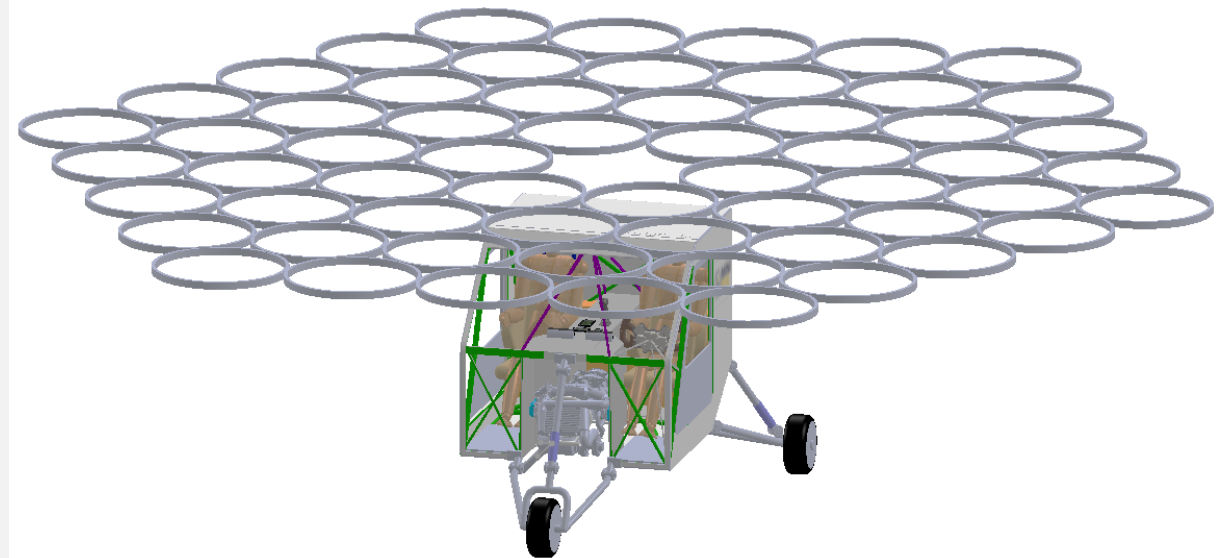


# MODÉLISATION DE LA **MAQUETTE** **NUMÉRIQUE** DU MINI-BEE

Soutenance • 9 mai 2023

BUI • GALLET • JONNERY • TY • VIZET

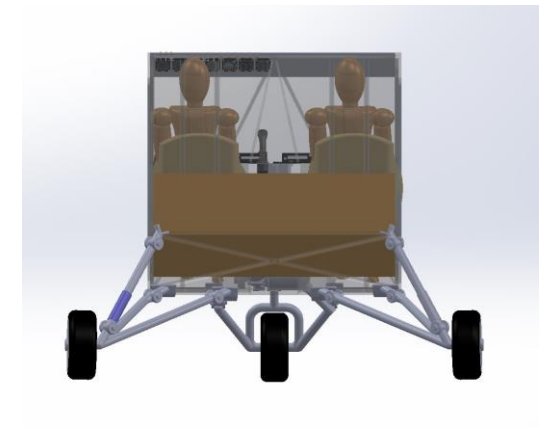
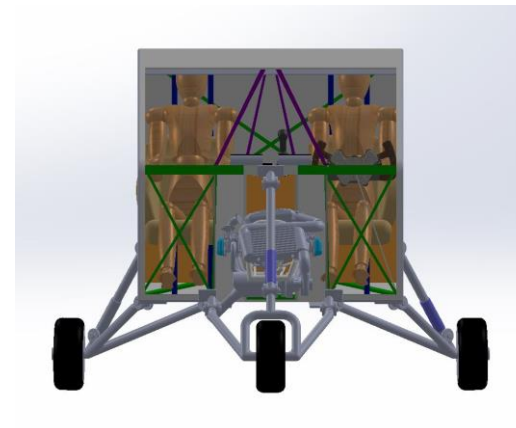
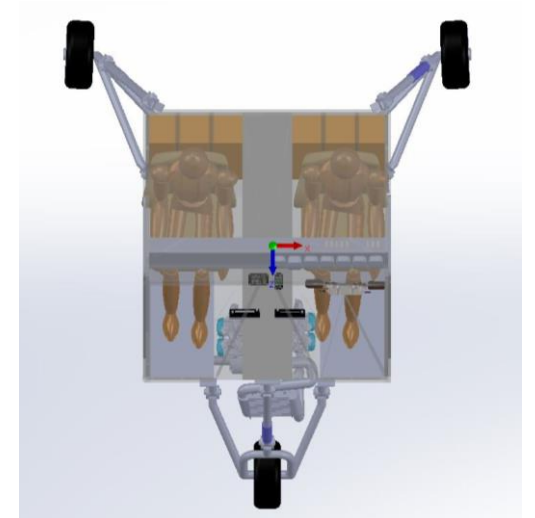
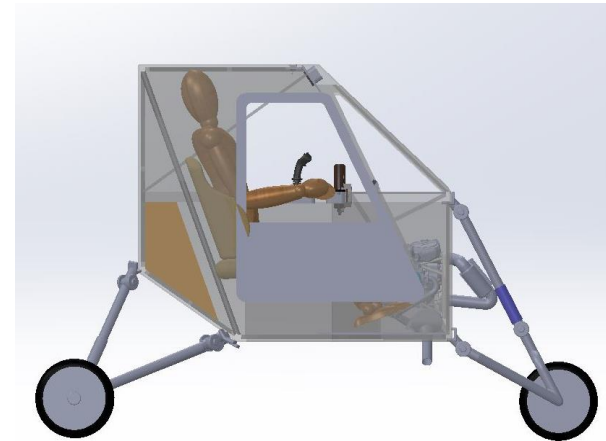
ESTACA • 3e année SQY



# Table des matières



- Introduction
- Modélisation 3D de la structure
- Éléments internes
- Composants extérieurs
- Conclusion

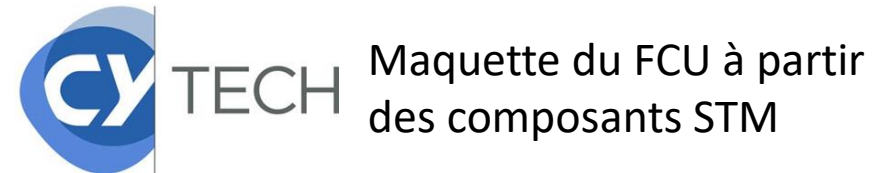




# Introduction



# Écoles participantes 2022-2023



**3SQY :** • **Maquette numérique**

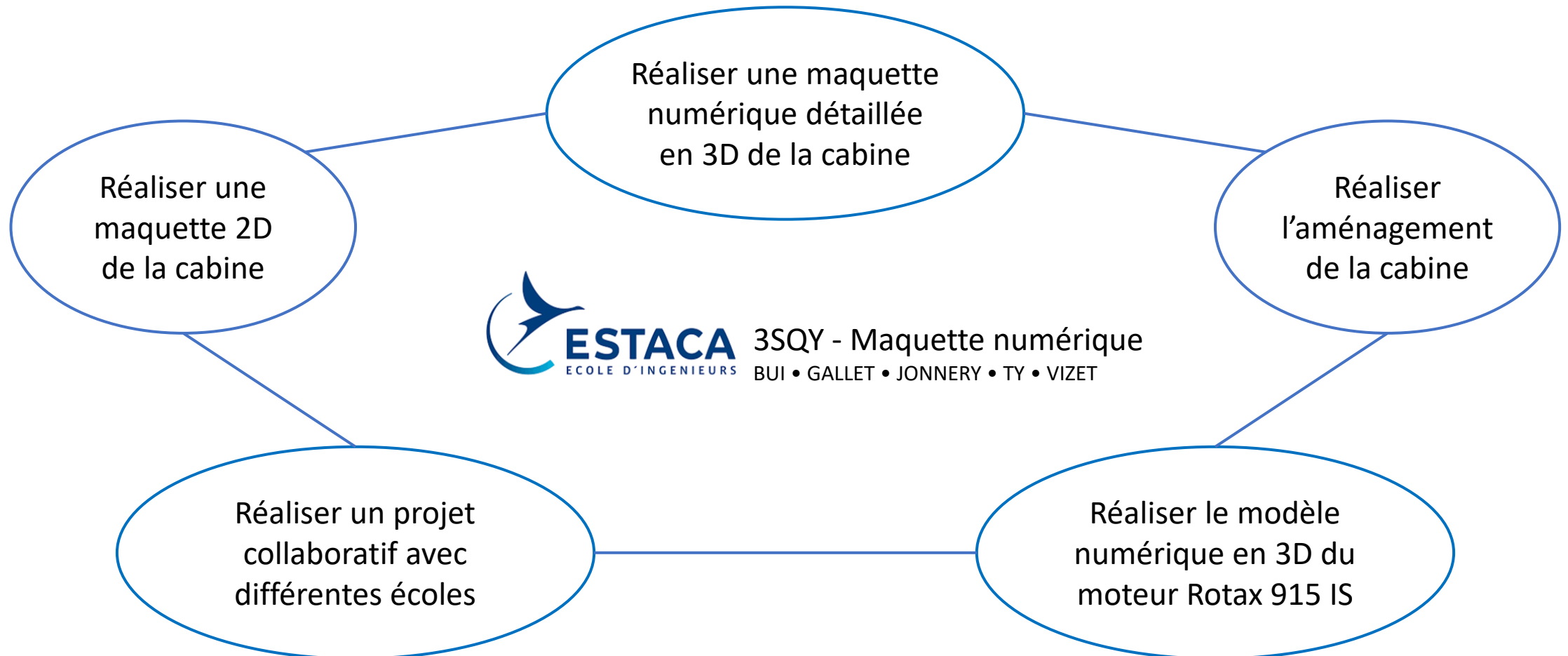
- Propulsion hybride

**3BDX :** • Chaîne de propulsion

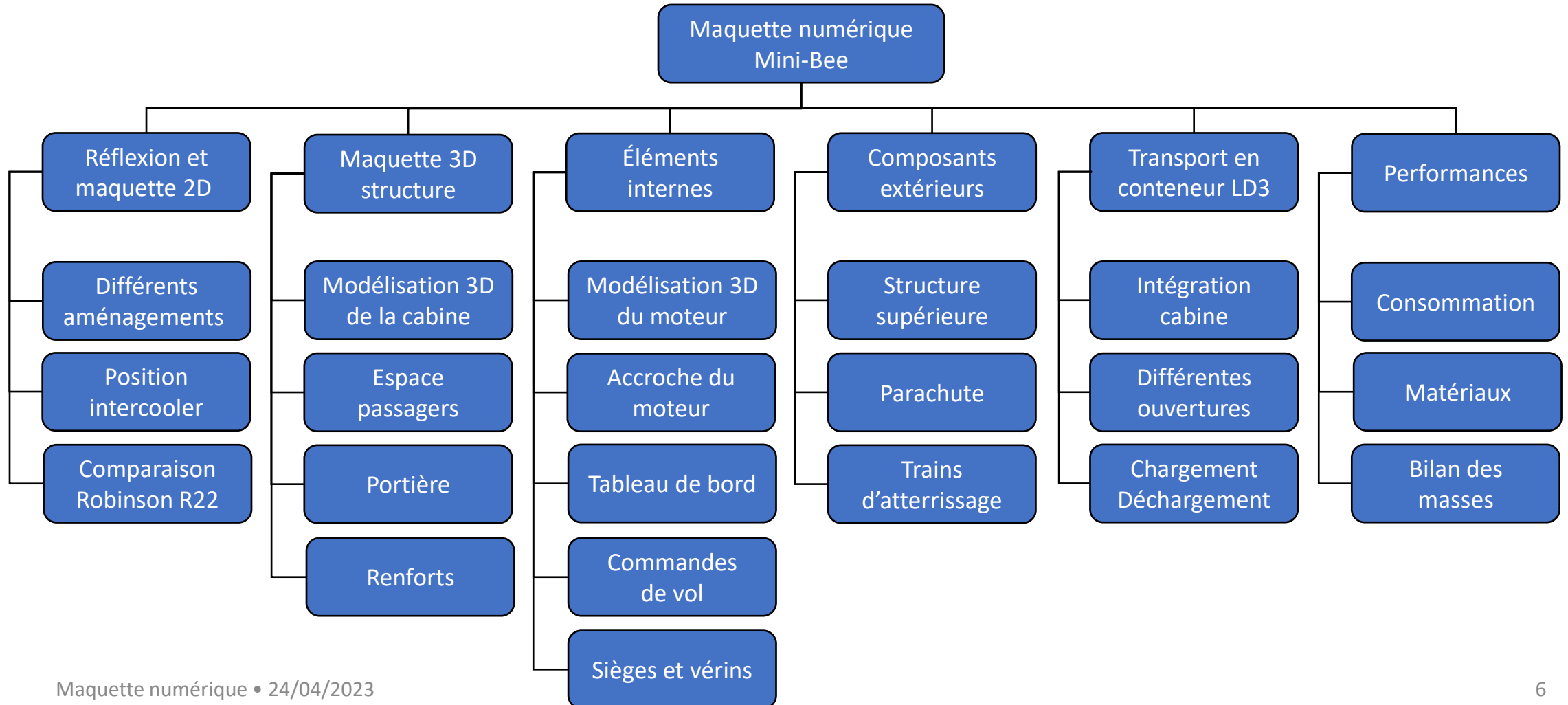
- Maquette structure

**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 €         |





# Différents aménagements

|  |  |
|--|--|
| <p><u>Proposition n°1 :</u><br/>                 Forme A<br/>                 + moteur avant<br/>                 + réservoir vertical</p>   | <p><u>Proposition n°3 :</u><br/>                 Forme B<br/>                 + moteur arrière</p> |
| <p><u>Proposition n°2 :</u><br/>                 Forme A<br/>                 + moteur arrière</p>   | <p><u>Proposition n°4 :</u><br/>                 Forme B<br/>                 + moteur avant</p>   |
| <p><u>Proposition n°5 :</u><br/>                 Forme A<br/>                 + moteur avant<br/>                 + réservoir horizontal</p> | <p><u>Formes :</u></p>   |

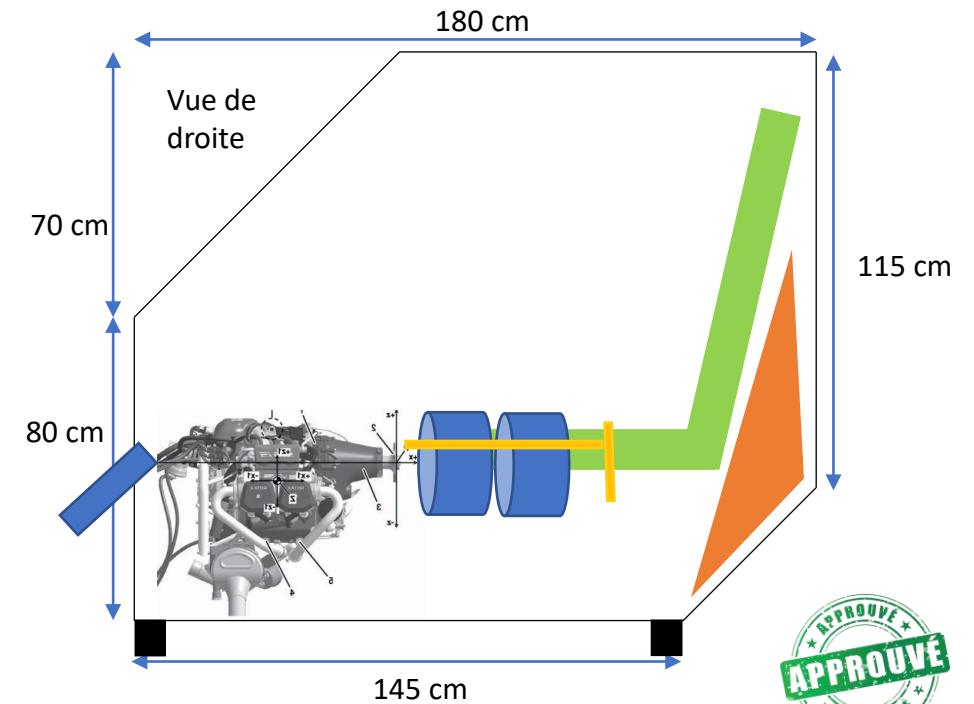
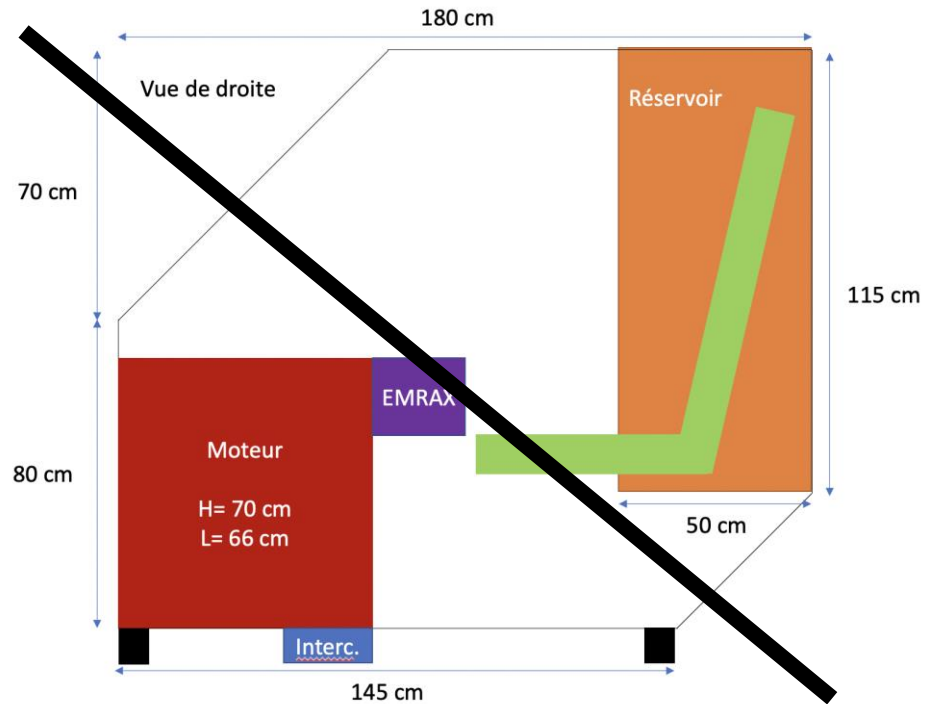


