		930 N/sec. 94Kg		
Poids du système balistique		2.62Kg		
Durée de la flamme (- 40° C - +60° C)		1 sec. ± 0,2 sec.		
Cycle Exchange 6 ans				
Dimensions				
Soft pack B1-LxWxD B2-LxWxD	cm	48x34x23 48x38x21		
Unité de poids - GRS				
Sangle principale longueur	m.	3x 4		
Poids	Kg	0,9		
Poids total ±4% GRS Soft B GRS Soft B2	Kg	--- 21,7		

Intégration du parachute

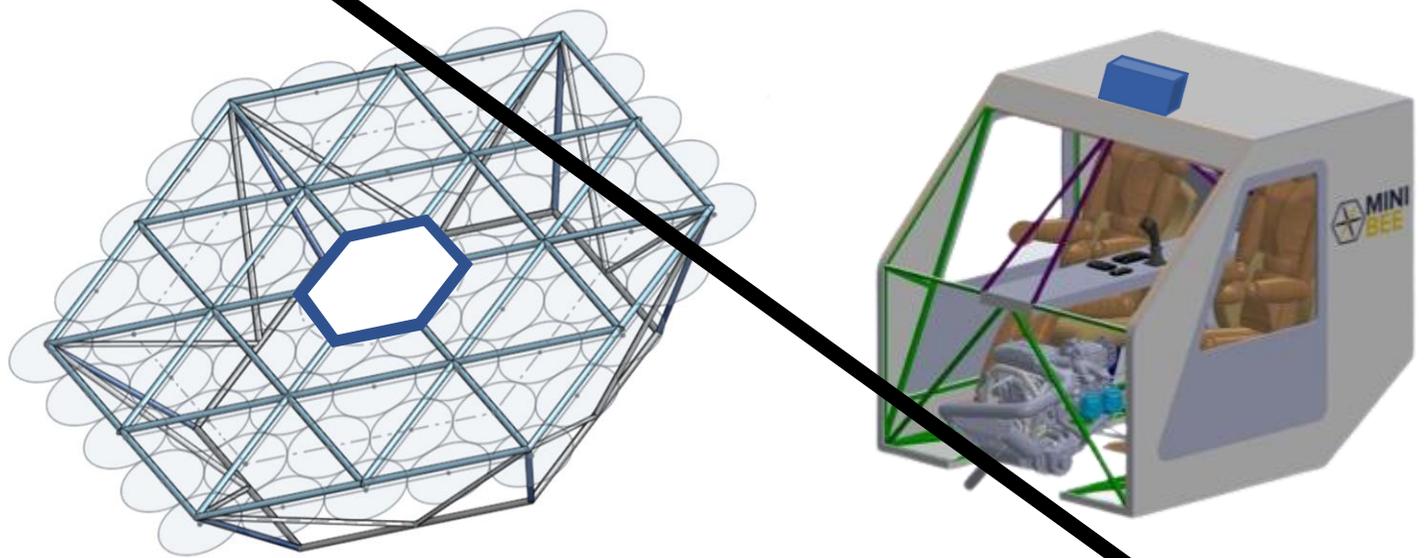


Proposition n°1



Dans cette configuration, le point de fixation du parachute doit être renforcé

Proposition n°2



Pour assurer la solidité de la structure supérieure, chaque sommet de l'hexagone doit être renforcé

Systeme d'atterrissage



Diagramme en pieuvre

FP1 : Amortir la cabine à l'atterrissage

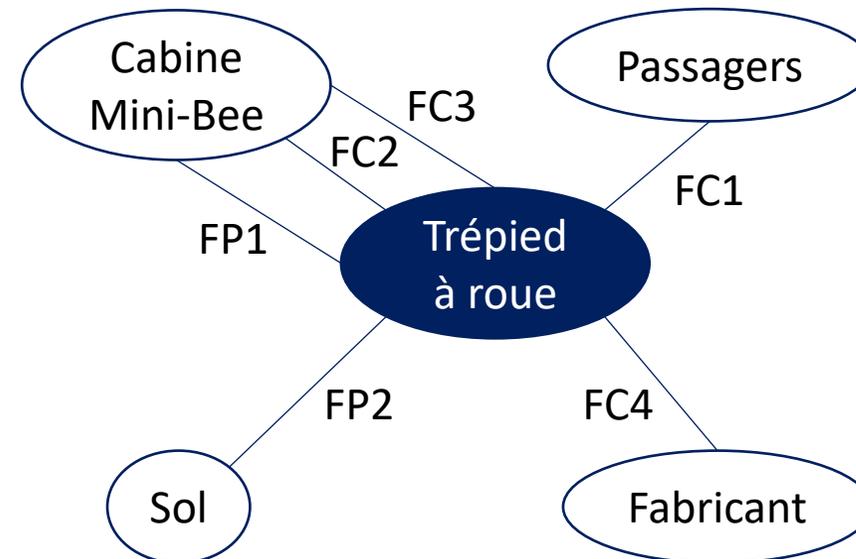
FP2 : Pouvoir se poser sur toute surface

FC1 : Assurer l'intégrité des passagers

FC2 : Assurer l'intégrité de la cabine

FC3 : Facilement démontable (<10min)

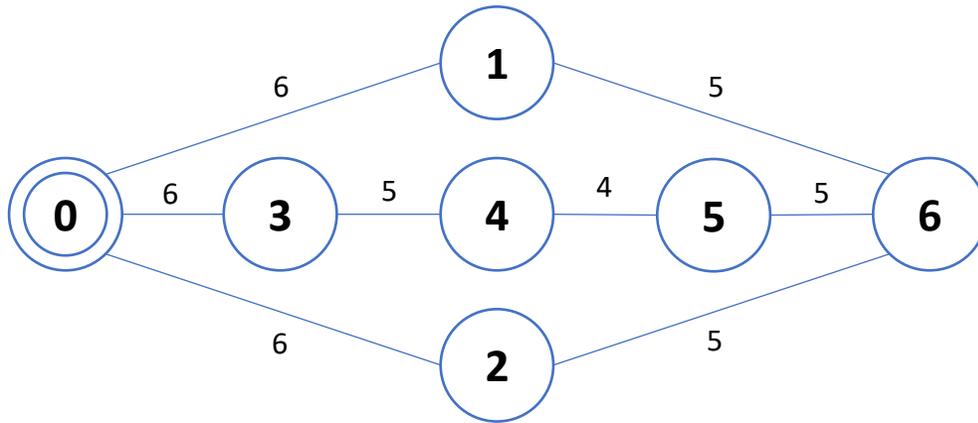
FC4 : Suffisamment léger (<25kg)



