

Etude de faisabilité du train d'atterrissage du Bee-Plane

1

Soutenance du 26/06/2013

Projet de fin de 2^{ème} année

Mai - Juin 2013

BOURGEOIS Guillaume – LAFFONT Mathieu – ROBRESO Alexandre

Sommaire

2

Présentation Bee-Plane

Cahier des charges – Analyse fonctionnelle

Solutions envisagées – Solution optimale

Calcul des efforts – Dimensionnement amortisseur

Dimensionnement vérin

Modélisation 3D

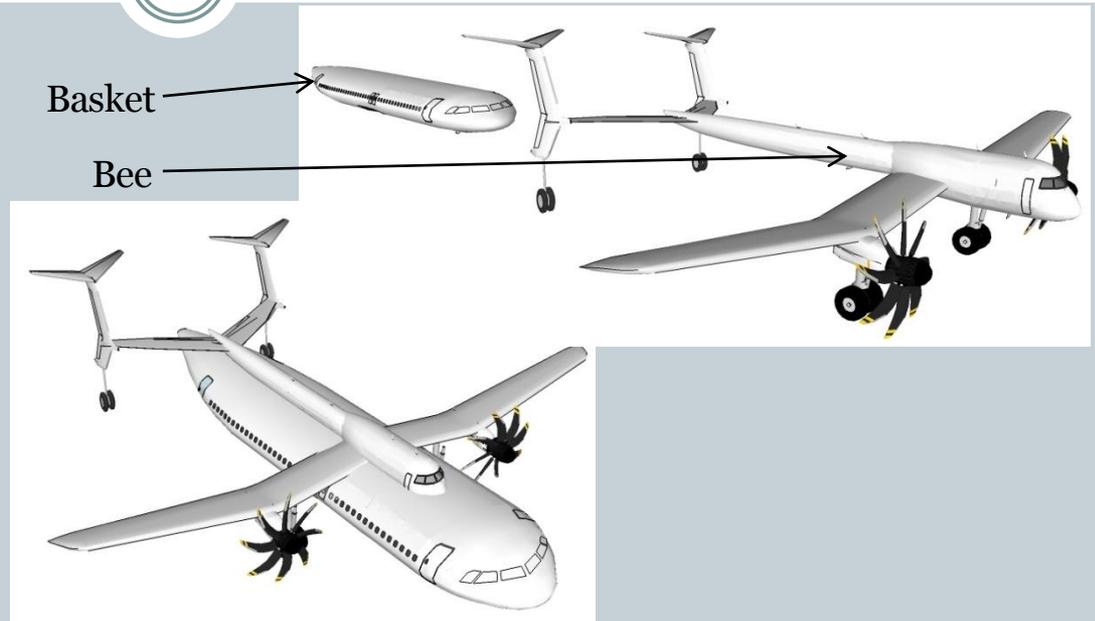
Méthode des éléments finis

Suite du projet

Présentation du Bee-Plane

3

- Avion à structures sécables:
- Bee: ailes, trains d'atterrissage, turbopropulseurs, turbofan, cockpit, carburant.
- Basket: passagers (200-220), carburant.
- Masse totale en charge: 100 tonnes



Avantage du concept du Bee-Plane:

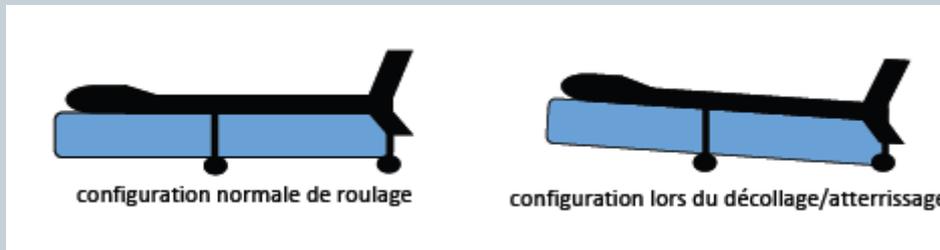
Une fois la basket déposée, elle rejoint la zone de déchargement de manière autonome, la Bee peut donc repartir directement avec une autre basket.