# Matrice de cotation

|                           | 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             |
| <b>Total</b>              | 12            | 7             | 8             | 9             | 16            |

|                 |              |         |             |                  |
|-----------------|--------------|---------|-------------|------------------|
| <b>Cotation</b> | 4 : Très bon | 3 : Bon | 2 : Mauvais | 1 : Très mauvais |
|-----------------|--------------|---------|-------------|------------------|

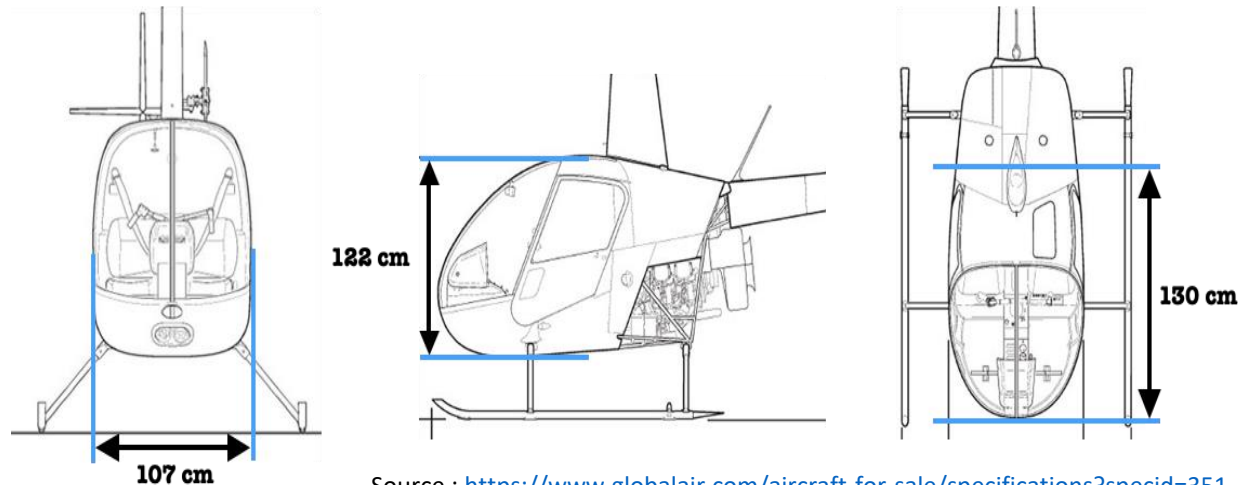
# Proposition n°5 retenue



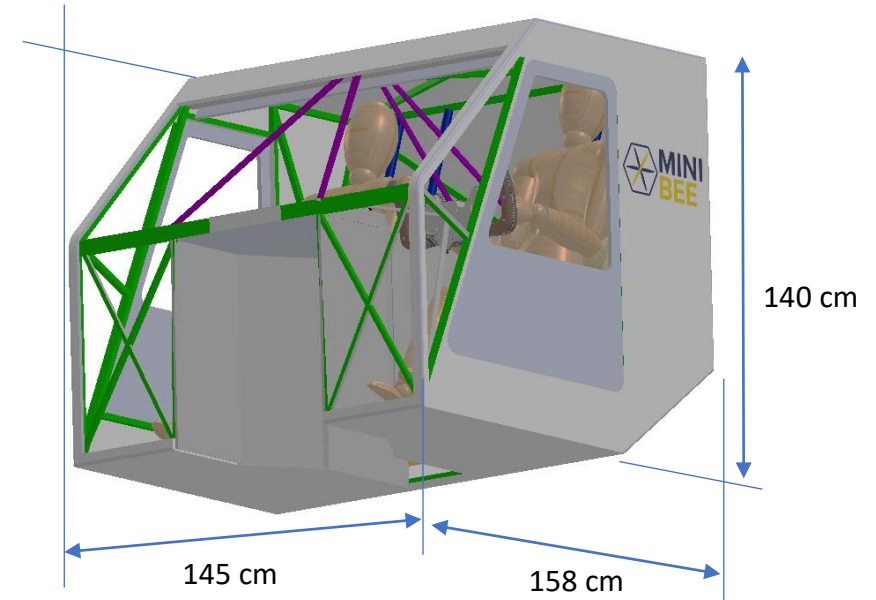
Proposition n°1 : Forme A + moteur avant + réservoir vertical + intercooler sous plancher

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

# Comparaison avec le R22



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.



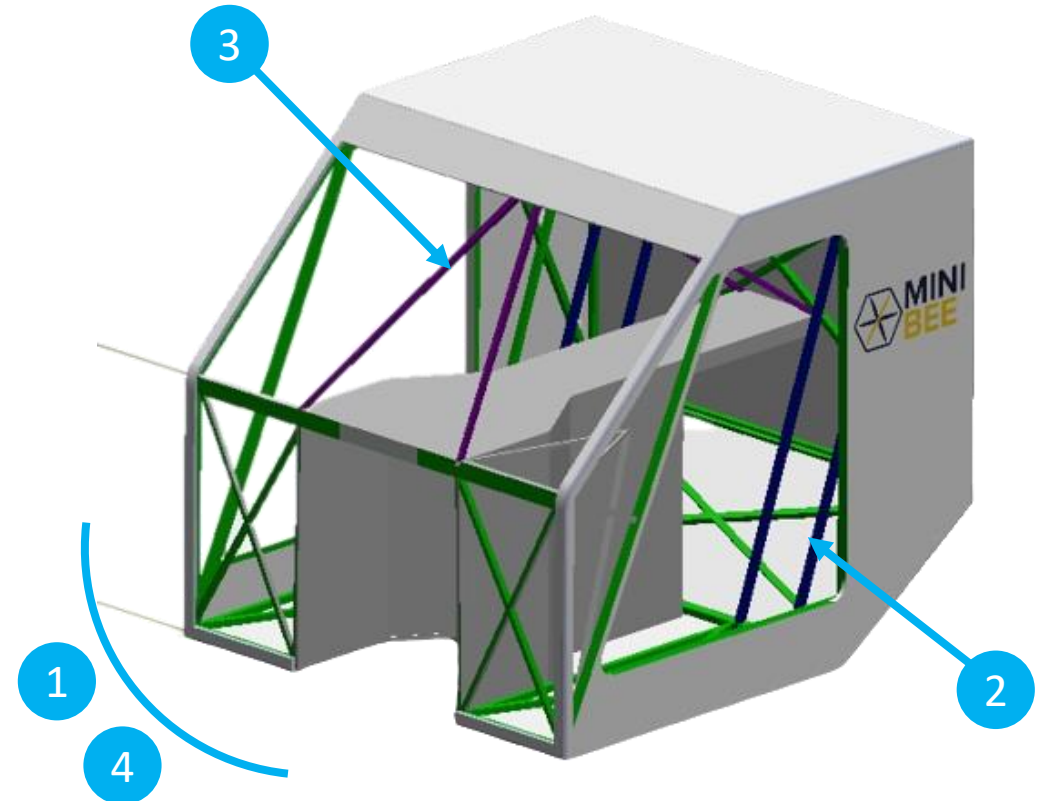
# Modélisation 3D de la cabine



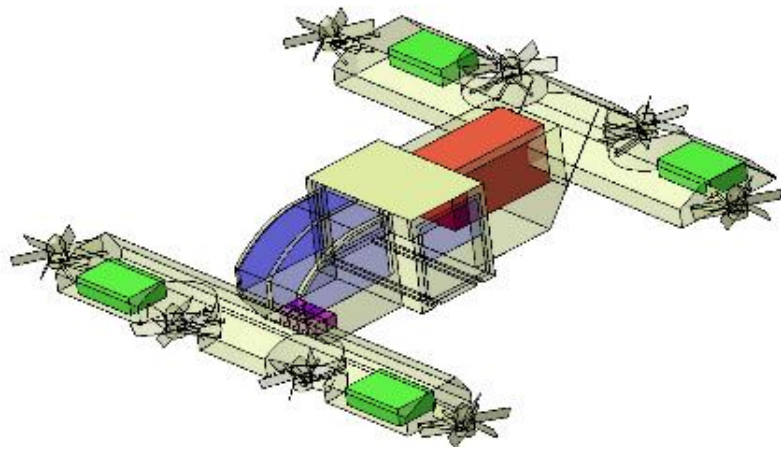
# Sommaire de la partie



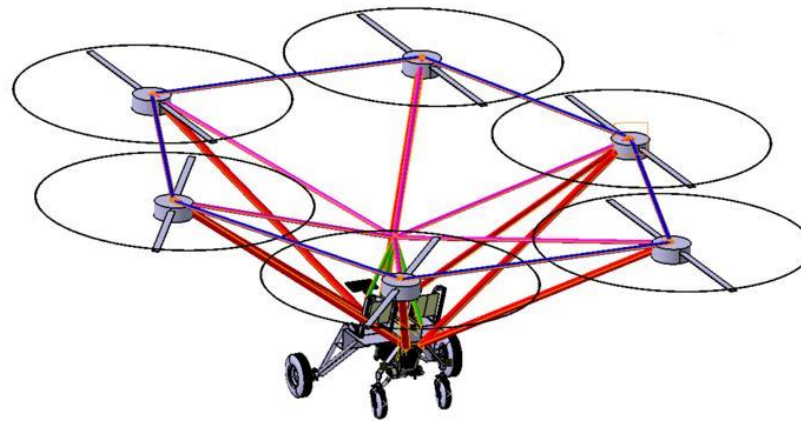
- 1 Évolution du modèle 3D
- 2 Accessibilité
- 3 Renforts
- 4 Vues 3D de la cabine seule



