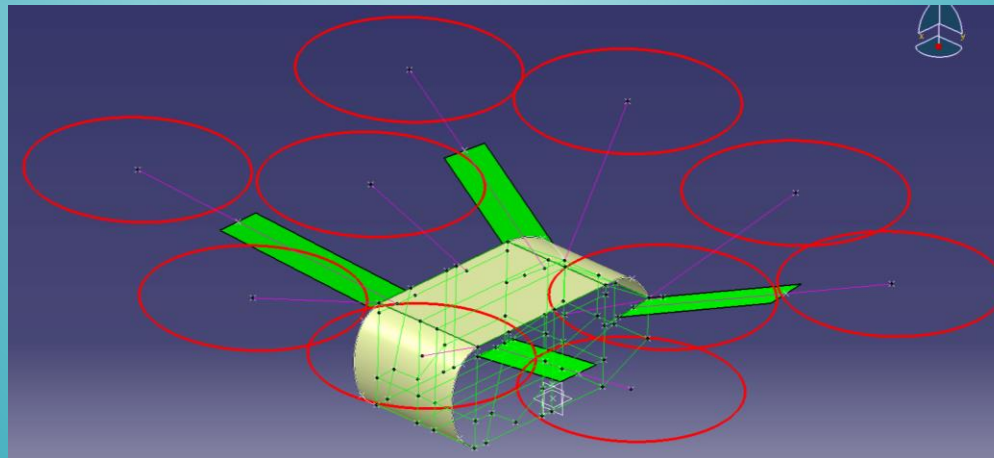


# Soutenance PSYN

Conception et étude mécanique de la structure du Mini-Bee

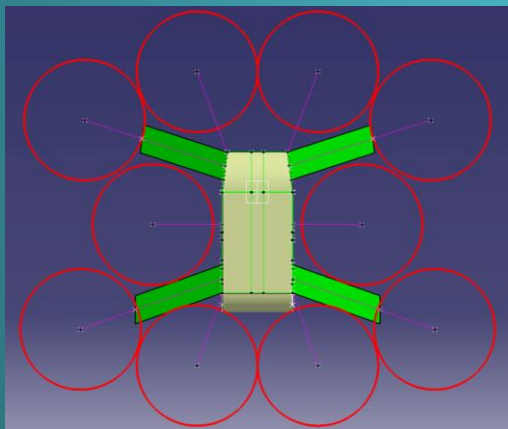
25 février 2020

Félix BUHOT / Lisa LEPERS





# Le Mini-Bee en quelques mots



- Aéronef combinant à la fois les avantages des hélicoptères (VTOL : vertical take-off and landing) et ceux des avions (vol de croisière)
- Solution économique et efficiente pour le transport médicalisé
- Propulsion hybride
- Projet collaboratif : nombreux partenaires académiques et industriels



# Orientations Techniques Générales



Transport de deux pilotes  
et d'une victime allongée



800km d'autonomie



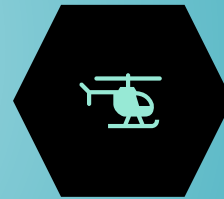
Vitesse 200 km/h assurée  
par des rotors verticaux



Modulable et  
transportable dans des  
containeurs ULD



Maintenance rapide



Décollage et atterrissage  
vertical assuré par 10  
rotors de 3,4m de  
diamètre



2 ROTAX 915 + 4 EMRAX  
288 High Voltage

# Planning

[illegible]



# Objectifs du projet

Objectifs	Etat d'avancement
Positionner les moteurs + génératrices + réservoirs	Validé
Positionnement des rotors	Validé
Fixations des ailes sur la structure principale	En cours
Avoir un volume 3D représentant le moteur (ajout radiateur)	Validé
Choix du réservoir	Validé
Liaison train d'atterrissage	A compléter
Structure du prototype mono moteur (ULM classe 6)	Validé
Simulation Vibratoire	Validé (en partie)
Simulation Statique	Validé (en partie)

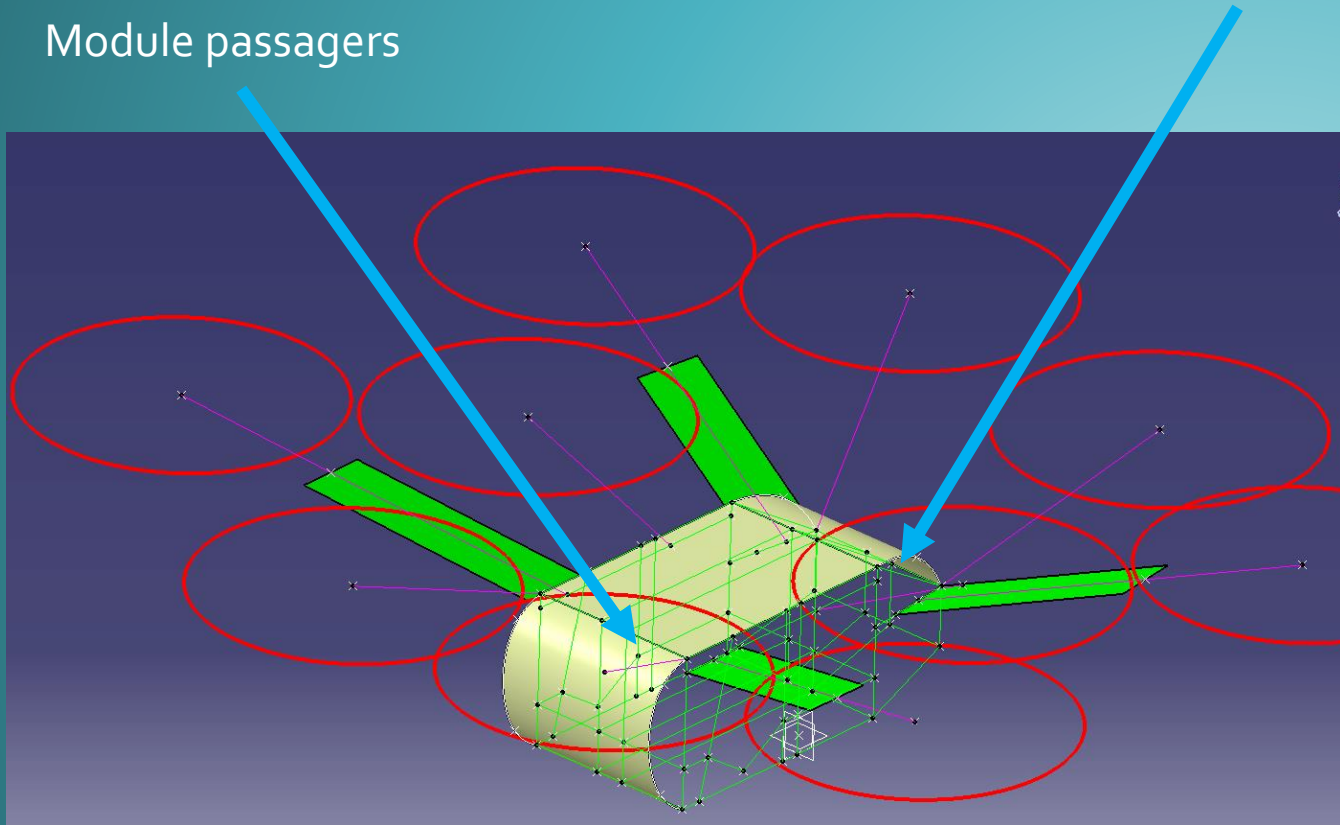
# Vue 3D du modèle R2H10A4

Module passagers

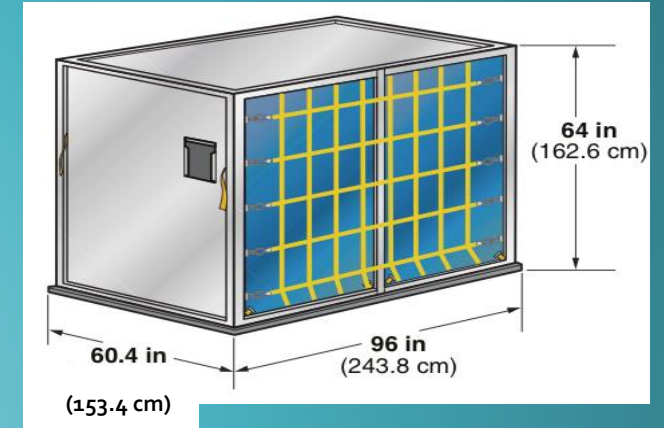
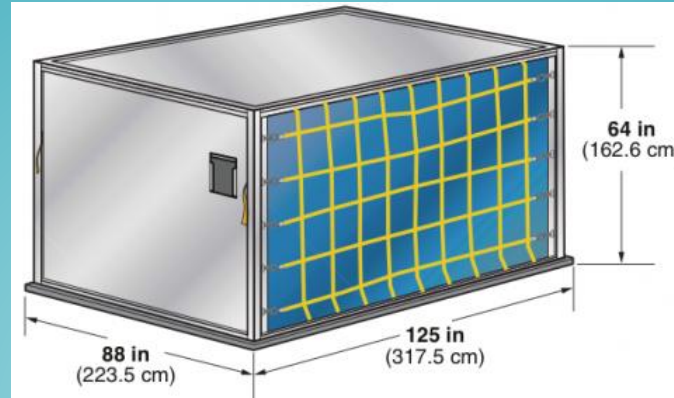
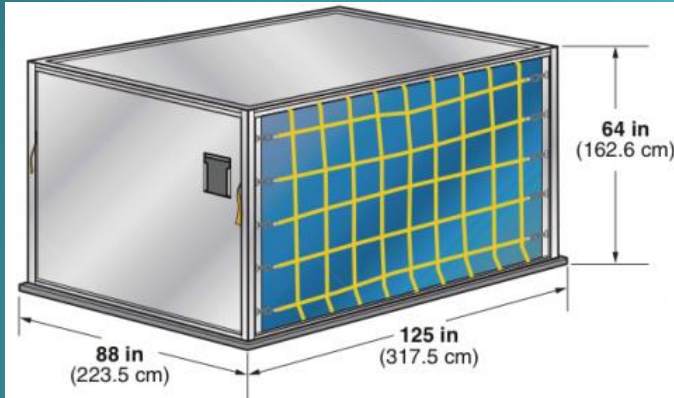
Module générateur(bloc moteur)