Système d'atterrissage



Degré d'hyperstaticité

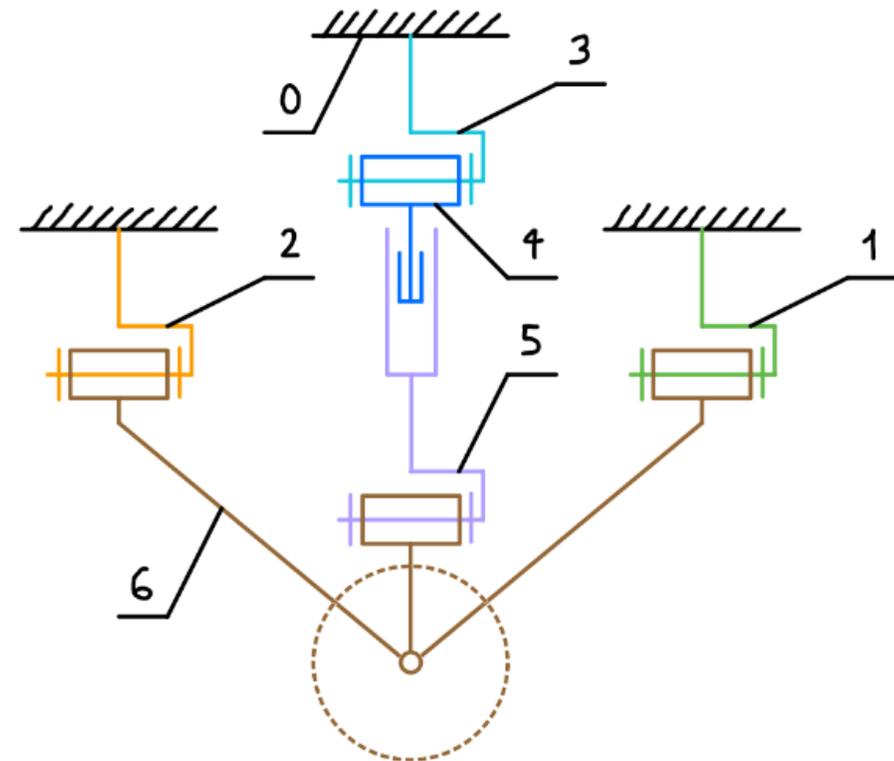


$$M_s = 6 \cdot p - N_s = 6 \cdot 6 - (3 \cdot 6 + 4 \cdot 5 + 4) = -6$$

$$M = M_u + M_i = 1 + 0 = 1$$

$$H = M - M_s = 7 \text{ (hyperstatique)}$$

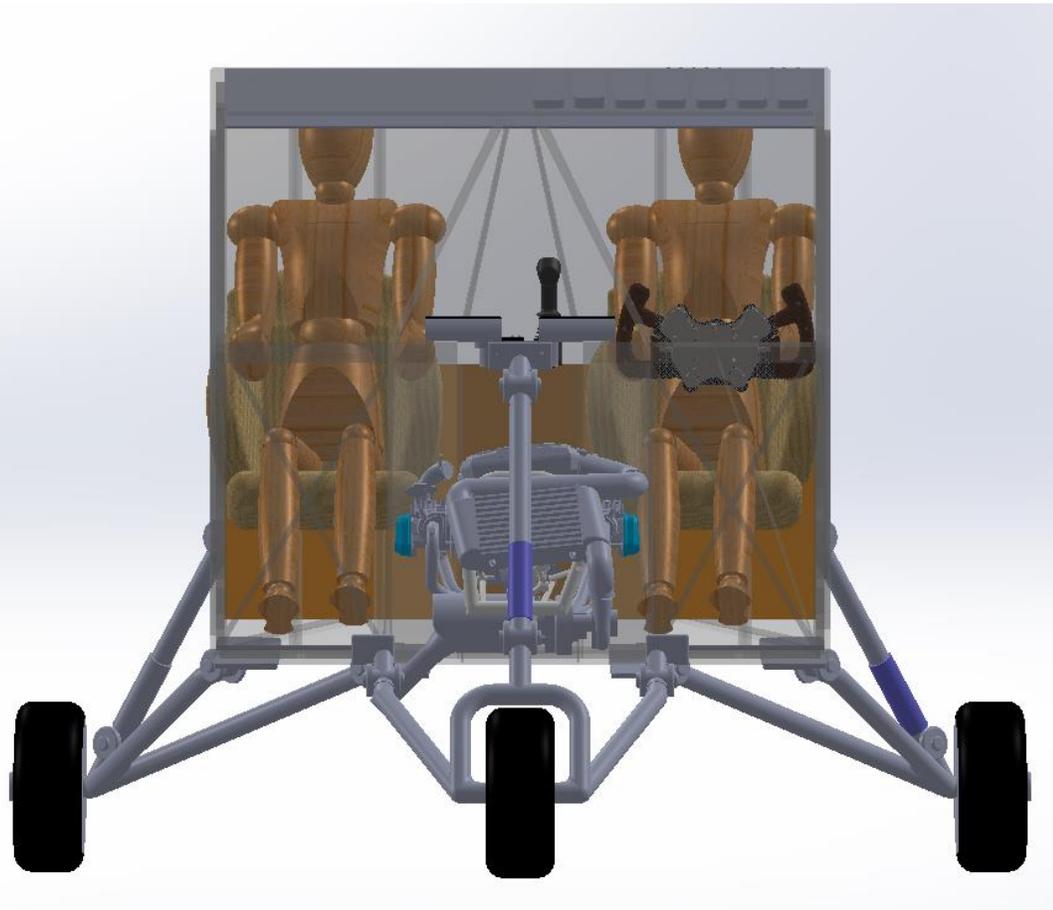
Schéma cinématique



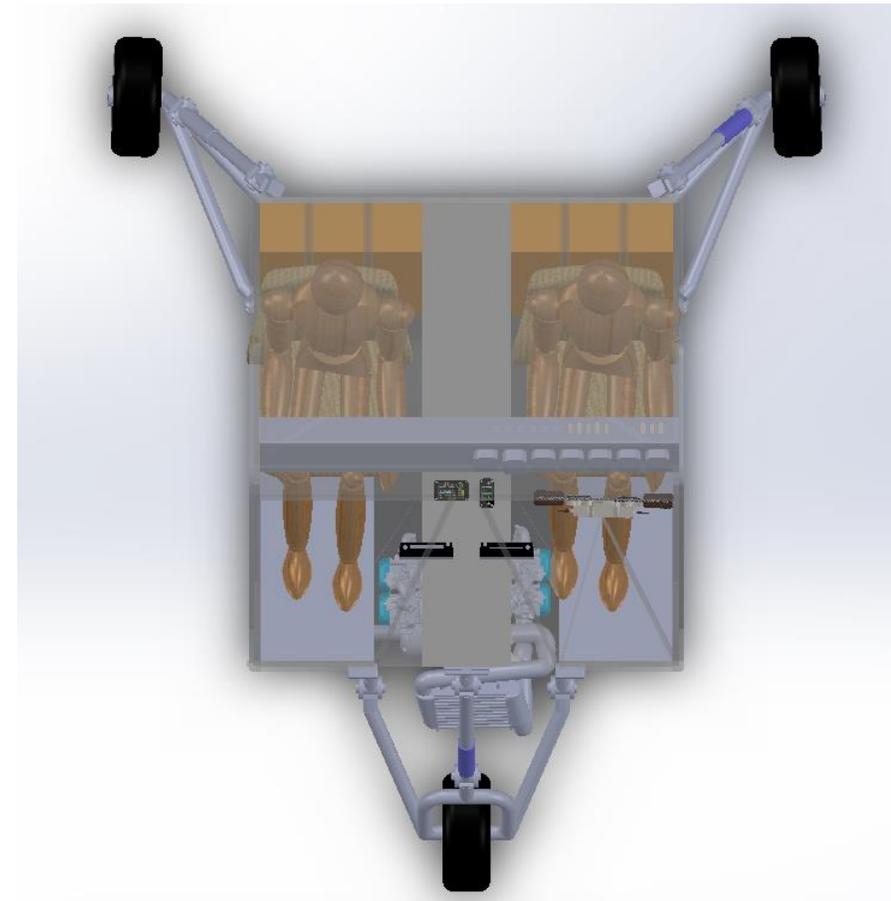
Vues 3D avec moteur et trains



Vue de Face

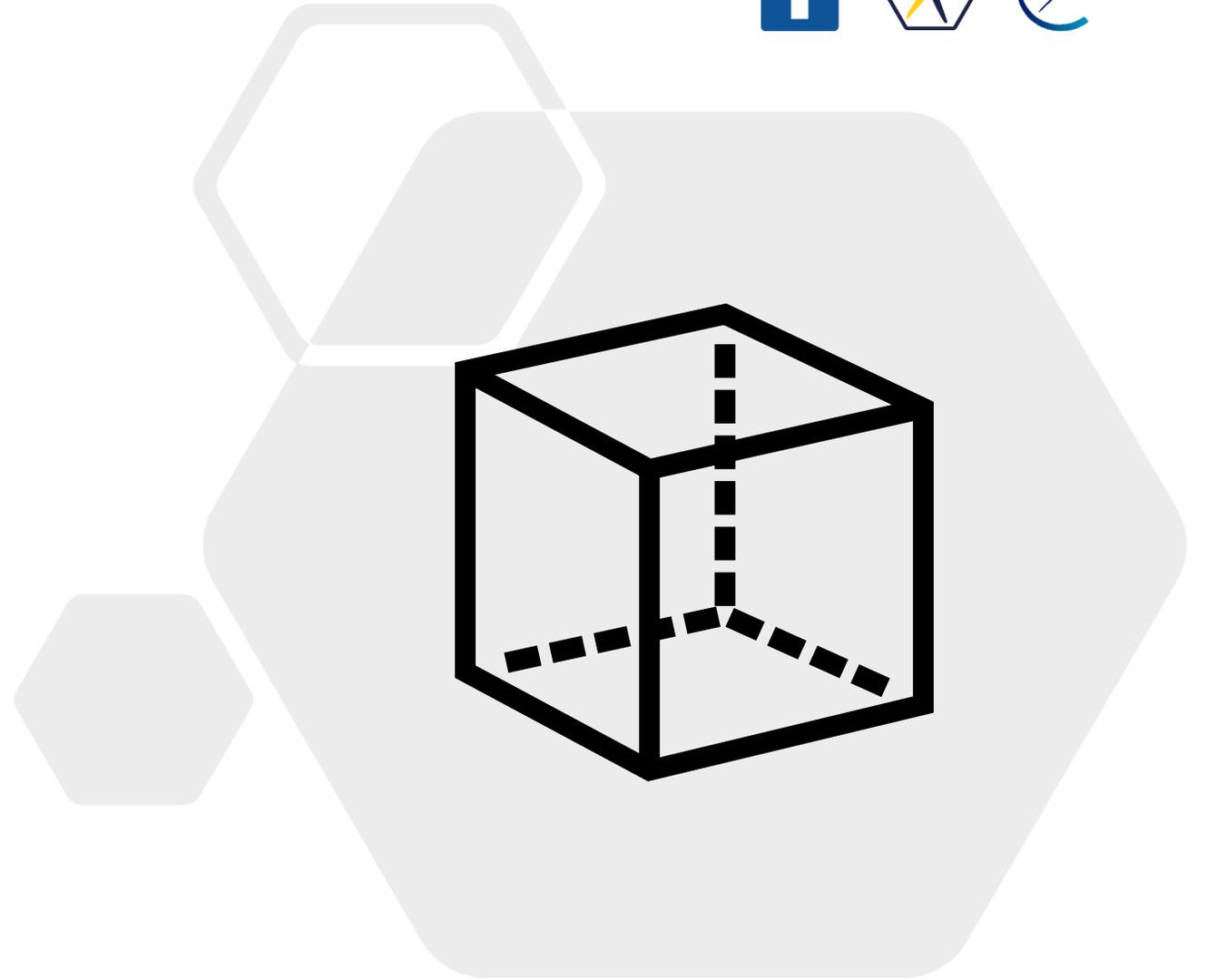


Vue de haut





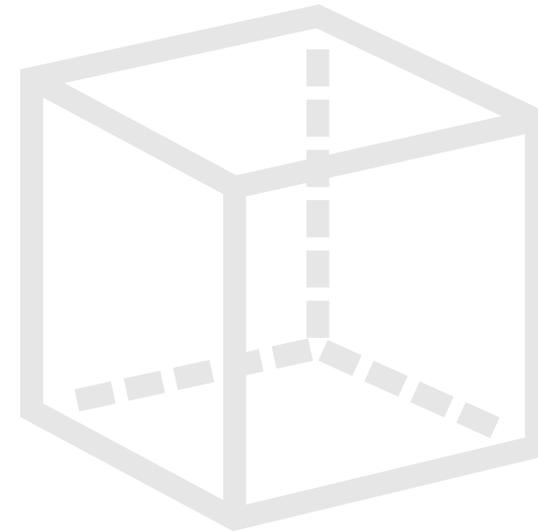
Transport en conteneur LD3



Sommaire de la partie



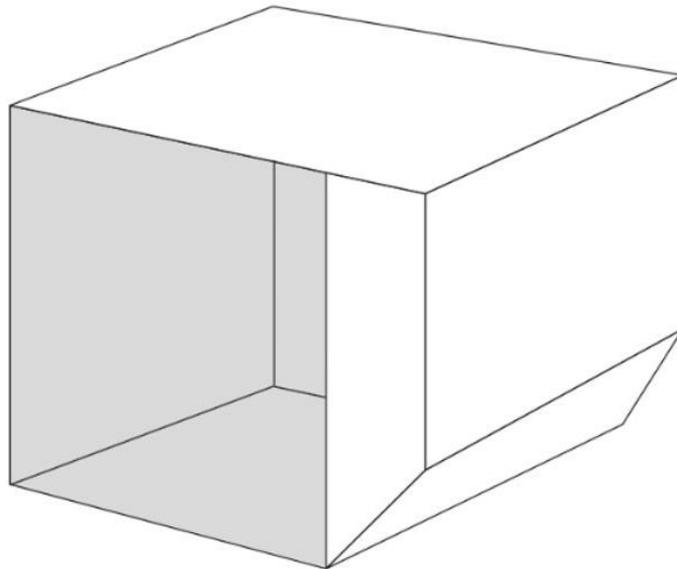
- Dimensions
- Réflexion sur l'ouverture
 - Propositions
 - Matrice de cotation
 - Ouverture latérale
 - Ouverture de face
 - LD3 Démontable
- Rangement de la cabine