L'avion passe donc moins de temps au sol car moins de temps de chargement/déchargement

Cahier des charges

4

- Quatre trains d'atterrissage: **2 trains principaux et 2 trains arrière.**
- Distance initiale entre les trains : **10 mètres.** (Centrale)
- Hauteur maximale : **5 mètres**
- Hauteur variable (afin de prendre/déposer la Bee lors du chargement/déchargement mais aussi pour donner une incidence à l'avion lors du décollage)
- Hauteur minimale: **3,5 mètres**



- On se base sur les **caractéristiques de l'A321** pour dimensionner les trains du Bee-Plane :
 - Trains principaux : 2 roues identiques à celles de l'Airbus 321
 - Trains arrière : une seule roue identique à celle de l'A321 (roulette de nez)

Analyse fonctionnelle

5

- FP1** : Permettre à l'avion de rouler
- FP2** : Amortir les efforts à l'impact
- FP3** : Permettre l'arrêt de l'avion sur une distance acceptable
- FC1** : Assurer le confort des utilisateurs à l'atterrissage
- FC2** : Assurer la sécurité des utilisateurs à l'atterrissage
- FC3** : Fixer le train d'atterrissage aux ailes
- FC4** : Permettre au train de se rétracter
- FC5** : Etre opérationnel pendant 10 ans

Bête à corne

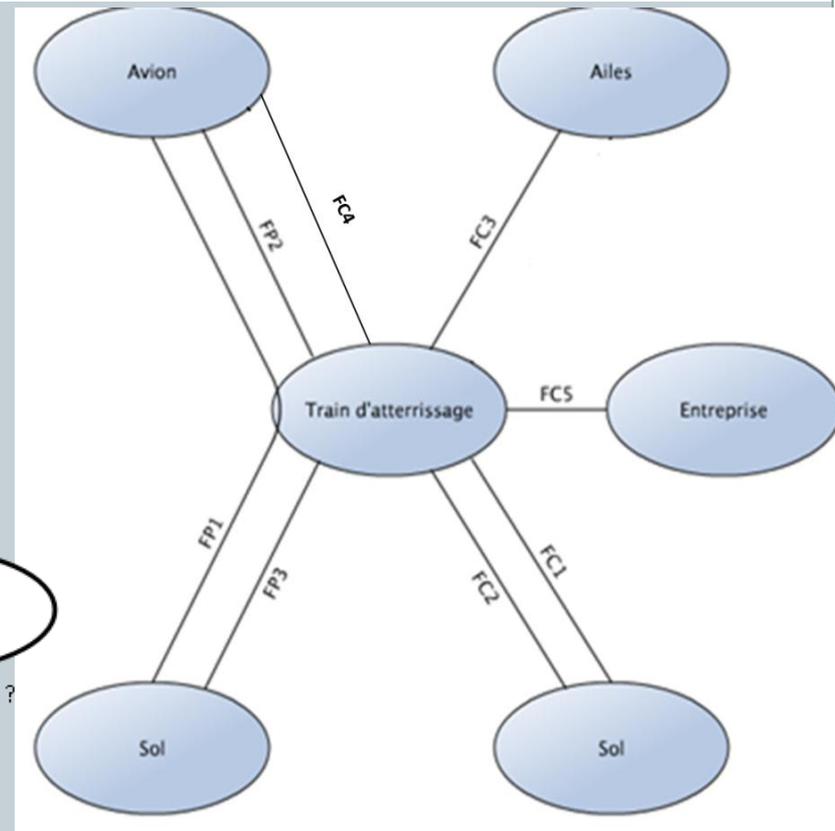
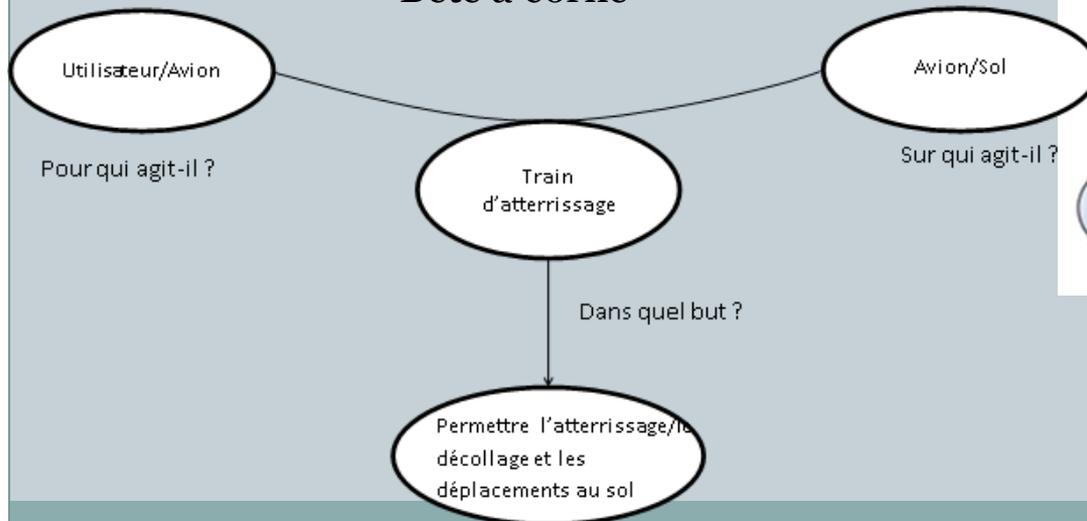