R2 = 2 Rotax  
H10 = Hélices  
A4 = Ailes

Structure de l'Estaca avec notre structure générateur



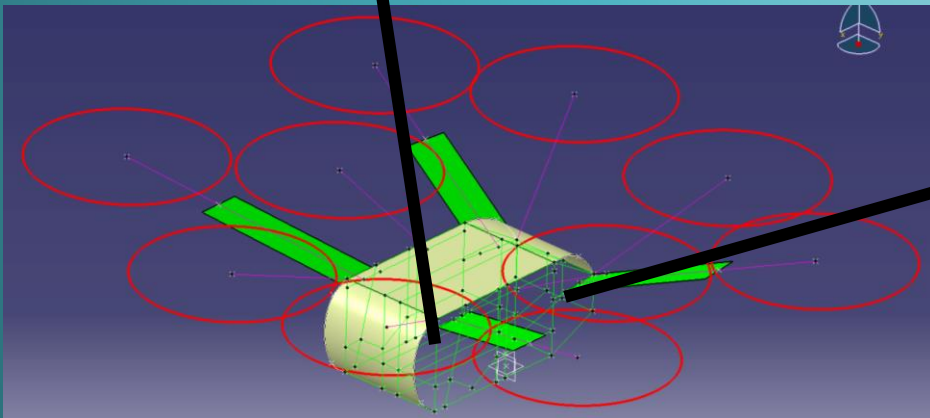
# Transport dans containers ULD



- LD - 9
  - Bloc passager 2,97m x 1,75m x 1,5m

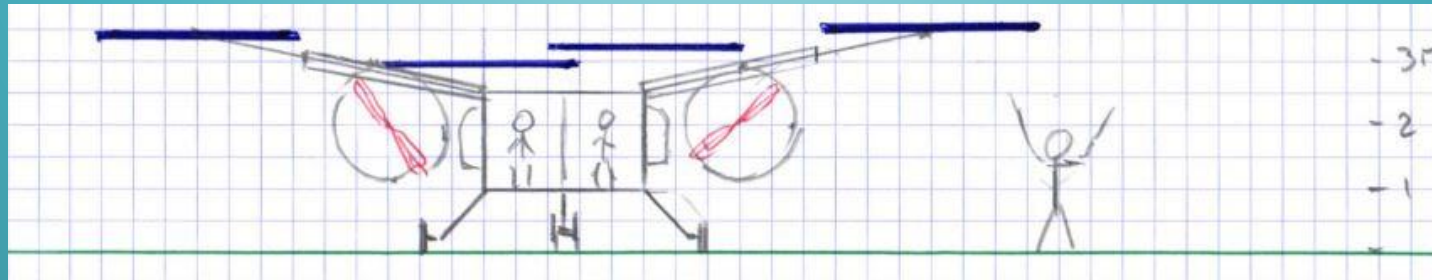
- LD - 9
  - Ailes 2 x 2,4m + 2 x 2,3m
  - Bras des ailes 2 x 2,53m + 4 x 1,6m + 4 x 2m
  - Pales rotors nb\_pales x 1,5m

- LD - 4
  - Bloc générateur 1m x 1,75m x 1,5m



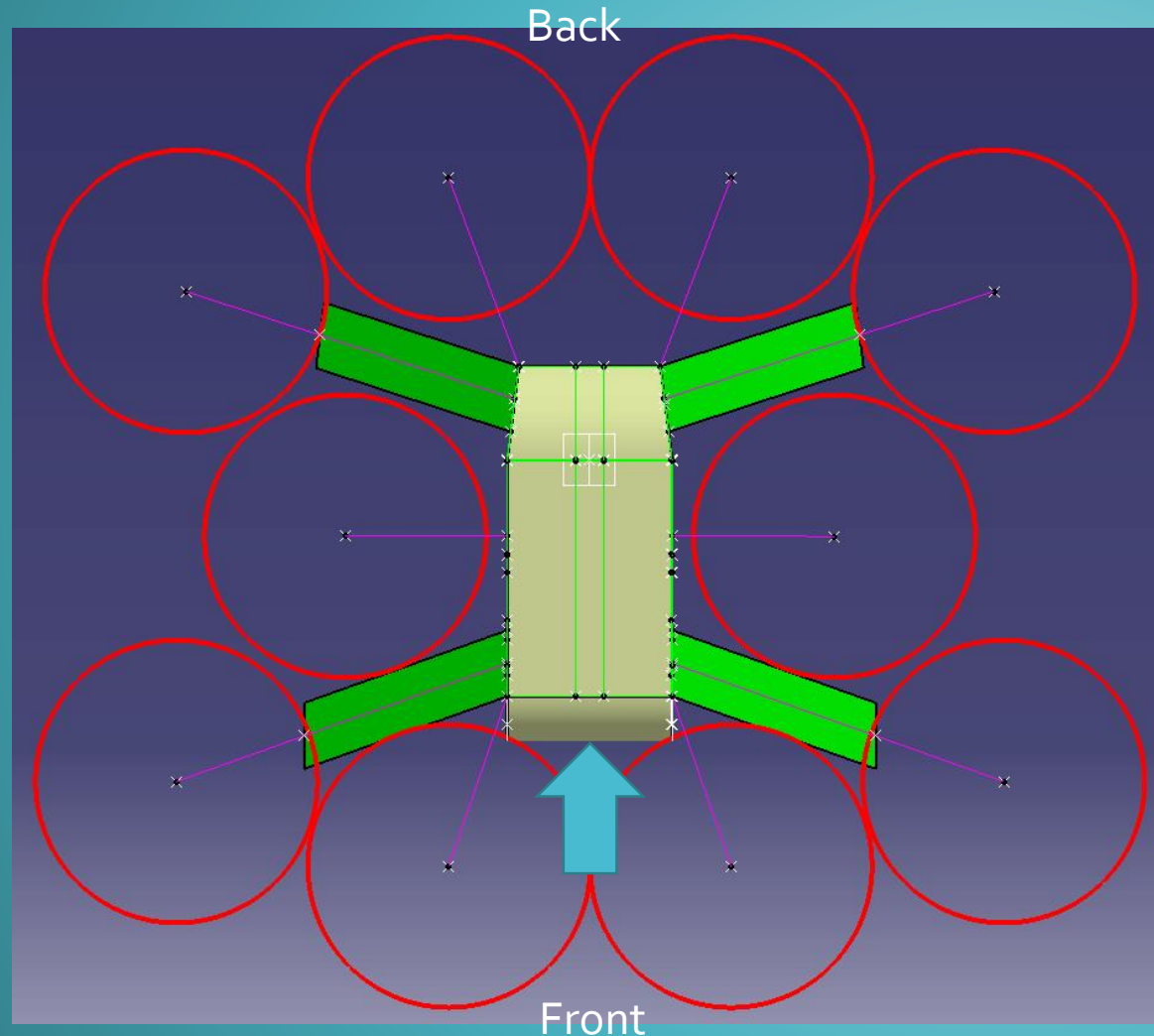
# Position des rotors horizontaux

- Hauteur minimale de 2.5m pour ne pas blesser les personnes autour du Mini Bee
- Hauteurs différentes selon les rotors pour que si une pale rompt, elle ne détruise pas le rotor à côté
- Les rotors ne doivent pas se trouver ni au dessus des ailes, ni au dessus du fuselage



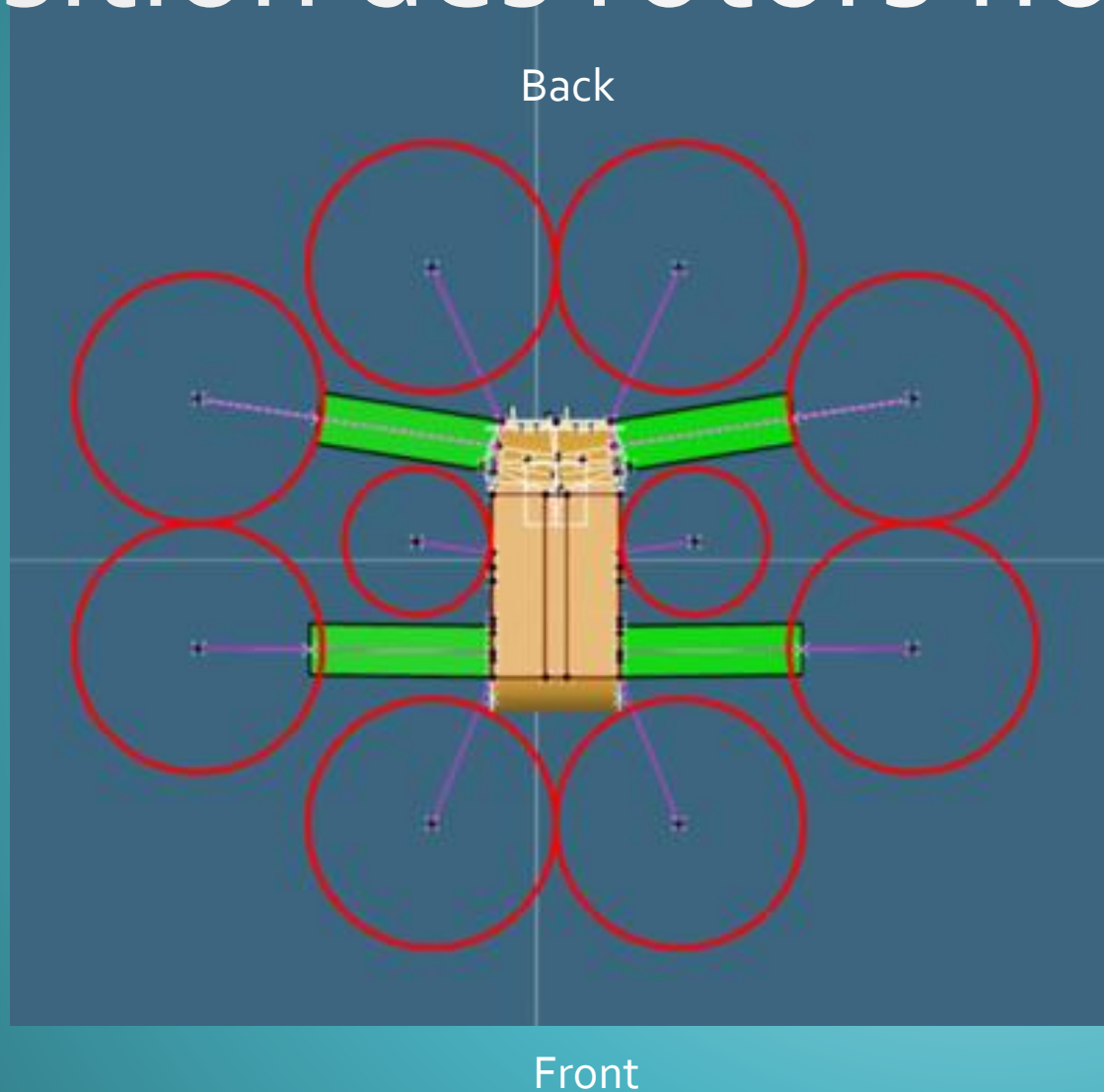


# Position des rotors horizontaux



- Position du centre des rotors par au point de référence
  - $x=0$  jonction des deux blocs
  - $y=0$  milieu de la structure en largeur
  - $z=0$  sol