Dimensions



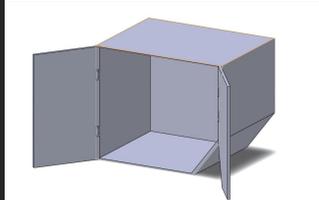
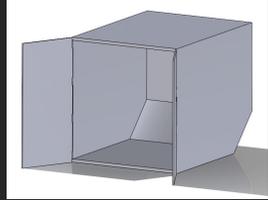
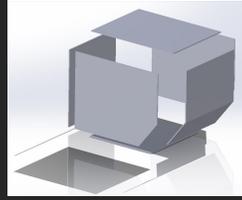
D'après plusieurs compagnies aériennes, les dimensions d'un conteneur LD3 sont celles données dans le tableau ci-dessous :



Nom	Lightweight LD3 container
Chargeable dans	B777/F, B747, B767, A330, A340, A380
Dimensions externes (L x l x H)	156 x 153 x 162 cm
Dimensions internes (L x l x H)	145 x 145 x 160 cm
Volume d'expédition	Approx. 4,3 mètres cubes
Poids standard	65,8 kg
Poids brut max.	1587,6 kg
Charge max. des points d'arrimage internes	907 kg
Dimensions externes du dessus de la coque (L x l)	200 x 152 cm
Dimensions internes du dessus de la coque (L x l)	196 x 142 cm
Ouverture de porte (l x H)	140 x 150 cm
Certification	Oui

Matrice cotation

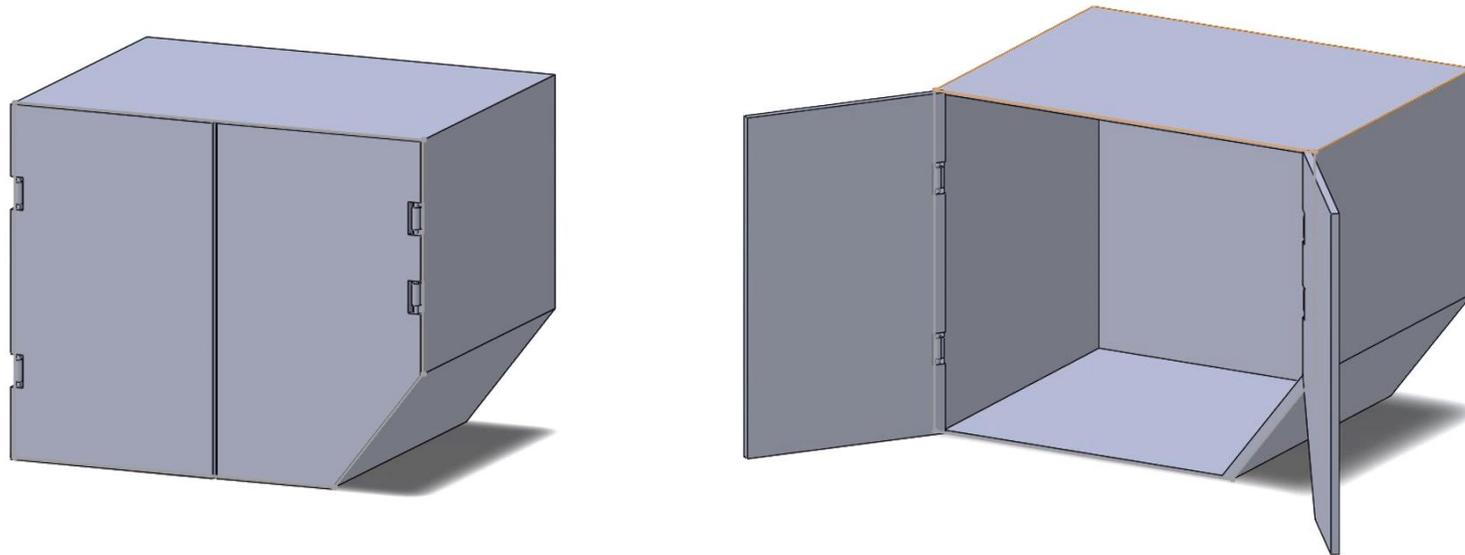


	LD3 ouverture latérale 	LD3 ouverture de face 	LD3 Démontable 	
Rangement du Mini-Bee dans le conteneur	4	4	4	
Facilité de conception du conteneur	2	3	4	
Robustesse de la fixation de la porte	2	3	4	
Facilité de chargement	2	2	4	
Total	10	12	16	
Cotation	4 : Très bon	3 : Bon	2 : Mauvais	1 : Impossible

Ouverture latérale

Un conteneur LD3 classique ne permet pas de faire entrer le Mini-Bee à l'intérieur à cause de l'ouverture trop étroite des portes.

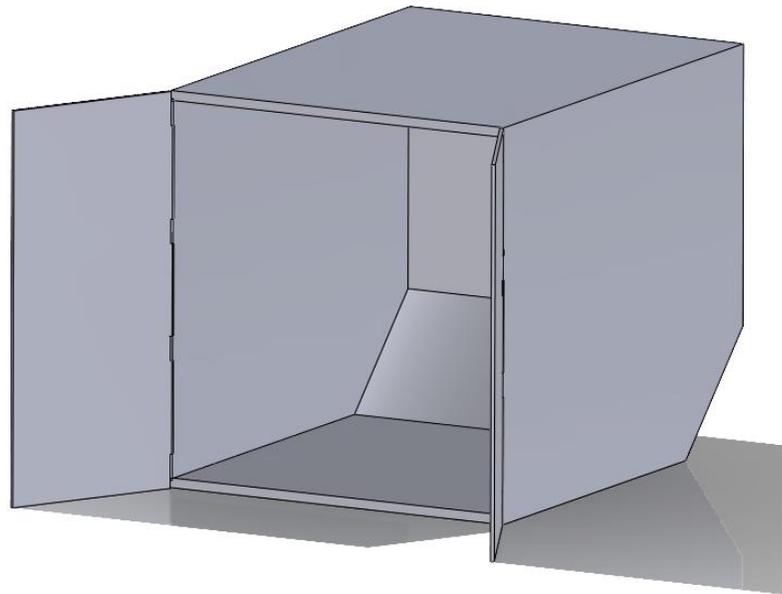
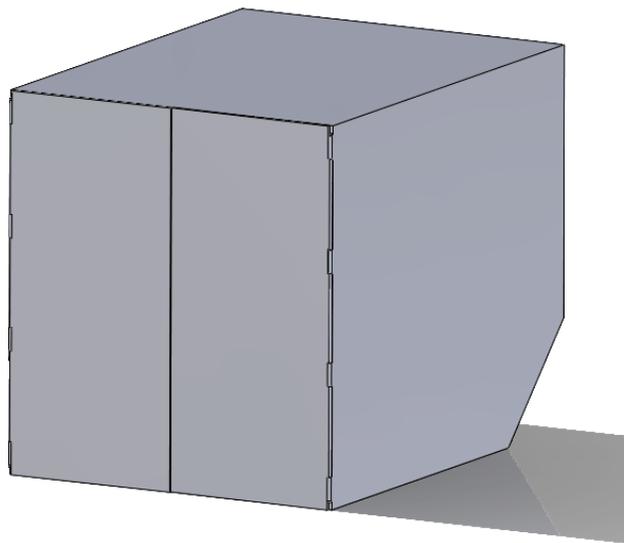
Nous proposons ainsi de concevoir un conteneur LD3 avec ouverture latérale :





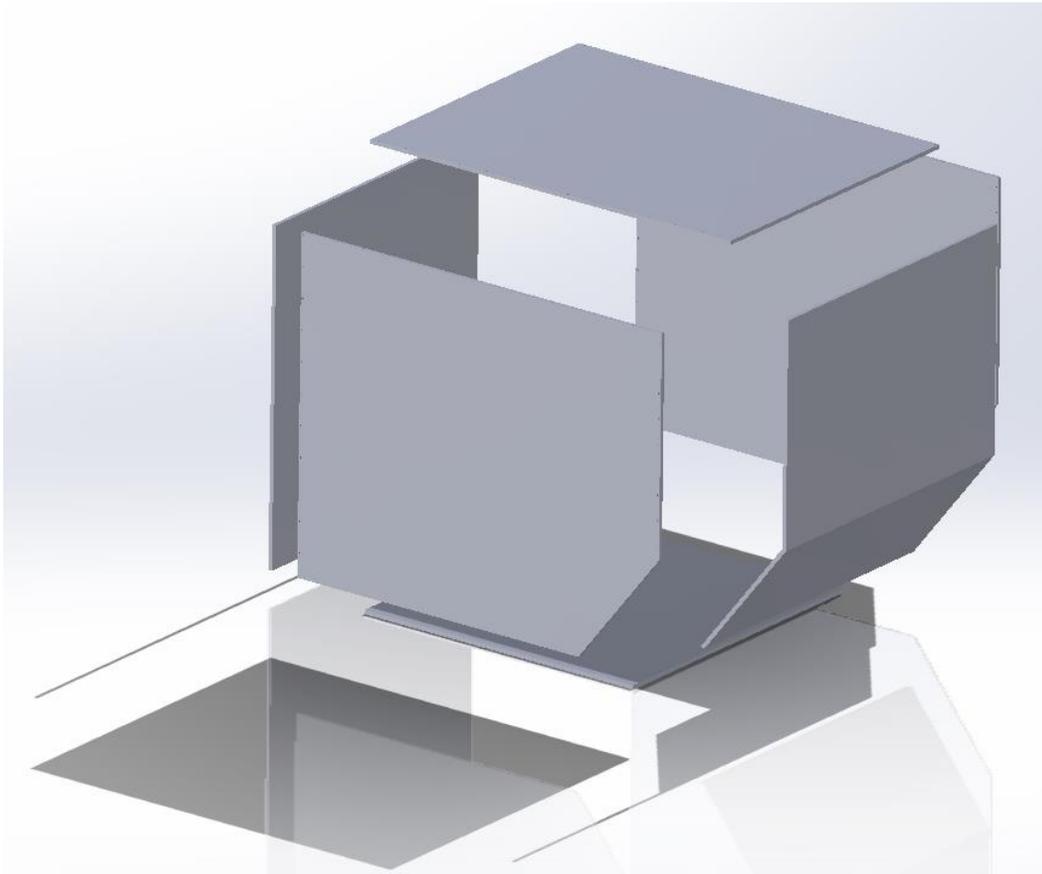
Ouverture de face

Nous proposons aussi de concevoir un conteneur LD3 avec ouverture de face :



