

PROJET MINI-BEE – Partie Architecture & Structure

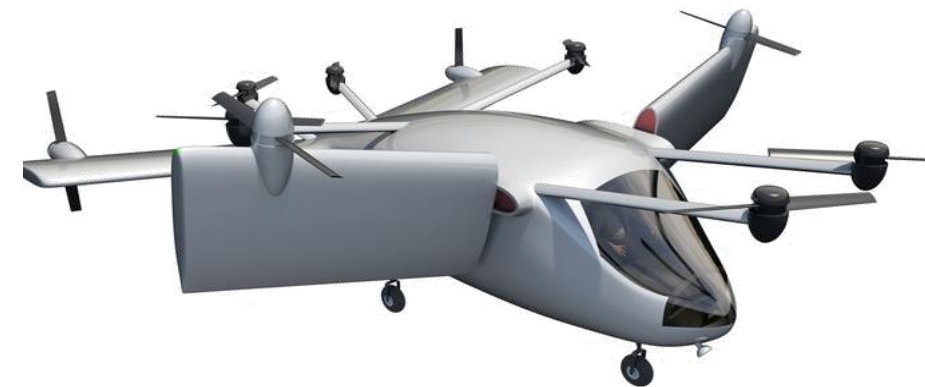
Qu'est-ce que le Mini-Bee ?



- Un projet collaboratif entre Technoplane et plusieurs écoles et lycées
- Une ambulance aérienne **VTOL** (Vertical Take-Off and Landing), **plus rapide et allant plus loin** qu'un hélicoptère, permettant d'opérer sur des **théâtres d'opération difficiles d'accès**.
- Le MiniBee est conçu pour être transportable en soute d'un avion de ligne, lui procurant une **capacité de déploiement décuplée**.



Caractéristiques techniques	
Propulsion	2 Rotax 915iS + 4 Emrax 208 High Voltage
Parties tournantes	10 rotors (diamètre: 3,20m) + 4 hélices pour le vol horizontal
Entrainement des parties tournantes	moteurs électriques asynchrones
MTOW (Maximum Take-Off Weight)	1250 Kg
Vitesse	200 km/h
Dimensions fuselage	Hauteur: 1,40m Longueur: 4m Largeur: 1,60m
Systèmes anti-crash	parachute





Le Mini-Bee : aspect structure

F1 Transporter une civière, un secouriste et un pilote

Résister au milieu ambiant et aux contraintes exercées sur la structure

F2

F3 Intégrer les moteurs

Être transportable par avion (en containers)

F4

F5 Permettre la fixation des ailes

Permettre une maintenance aisée par le personnel

F6

F7 Respecter les normes aériennes

Permettre l'atterrissage/décollage et le roulage au sol

F8

F9 Respecter l'environnement



Organisation du projet et planning

	Octobre					Réunion 2	Novembre					Décembre					Janvier					
	07-oct	14-oct	Réunion 1	21-oct	28-oct		04-nov	11-nov	18-nov	Réunion 3	25-nov	02-déc	09-déc	Réunion 4	16-déc	23-déc	30-déc	06-janv	Réunion 5	13-janv	20-janv	27-janv
Réunion de lancement	■																					
Partie administrative (confidentialité, user list, ..)	■	■																				
Contacteur Central Lille	■	■																				
Etat de l'art	■	■																				
Cahier des charges											■	■										
Etudes préliminaires				■	■		■															
Développement maquette bourget et aérodynamique				■	■		■															
Etude système d'attache cockit- compartiment moteur								■	■		■			■	■		■					
Etude abaqus (fatigue et résistance)											■	■		■	■					■	■	
Etude fluent								■			■	■					■					
Implantation moteur															■	■	■			■	■	
Faire maquette structure															■	■	■			■	■	
Implantation et développement des bras support de rotors															■	■	■			■	■	
Fabrication maquette impression 3D								■	■		■		■				■			■	■	
Rapport du projet																				■	■	
Soutenance																					■	■