# Position des rotors horizontaux

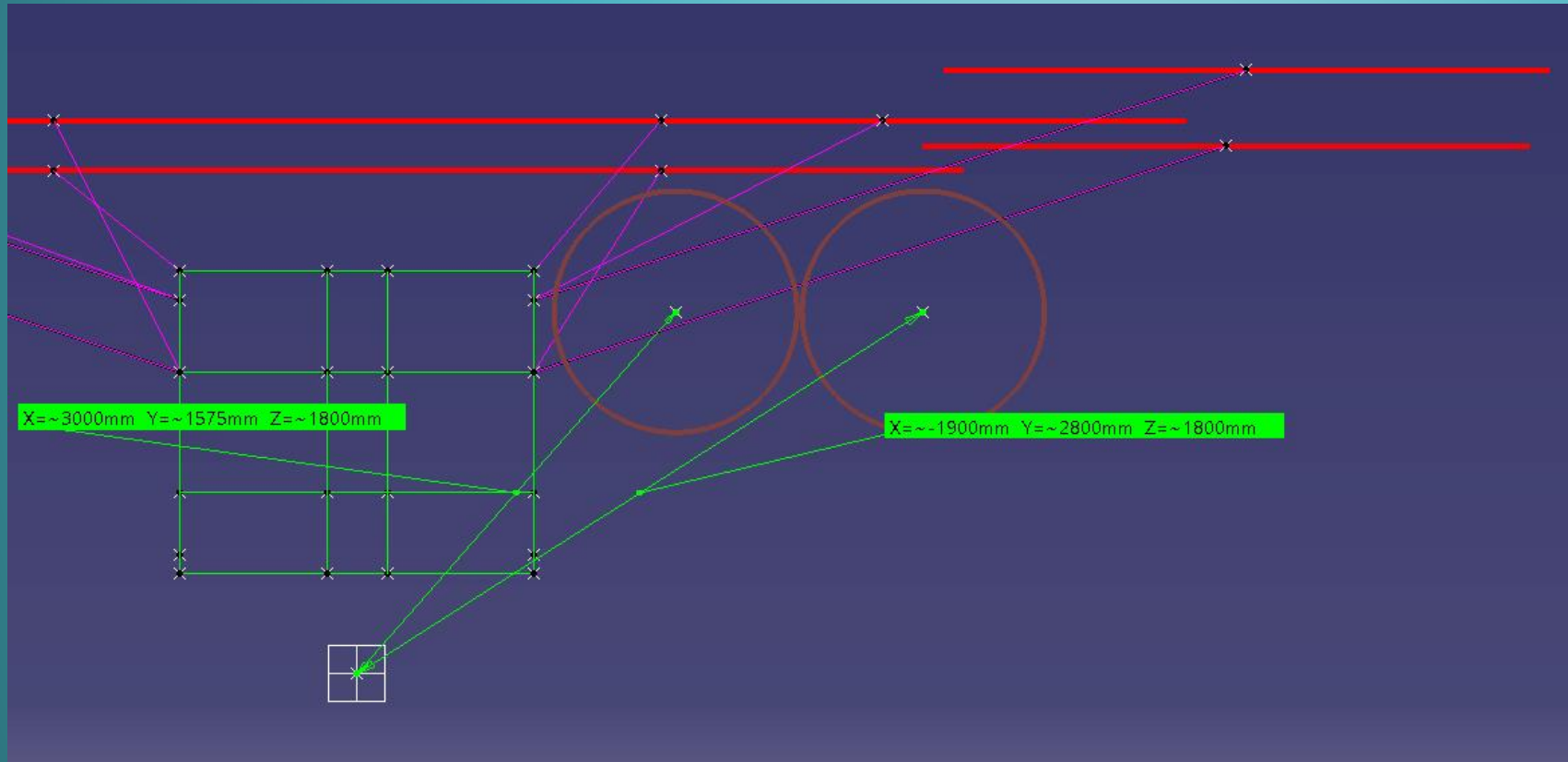


- Diamètre des rotors centraux de 2m

# Position des rotors verticaux

- Devant et derrière les ailes pour des raisons de sécurité
- Le plus proche possible des ailes mais sans gêner les rotors horizontaux

# Position des rotors verticaux



- Position du centre des rotors par au point de référence
  - $x=0$  jonction des deux blocs
  - $y=0$  milieu de la structure en largeur
  - $z=0$  sol



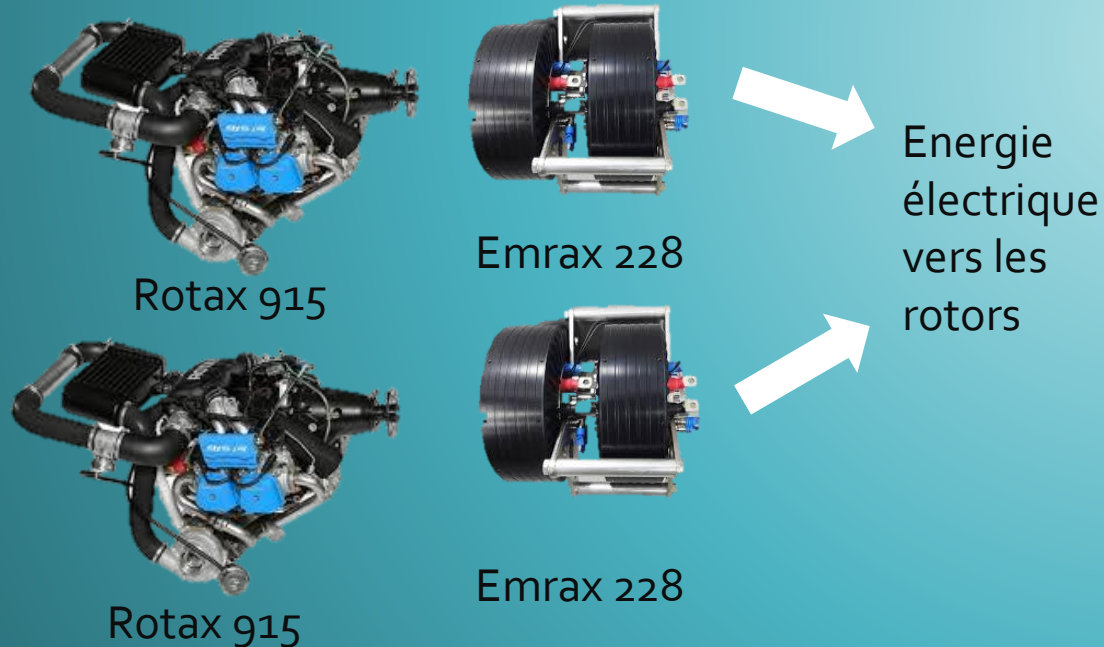
# Structure intérieure\_Bloc Moteur

Le bloc moteur est composé de:

- 2 Rotax 915 avec le ventilateur
- 4 Génératrices EMRAX 228
- 2 Réservoirs de 75kg

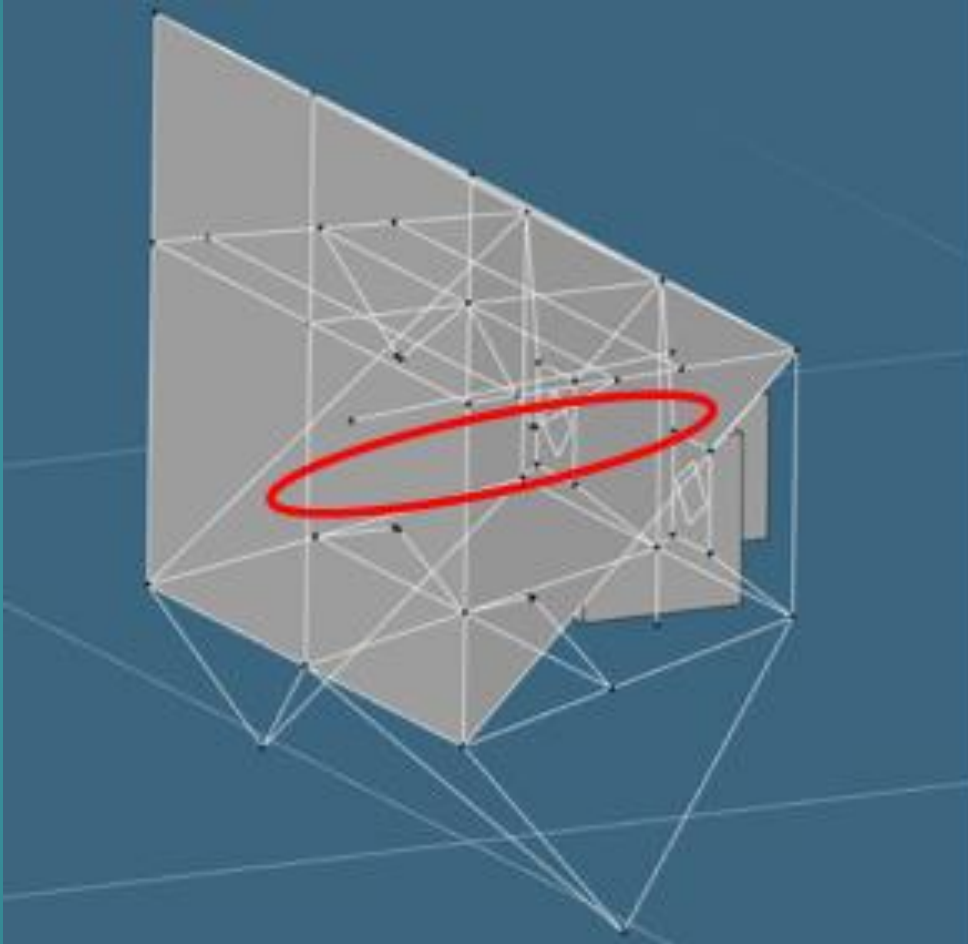
Contraintes:

- Le moteur doit être facilement accessible
- Minimiser la masse
- Encombrement

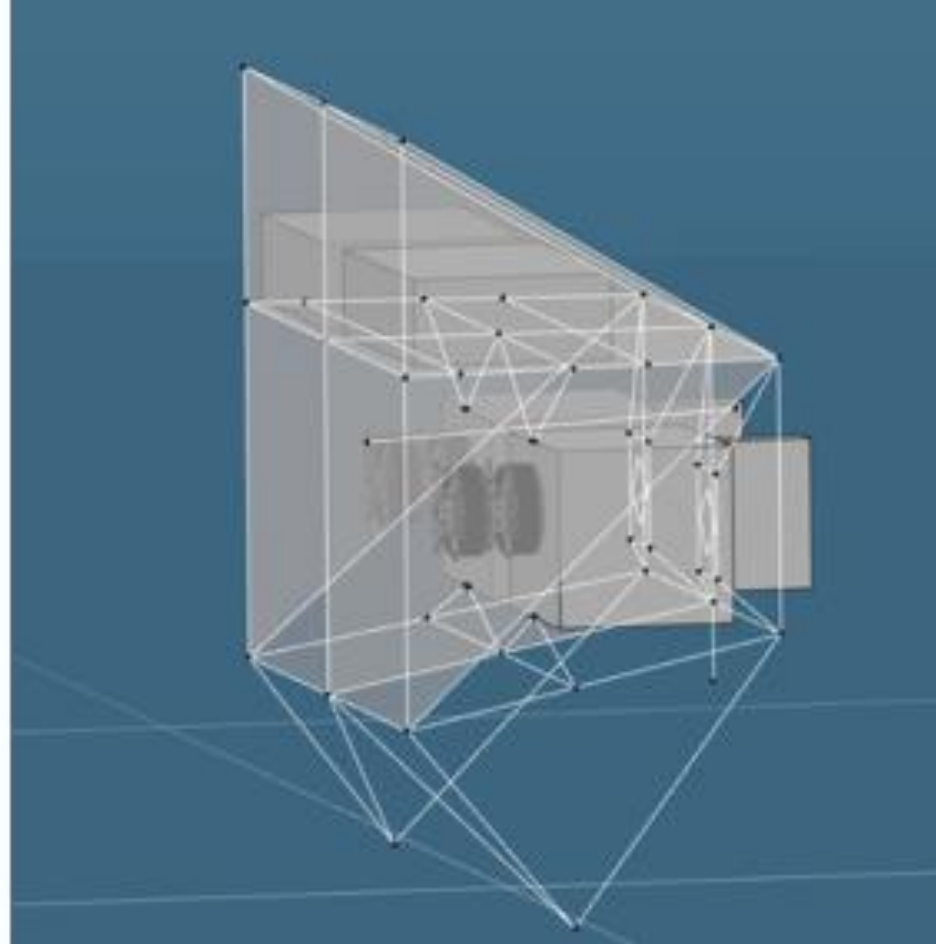


Attaches moteur (vue du dessus)

# Structure intérieure\_Bloc Moteur

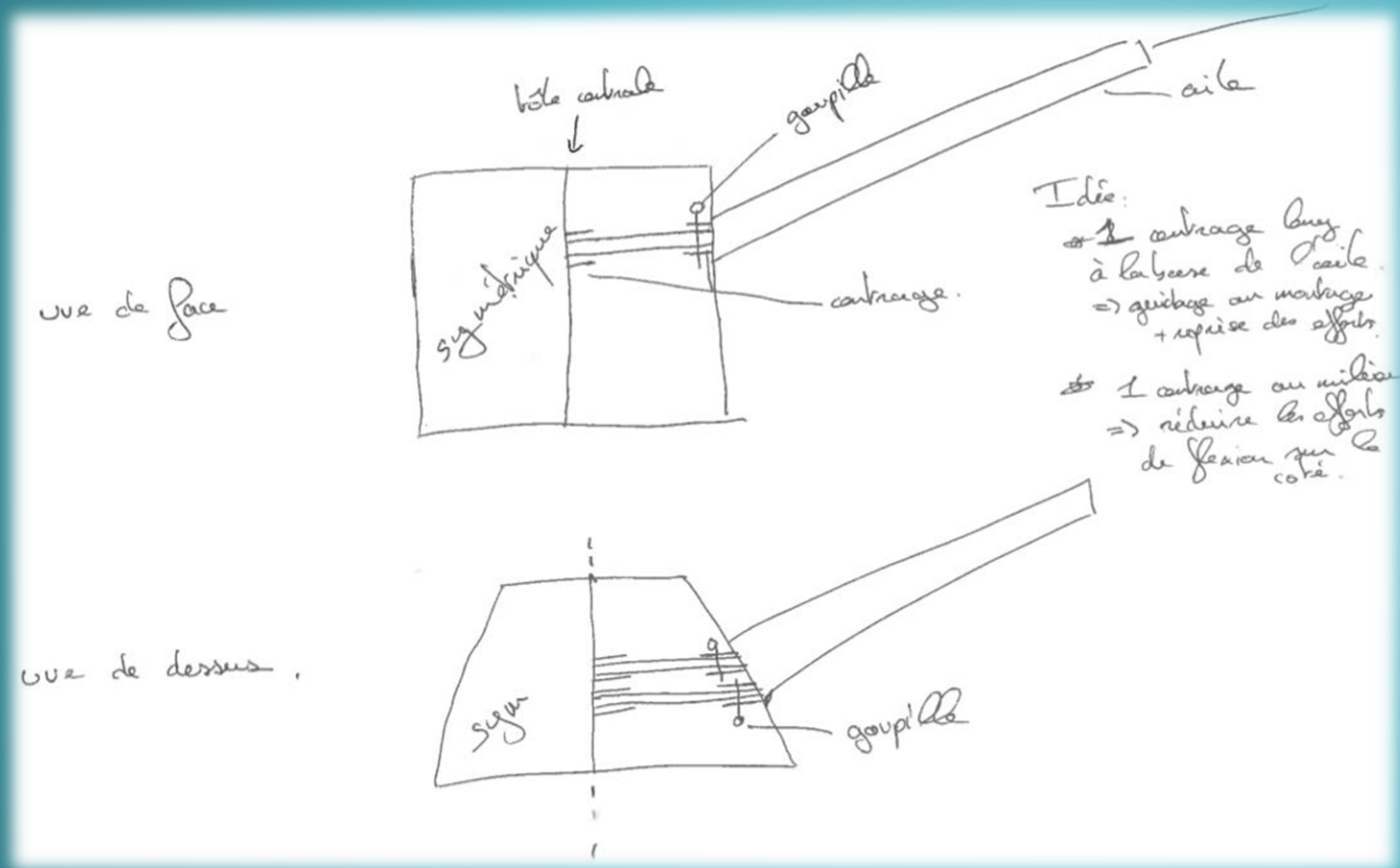


Structure filaire



Emplacement moteur/génératrices/ réservoir

# Réflexion sur les attaches des ailes



Solution 2 :  
Reprise des efforts par centrages



# Structure intérieure\_Bloc Moteur

## Réflexion sur le réservoir

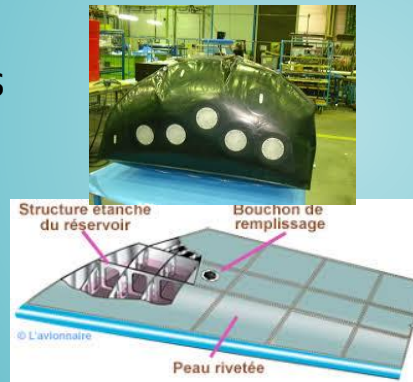
Plusieurs possibilités:

Réservoir en métal -> Plus sensible aux déformations, pas adapté pour le crash

Réservoir en plastique -> anti-crash, plus utilisé dans les hélicoptères

Intégré à la structure -> pour les grands avions au niveau des ailes

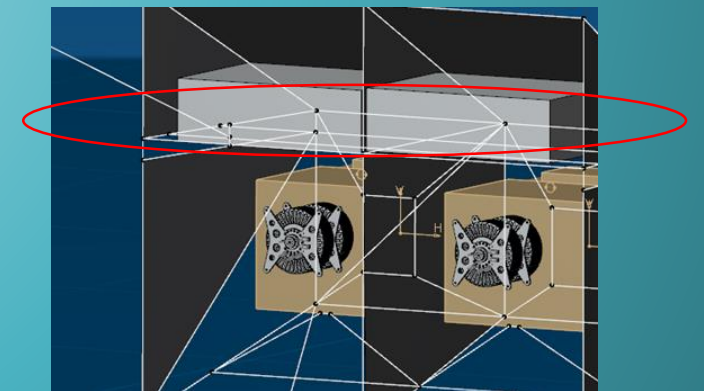
Intégré sur la structure -> Petit avions, hélicoptères



Pour le Mini-Bee:

Doit pouvoir atterrir sur des terrains accidentés -> Atterrissage dur -> Souple

Intégré à la structure -> Renforce la structure, cependant il faudrait un accès simple pour le remplissage