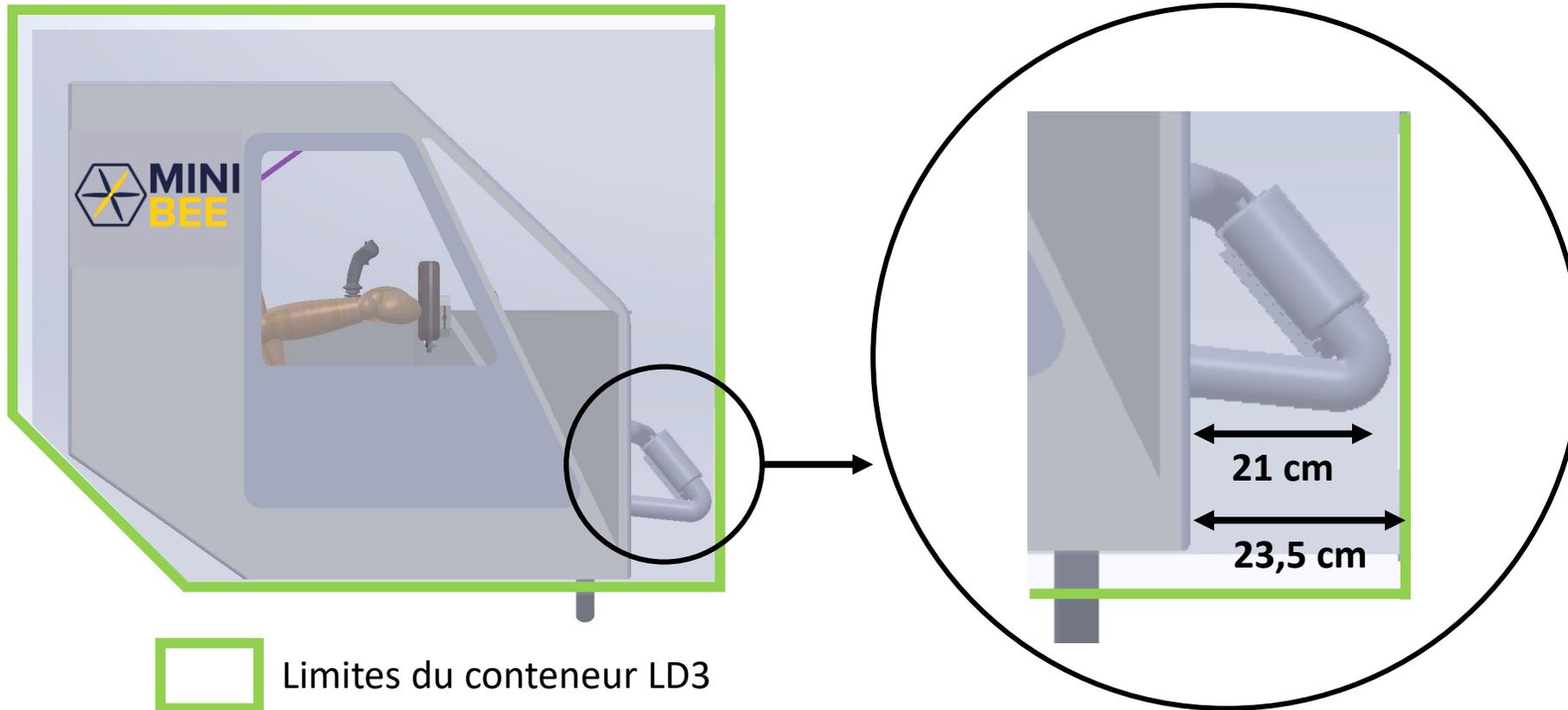
Projet de mettre des rouleaux au niveau du sol du conteneur pour faciliter le rangement du Mini-Bee !

LD3 Démontable



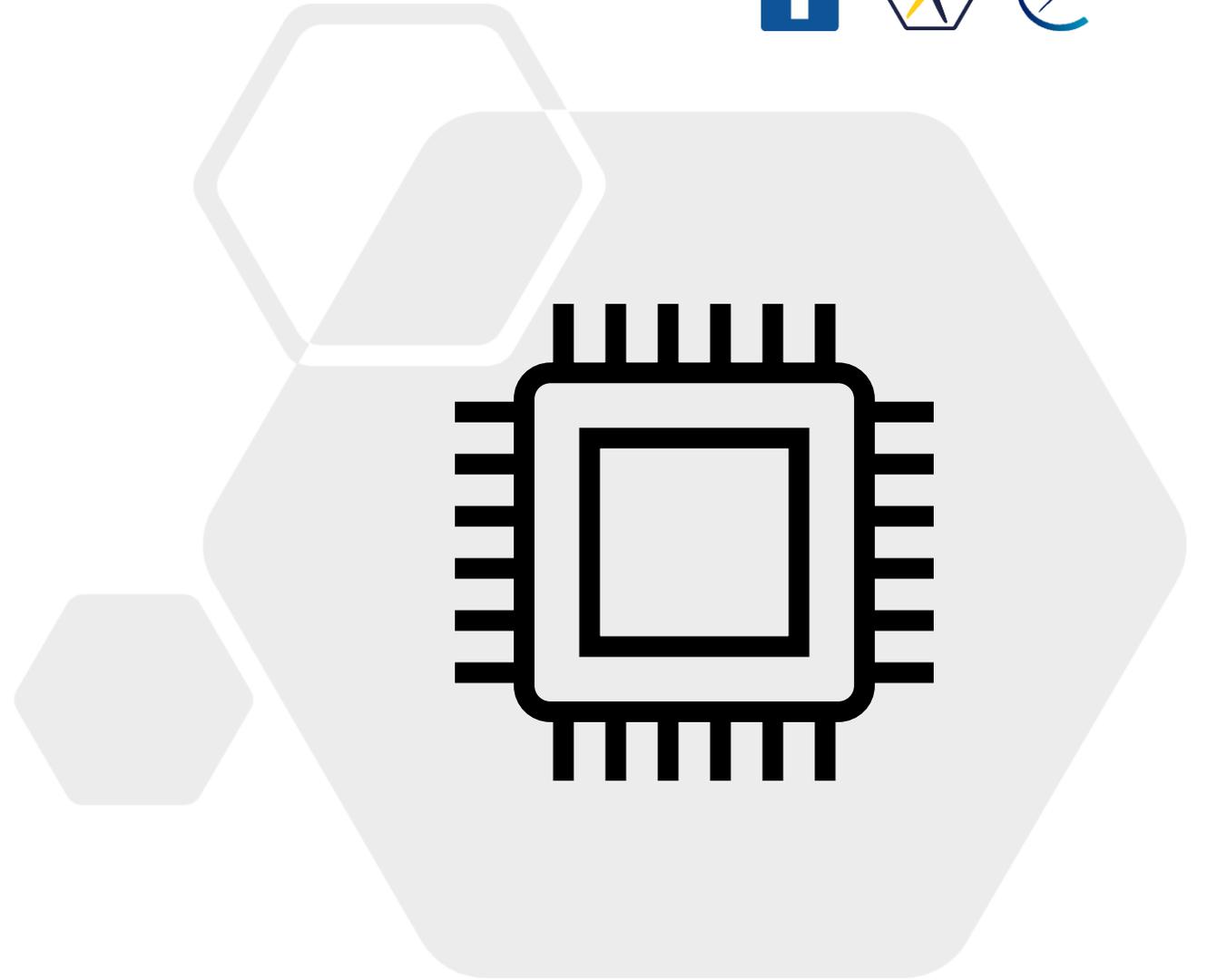
Dernière proposition : concevoir un conteneur LD3 qui est démontable pour faciliter le chargement et le déchargement du Mini-Bee

Rangement de la cabine





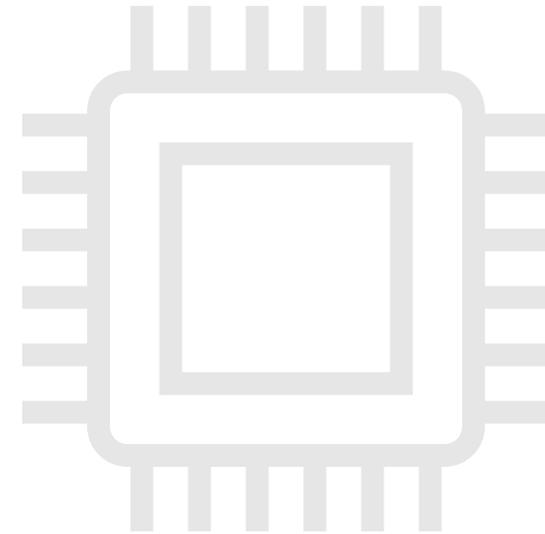
Performances



Sommaire de la partie



- Consommation
- Caractéristiques des renforts
- Matériaux de la cabine
- Présentation des matériaux
- Bilan des masses
- Masse des câbles électriques



Consommation



		Puissance moteur (kW)							
		Manette des gaz							
		70,0%	75,0%	80,0%	85,0%	90,0%	95,0%	97,5%	100,0%
Nombre de tour par minute	4 000 RPM	29,0	33,0	36,5	40,5	45,0	52,0	58,0	62,0
	4 500 RPM	28,0	32,5	37,5	43,0	50,0	59,0	69,0	77,0
	5 000 RPM	27,0	32,0	39,0	45,0	55,0	65,0	79,0	89,0
	5 500 RPM	25,0	31,0	37,5	44,5	57,0	71,0	87,0	99,0
	5 800 RPM	24,0	30,0	36,5	43,5	58,0	74,0	92,0	104,0

		Consommation horaire (L/h)							
		Manette des gaz							
		70,0%	75,0%	80,0%	85,0%	90,0%	95,0%	97,5%	100,0%
Nombre de tour par minute	4 000 RPM	12,0	14,5	15,5	17,5	19,0	21,0	23,5	26,0
	4 500 RPM	12,3	15,0	17,0	19,5	22,0	24,5	27,0	32,5
	5 000 RPM	12,5	15,5	17,5	20,0	23,5	28,0	32,5	38,0
	5 500 RPM	13,0	16,0	18,0	20,5	25,0	30,0	36,0	44,5
	5 800 RPM	13,5	16,5	18,5	21,0	27,0	32,5	39,0	47,0