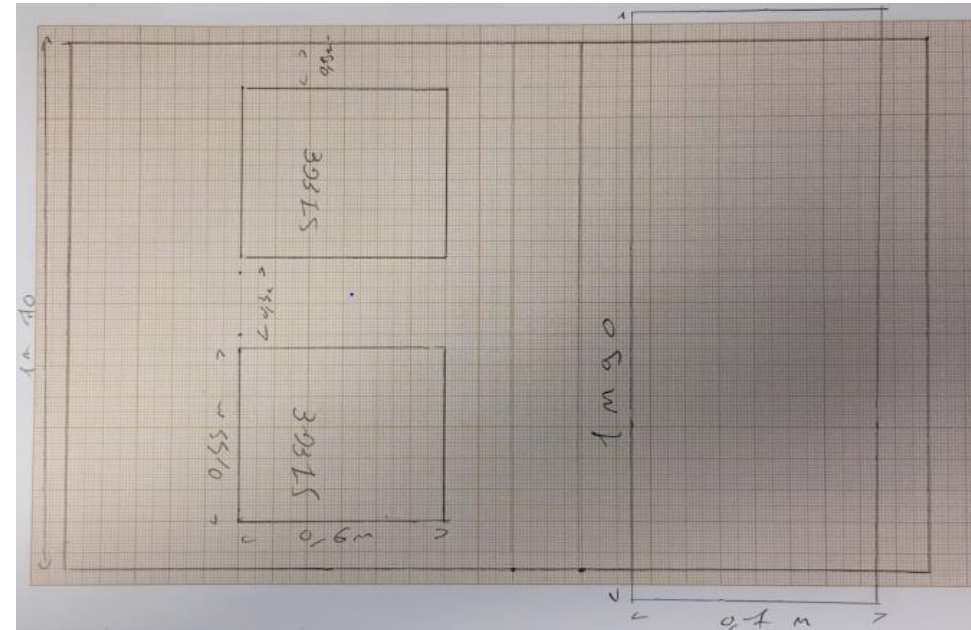
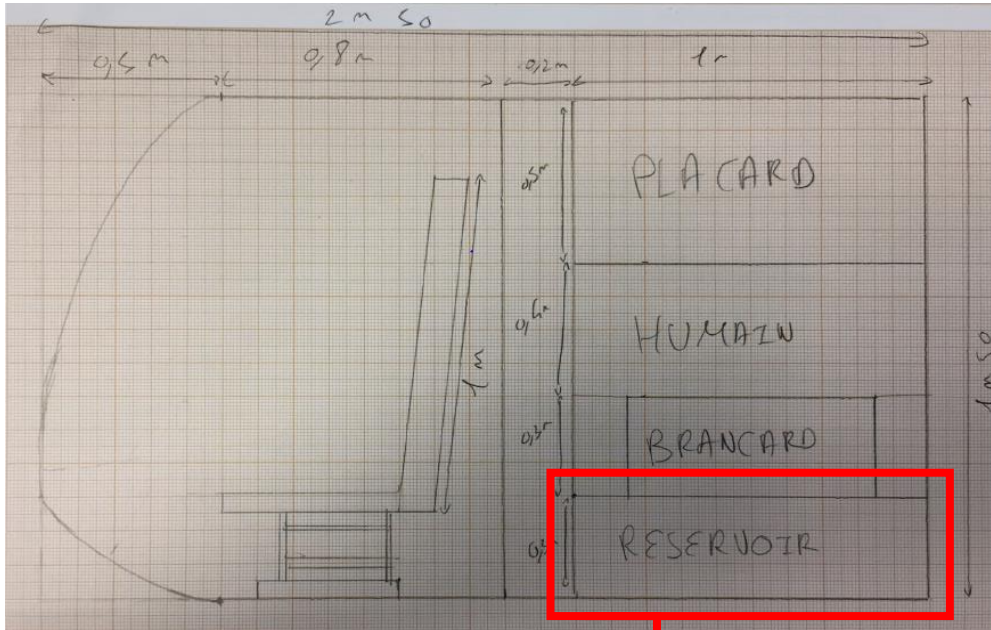


Etudes préliminaires



Aménagement intérieur

F1 Transporter une civière, un secouriste et un pilote



Modification en cours de projet :
Passage du réservoir dans le module générateur



Etude des containers de transport

F4

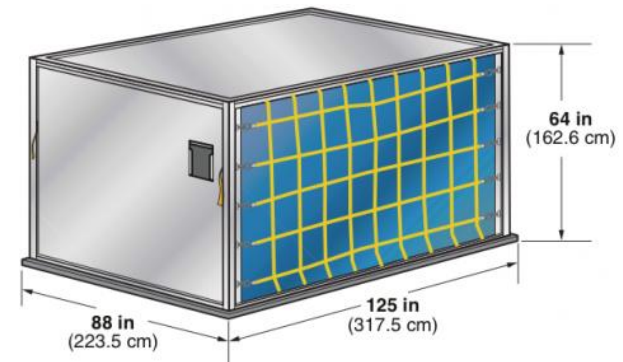
Être transportable par avion

- Différents types de containers dans lesquels le Mini Bee peut être transporté:

LD-9

× 2

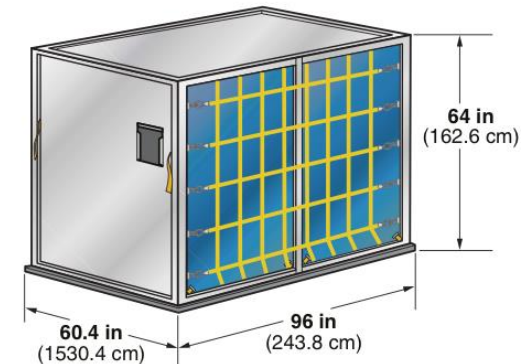
- Cockpit
- Ailes, pales, bras , ...