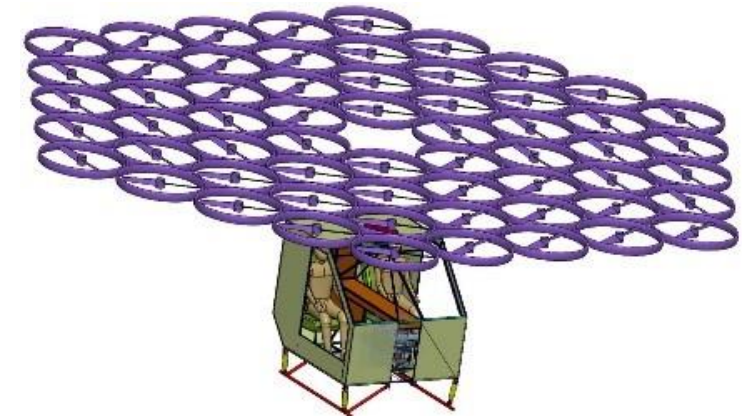
# 1. Évolution du modèle 3D



2017

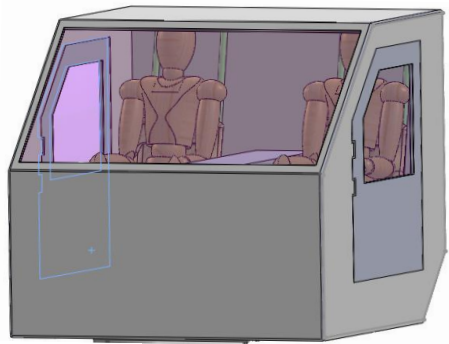


2020

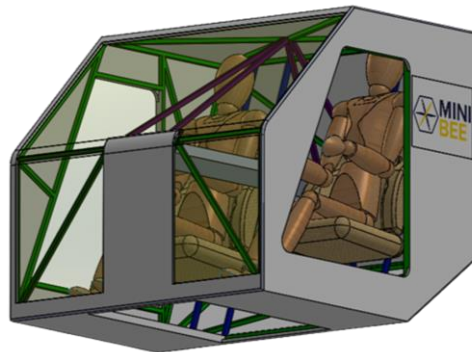


2022

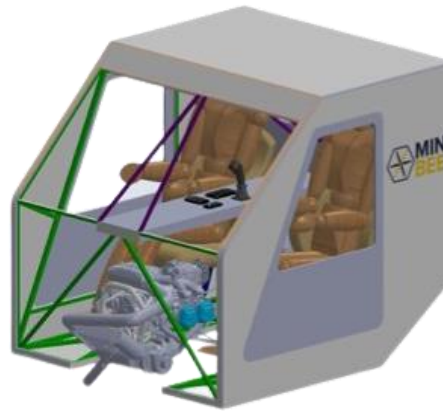
# 1. Évolution du modèle 3D



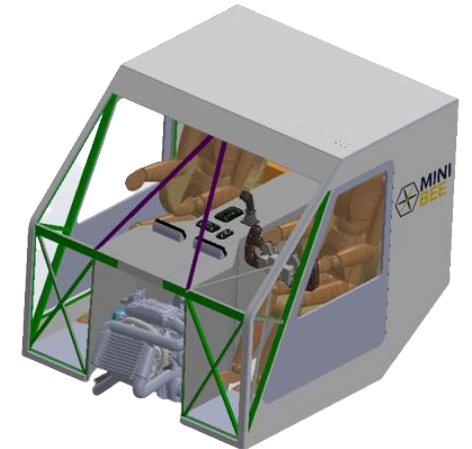
Avant  
5 janvier 2023



13 janvier 2023



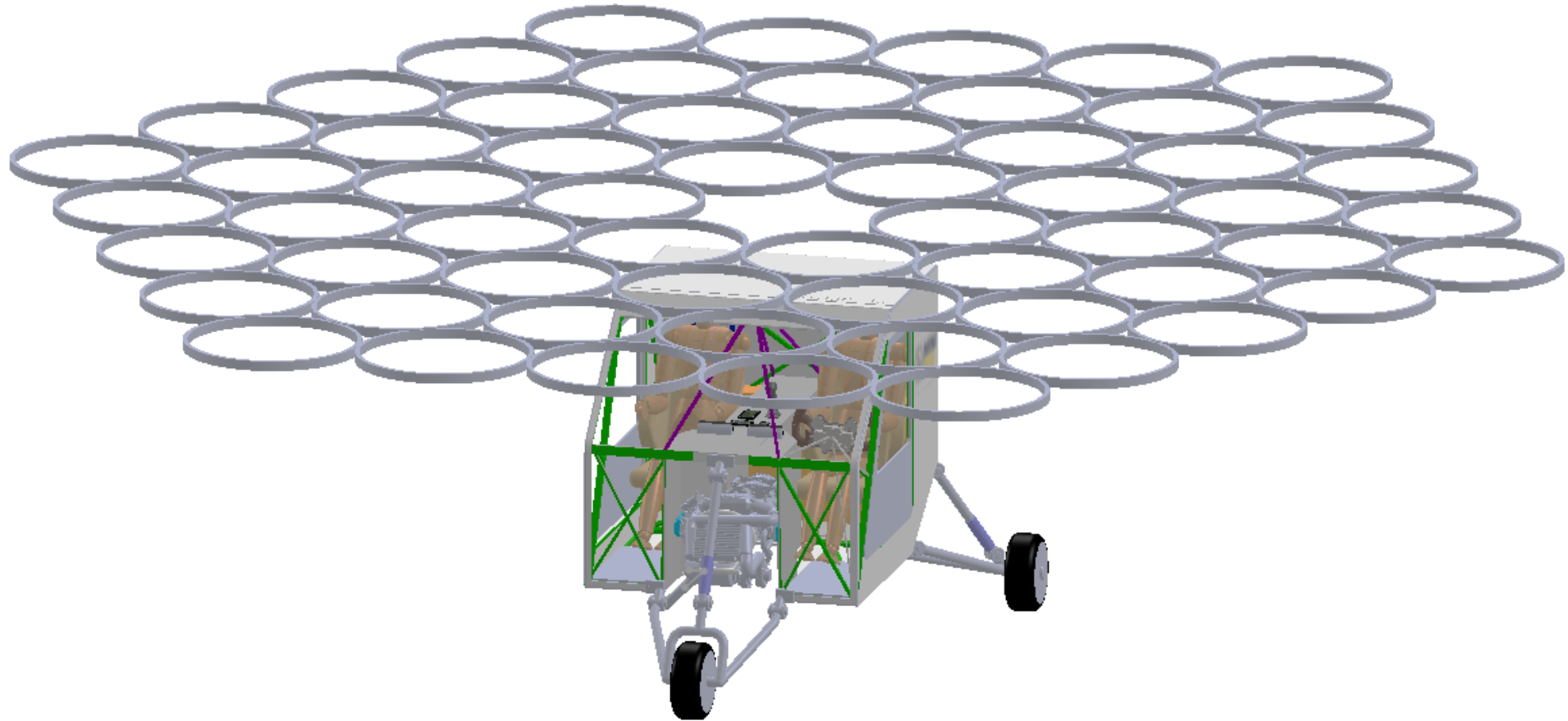
10 février 2023



23 Avril 2023



# 1. Évolution du modèle 3D

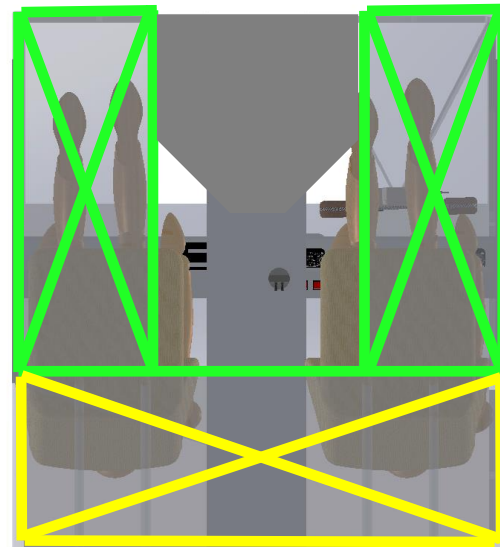
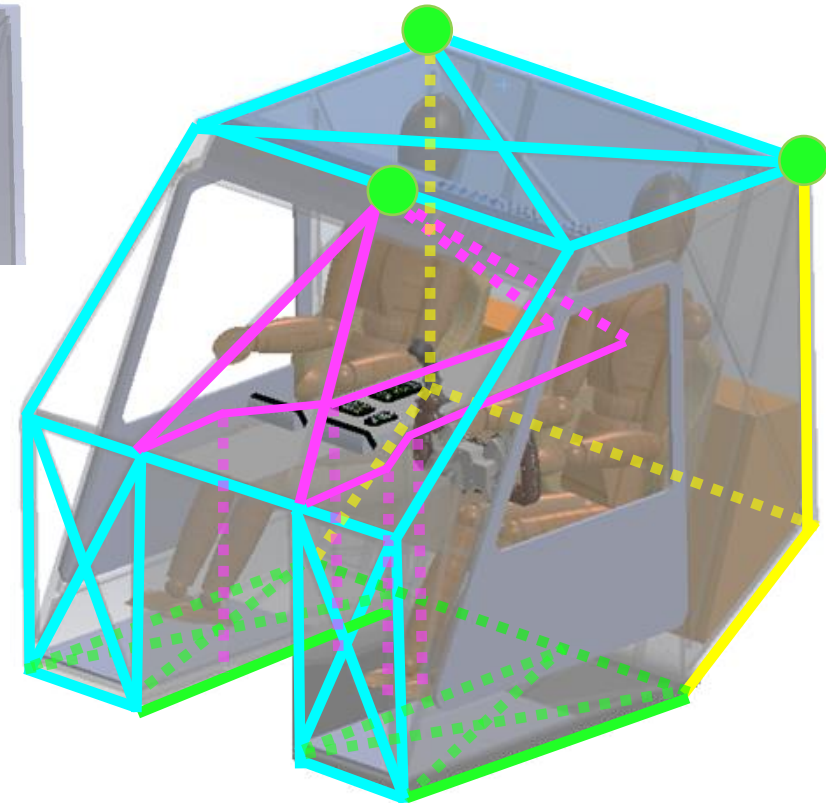
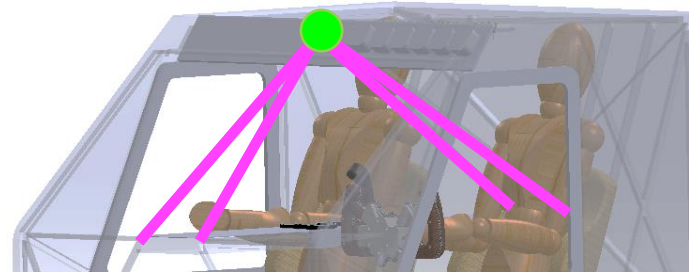
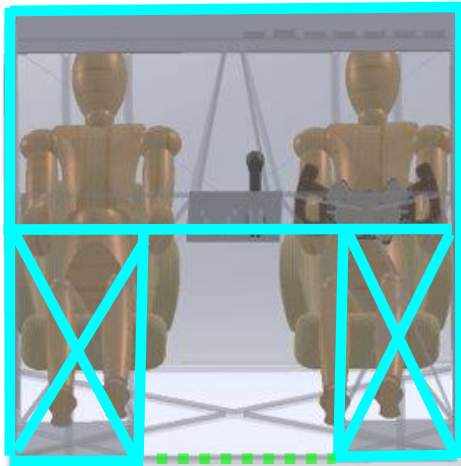


Version finale : Mai 2023

# 2. Accessibilité

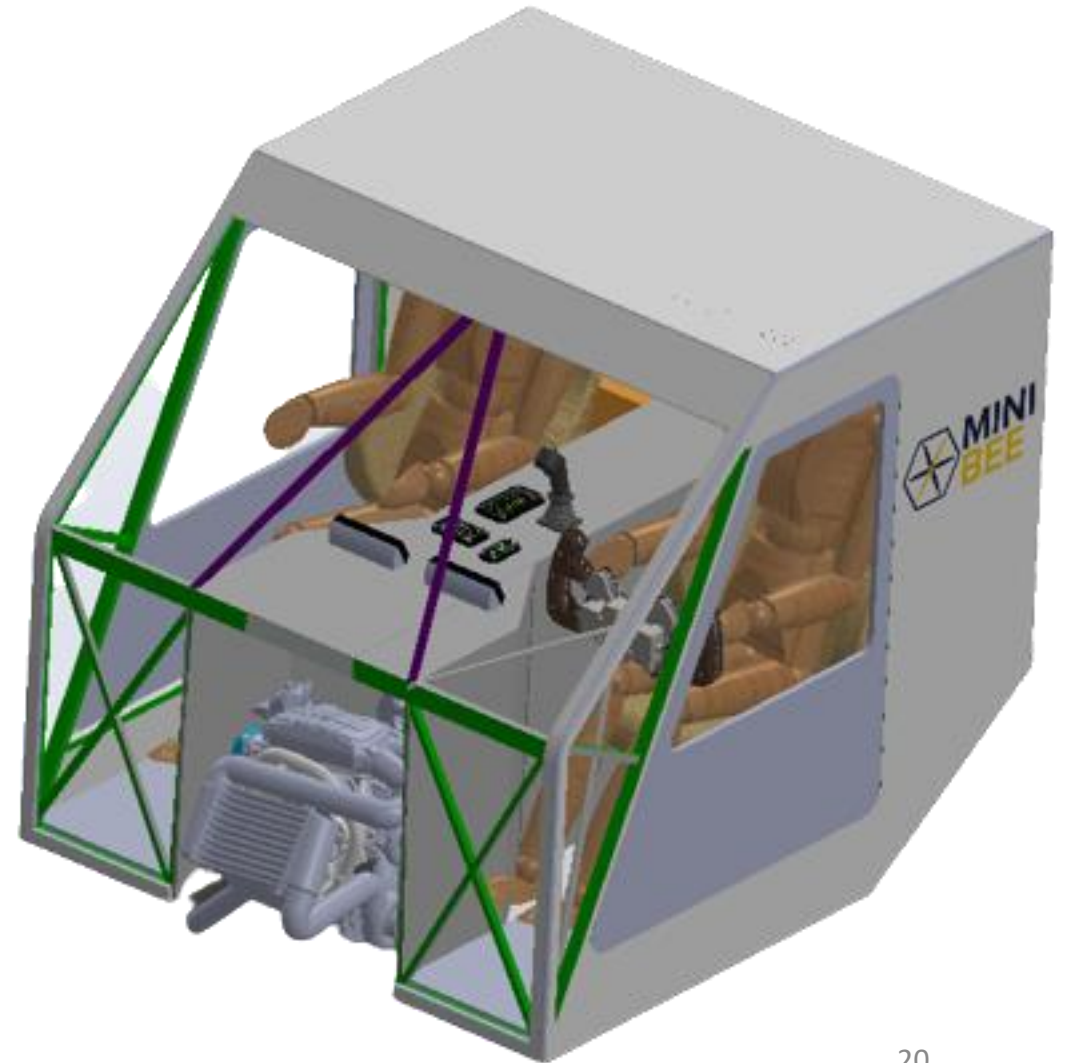
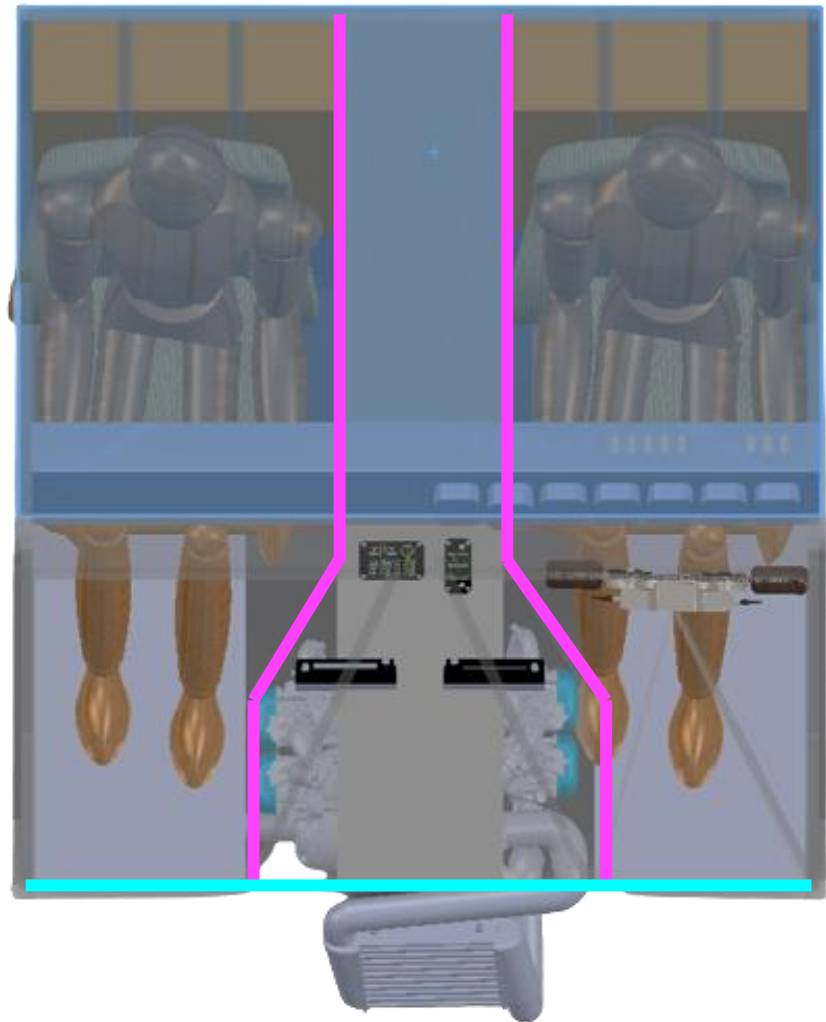
|                        |  |  |  |
|------------------------|--|--|--|
| <p>Espace passager</p> | <p><b>Problème:</b></p> <p>Pas assez d'espace en hauteur pour les passagers</p> <p>+ contrainte de longueur sur la course utile des vérins en cas de crash</p> | <p><b>Solution:</b></p> <p>Abaissement du 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><b>Problème:</b></p> <p>Mauvaise reprise d'effort au niveau des charnières.</p> <p>Trop de bras de levier</p>   | <p><b>Solution:</b></p> <p>Changement de l'emplacement des charnières (bleu), plus efficace, plus ergonomique, renforts modifiés en conséquence.</p>                   |  |

# 3. Renforts – Structure



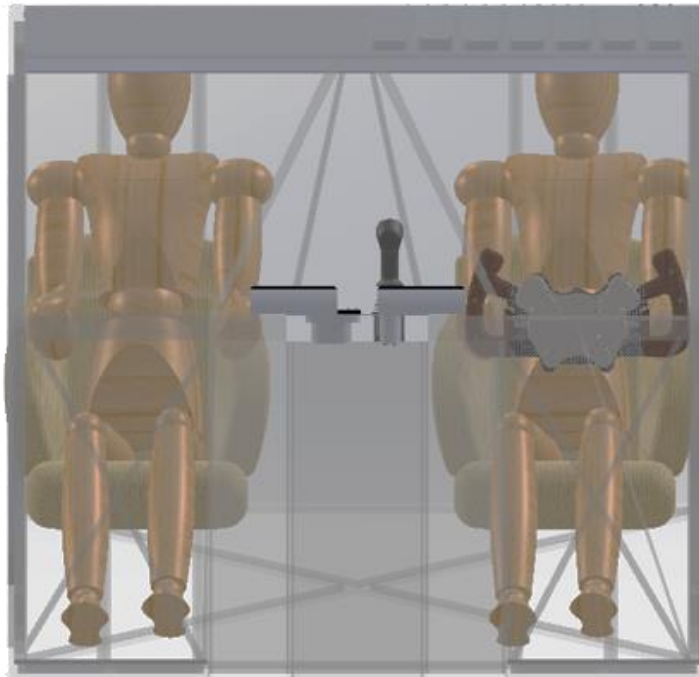
Pour des raisons de visibilité, les renforts de la vue ci-dessus ne sont pas tous indiqués.