- Vol horizontal avec une manette des gaz comprise entre 70 et 100% ($3000 \leq \text{RPM} \leq 5500$)

Consommation



	Scénario n°1	Scénario n°2	Scénario n°3	Scénario n°4	Scénario n°5	Scénario n°6	Scénario n°7	Scénario n°8
Pourcentage de la manette des gaz	70,0%	75,0%	80,0%	85,0%	90,0%	95,0%	97,5%	100,0%
Nombre de tour par minute (RPM)	4 000	4 000	4 500	4 500	5 000	5 000	5 500	5 500
Vitesse (km/h)	70	100	125	150	170	180	185	190
Temps pour parcourir 600 km	08:34:17	06:00:00	04:48:00	04:00:00	03:31:46	03:20:00	03:14:36	03:09:28
Puissance moteur (kW)	29,0	33,0	37,5	43,0	55,0	65,0	87,0	99,0
Consommation horaire (L/h)	12,0	14,5	17,0	19,5	23,5	28,0	36,0	44,5
Consommation de carburant totale (L)	107,9	92,0	86,6	83,0	87,9	98,3	121,8	145,5

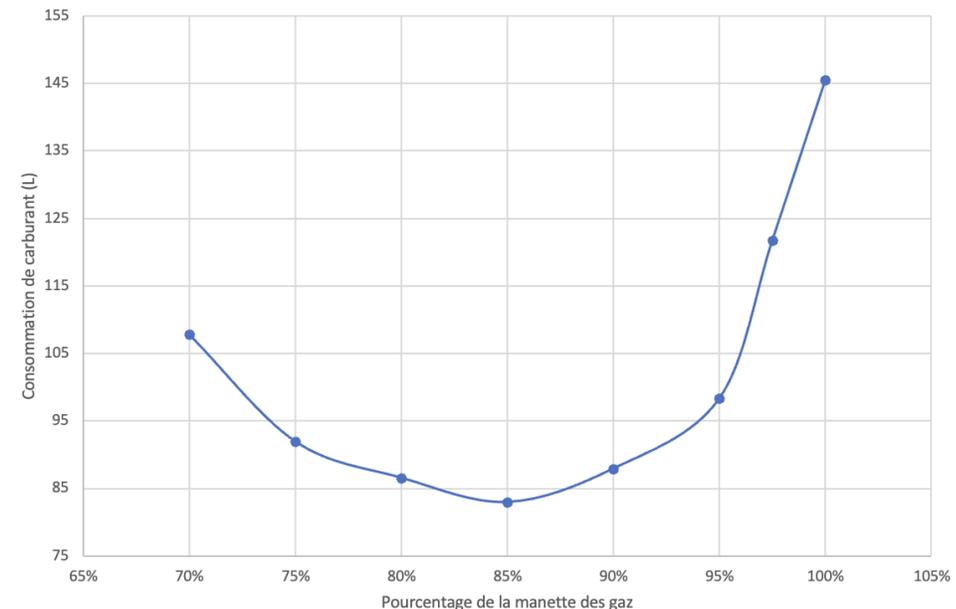
Consommation de carburant pour l'atterrissage et le décollage (L)	5
---	---

Attention : Les calculs de consommation ci-dessus ne dépendent pas de la masse, de la force de traînée...

Conclusion :

- Selon les hypothèses, pour satisfaire le cahier des charges (distance franchissable de 600 km à 170 km/h de vitesse de croisière), 100 L de carburant devraient suffire. Cette quantité comprend une marge de sécurité d'environ 12L.
- À noter que la consommation la moins élevée est obtenue pour une manette des gaz à 85% soit une vitesse de croisière de 150 km/h.

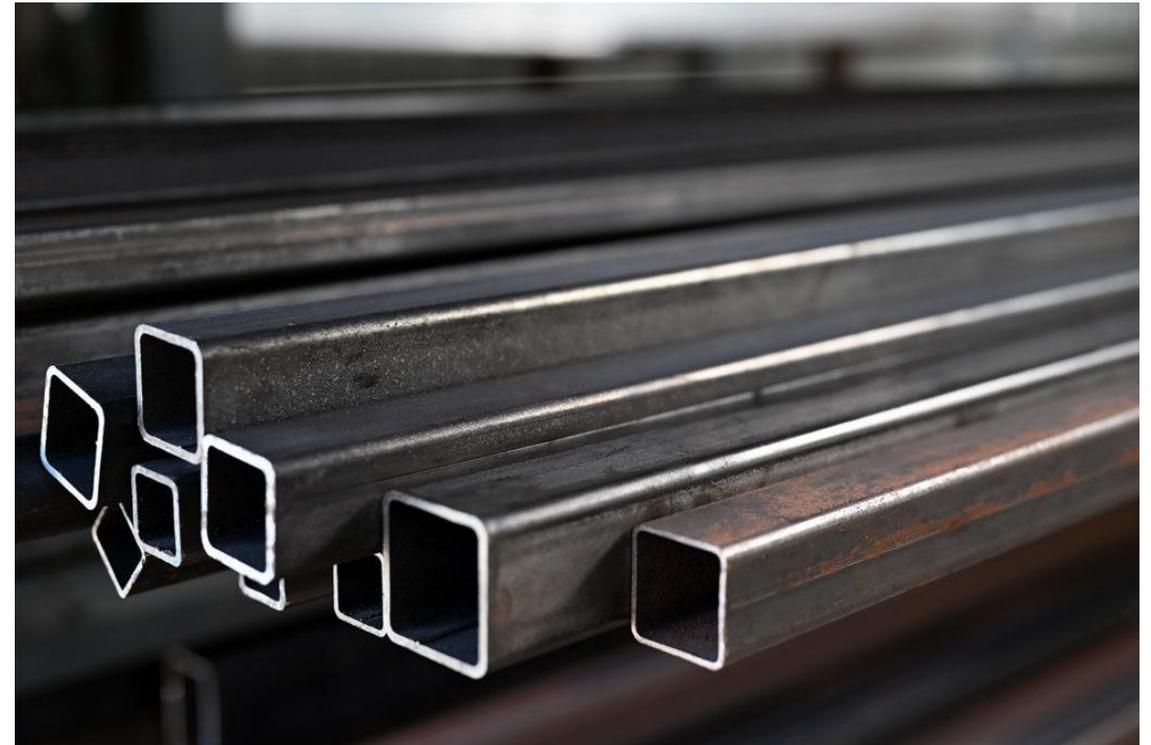
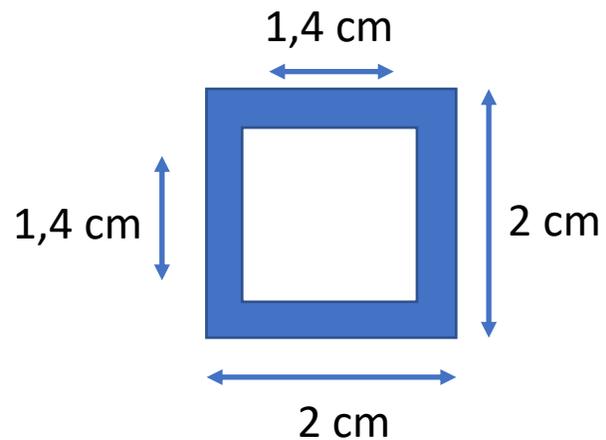
Consommation de carburant en fonction du pourcentage de la manette des gaz pour parcourir 600 km



Caractéristiques des renforts



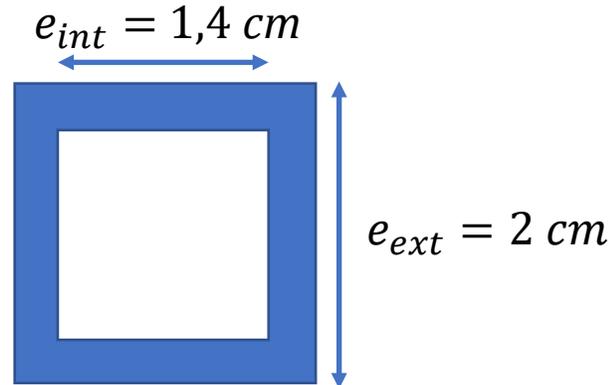
- **Matériau** : Aluminium 2024
- **Masse volumique** : $2,77 \text{ g/cm}^3$
- **Masse linéique** : $0,565 \text{ kg/m}$
- **Forme** : Tube carré comme indiqué sur l'image
- **Dimensions** :





Caractéristiques des renforts

- **Dimensions :**



- **Calcul de la masse linéique :**

$$m_{TOT} = \rho V_{TOT} = \mu L_{TOT} \quad \text{D'où} \quad \mu = \frac{\rho V_{TOT}}{L_{TOT}}$$

$$\text{Il vient:} \quad \mu = \rho \frac{dV}{dL} = \rho \frac{(e^2 dL)}{dL} = \rho e^2$$

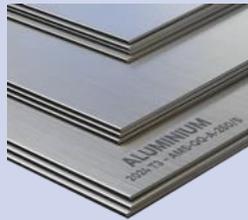
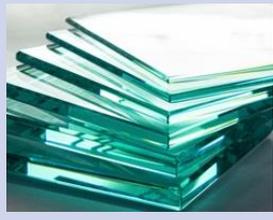
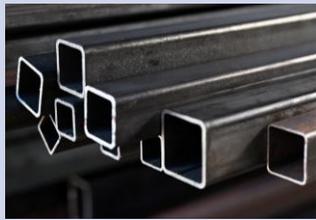
$$\text{Ainsi,} \quad \mu = \rho(e_{ext}^2 - e_{int}^2)$$



$$\text{A.N.} \quad \mu = 0,56 \text{ kg/m}$$

Matériaux de la cabine



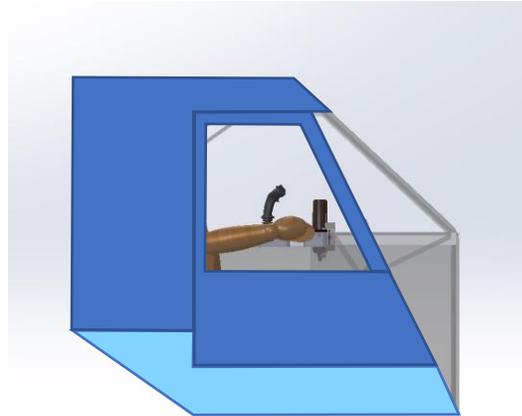
Nom des composants	Paroi en aluminium	Plexiglass	Toile	Renfort	Câble
Images					
Matériaux	Aluminium 2024	Plexiglass	Dacron	Aluminium 2024	Cuivre
Masse volumique (g/cm ³)	2,77	1,90	1,40	2,77	8,96
Épaisseur des plaques (mm)	2,50	2,00	1,00	N/A	N/A
Masse surfacique / masse linéique	6,93 kg/m ²	3,80 kg/m ²	1,40 kg/m ²	0,57 kg/m	Dépend de la section