LD-4

× 1

- Compartiment moteur



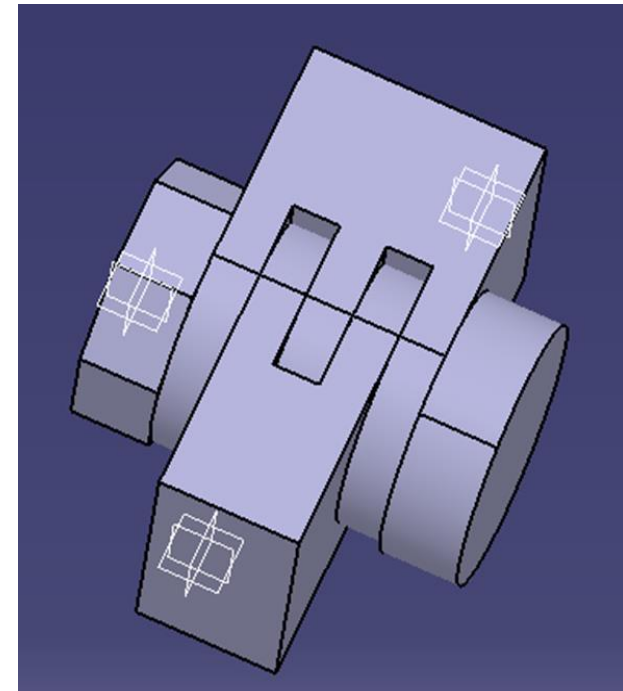


Etude de la liaison entre modules

F4

Être transportable par avion

- Objectif:
 - Assemblage rapide du cockpit et compartiment moteur
 - Nécessite peu d'outillage pour l'assemblage
 - Pièces qui résistent à des efforts importants
 - Travail réalisé avec l'entreprise EPCI
- Différentes pièces du système:
 - Chape du cockpit
 - Chape du compartiment moteur
 - Goujon
 - Ecrou





Etude des trains d'atterrissage

F8 Permettre l'atterrissage/décollage et le roulage au sol

Patins



- ✓ Très simple et très robuste
- ✗ Ne roule pas

Trains fixes



- ✓ Simple et robuste
- ✗ Aérodynamisme

Trains escamotables



- ✓ Aérodynamique
- ✗ Complexe, lourd, volumineux

Trains antichocs (Tigre)



- Trains fixes
- Résistent à des atterrissages durs de 6m/s à 10m/s



Etude aérodynamique



Etude aérodynamique

Objectif : Définir la forme globale du Mini-Bee
Outils & logiciels : Ansys Fluent

1 Evaluer la première géométrie

Optimiser la géométrie

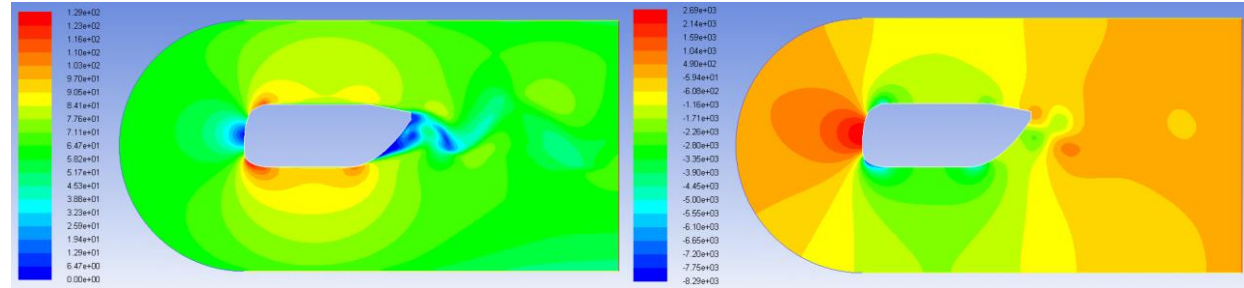
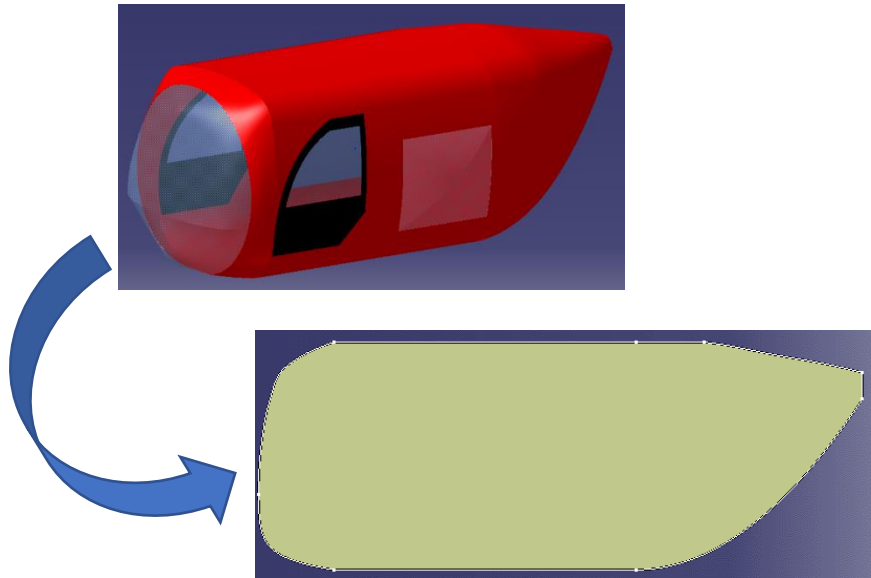
2