# 3. Renforts – Poutre

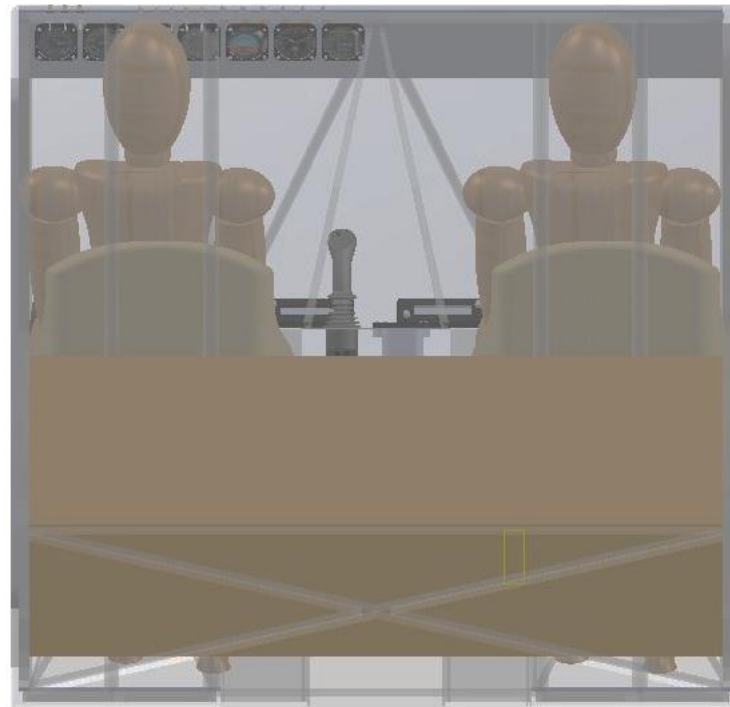


# 5. Vues 3D de la cabine seule

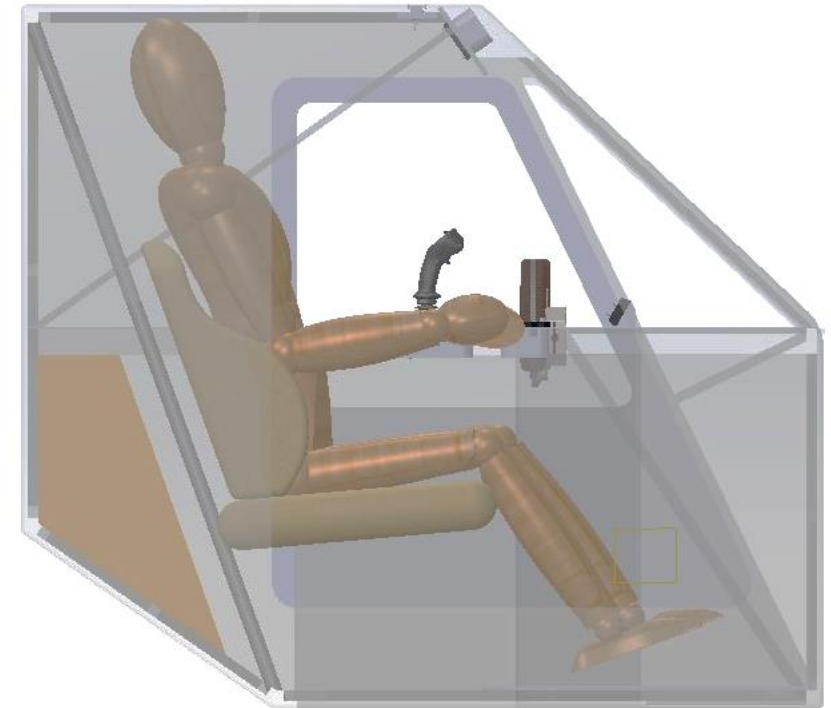
Vue de face



Vue arrière

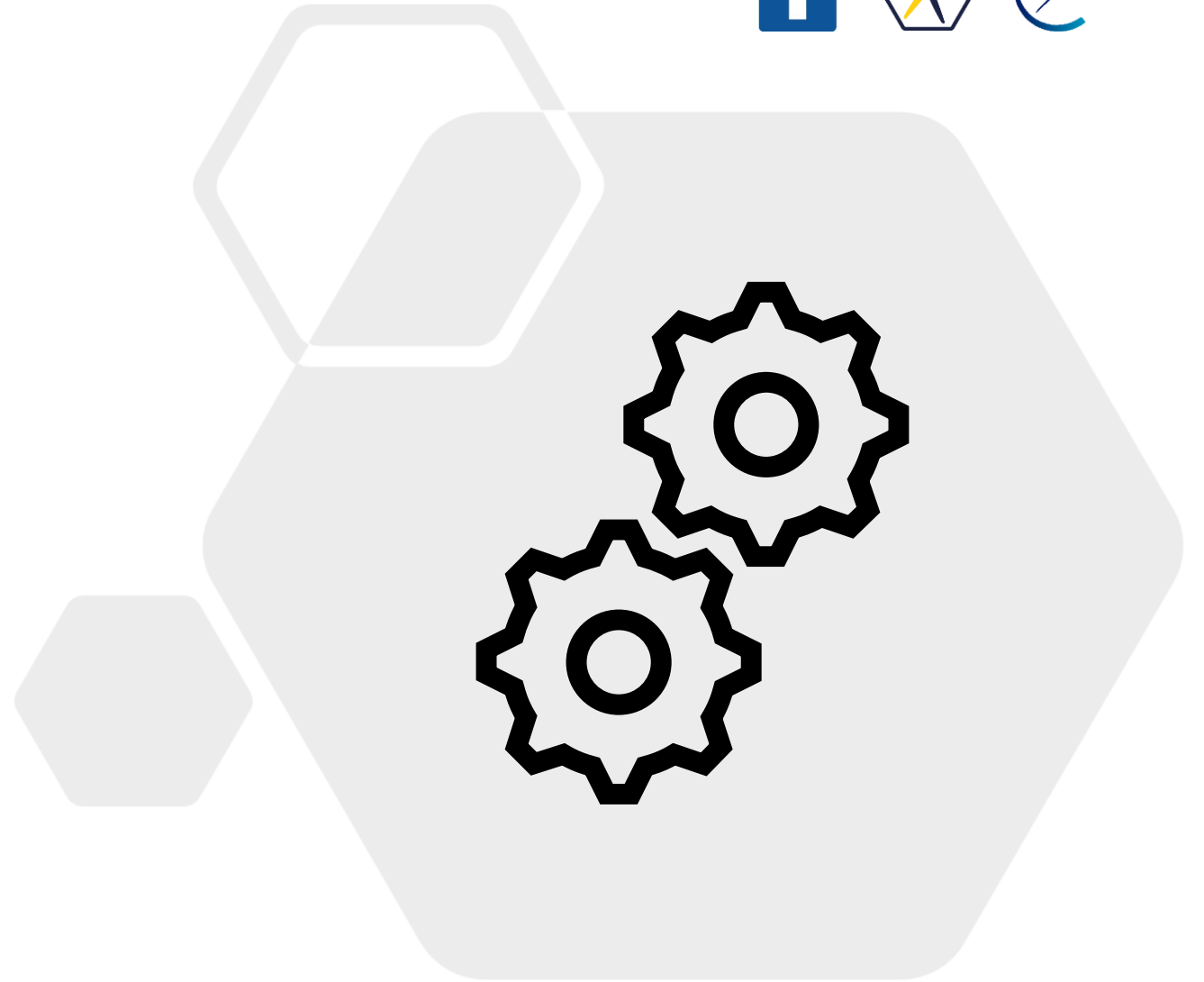


Vue de côté





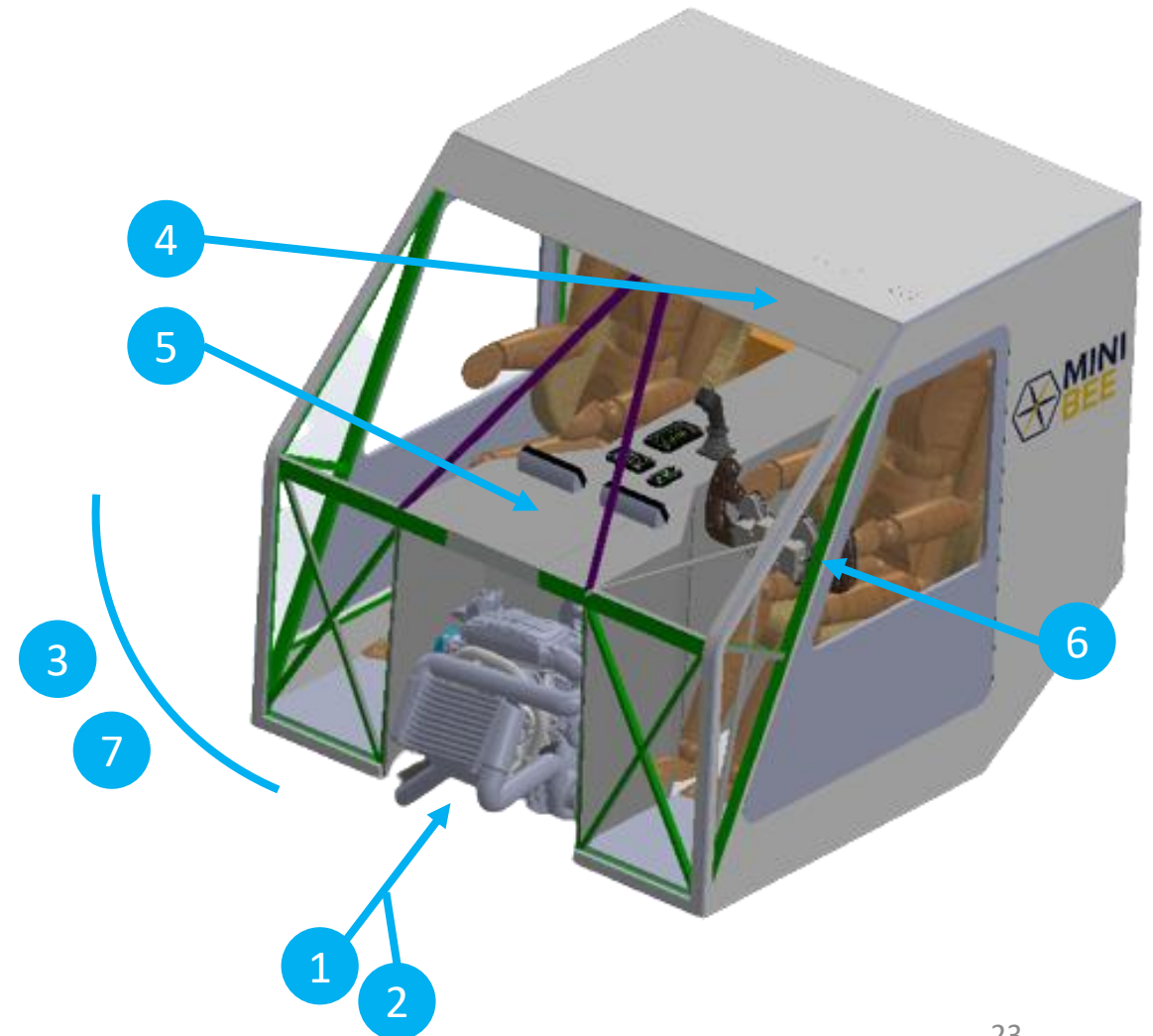
# Éléments internes



# Sommaire de la partie



- 1 Présentation du moteur Rotax 915 IS
- 2 Moteur & Emrax
- 3 Vue extérieure avec moteur
- 4 Tableau de bord
- 5 Poutre centrale
- 6 Intégration volant
- 7 Vue aménagement intérieur



# 1. 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 de la poutre centrale
- Le moteur doit être accessible facilement pour la maintenance

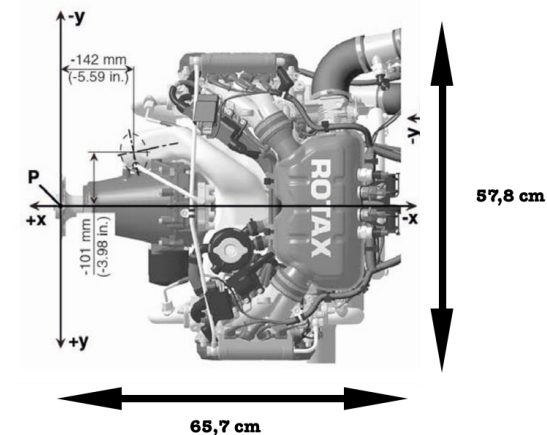
TCDS No.: E.121  
Issue: 15

BRP-Rotax GmbH & Co KG  
Rotax 912 series

Date: 04 October 2021

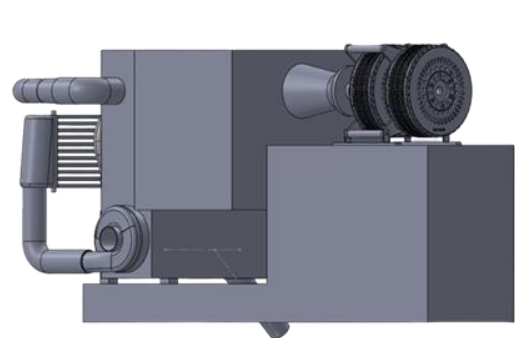
915 iSc A and 915 iSc C24 series:

| 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 |

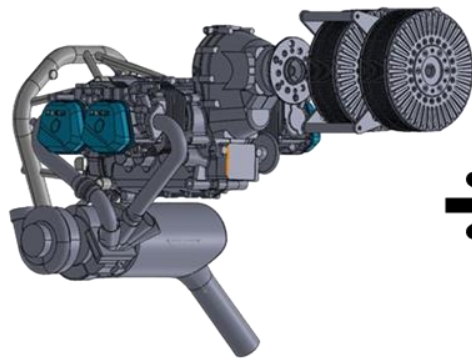




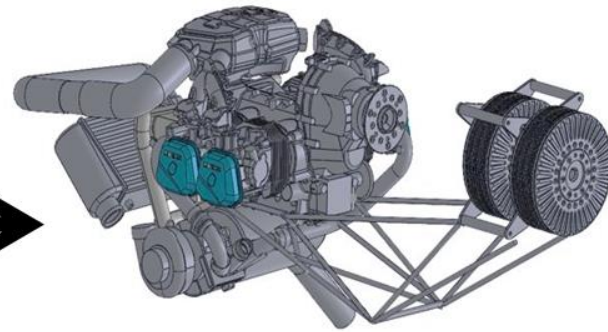
# 1. Présentation du moteur Rotax 915 IS



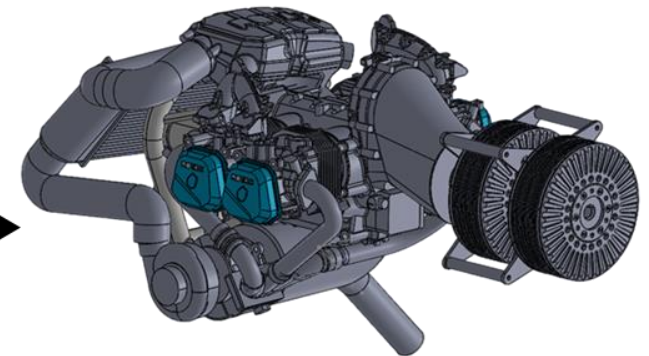
**5 janvier 2023**



**5 Février 2023**



**21 Février 2023**

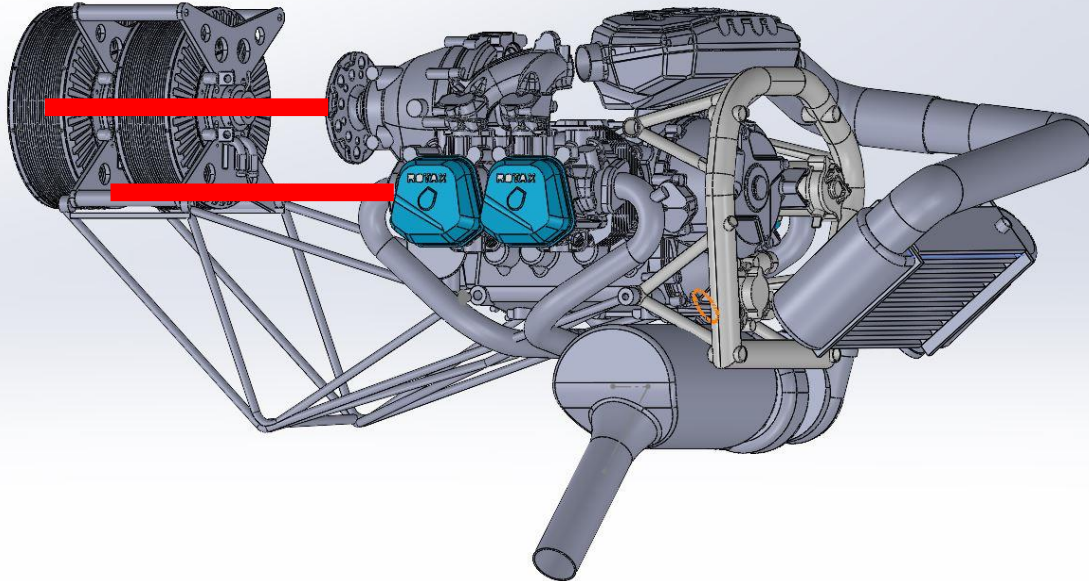


**Fin projet : 9 Mai 2023**

# Moteur & Emrax - Vue d'ensemble



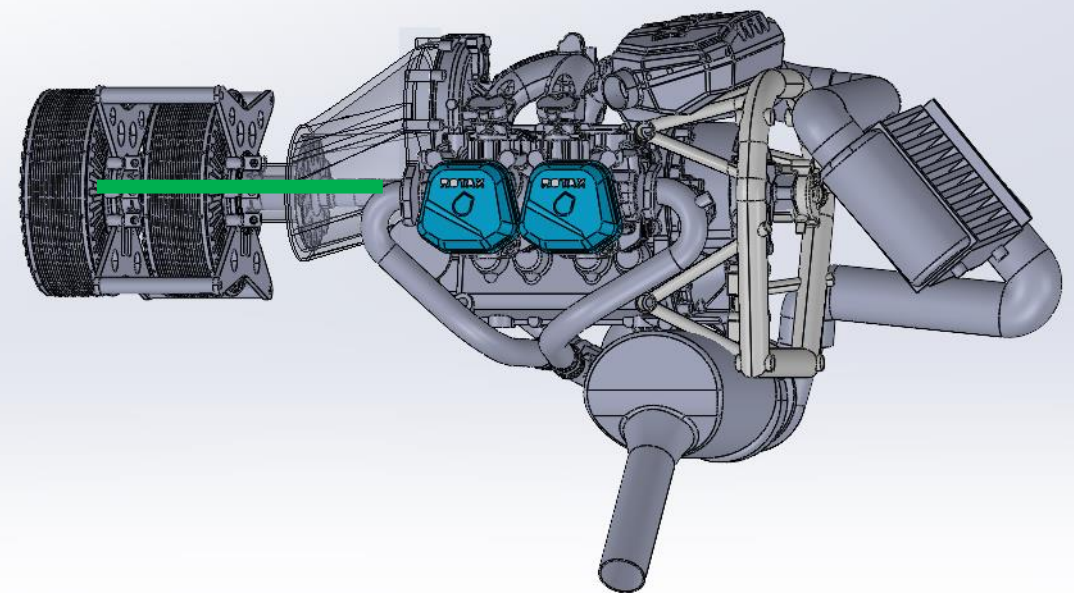
Proposition 1 : retenue jusqu'au 2/03



 Anciens axes de transmission

 Nouvel axe de transmission

Proposition 2 : retenue au 23/03



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

## 2. Moteur & Emrax – Fixation

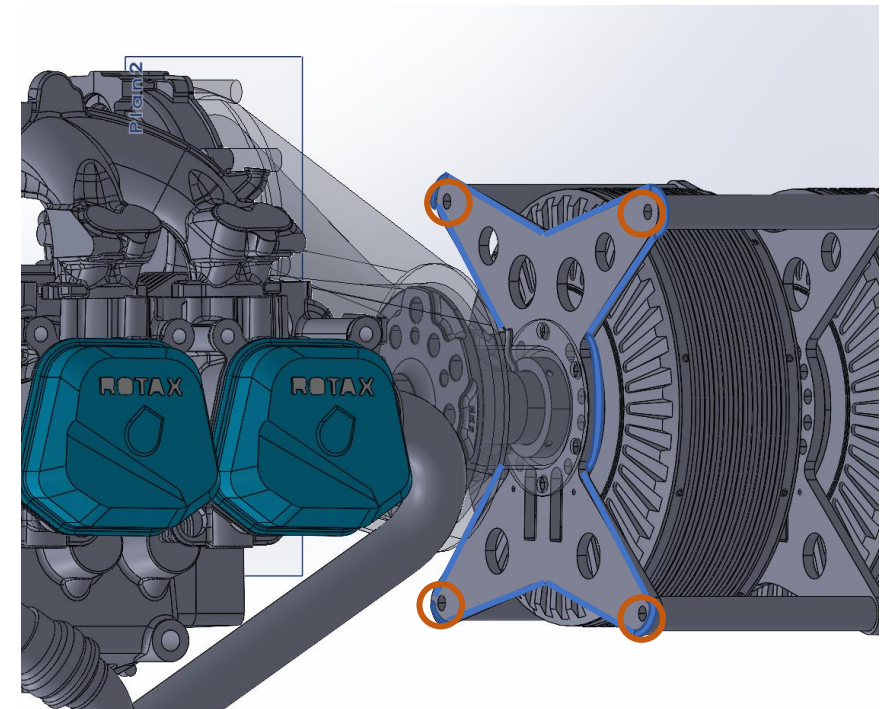
### Système de fixation Emrax sur les supports en X



○ 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.