Répartition des matériaux



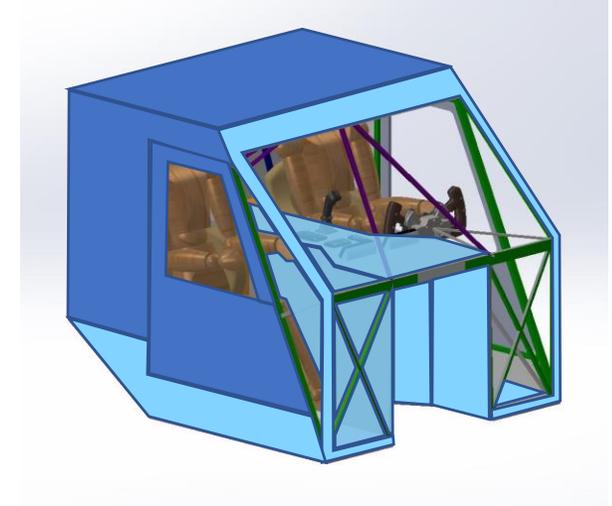
Structure n°1 :

- Caractéristiques : Structure 100% aluminium
- Avantages : Résistance et rigidité
- Inconvénient : Masse



Structure n°2 :

- Caractéristiques : Structure mixte (aluminium + toile)
(voir répartition sur les images ci-contre).
- Avantage : Masse
- Inconvénients : Résistance et rigidité



 Toile

 Aluminium

Bilan des masses – Structures



Bilan des masses structure n°1	Surface (m2)	Masse (kg)
Plafond (aluminium)	1,30	9,00
Plancher (aluminium)	1,64	11,36
Paroi arrière verticale (aluminium)	1,48	10,25
Paroi arrière inclinée (aluminium)	0,86	5,96
Console centrale + parois moteur (aluminium)	2,42	16,76
Contour pare-brises (aluminium)	0,33	2,29
Parois latérales (x2) (aluminium)	1,86	12,88
Portes (x2) (aluminium)	0,88	6,09
Vitres portes (x2) (plexiglass)	0,66	2,51
Vitres parois latérales (x2) (plexiglass)	0,39	1,48
Pare-brise principal (plexiglass)	1,10	4,18
Pare-brises secondaires (x2) (plexiglass)	0,53	2,01
Masse totale (kg)		84,77

Bilan des masses structure n°2	Surface (m2)	Masse (kg)
Plafond (toile)	1,30	1,82
Paroi arrière verticale (toile)	1,48	2,07
Portes (x2) (toile)	0,88	1,23
Parois latérales supérieures (x2) (toile)	1,30	1,82
Parois latérales inférieures (x2) (aluminium)	0,56	3,86
Plancher (aluminium)	1,64	11,36
Paroi arrière inclinée (aluminium)	0,86	5,96
Console centrale + parois moteur (aluminium)	2,42	16,76
Contour pare-brises (aluminium)	0,33	2,29
Vitres portes (x2) (plexiglass)	0,66	2,51
Vitres parois latérales (x2) (plexiglass)	0,39	1,48
Pare-brise principal (plexiglass)	1,10	4,18
Pare-brises secondaires (x2) (plexiglass)	0,53	2,01
Masse totale (kg)		57,35

Bilan des masses renforts	Longueur (m)	Masse (kg)
Renforts cabine	57,69	32,59

La structure n°2 (aluminium + toile) permet un gain de masse d'environ 30 kg par rapport à la structure n°1 (aluminium).

Masse volumique de l'aluminium 2024 (g/cm3) :	2,77
---	------

Épaisseur des plaques d'aluminium 2024 (cm) :	0,25
---	------

Masse surfacique des plaques d'aluminium 2024 (kg/m2) :	6,93
---	------

Masse volumique du plexiglass (g/cm3) :	1,90
---	------

Épaisseur des plaques de plexiglass (cm) :	0,20
--	------

Masse surfacique des plaques de plexiglass (kg/m2) :	3,80
--	------

Masse volumique de la toile (g/cm3) :	1,40
---------------------------------------	------

Épaisseur de la toile (cm) :	0,10
------------------------------	------

Masse surfacique de la toile (kg/m2) :	1,40
--	------

Masse linéique des renforts (kg/m) :	0,57
--------------------------------------	------





Bilan des masses – Global

	Bilan des masses global	Quantité	Masse (kg)
Structure	Structure n°1 (aluminium)	N/A	84,77
	Structure n°2 (aluminium + toile)	N/A	57,35
	Structure supérieure	N/A	80,00
	Renforts	N/A	32,59
Propulsion	Rotax 915 IS + intercooler + fixations	N/A	100,00
	EMRAX 228	2	24,60
	Redresseurs	4	0,88
	Supercondensateurs	666	14,19
	Contrôleurs de puissance	10	5,00
	Moteurs U12 II KV120	60	46,68
	Hélices G34*11,5	60	7,80
	Commandes de vol	N/A	15,00
	Câbles électriques	N/A	16,00
	Kérosène	100	80,00
	Autre	Système d'atterrissage	N/A
Sièges		2	10,00
Amortisseurs sièges		2	15,00
Parachute		1	22,00
Passagers		2	170,00
Masse totale avec la structure n°1 (aluminium) (kg) :			754,51
Masse totale avec la structure n°2 (aluminium + toile) (kg) :			727,09

Masse d'un EMRAX 228 (kg) :	12,30
-----------------------------	-------

Masse d'un redresseur (kg) :	0,22
------------------------------	------

Masse d'un supercondensateur (kg) :	0,02
-------------------------------------	------

Masse d'un contrôleur de puissance (kg) :	0,50
---	------

Masse d'un moteur U12 II KV120 (kg) :	0,78
---------------------------------------	------

Masse d'une hélice G34*11,5 (kg) :	0,13
------------------------------------	------

Masse d'un litre de kérosène (kg) :	0,80
-------------------------------------	------

Masse d'un siège (kg) :	5,00
-------------------------	------

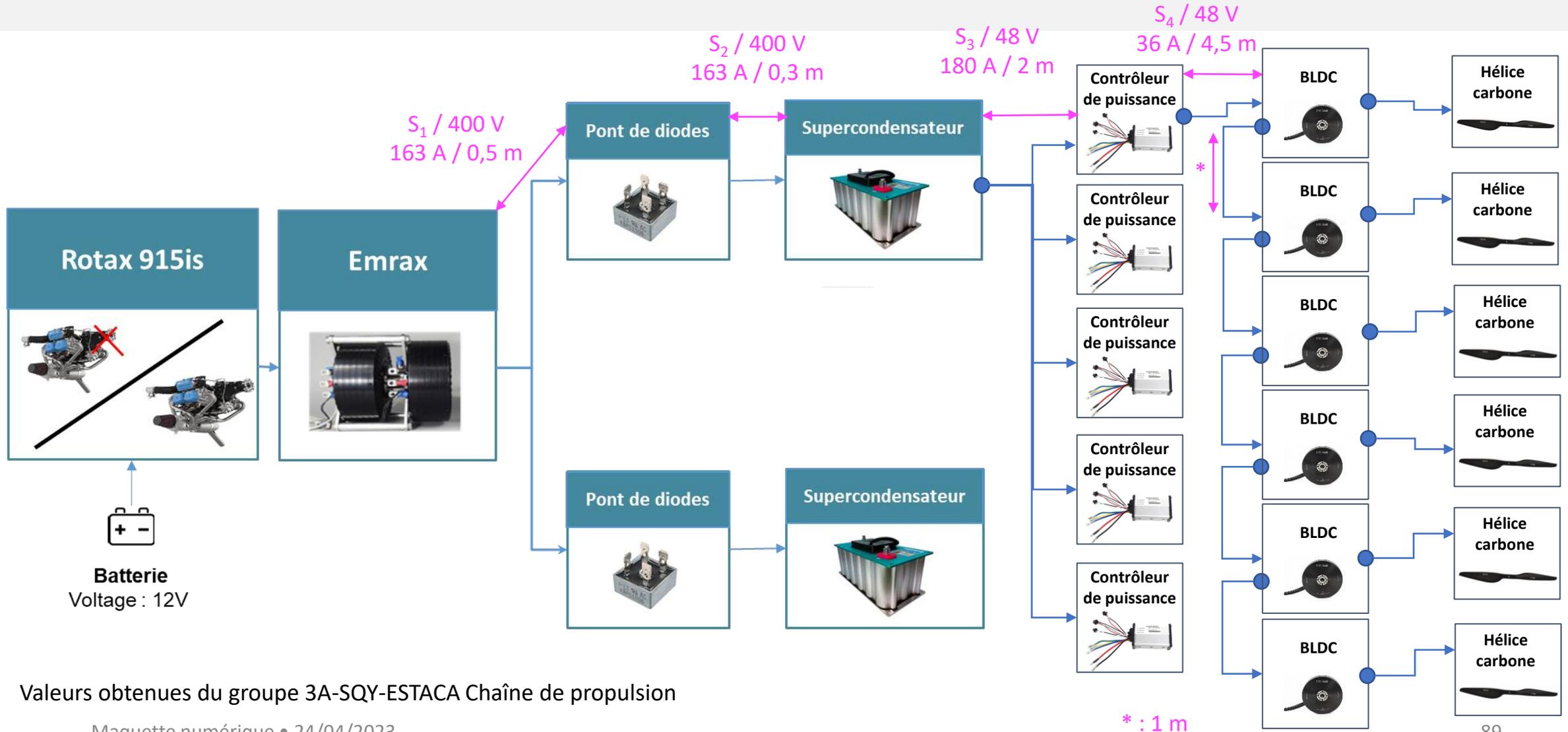
Masse d'un amortisseur de siège (kg) :	7,50
--	------