3 Trouver un compromis entre aérodynamisme et simplicité



Etude aérodynamique

1 Evaluer la première géométrie



Vitesse

Pression

Coefficient de portance	Coefficient de traînée	Finesse = C_z/C_x
-2,714	0,626	-4,335

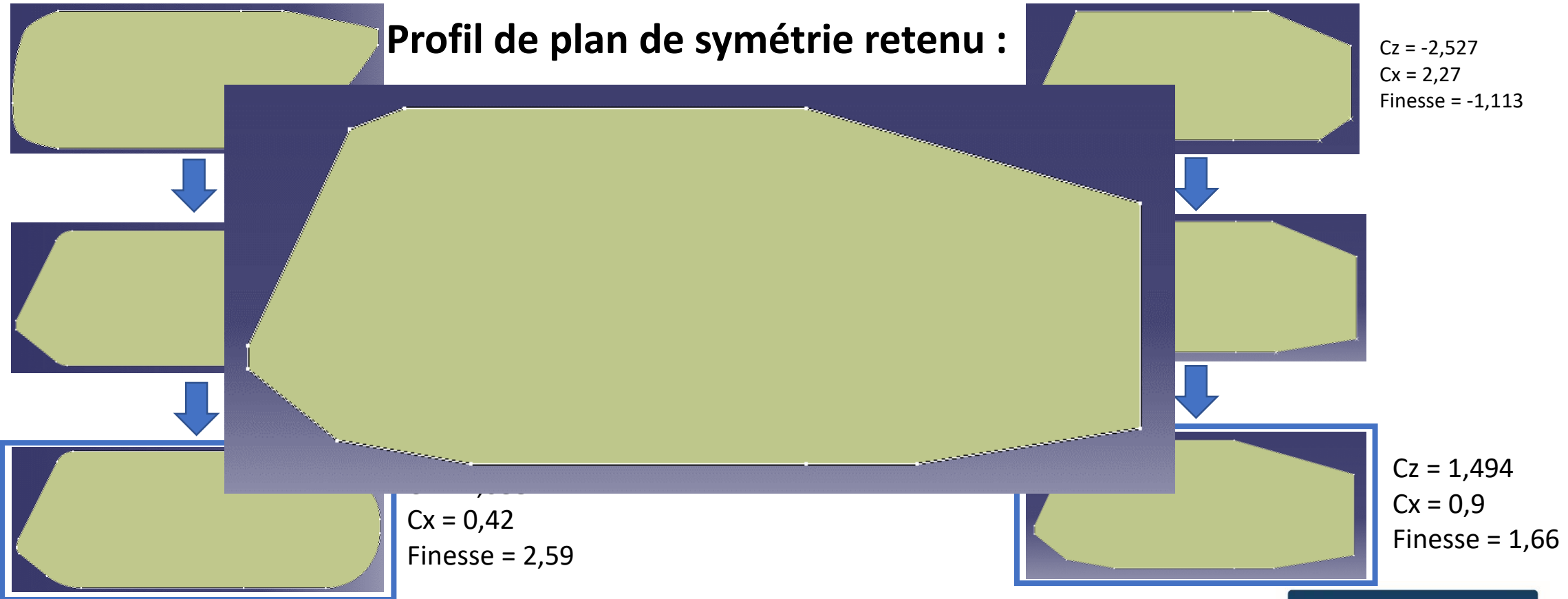
→ Pas satisfaisant : profil très déportant !



Etude aérodynamique

2 Optimiser la géométrie

3 Trouver un compromis





Etude structurelle



Etude structurelle

Objectif : Dimensionner la structure du Mini Bee
Outils & logiciels : Abaqus

1 Définir les efforts subis par la structure

Choix du matériau ou des matériaux

2

3 Conception d'une première structure en respectant le cahier des charges

Réalisation des tests d'efforts sous Abaqus afin de tester sa résistance aux efforts