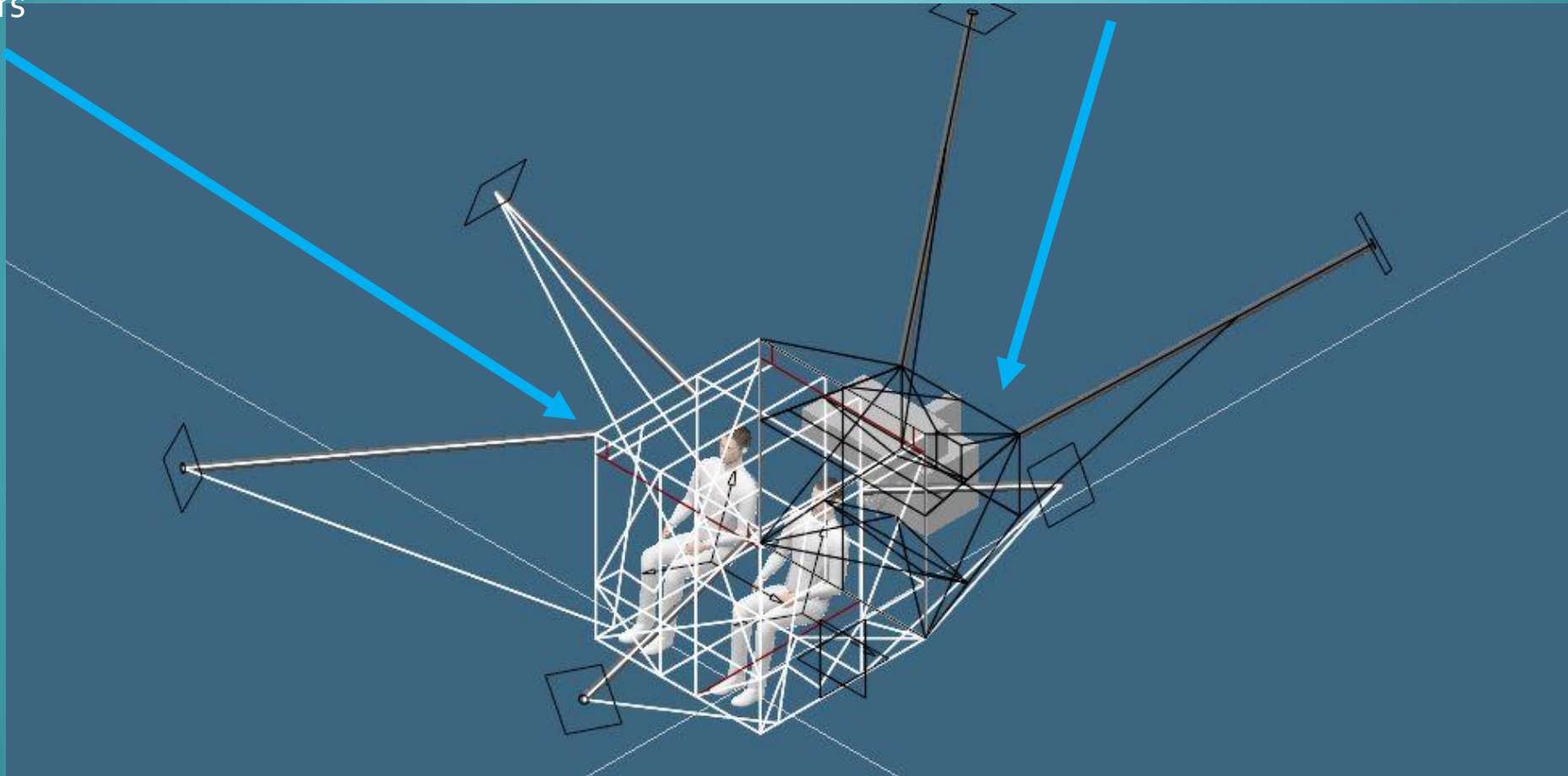




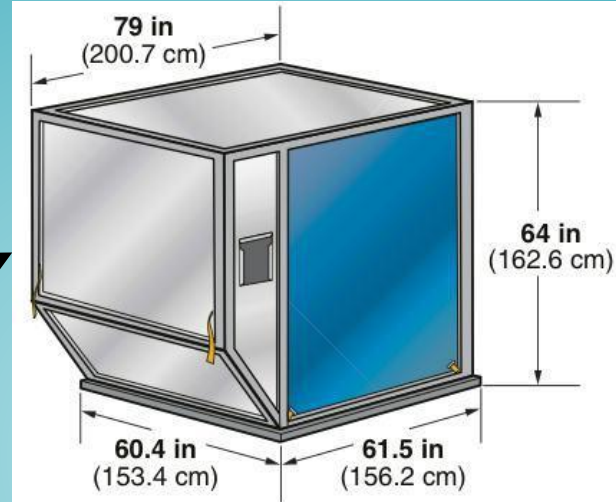
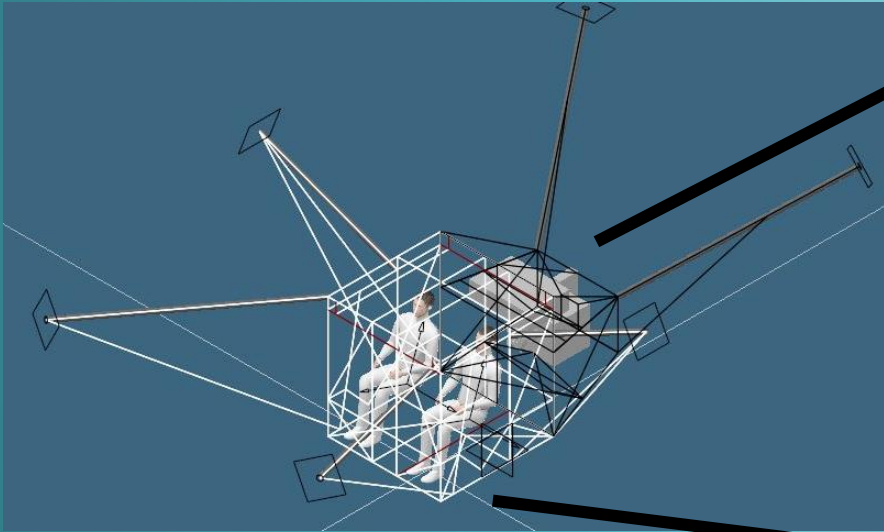
# Vue 3D du modèle R2H10A4

Module générateur(bloc moteur)

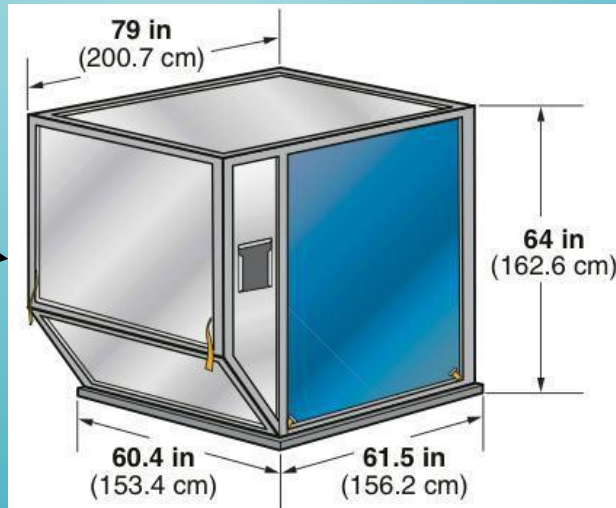
Module passagers



# Transport dans containers ULD



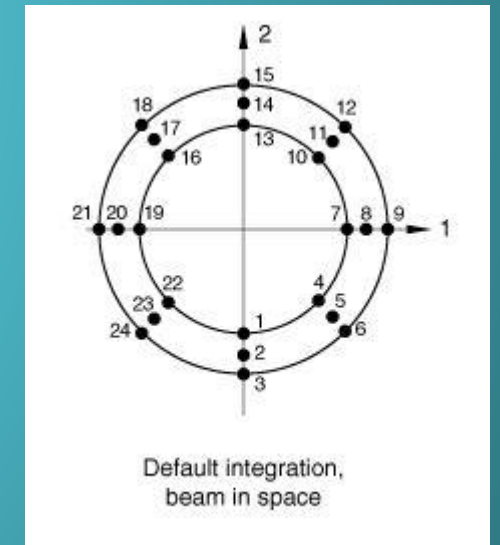
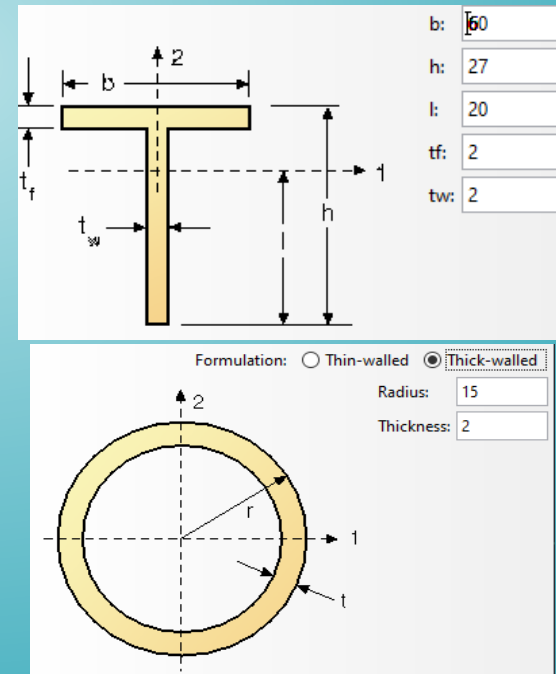
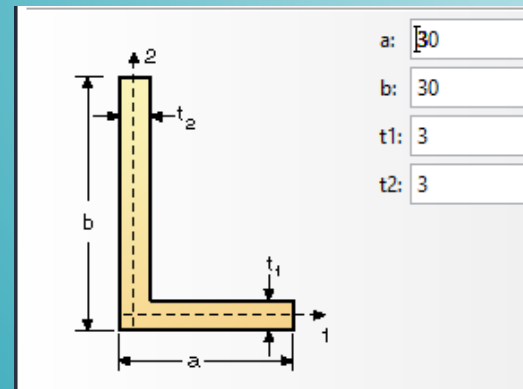
- LD - 3
  - Bras des ailes
  - Pales rotors nb\_pales x 1,5m
  - Bloc générateur 1,4 m x 1,5 m x 1 m



- LD - 3
  - Bloc passager 1,4m x 1,4 m x 1,5 m

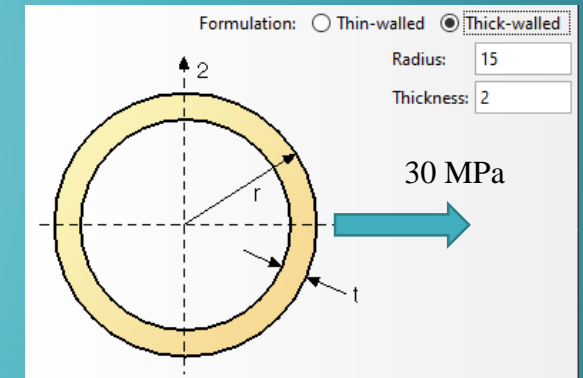
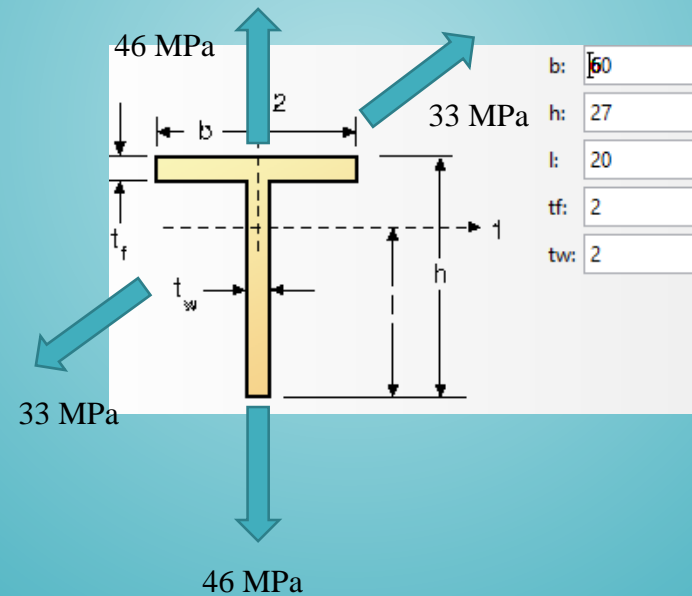
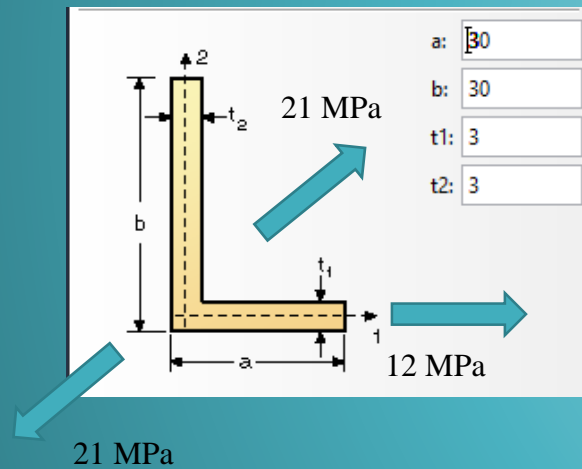
# Simulations statiques\_Modèle utilisé