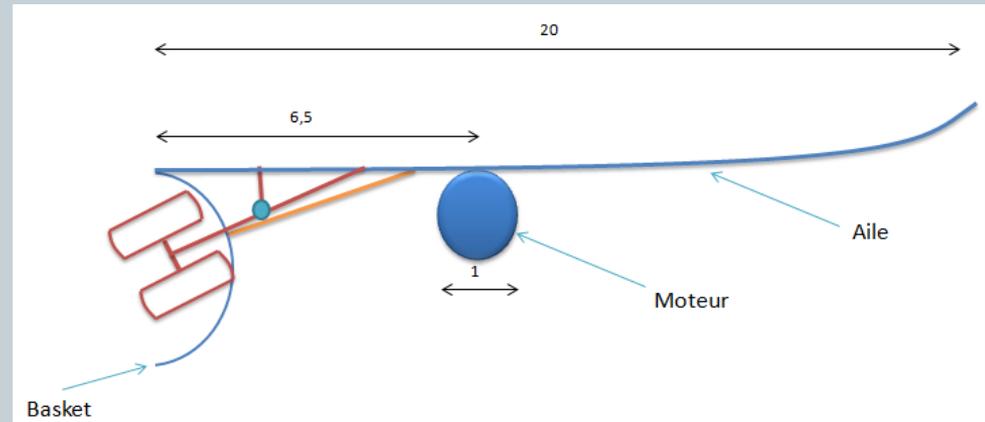
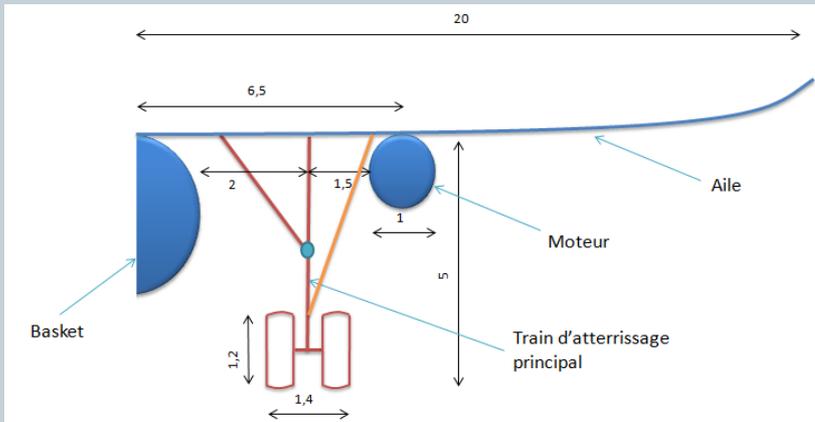
Diagramme pieuvre