Masse d'un passager (kg) :	85,00
----------------------------	-------

Estimation



Masse des câbles électriques



Valeurs obtenues du groupe 3A-SQY-ESTACA Chaîne de propulsion



Masse des câbles électriques

Pour déterminer la section des câbles électriques, nous allons appliquer la formule suivante :

$$S = \frac{\rho \times 2L \times P}{\Delta_{max}U \times U}$$

$$S_1 = \frac{0,0179 \times (2 \times 0,5) \times (400 \times 163)}{(0,02 \times 400) \times 400} \approx 1,5 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = \frac{0,0179 \times (2 \times 0,3) \times (400 \times 163)}{(0,02 \times 400) \times 400} \approx 1,5 \text{ mm}^2$$

$$S_3 = \frac{0,0179 \times (2 \times 2) \times (48 \times 180)}{(0,02 \times 48) \times 48} \approx 16 \text{ mm}^2$$

$$S_4 = \frac{0,0179 \times (2 \times 4,5) \times (48 \times 36)}{(0,02 \times 48) \times 48} \approx 10 \text{ mm}^2$$

avec :

- S : section du câble en mm^2 ;
- ρ : résistivité du cuivre ($0,0179 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) ;
- L : longueur maximale d'un câble en m ;
- P : puissance maximale en W ;
- $\Delta_{max}U$: perte maximale de tension admissible en V (2% est suffisant) ;
- U : tension nominale d'alimentation

Masse linéique des câbles sans isolant :

$$M_1 = S \times L \times \rho = (1,5 \times 10^{-6}) \times 1 \times 8900 = 13,35 \text{ g}$$

$$M_2 = M_1$$

$$M_3 = (1,6 \times 10^{-5}) \times 1 \times 8900 = 142,4 \text{ g}$$

$$M_4 = (1 \times 10^{-5}) \times 1 \times 8900 = 89 \text{ g}$$

avec :

- S : section du câble en m^2 ;
- ρ : masse volumique du cuivre en kg/m^3 ;
- L = longueur en m ;

$$M_{totale} = 2 \times (0,5 \times M_1) + 2 \times (0,3 \times M_2) + 10 \times (2 \times M_3) + 10 \times (4,5 \times M_4)$$

$$+ 50 \times (1 \times M_4) + 4000 \quad \leftarrow \text{Estimation masse isolant (en g)}$$