4

5 Optimisation de la structure afin de trouver le meilleur compromis entre poids et résistance

Etude structurelle

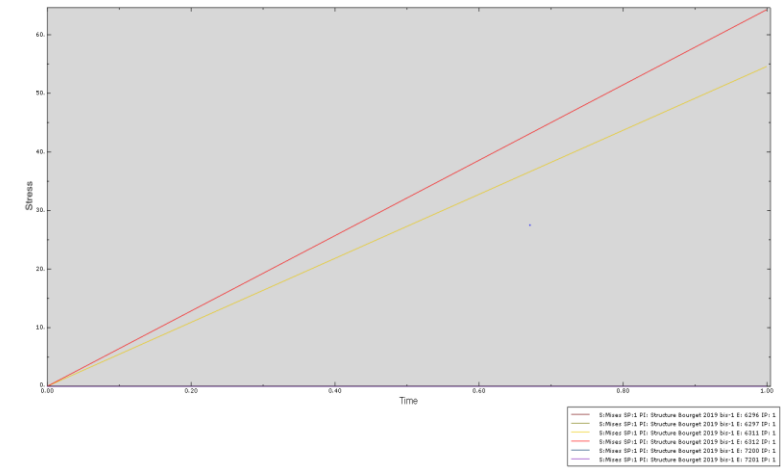
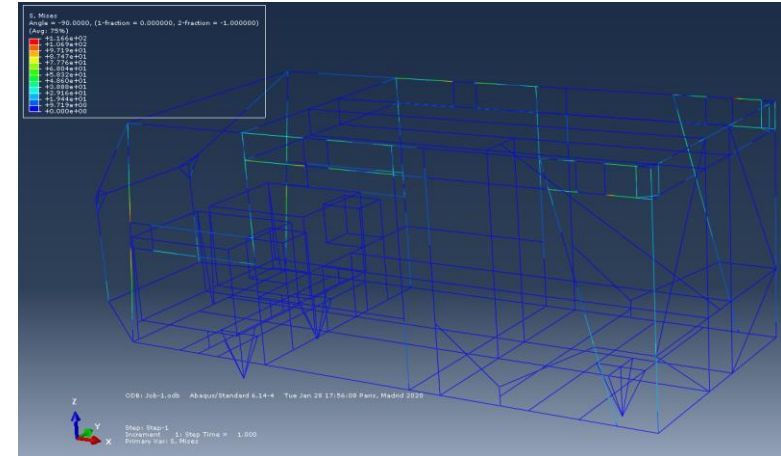


Différentes phases	Type d'effort	Explication et calcul de la valeur appliquée	Valeur appliquée N	Valeur critique du matériaux avec coeff de sécurité de 1,5 (Mpa)	Type de dimensionnement	Dimensionnant?
Décollage	Pression au niveau des ailes (point d'accroche)	$F = \text{Poids de l'aile (90 kg)} * \text{facteur de charge maximum (3,8)} * g + \text{poussé rotor (entre 800N et 2200N)} * 3 \text{ (bras de levier)} = 5820 \text{ N à } 10020 \text{ N}$	Entre 5820 N et 10020 N pour la poussé vers le haut	107	Fatigue (flexion)	Dimensionnant
	Attaches cockpit-compartment moteur	Force de la poussée à l'arrière ou à l'avant = Poussé rotor (800 à 2200 N) * Nombre de rotor pour l'avant ou l'arrière (5 ou 6) = $4800 < F < 13200$ /// Force du poids de la moitié du Mini Bee: $F = M * g = 750 * 10 = 7500 \text{ N}$	7500N pour le poids et 13200 N pour la poussé	107	Fatigue (torsion, compression, traction, flexion)	Pas dimensionnant
	Points de fixations des rotors	$F = \text{poussé d'une hélice (800 n à 2200 N)} * \text{bras de levier de (1,5 m)}$	Entre 1200 N et 3300 N	107	Fatigue (traction et torsion)	Dimensionnant
	Dimensionnement au virage (aile et torsion de la structure, rigidité, ...)	$n \text{ (facteur de charge): } 3,8 \text{ g}$		107	Fatigue	Dimensionnant
	Point d'accroche des ailes	$F = \text{Poids de l'aile (90 kg)} * \text{facteur de charge maximum (3,8)} * g + \text{poussé rotor (entre 800N et 2200N)} * 3 \text{ (bras de levier)} = 5820 \text{ N à } 10020 \text{ N}$	Entre 5820 N et 10020 N pour la poussé vers le haut	107	Fatigue (flexion)	
	Vitesse du vent sur la structure	250 km/h		107	Statique (compression)	Pas dimensionnant car force faible
	Attaches cockpit-compartment moteur	Force de la poussée à l'arrière ou à l'avant = Poussé rotor (800 à 2200 N) * Nombre de rotor pour l'avant ou l'arrière (5 ou 6) = $4800 < F < 13200$ /// Force du poids de la moitié du Mini Bee: $F = M * g = 750 * 10 * 3,8 = 28\ 500 \text{ N}$	28500 N pour le poids et 13200 N pour la poussé	107	Fatigue (torsion, compression, traction, flexion)	Dimensionnant
	Points de fixations des rotors	$F = \text{poussé d'une hélice (800 n à 2200 N)} * \text{bras de levier de (1,5 m)}$	Entre 1200 N et 3300 N	107	Fatigue (traction, compression et torsion)	Dimensionnant
Atterrissage	Train qui subit les atterrissage et effort sur la structure	Inutile		107	Fatigue (compression)	Pas dimensionnant par rapport au crash
Accidents	Crash au sol (Comportement de la structure (ne casse pas, fixations entre les deux compartiments ne cassent pas, dissipe l'énergie pour protéger les occupants (en particulier les barres au niveau des sièges)), les moteurs ne sont pas éjecter dans le mini-bee -> certification CS 29.561 ou CS 27.561	$EC = 1/2 * m * v^2$ avec $m = 1000\text{-}1500 \text{ kg}$ et $V = 60 \text{ m/s}$	$EC = 1\ 8000\ 000\ \text{J} - 2\ 700\ 000\ \text{J}$	336	Dynamique (choc) / Compression)	Dimensionnant