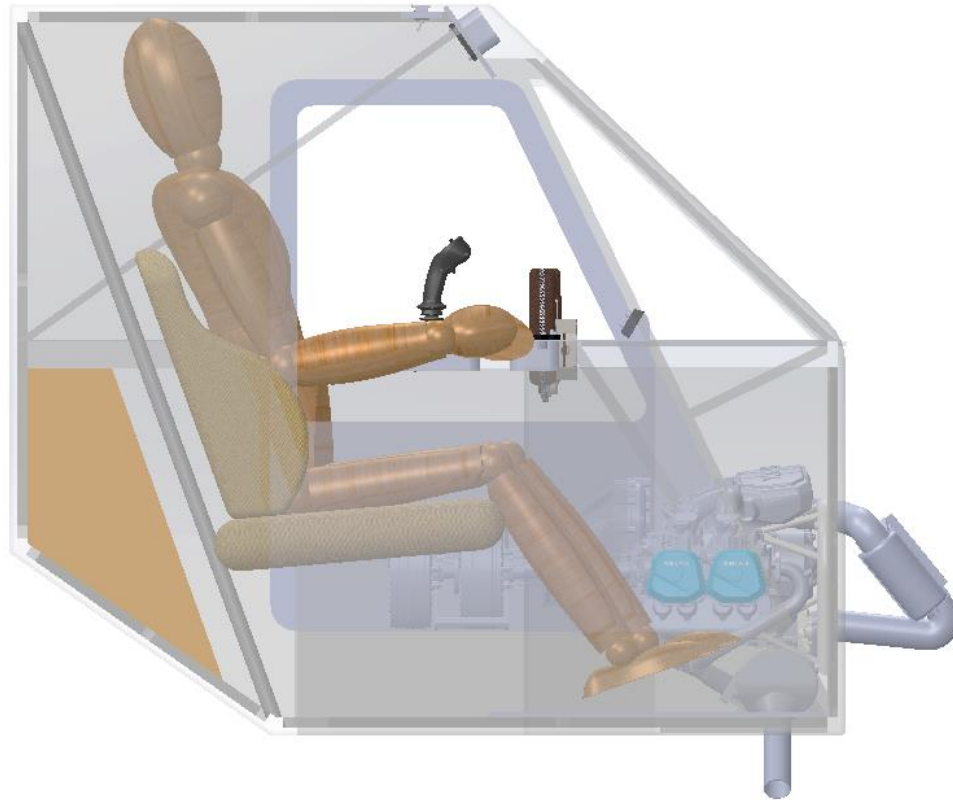
### Modélisation 3D de l'accroche au niveau de l'Emrax



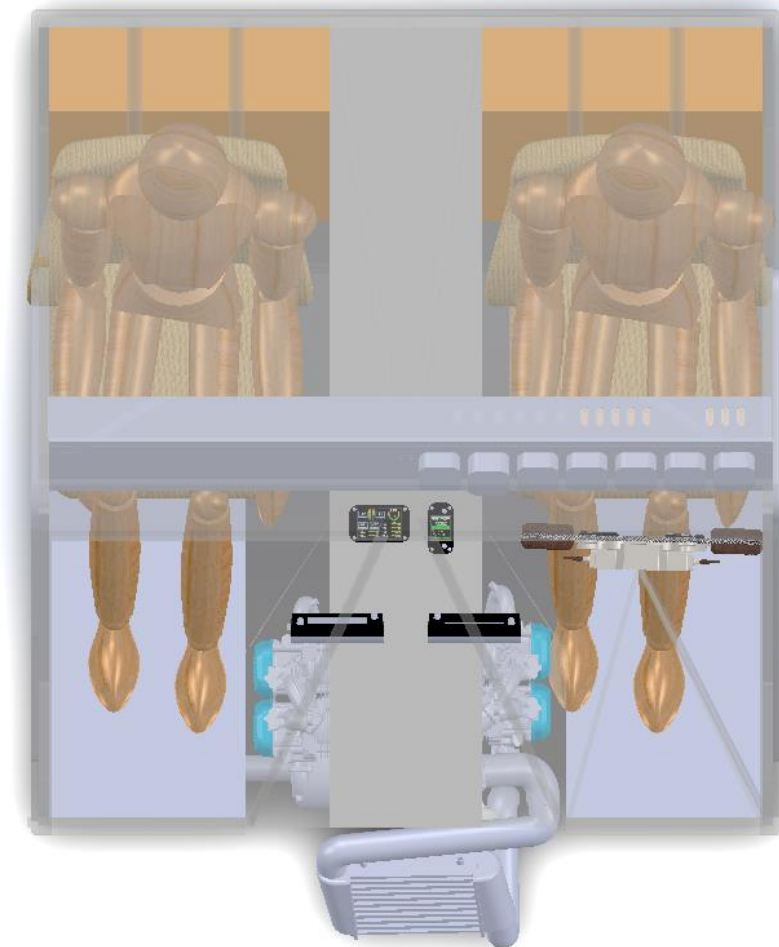
# 3. Vues extérieures avec moteur



Vue de côté



Vue de haut



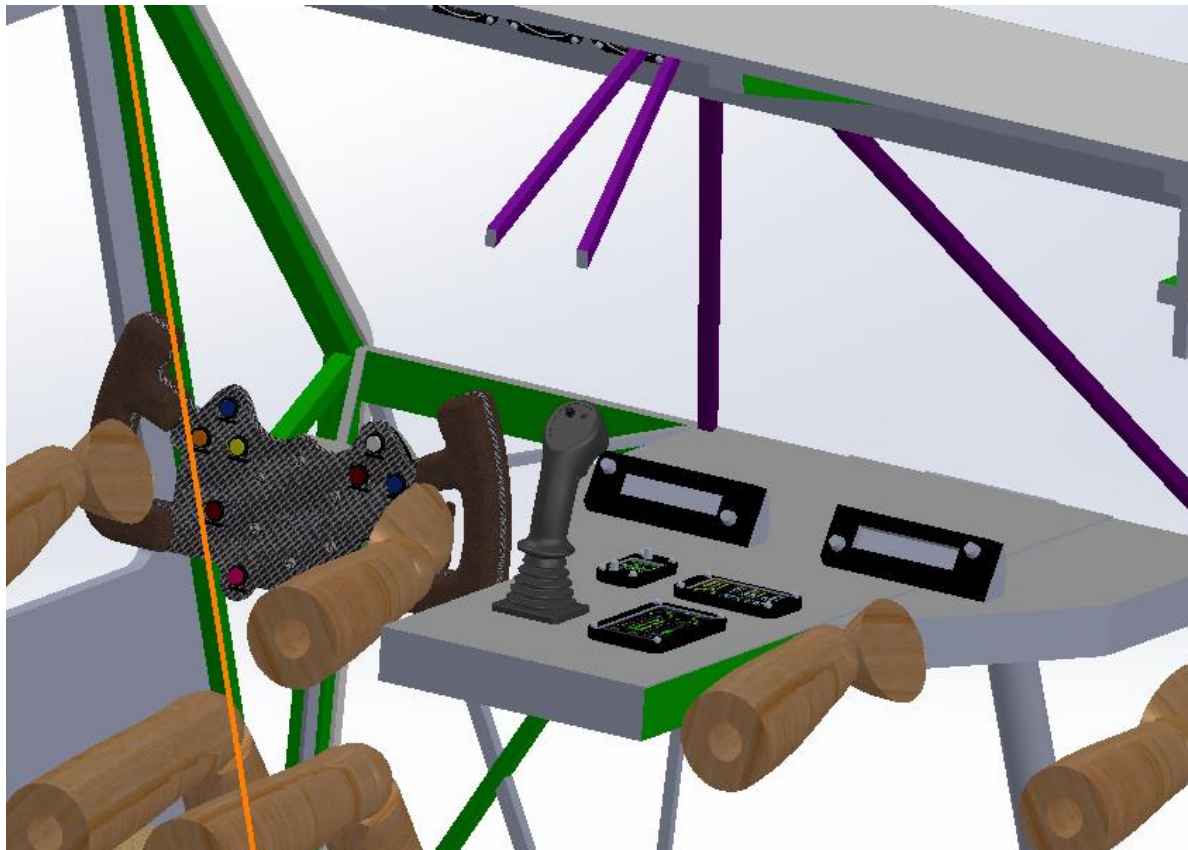
# 4. Tableau de bord – Matrice cotation



|                     |           |           |           |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| Espace libéré       | 2         | 3         | 4         |
| Champ de vision     | 1         | 2         | 4         |
| Accessibilité       | 3         | 3         | 3         |
| Respect conventions | 4         | 3         | 3         |
| <b>Total</b>        | <b>10</b> | <b>11</b> | <b>14</b> |

|                 |              |         |             |                |
|-----------------|--------------|---------|-------------|----------------|
| <b>Cotation</b> | 4 : Très bon | 3 : Bon | 2 : Mauvais | 1 : Impossible |
|-----------------|--------------|---------|-------------|----------------|

# 5. Console centrale

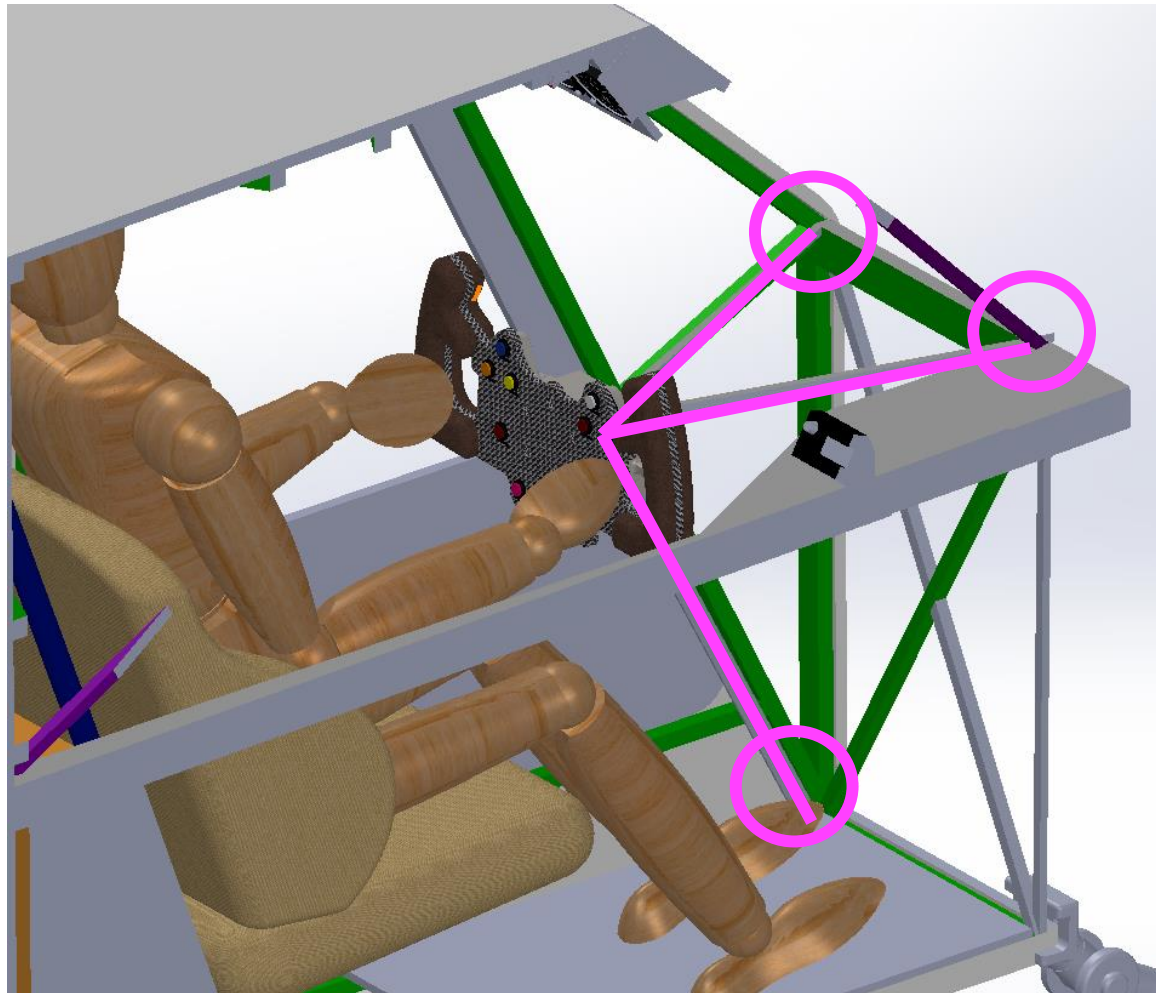


Instrumentation Kanardia:

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

Ajout des radios à la poutre centrale

# 6. Intégration volant



3 points de reprise d'efforts

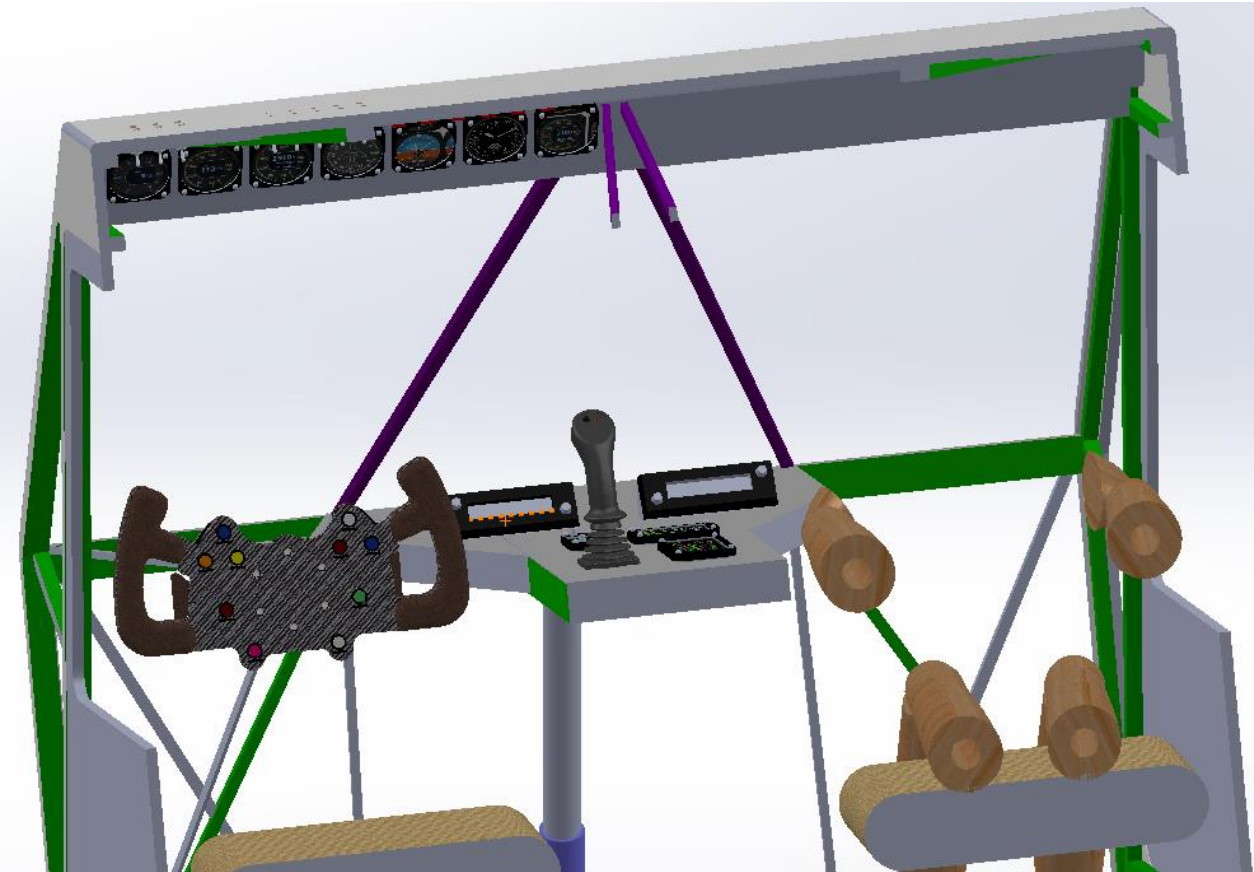
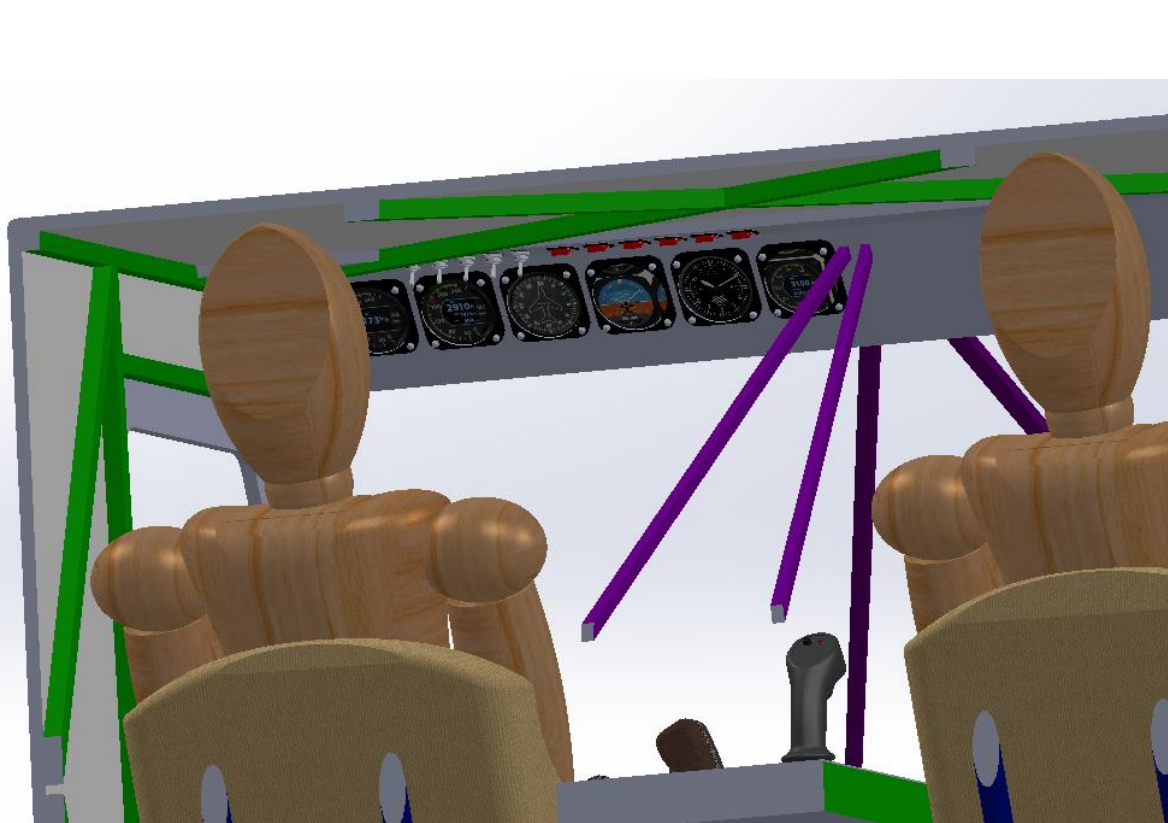
**2 cas majeurs de forte contrainte:**