- Création du modèle sous 3Dexperience
  - Affectation de l'orientation des poutres L, T et O
  - Affectation du maillage B32 (Euler Bernouilli) pour les poutres et STRI65 (5 pour 5 degrés de liberté par nœud) pour les coques de 0,6 mm



# Simulations statiques\_Modèle utilisé

- Comparaison des poutres L, T par rapport à O
  - 1m, 10mm de flèche imposée, même aire de section (comparaison par rapport à la masse)





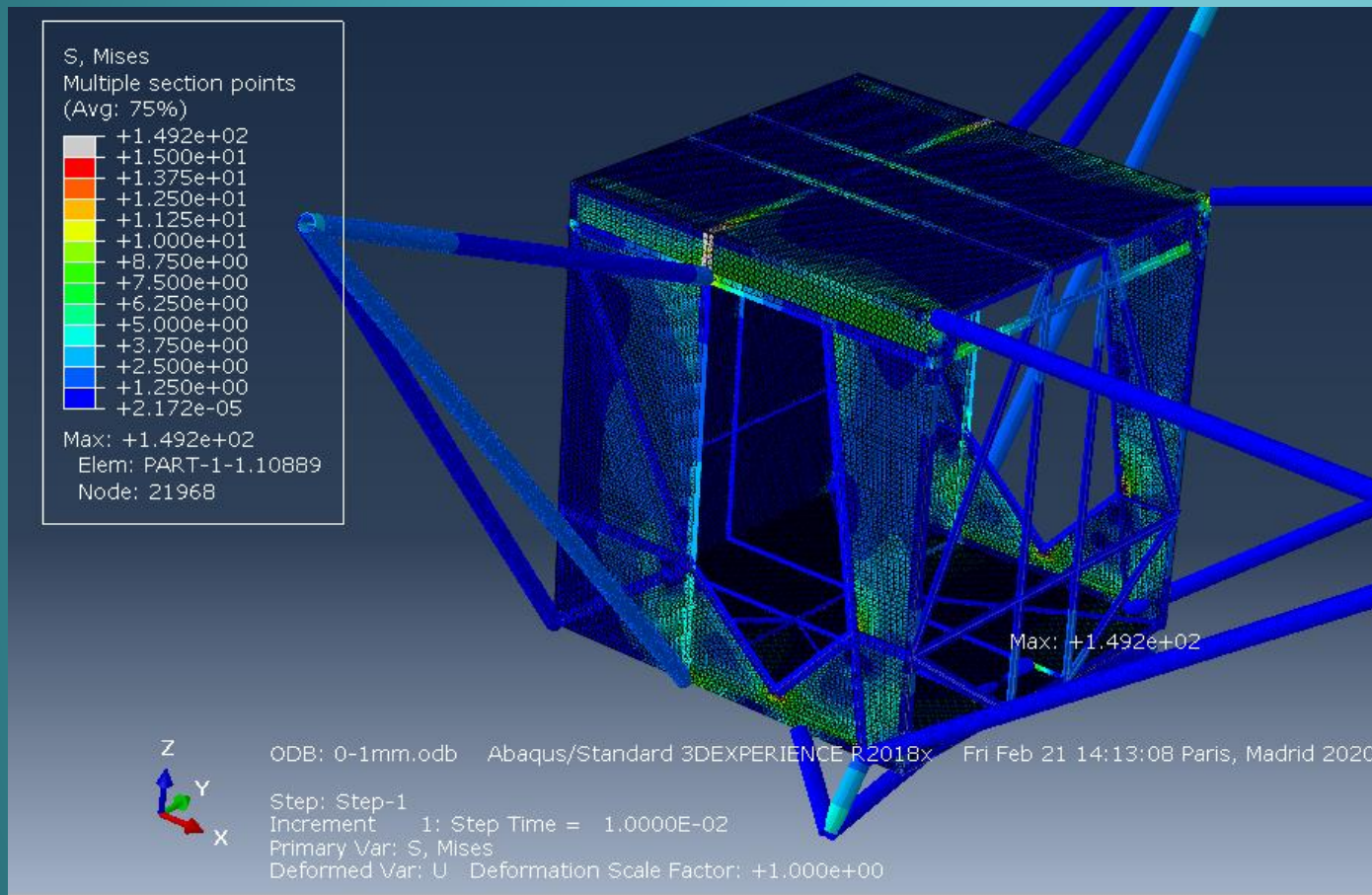
# Simulations statiques\_Modèle utilisé

- Problème de simulation : nœuds à la même position non liés
  - 1ere solution : éditer le fichier .inp pour séparer les poutres des coques
    - Fusionner les deux dans Abaqus : marche qu'entre les coques
  - 2eme solution : éditer un script python (merci M.Creté) pour identifier les nœuds identiques du fichier .inp et les lier grâce à un TIE

# Simulations statiques\_Modèle utilisé

- Efficace mais ne peut-être piloter qu'en déplacement
- Impossibilité de réintégrer ce fichier .inp dans la 3Dexperience
  - Etude de la poussée de réacteurs sur la structure
    - Déplacement de 0,1 mm imposé au bout des bras
    - Mesure de l'effort au encastrement sachant le poids de la structure

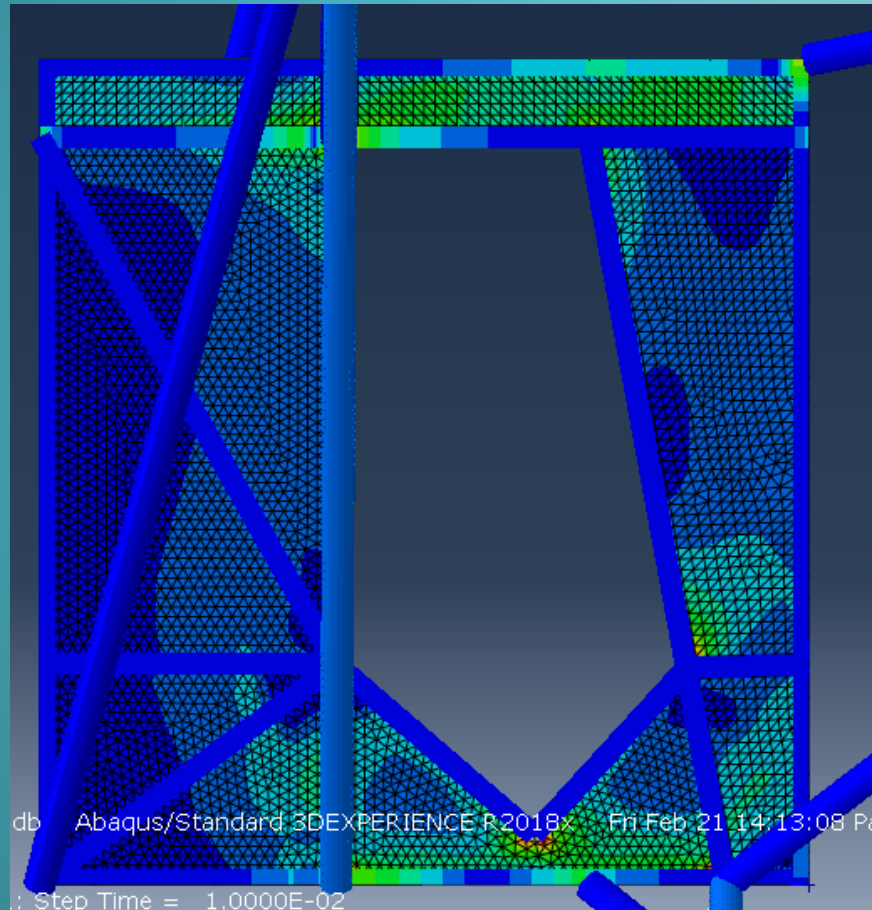
# Simulations statiques\_Modèle utilisé



- Différentes vues de la structure pour voir les concentrations d'efforts
- Limite à 15 Mpa pour étudier la structure et mettre en évidence les défauts de jonction
- Objectif : voir la répartition des efforts pour anticiper l'amélioration de la conception pour les simulations de cas plus dur :
  - Atterrissage dur
  - Crash