Etude structurelle

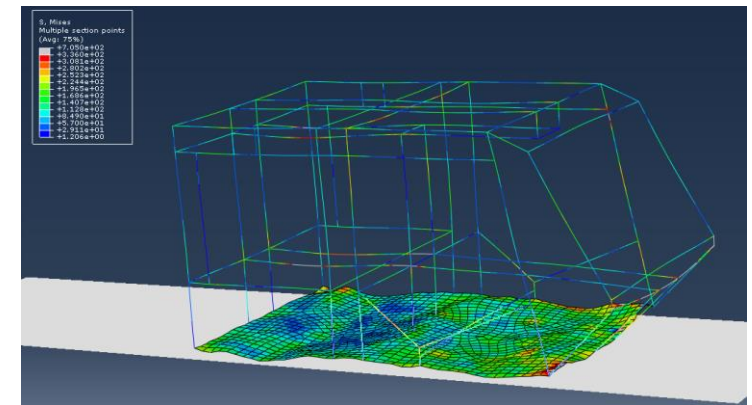
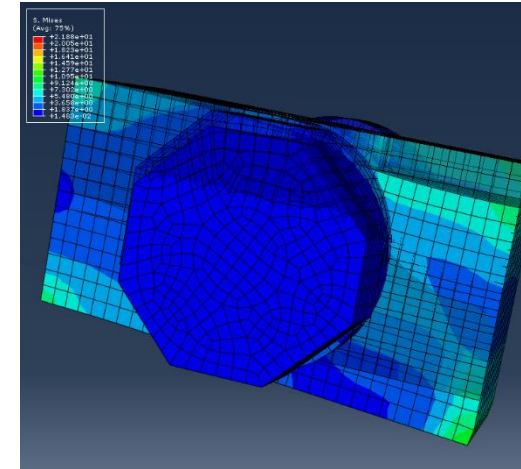
- Etude de la phase de décollage et vol avec:
 - 80 kg de poussée
 - * Taille des tubes : diamètre 20 mm et épaisseur 2 mm
 - * Poids de la structure : 95,5 Kg
 - * Contrainte maximale: 76 MPa
 - 220 kg de poussée
 - * Taille des tubes : diamètre 25 mm et épaisseur 2 mm
 - * Poids de la structure : 120 kg
 - * Contrainte maximale: 74 MPa





Etude structurelle

- Optimisation (poids/résistance) du système chape de liaison cockpit compartiment moteur suivant 2 axes:
 - La taille du diamètre du goujon (influe sur le déplacement et le poids)
 - L'épaisseur et la taille des chapes (influe sur la résistance et le poids)
- Crash:
 - Première approche pour comprendre comment la structure réagit à un crash
 - Optimisation du modèle Abaqus en réalisant les essais avec une maquette complète et en connaissant la répartition des masses