la montée/descente du pilote

**Montée:** peut "tirer" le volant pour se hisser

**Descente:** peut s'appuyer sur le volant

# 7. Vue aménagement intérieur







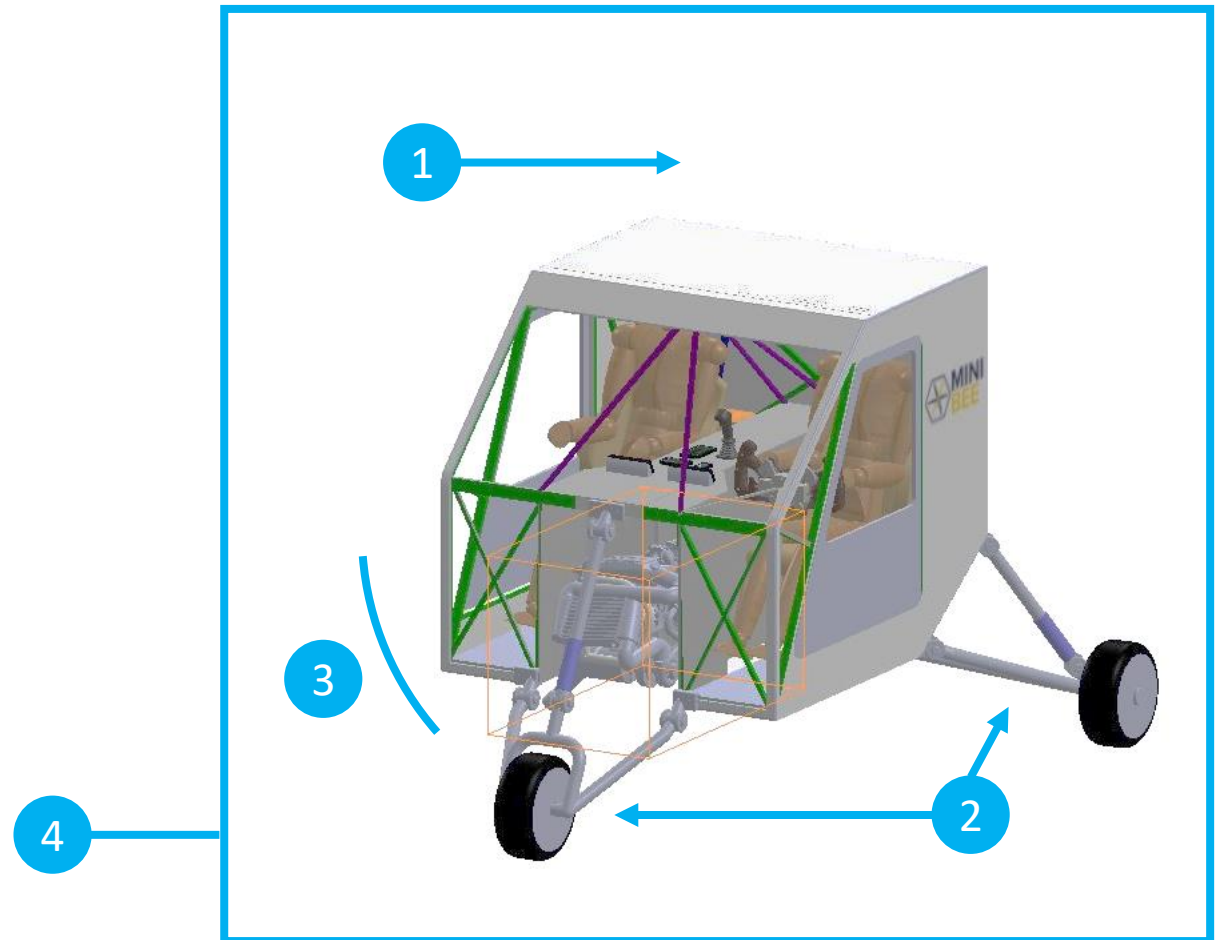
# Composants extérieurs



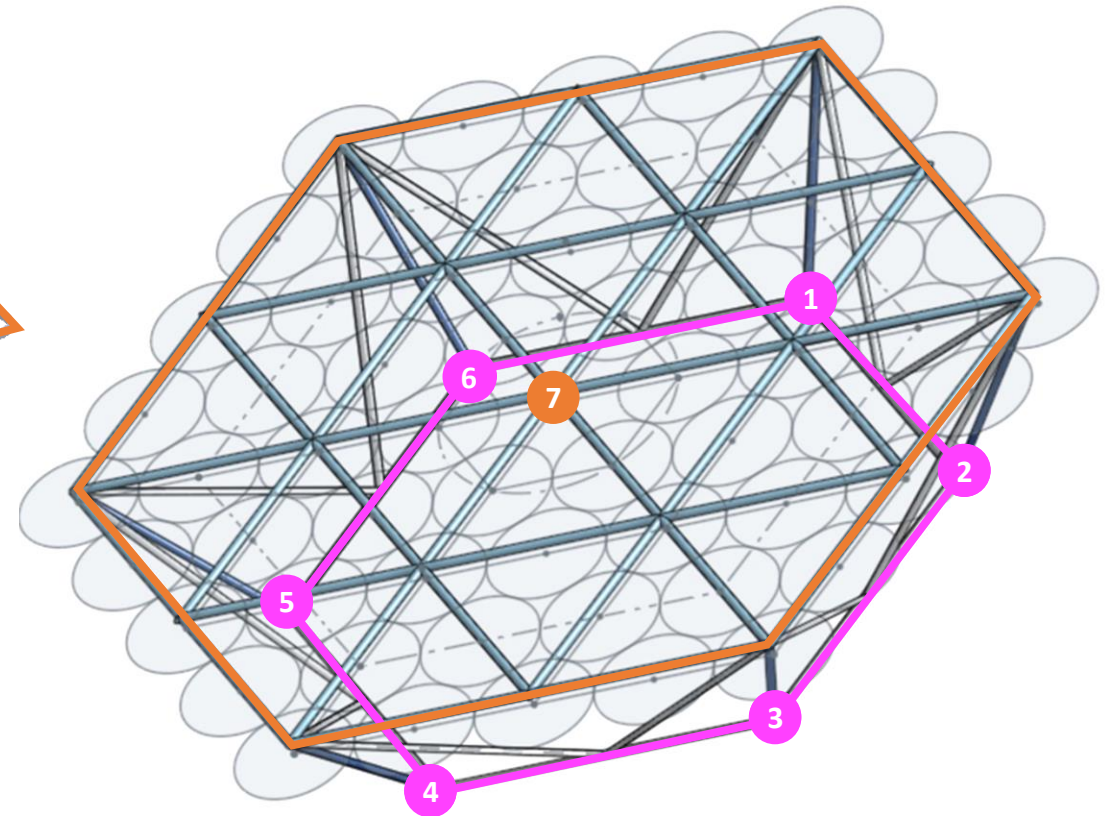
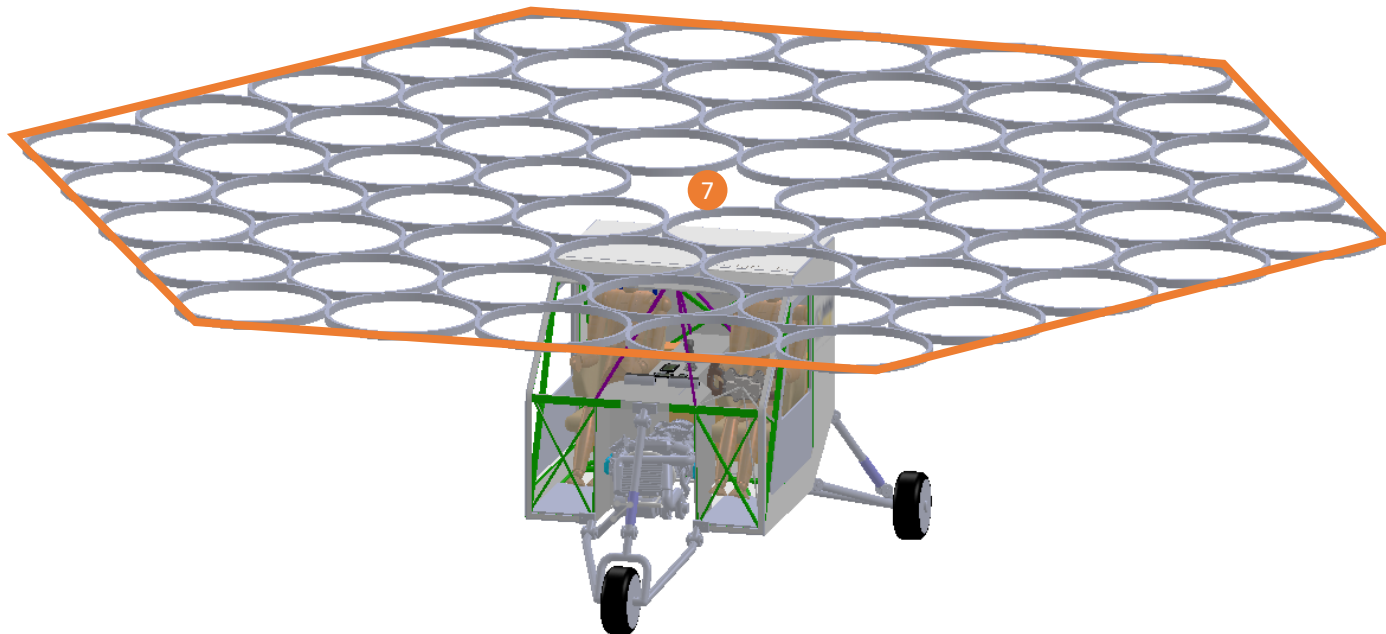
# Sommaire de la partie



- 1 Structure supérieure
- 2 Système d'atterrissage
- 3 Vues 3D avec moteur et trains
- 4 Conteneur LD3

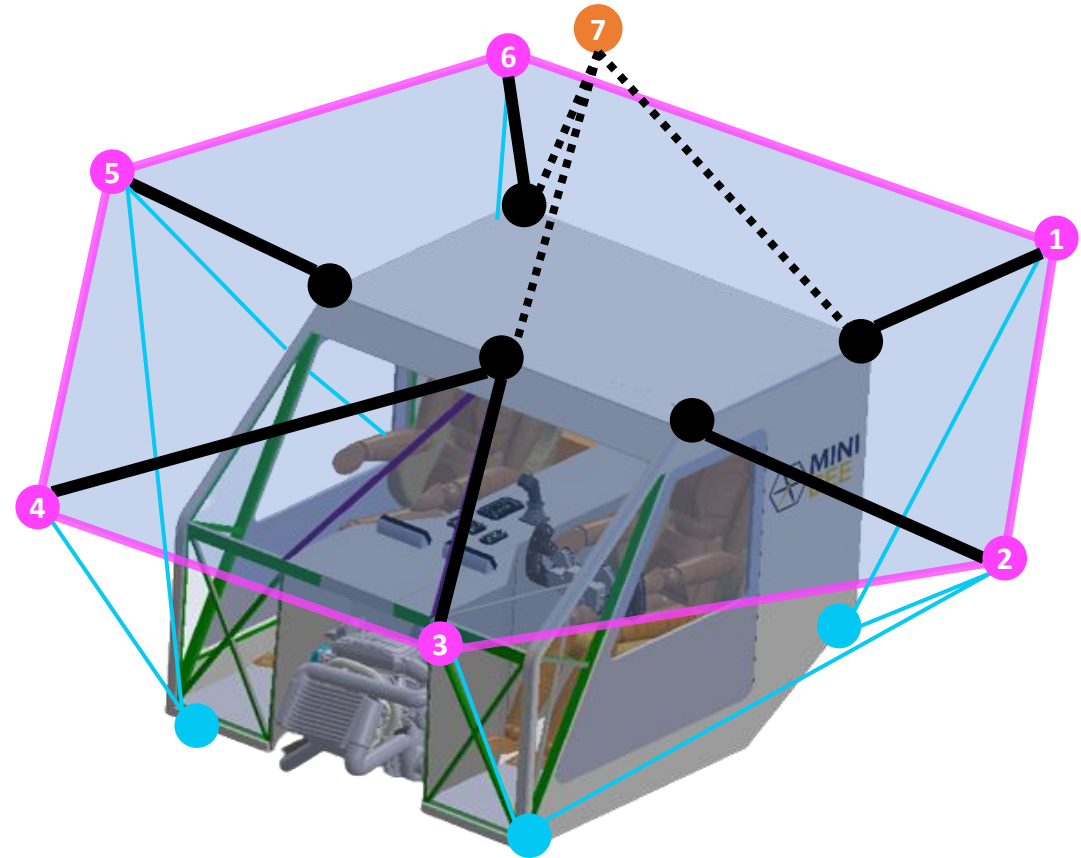
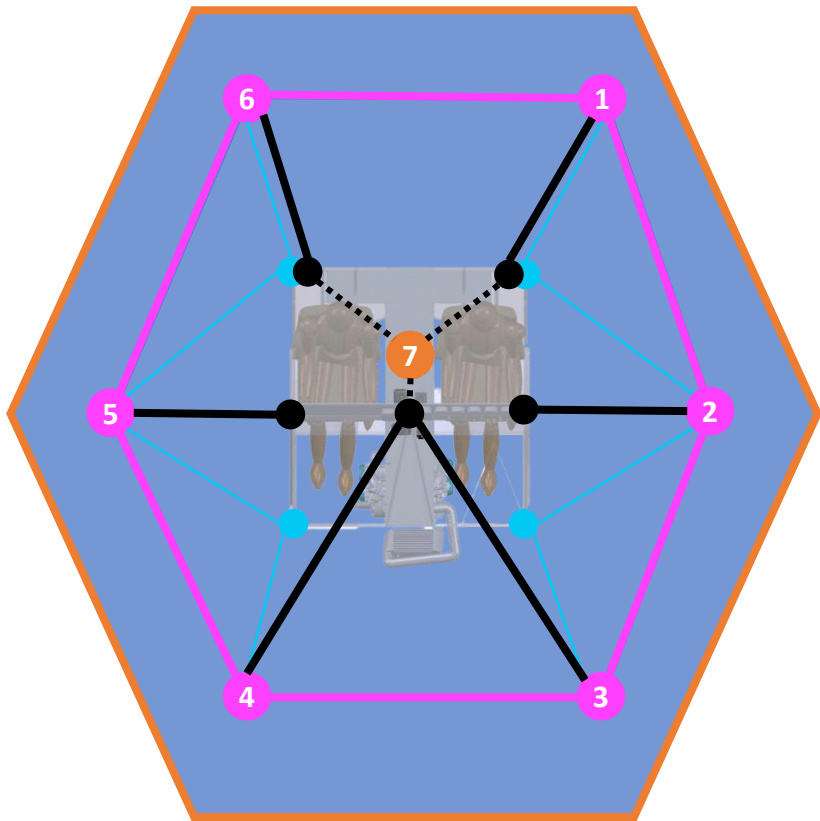


# 1. Structure supérieure



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

# 1. Structure supérieure



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

- Câbles
- Renforts

# 2. Système d'atterrissage



## Diagramme en pieuvre

FP1 : Amortir la cabine à l'atterrissage

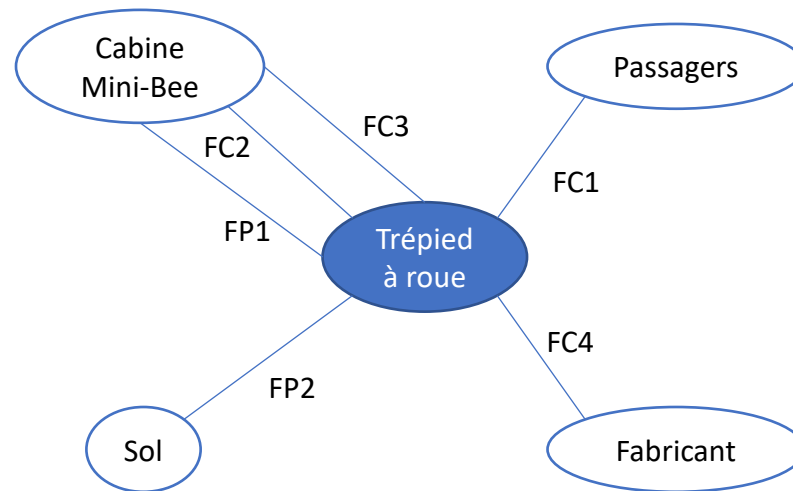
FP2 : Pouvoir se poser sur toute surface

FC1 : Assurer l'intégrité des passagers

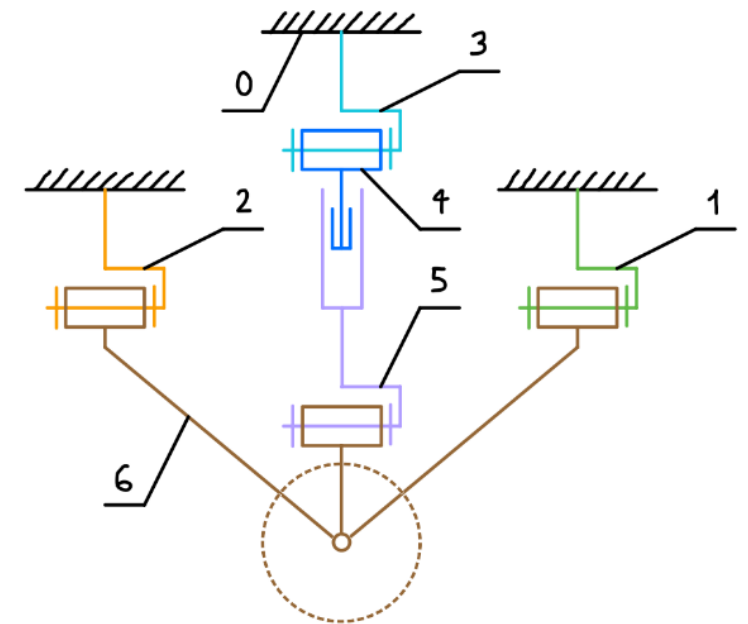
FC2 : Assurer l'intégrité de la cabine

FC3 : Facilement démontable (<10min)

FC4 : Suffisamment léger (<25kg)