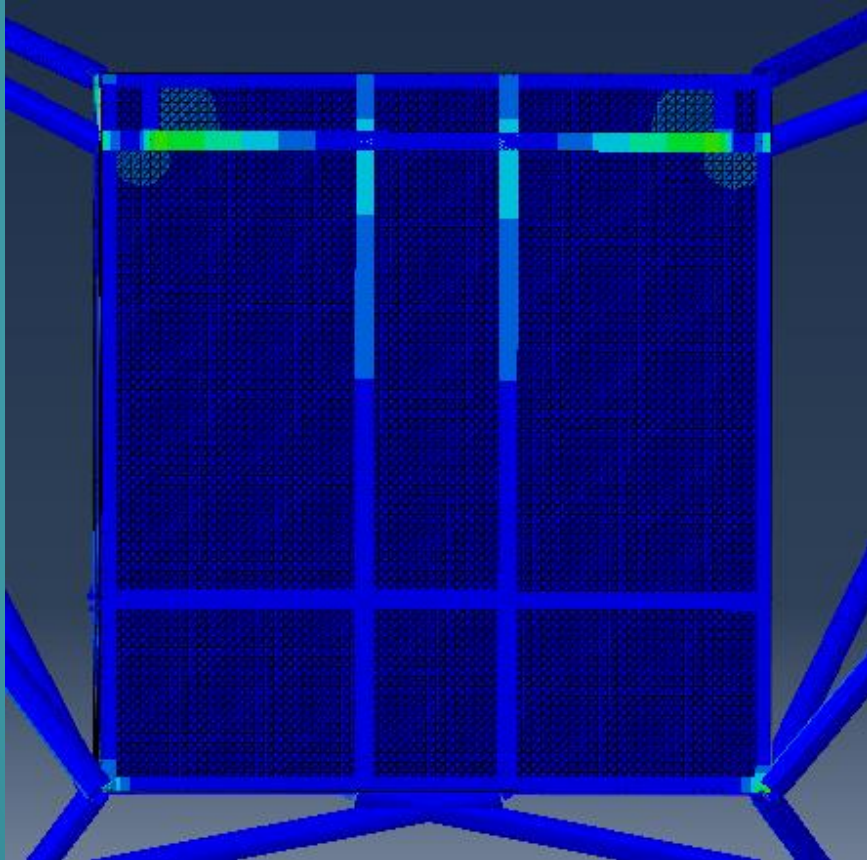
# Simulations statiques\_Modèle utilisé



- Vue de côté
  - Epaissir des coques où il y a le plus de contraintes
    - Renforcer le bas de la porte
  - Discontinuités fortes au jonction nécessite de modéliser les jonctions plus fidèlement à la réalité technique (rivetage / soudage)

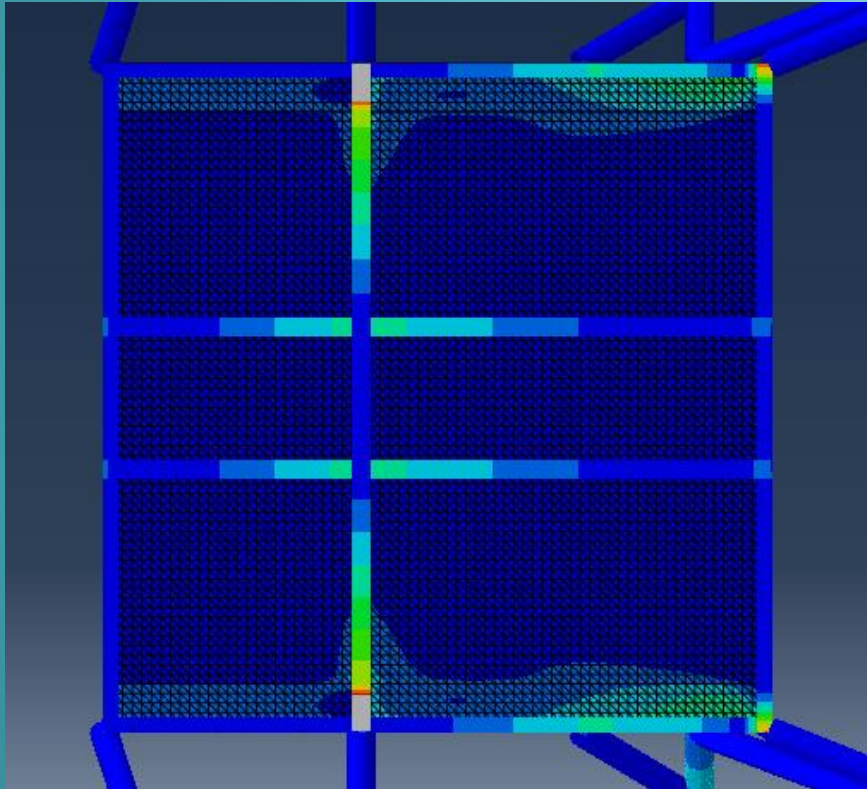


# Simulations statiques\_Modèle utilisé



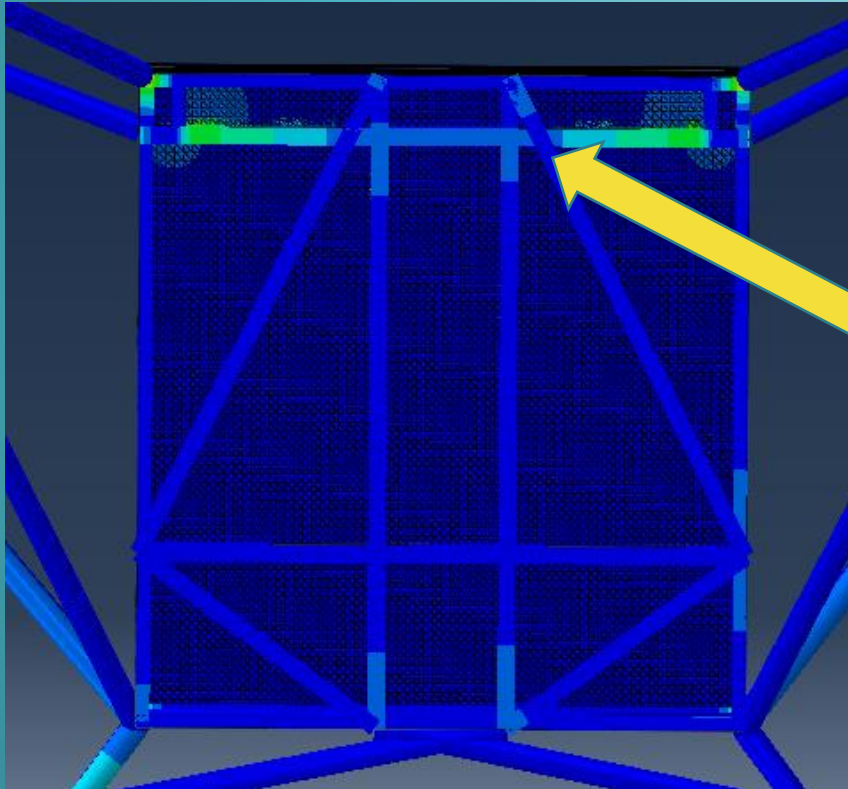
- Vue de derrière
  - Renforts diagonaux

# Simulations statiques\_Modèle utilisé



- Vue de dessus
  - Epaissir la poutre où il y a le plus de contraintes
  - Discontinuités fortes au jonction nécessite de modéliser les jonctions plus fidèlement à la réalité technique (rivetage / soudage)

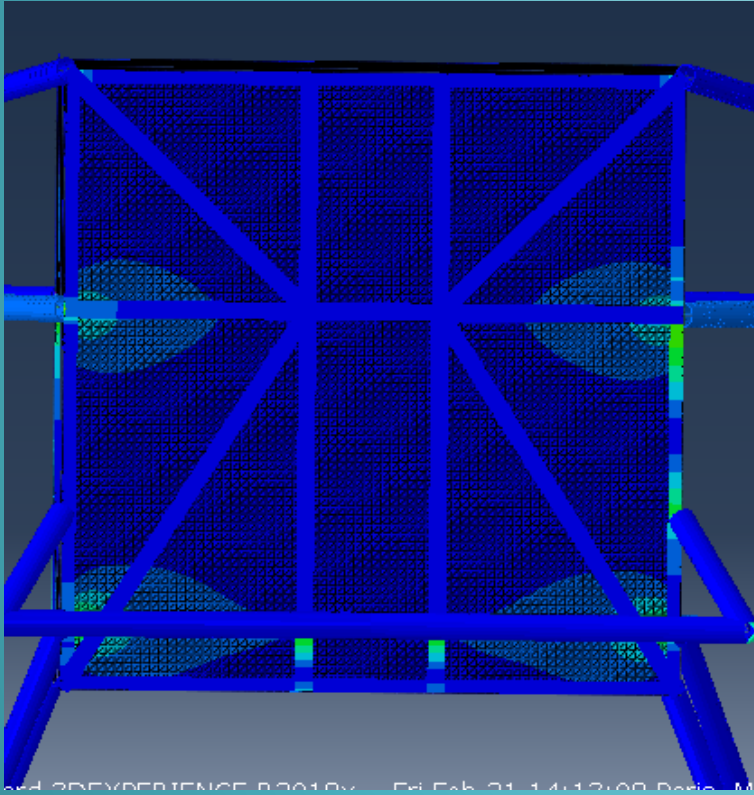
# Simulations statiques\_Modèle utilisé



- Vue de devant
  - Discontinuités fortes au jonction nécessite de modéliser les jonctions plus fidèlement à la réalité technique (rivetage / soudage)
  - Jonction à améliorer