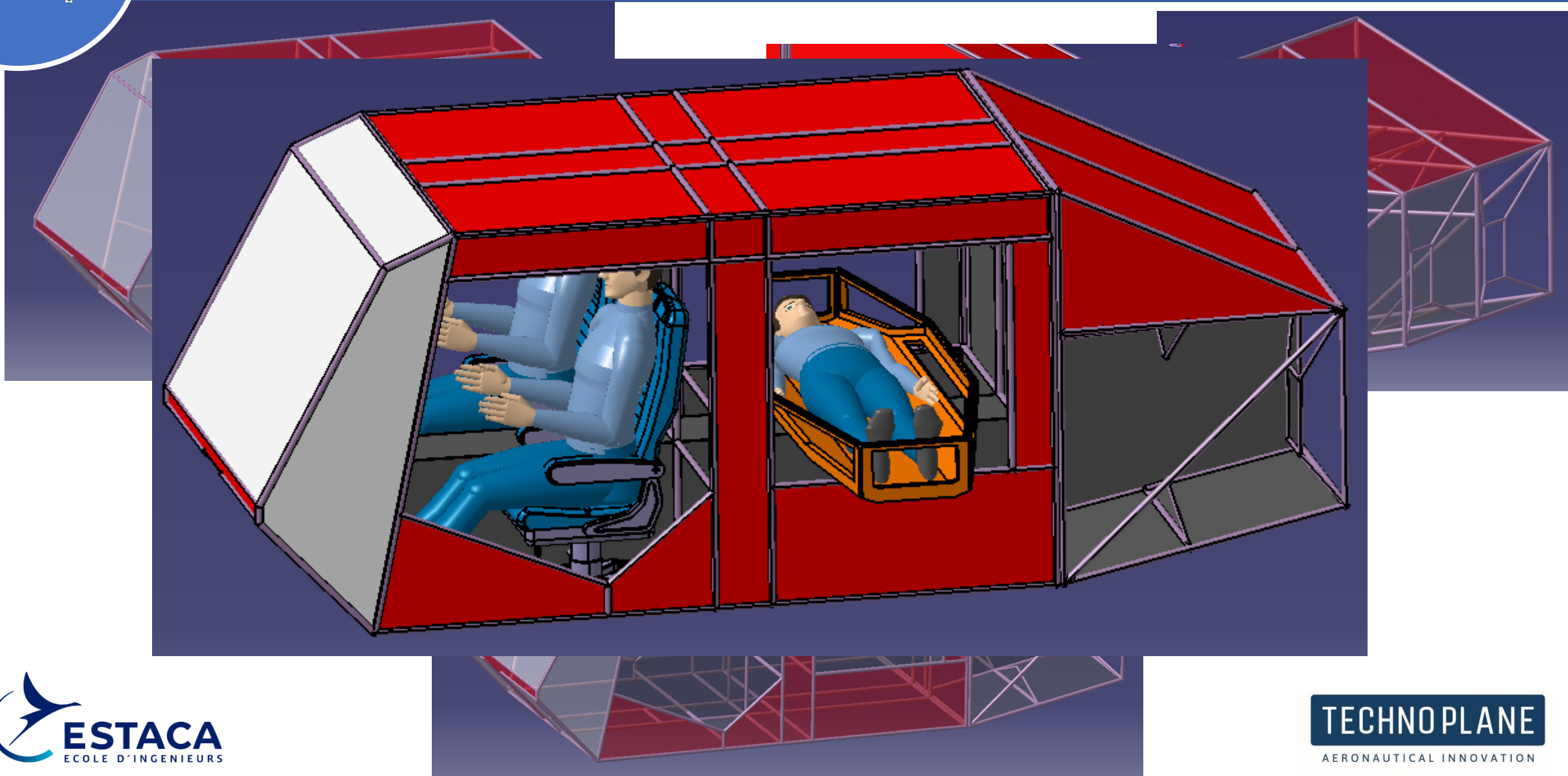




Livrables et résultats

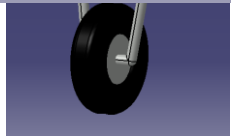
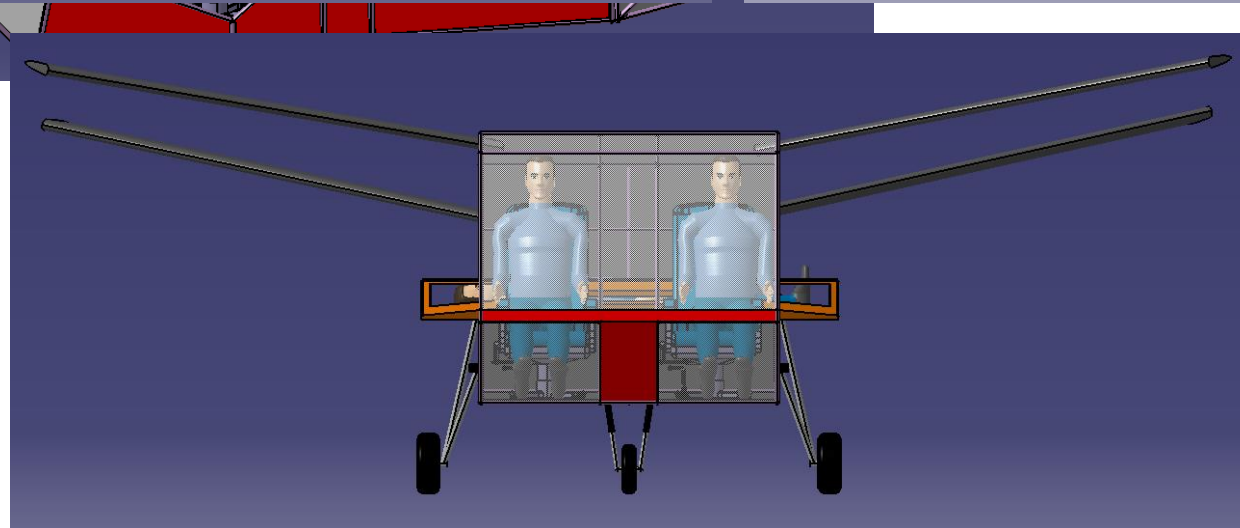
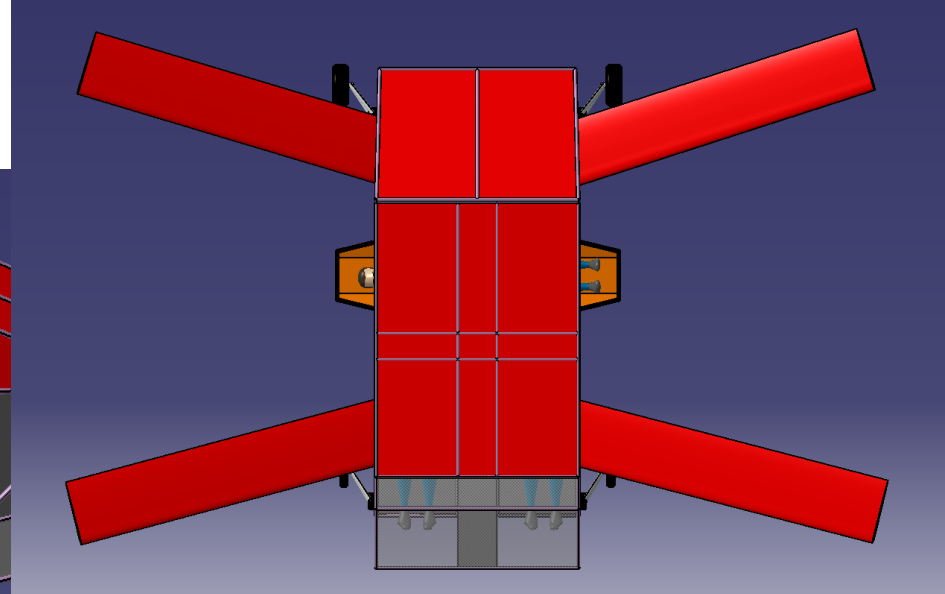
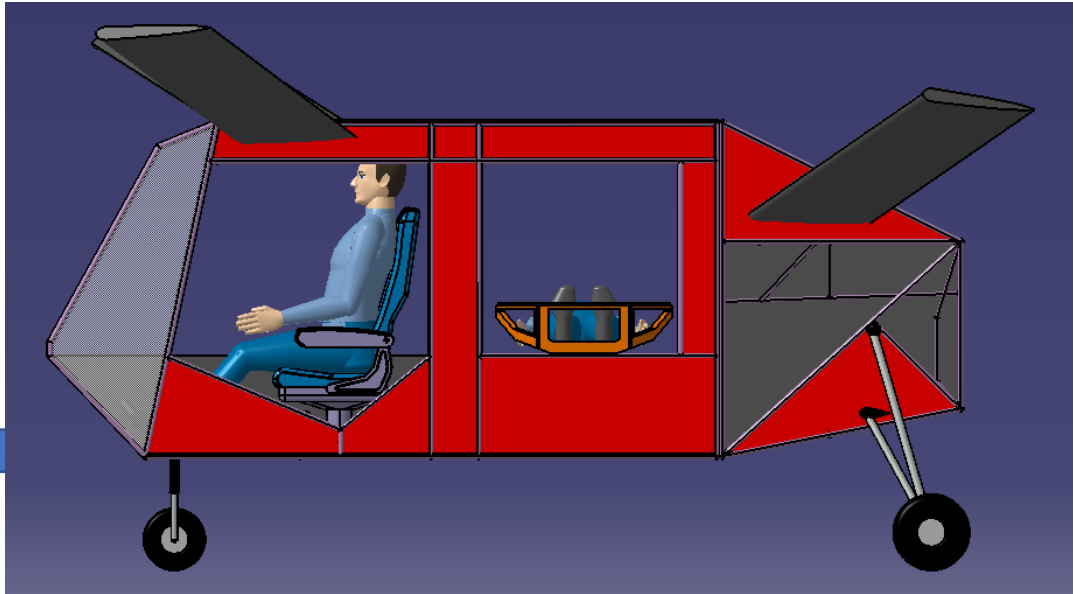
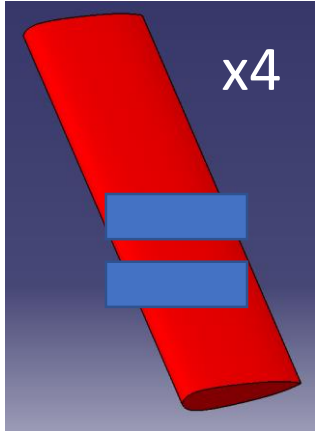


Maquette numérique





Maquette numérique





Bilan des masses



Composant	Masse unitaire	Quantité	Masse totale
Systèmes propulsifs			
Carburant	0,75g/L	195,94	184,95
ROTAX 915is	84,6	2	169,2
Cables	10	1	10
Refroidissement	10	2	20
EMRAX 228 High Voltage	12,3	4	49,2
Ensemble rotor	7,7	12	92,4
Contrôleurs	0,65	12	7,8
Batterie moto	0,4	1	0,4
		Sous-total	533,95
Structure, pax et équipements			
Module avant (structure + verrière)	136	1	136
Module générateur	38	1	38
PAX	100	3	300
Sièges	18	2	36
Civière de sauvetage	13	1	13
Ailes			100
Bras rotors			60
Trains d'atterrissage			30
Plancher			8
Portes	8	4	32
		Sous-total	753
		Total	1286,95

Conclusion

- Une étude aérodynamique
- Une étude structurelle
- 2 maquette 3D
- De nombreuses études annexes
- De nombreuses études à approfondir