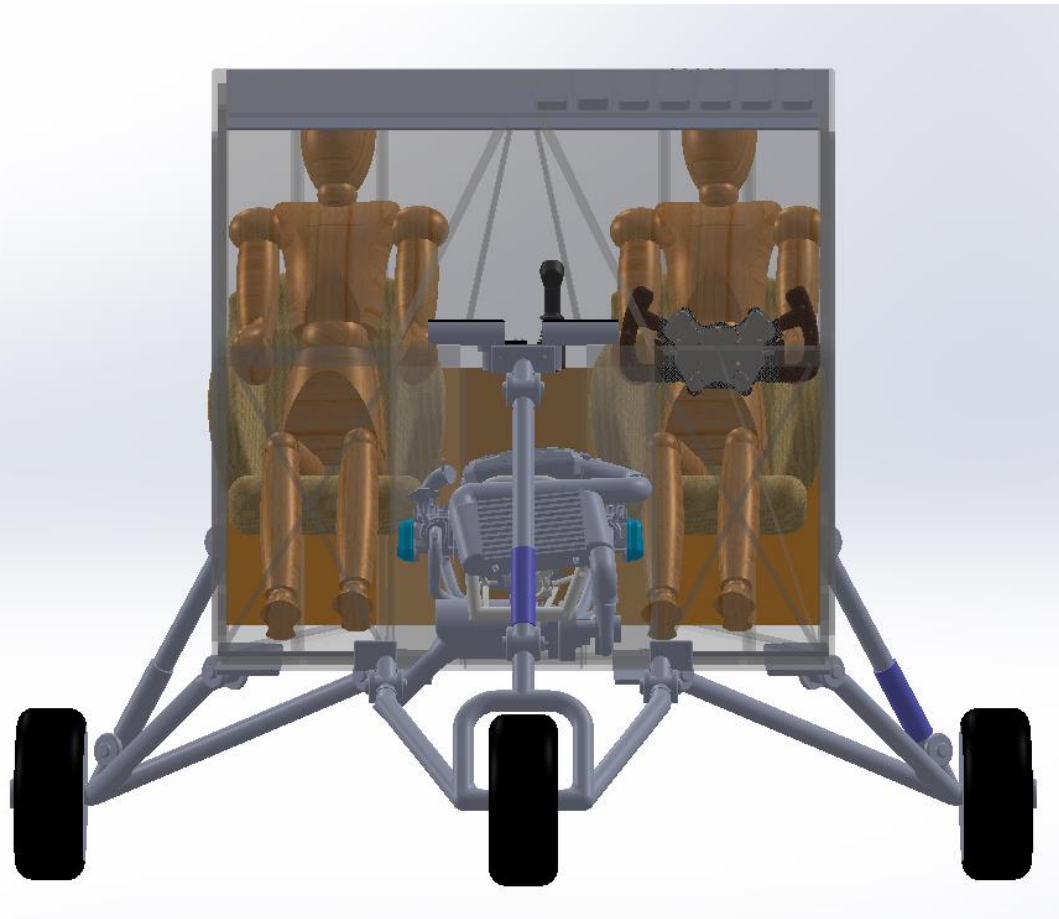
## Schéma cinématique



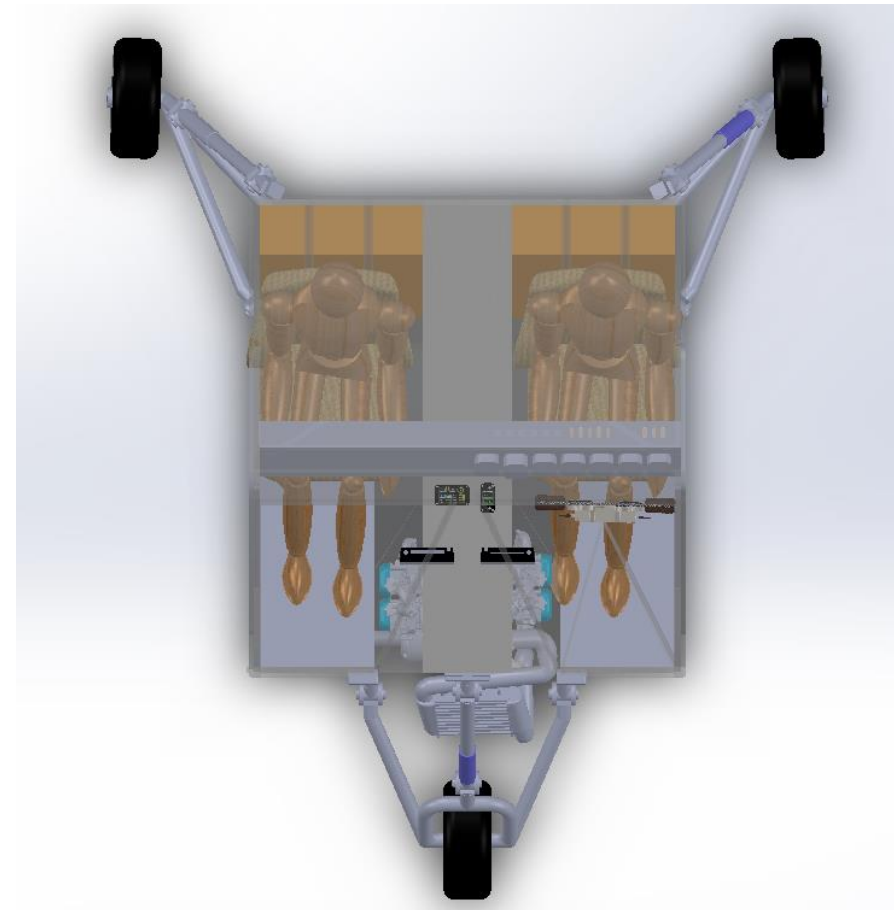
# 3. Vues 3D avec moteur et trains



Vue de Face

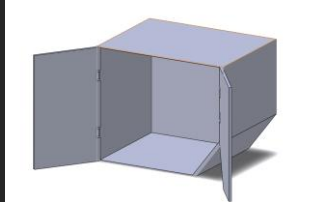
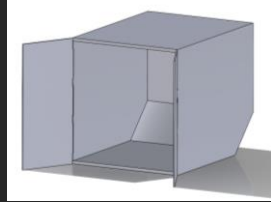
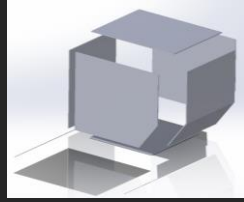


Vue de haut

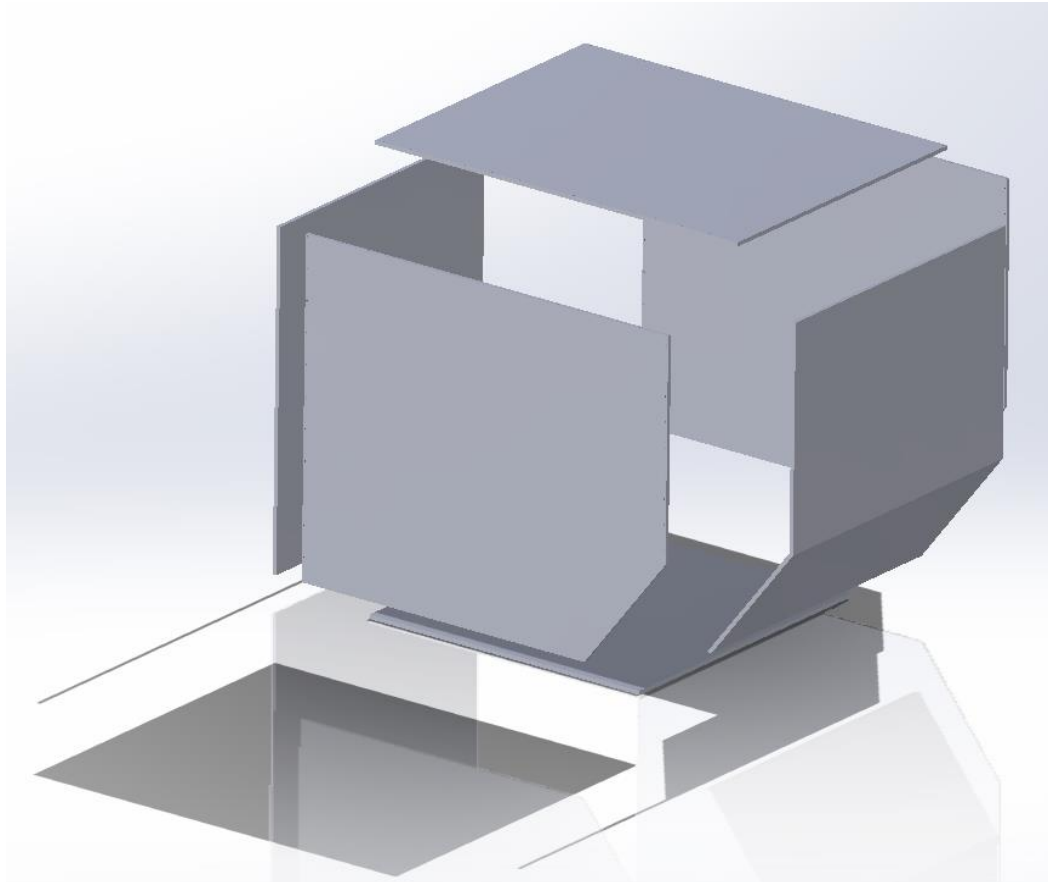


# 4. Conteneur LD3 – Matrice cotation



|   | LD3 ouverture latérale<br> | LD3 ouverture de face<br> | LD3 Démontable<br> |                |
|---|--|--|---|----------------|
| 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   |                |
| <b>Total</b>                            | 10   | 12   | 16  |                |
| <b>Cotation</b>                         | 4 : Très bon   | 3 : Bon  | 2 : Mauvais   | 1 : Impossible |

## 4. Conteneur LD3 – Propo. retenue

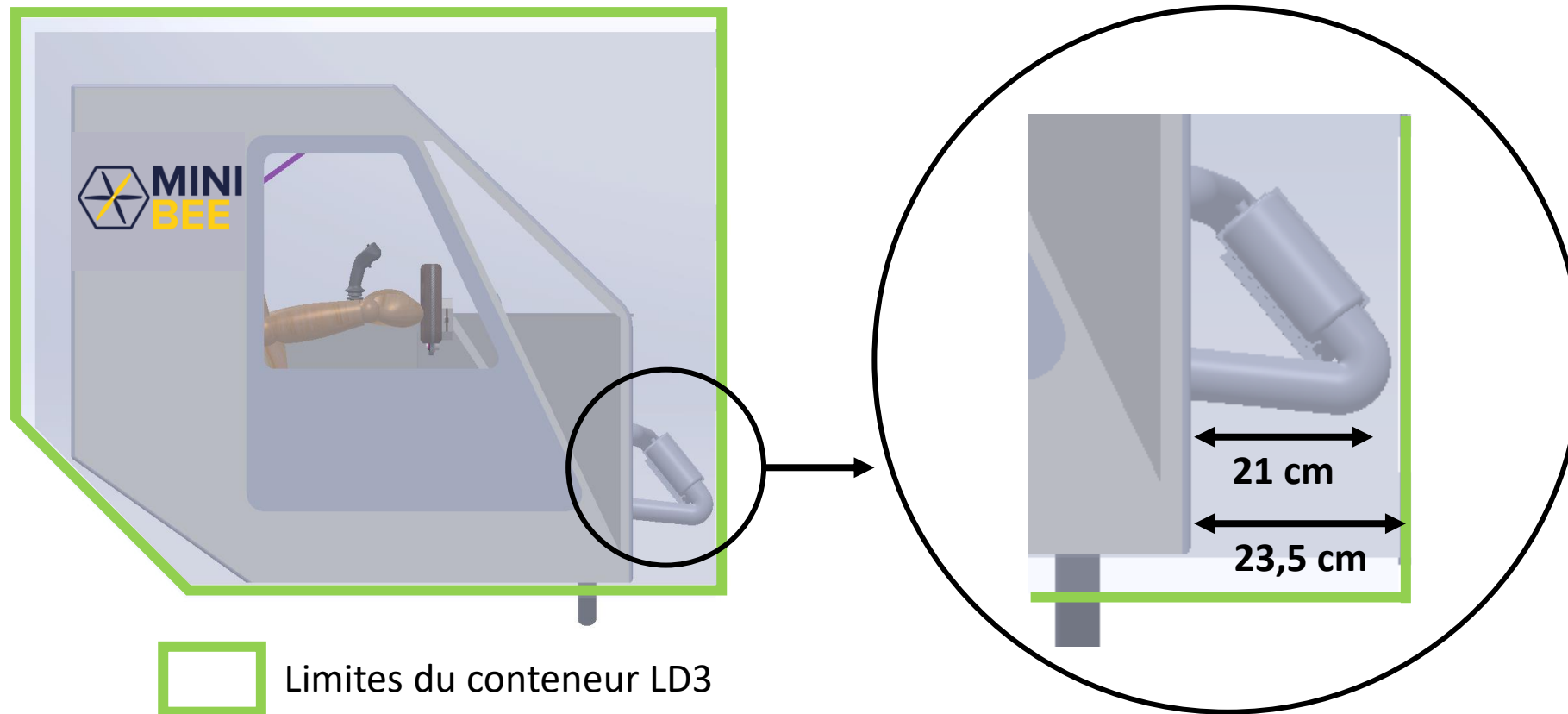


Dernière proposition : concevoir un conteneur LD3 qui est démontable pour faciliter le chargement et le déchargement du Mini-Bee





# 4. Conteneur LD3 – Rangement





# Conclusion



# 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 |
|---|---|

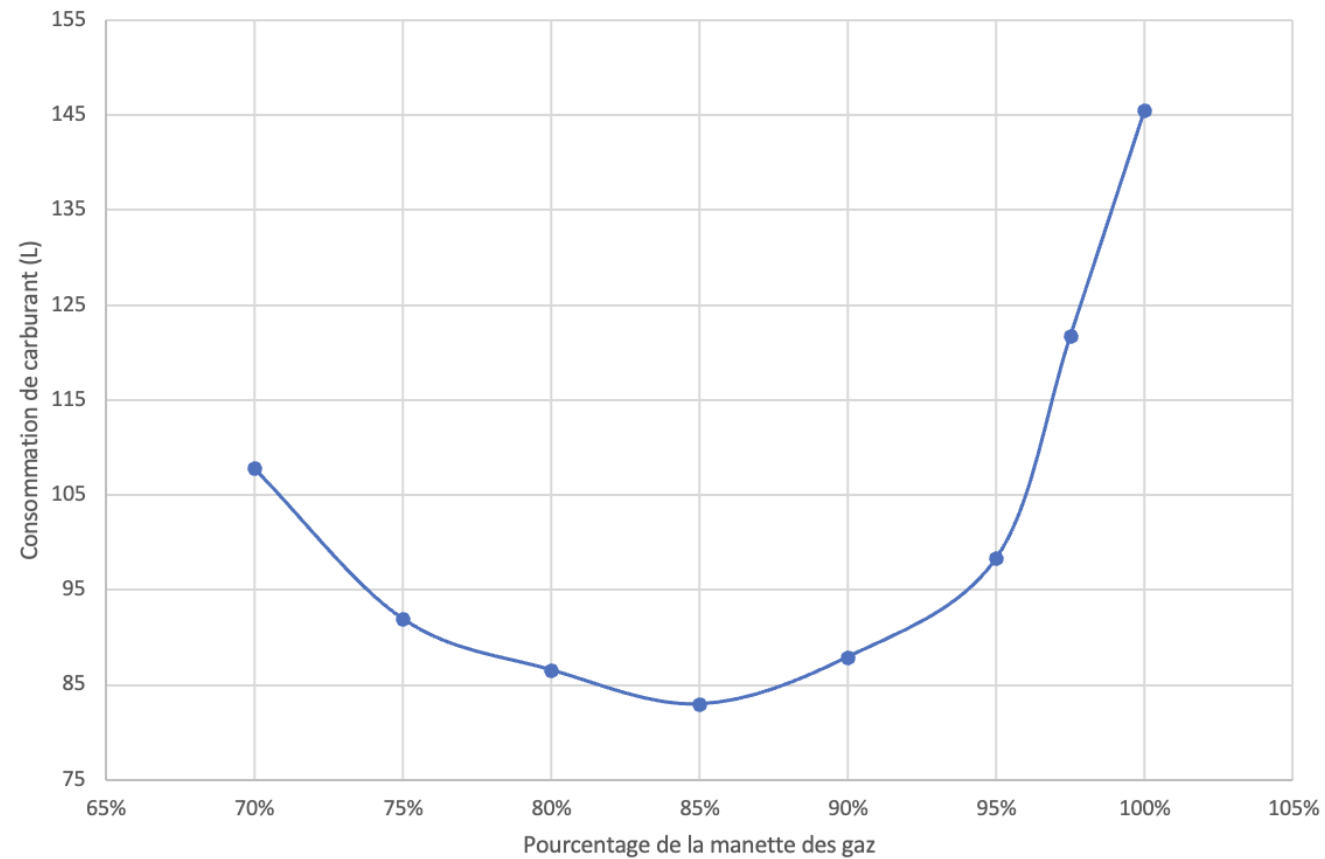


Attention : Les calculs de consommation ci-dessus ne dépendent pas de la masse, de la force de traînée...