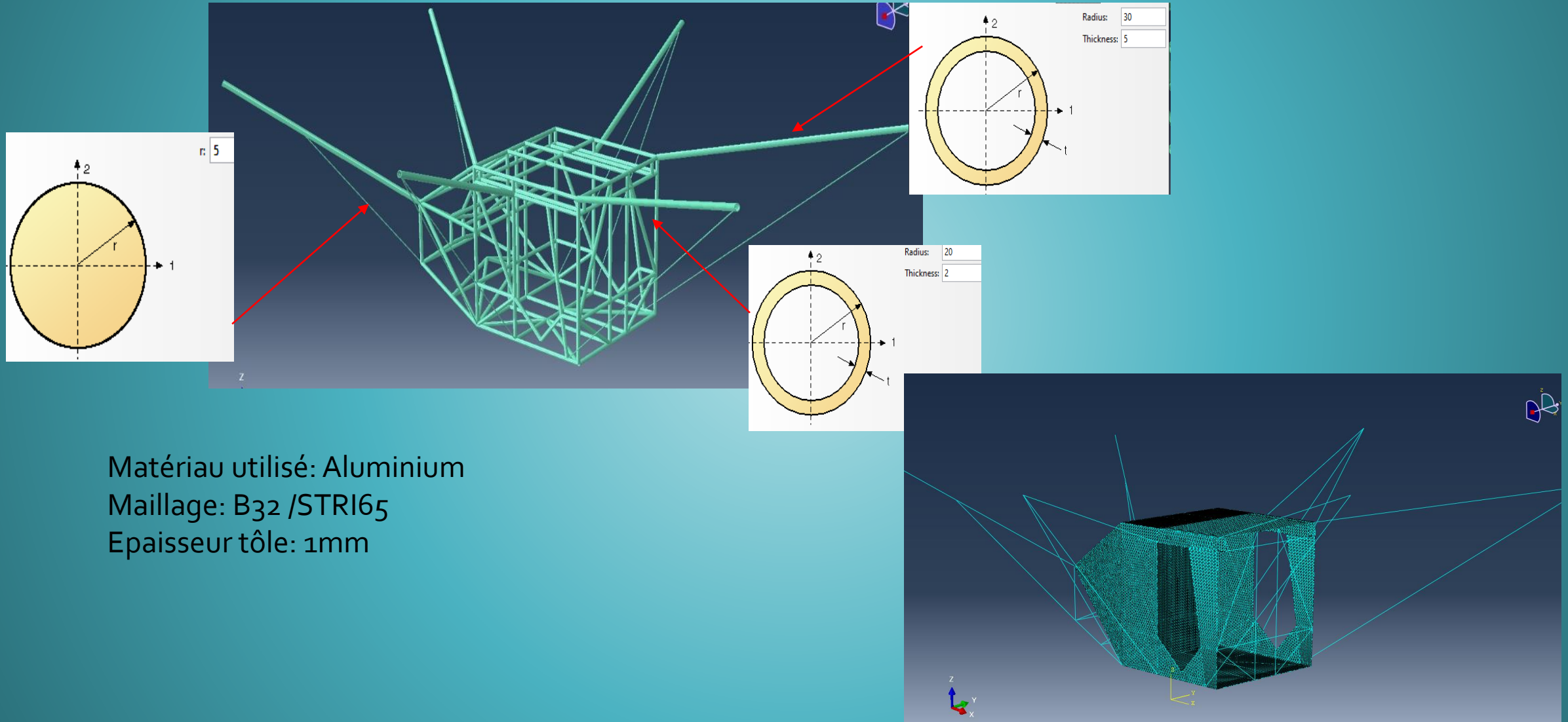
# Simulations statiques\_Modèle utilisé



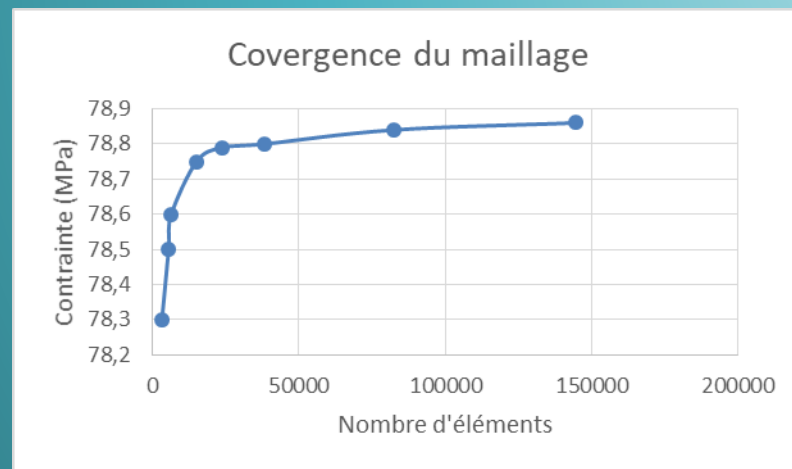
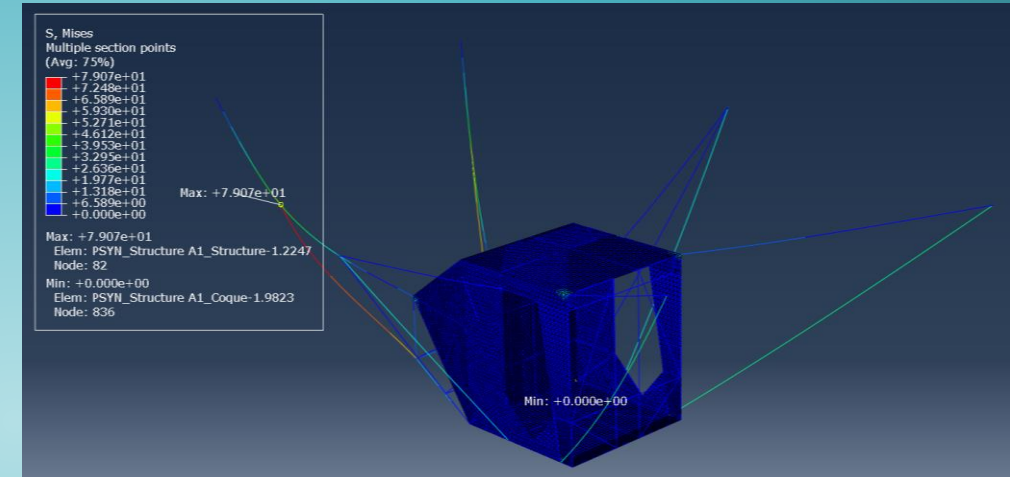
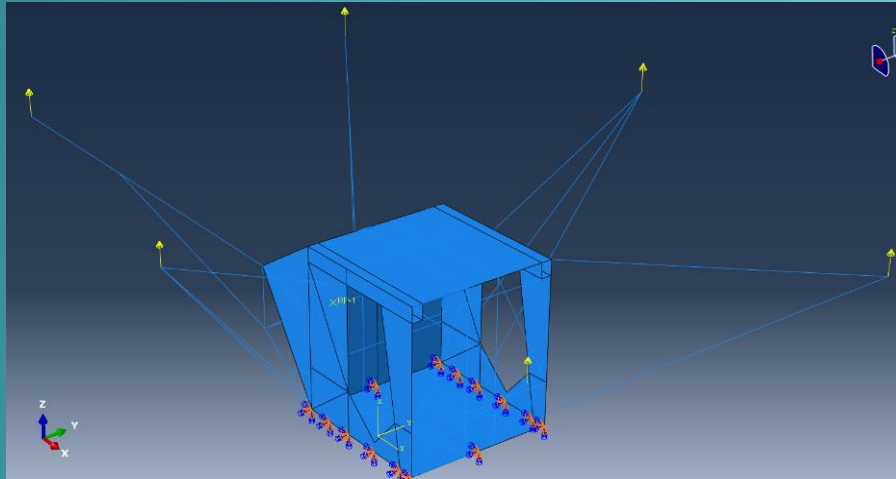
- Vue de dessous
  - Structure solide



# Simulations statiques\_Modèle utilisé



# Simulations statiques-Résistance des haubans



Epaisseur bras (mm)	Diamètre bras (mm)	Masse totale (kg)	Contrainte Max(Mpa)	Coefficient de sécurité
5	60	137	79,07	1,90
4	60	130	81,8	1,83
3	60	124	86,5	1,73
2	60	117	125,6	1,19
5	40	124,5	132,1	1,14
4	40	120,8	153	0,98
3	40	116,8	197	0,76
5	50	130,1	90,5	1,66
4	50	125,6	97,7	1,54
3	50	120,4	125	1,20

# Bilan de masse

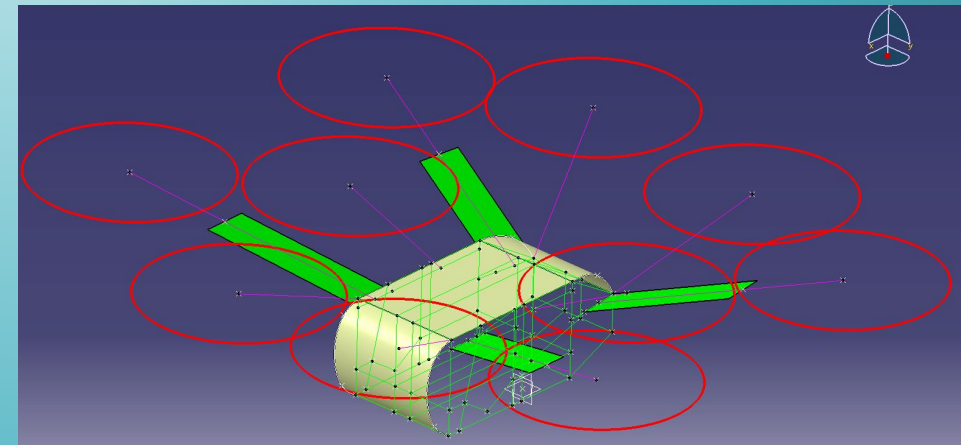
Cockpit	
Liste équipements	Poid(kg)
2 pilotes	200
Sièges	36
Cablage 20	20
Rotor+bras	60
Equipement pilotage	50
Train d'atterissage	30
Portes	20
Ailes	30
Total	446

Cabine	
Liste équipements	Poids (kg)
Equipement estimée par Centrale Lille	58.83
Bouteille Oxygène	10
MID avec pompe	9.6
Défibrilateur	2.5
Plancher	8
Portes	10
Blessé	100
Total	198.93

Moteurs	
Liste équipements	Poid(kg)
Moteurs	169.2
Génératrices	27.2
Réservoir	150
Rotor+bras	30
Ailes	30
Total	406.4

Total	1051.33
MTOW	1200
Poids structure maximale	148.67

Masse actuelle: 174kg



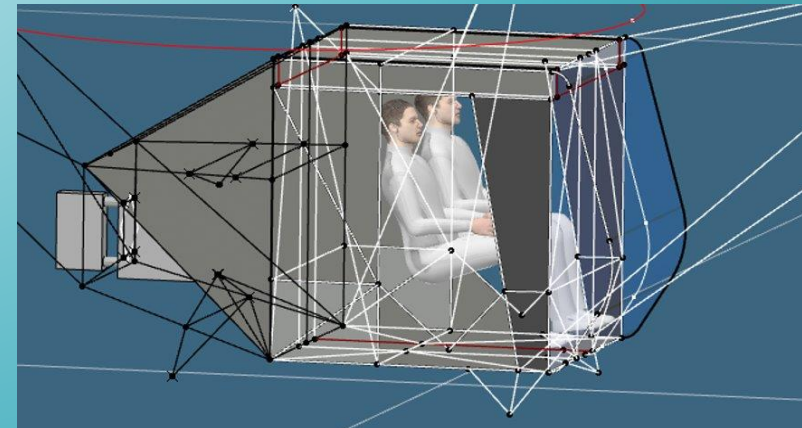
# Bilan de masse

Cockpit	
Liste équipements	Poid(kg)
2 pilotes	200
Siège	36
Cablage	10
Plancher	5
Train atterrissage	20
Portes	10
Total	281

Moteurs	
Liste équipements	Poid(kg)
Moteurs	84.6
Génératrices	13.6
Réservoir	100
Total	198.2

Total	479.2
MTOW	600
Masse max structure	120.8

Masse actuelle: 124kg





# Ce qu'il reste à faire

- Réfléchir à la fixation des rotors verticaux aux ailes
- Fixation des rotors aux bras et intégration des moteurs électriques
- Optimisation de la masse des deux modèles
- Toute la partie câblage
- Étude afin de choisir les ailes adaptées à l'appareil, pour pouvoir valider les solutions techniques de fixation des ailes.