$$= 13,35 + 8,01 + 2848 + 4005 + 4450 + 4000 \approx \mathbf{16 \text{ kg}}$$

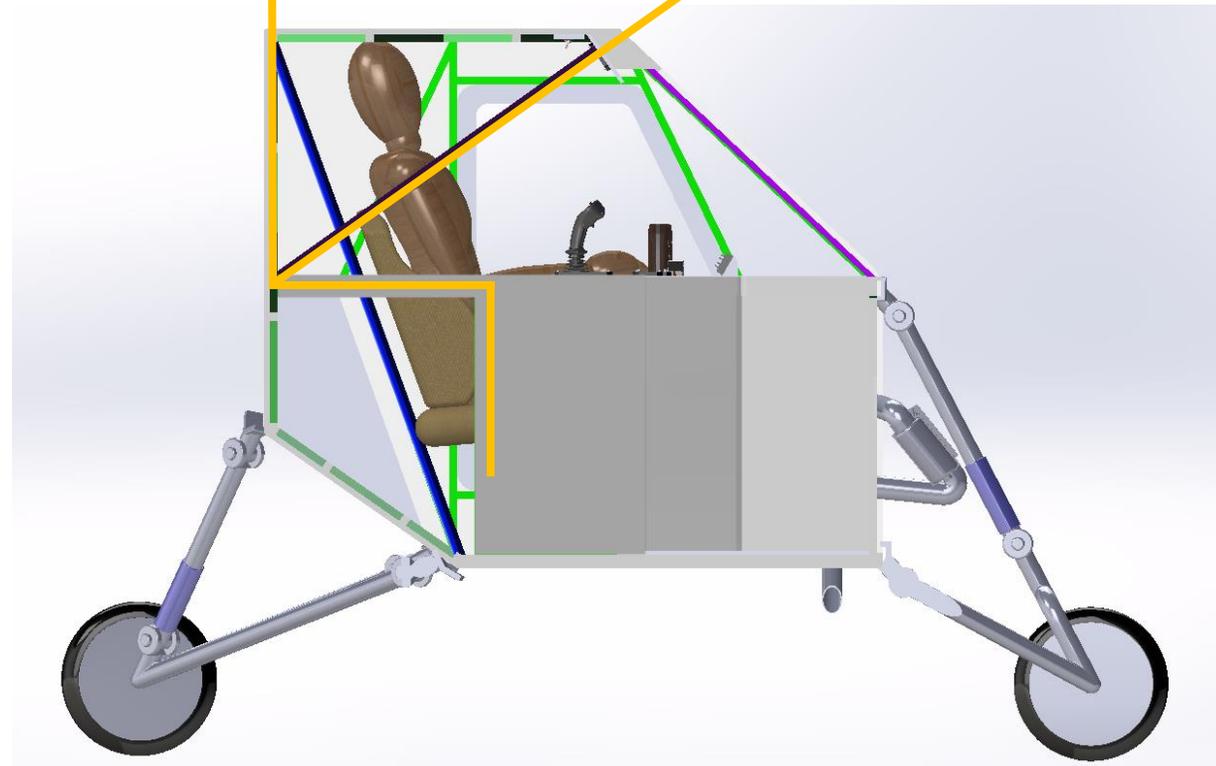
Câbles entre les BLDC

Emplacement des câbles électriques



Arrière structure
supérieure

Avant structure
supérieure





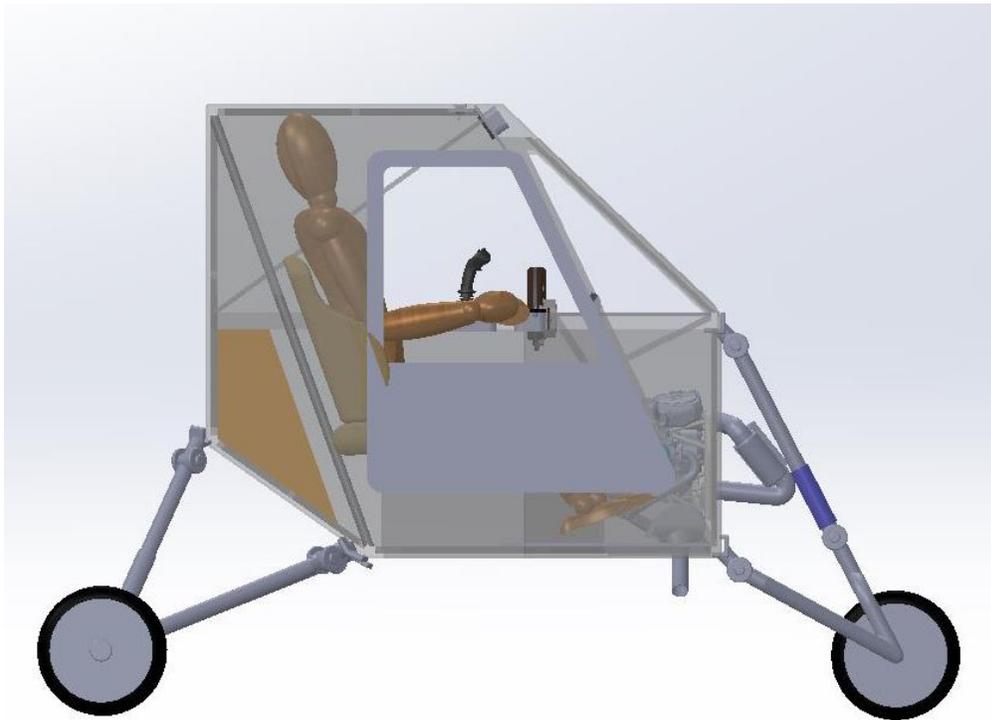
Conclusion



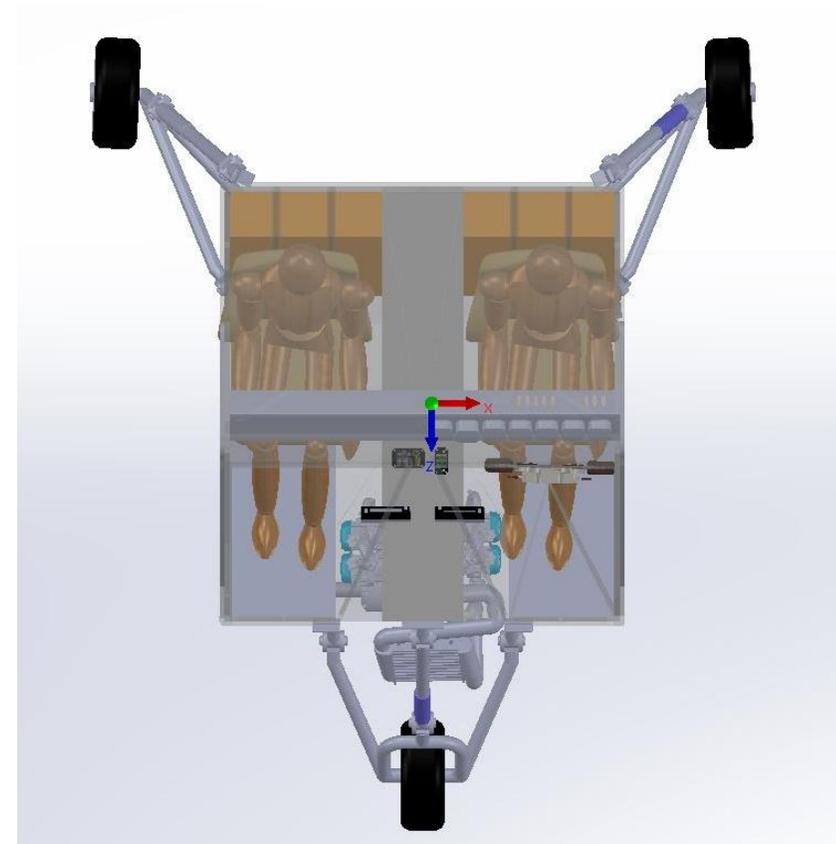
Vues 3D de la maquette finale



Vue de côté



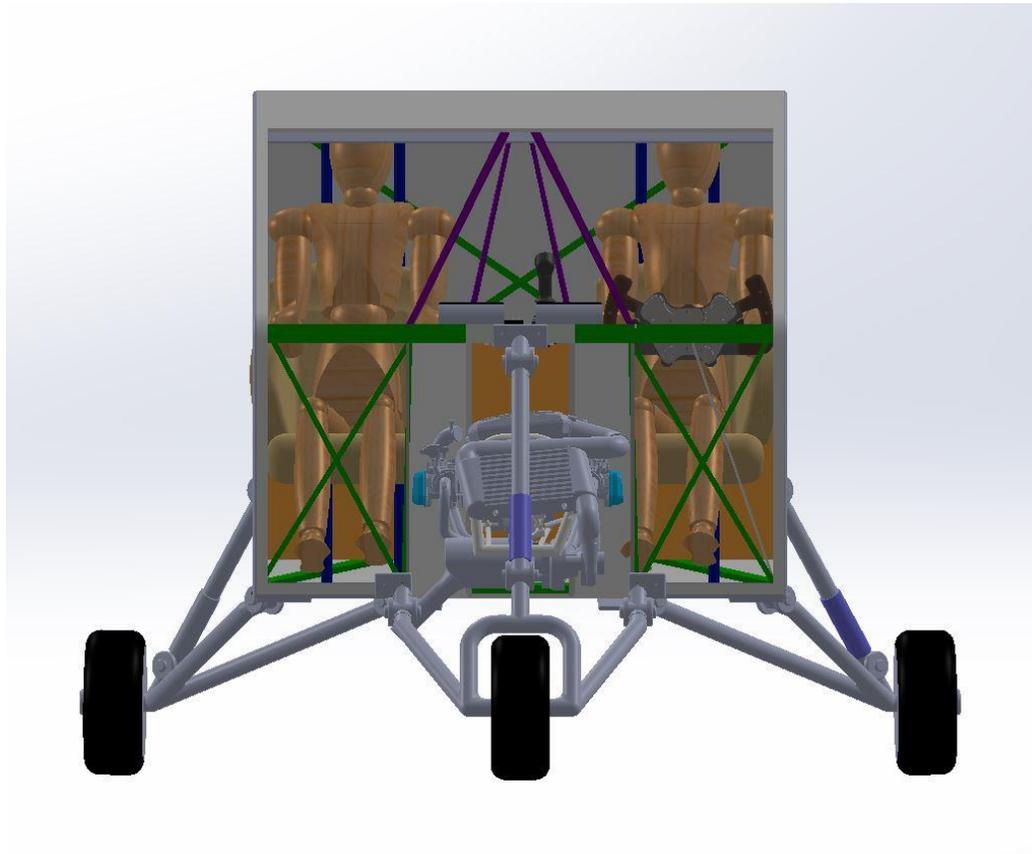
Vue de haut



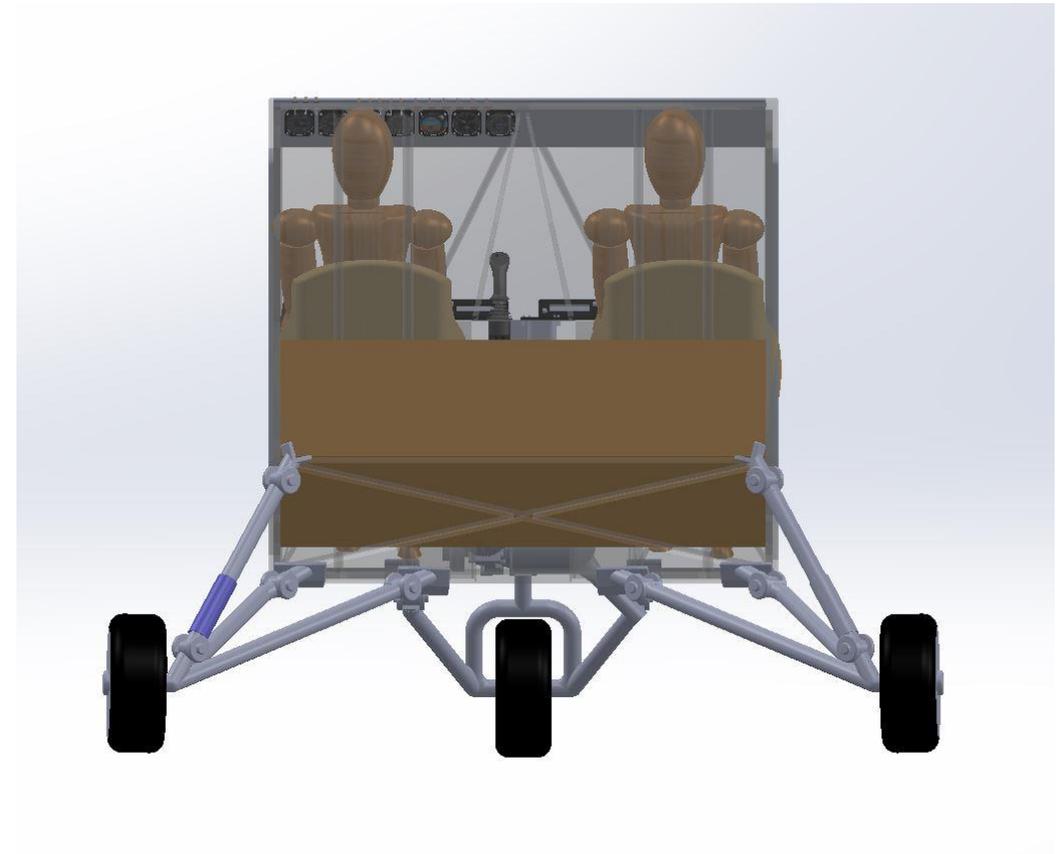
Vues 3D de la maquette finale



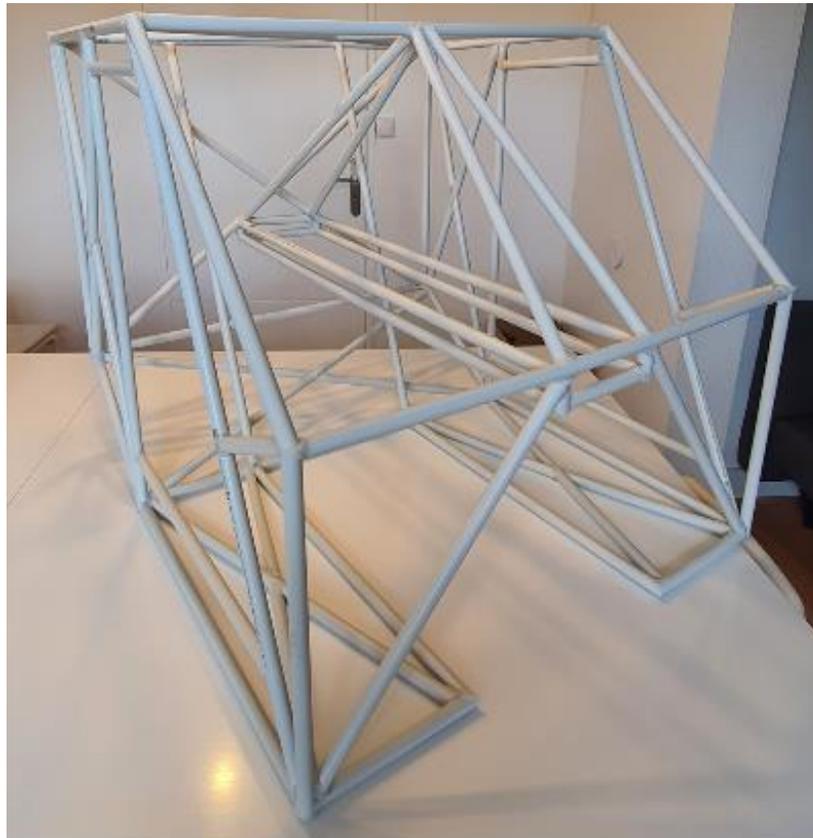
Vue de face



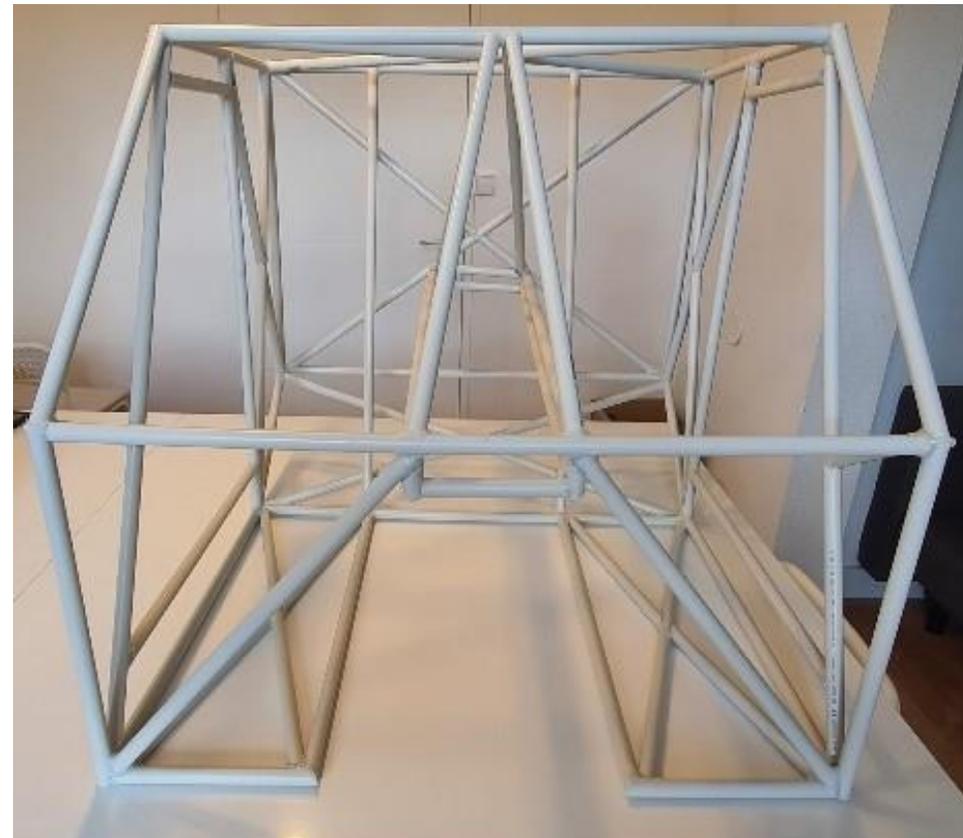
Vue arrière



Maquette physique (ESTACA Bordeaux)



Vue isométrique



Vue de face

Conclusion



Merci de votre attention