# Consommation

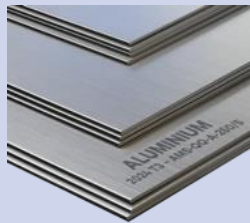
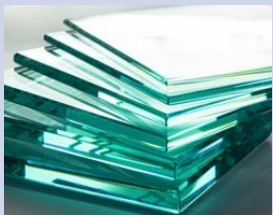





Consommation de carburant en fonction du pourcentage de la manette des gaz pour parcourir 600 km



# 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 <sup>3</sup> ) | 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 <sup>2</sup>  | 3,80 kg/m <sup>2</sup>   | 1,40 kg/m <sup>2</sup>  | 0,57 kg/m   | Dépend de la section  |

# Répartition des matériaux

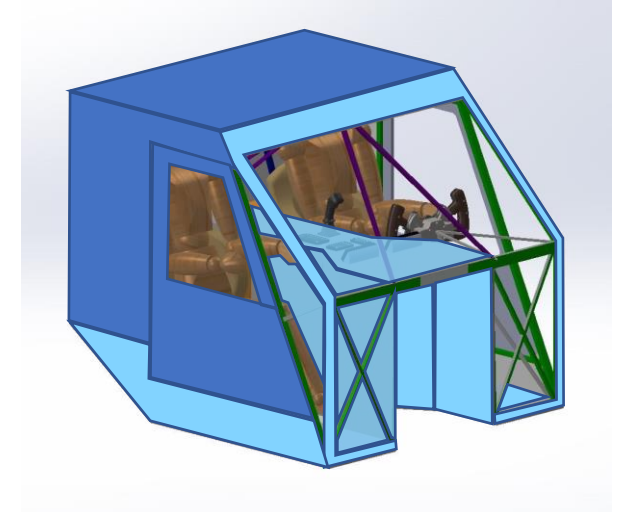
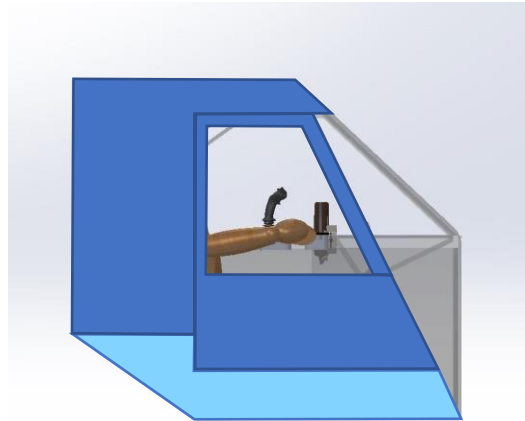


## Structure n°1 :

- Caractéristiques : Structure entièrement en aluminium
- Avantages : Résistance et rigidité
- Inconvénient : Masse

## Structure n°2 :

- Caractéristiques : Structure mixte (aluminium + toile)
- Avantage : Masse
- Inconvénients : Résistance et rigidité



# 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         |
| <b>Masse totale (kg)</b>                     |              | <b>84,77</b> |

| 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         |
| <b>Masse totale (kg)</b>                      |              | <b>57,35</b> |

| 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        |
| <b>Masse totale avec la structure n°1 (aluminium) (kg) :</b>         |  |                        | <b>754,51</b> |
| <b>Masse totale avec la structure n°2 (aluminium + toile) (kg) :</b> |  |                        | <b>727,09</b> |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 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 |
|------------|

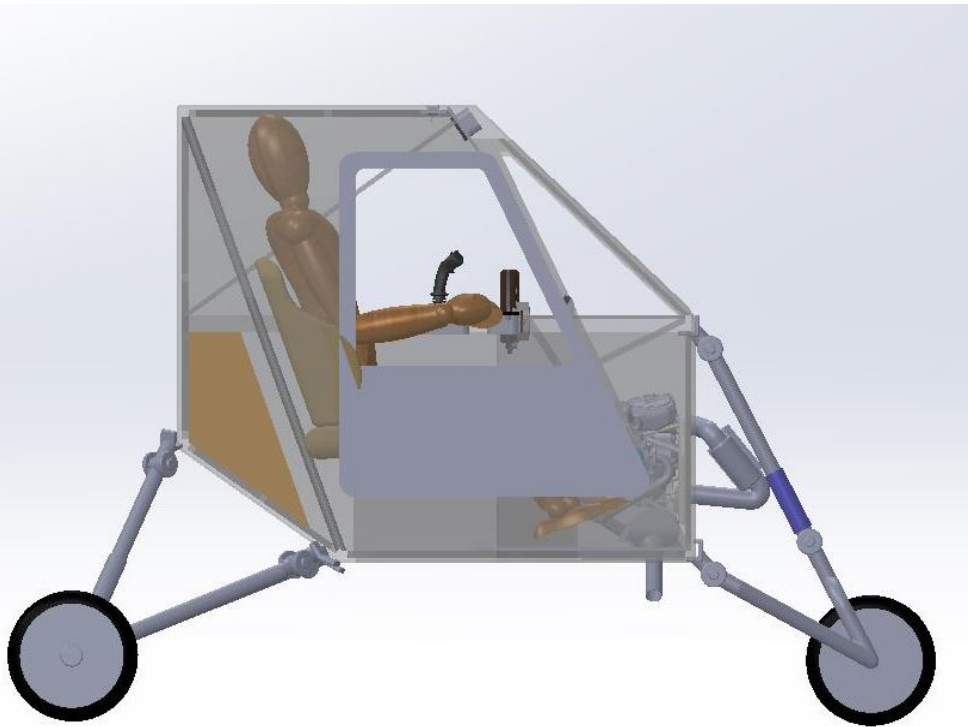




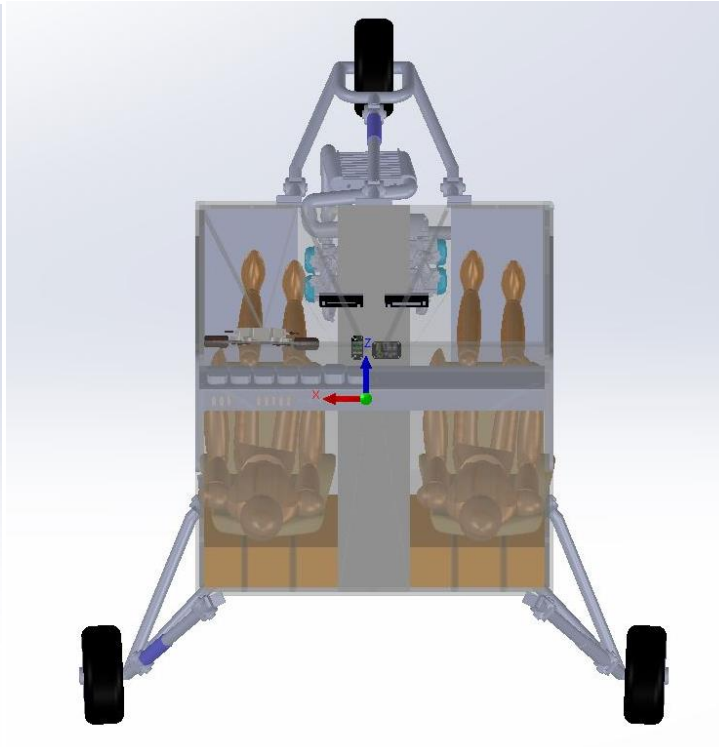
# Vues 3D de la maquette finale



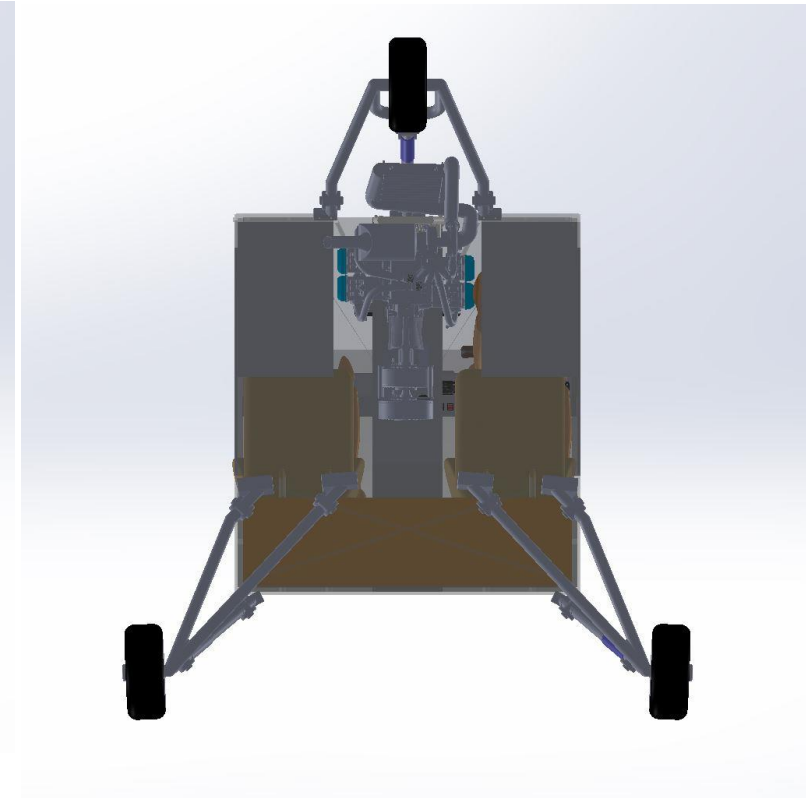
Vue de côté



Vue de haut



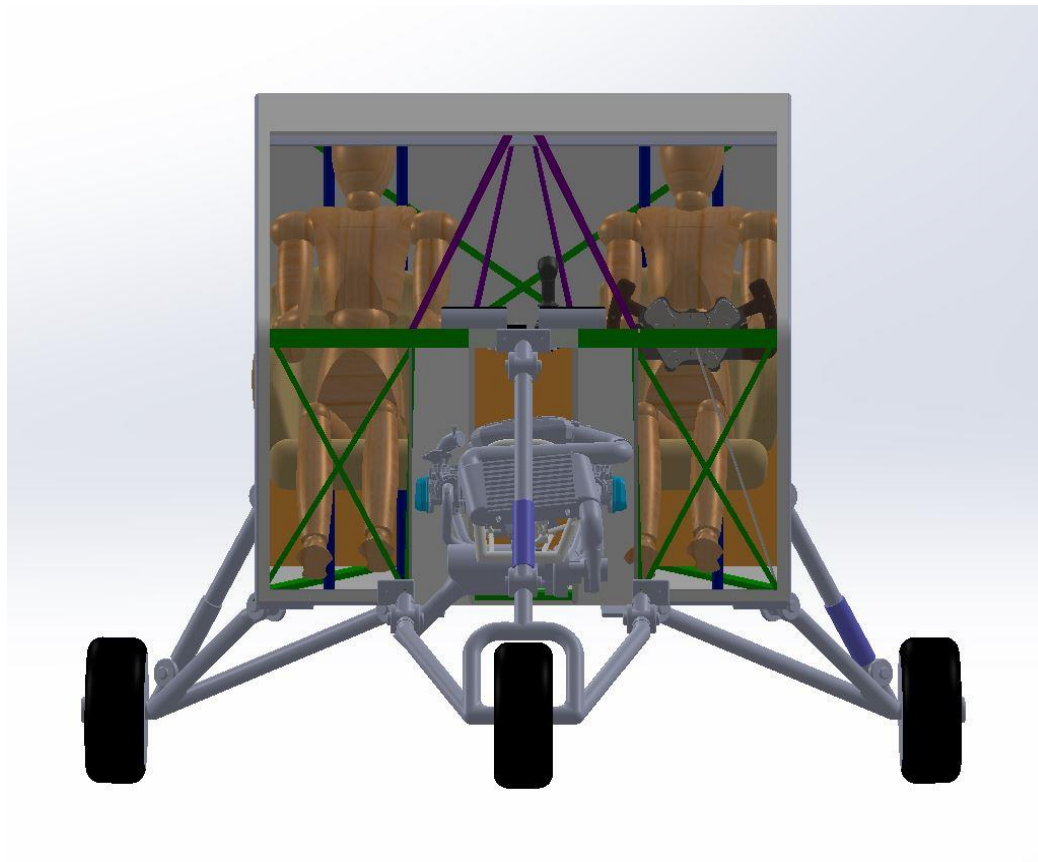
Vue de dessous



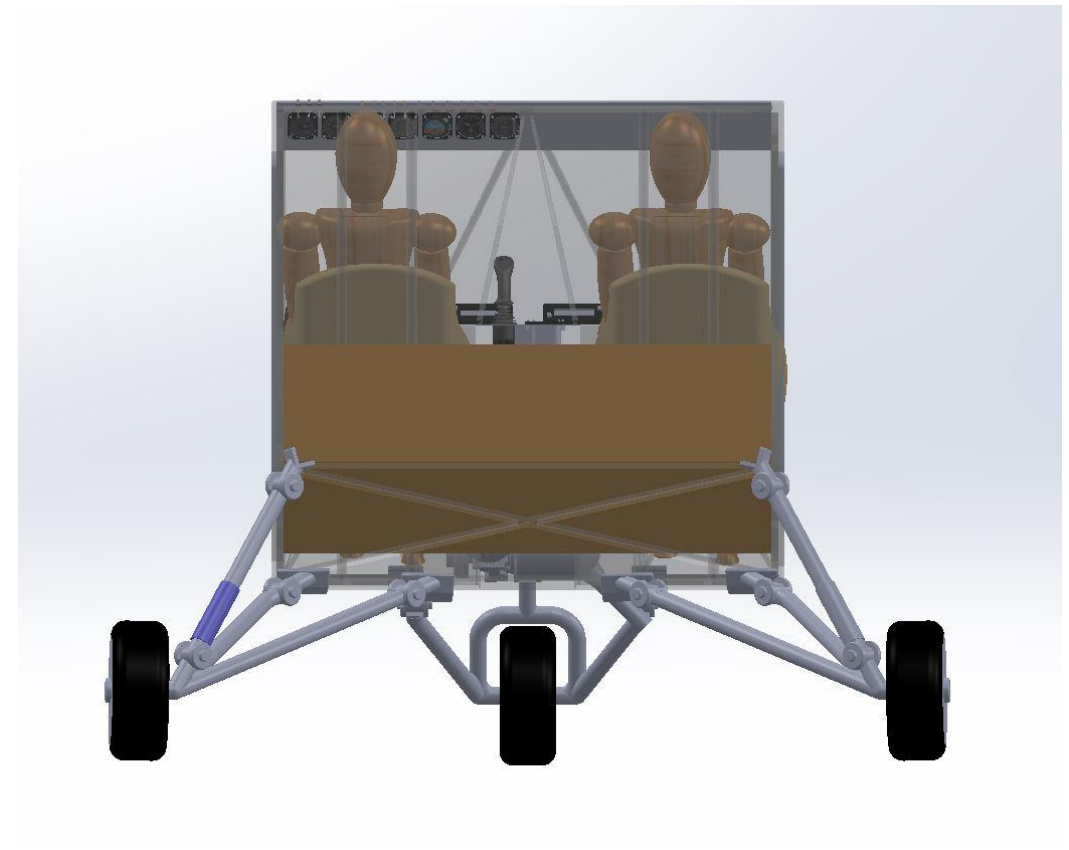
# Vues 3D de la maquette finale



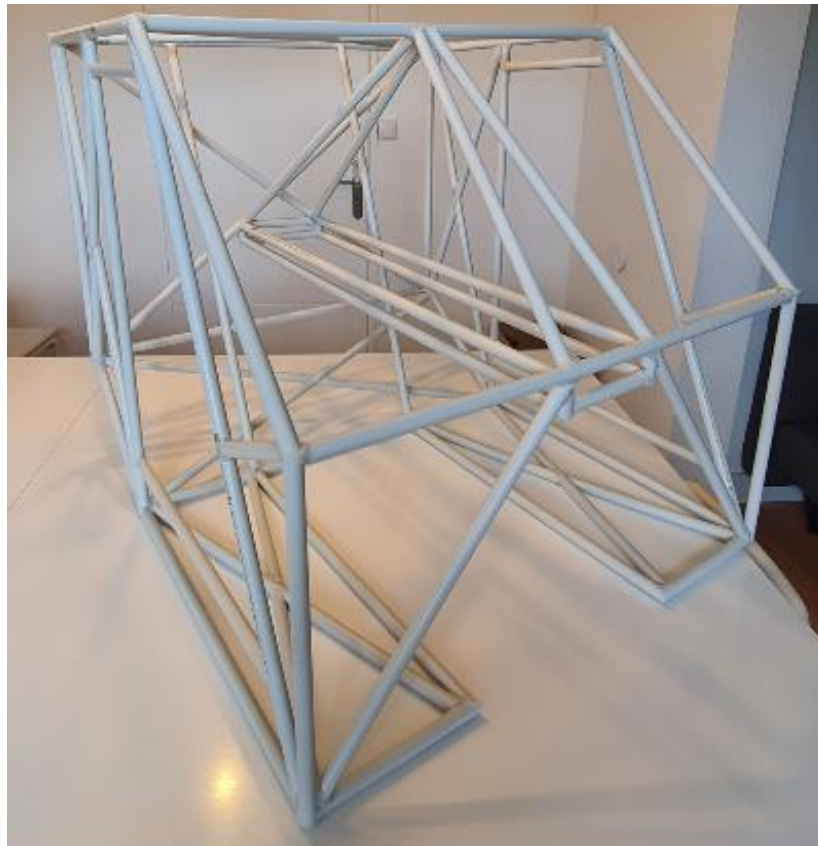
Vue de face



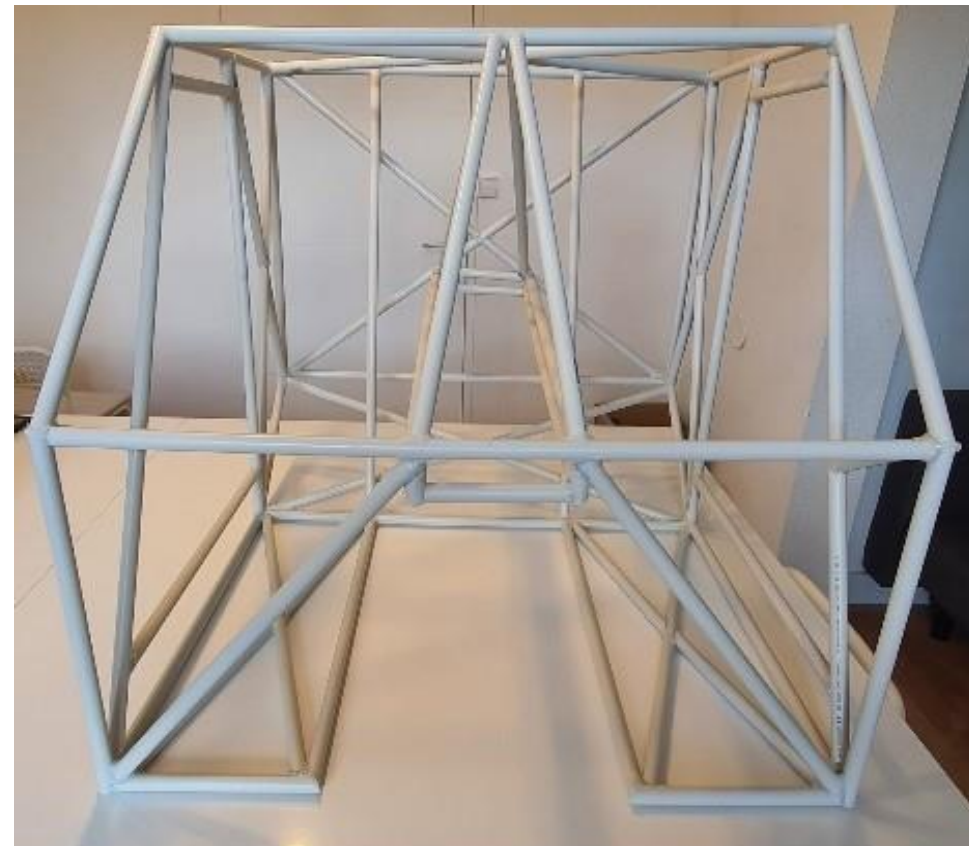
Vue arrière



# Maquette physique (ESTACA Bordeaux)



Vue isométrique



Vue de face

# Conclusion



Merci de votre attention