Solution de rétraction

6

- Solutions envisagées:

1) Rabattre les trains dans la Basket:



- Pas réalisable :
- perte espace passager dans la basket
 - perte aérodynamisme vols sans basket
 - cahier des charges : système train indépendant basket

2) Rabattre complètement les trains dans l'aile:

- Pas réalisable (taille essieu + largeur roues trop importante pour rentrer dans l'aile)

Modèle du train

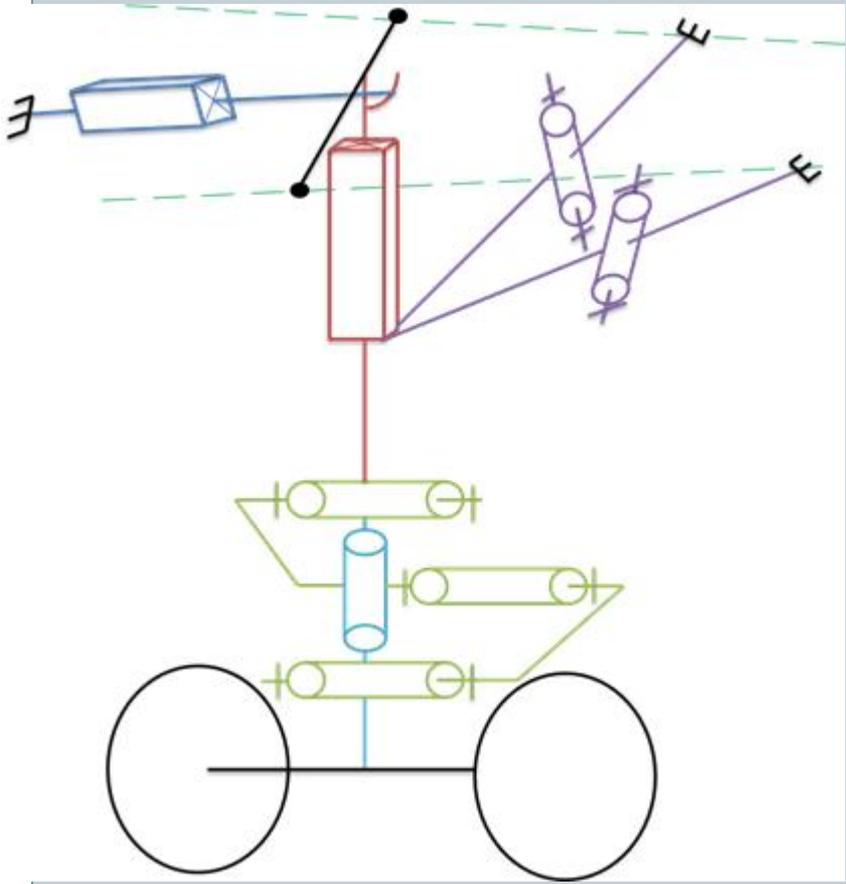
7

- Choix train d'atterrissage principal : basé sur le modèle du train Messier-Bugatti-Dowty



Modèle du train – Schéma cinématique 3d

8



Liaisons pivot : **contrefiches latérales**

→ Transmission des efforts axiaux

Liaison glissière : **vérin**

→ Réaliser la fonction « train télescopique »

Liaison pivot glissant : **amortisseur oléopneumatique**

→ Réduire les efforts transmis aux longerons

Liaisons pivot : **compas** fixé d'un côté à l'autre de l'amortisseur

→ Empêcher la rotation de la partie inférieure du train

Liaison glissière : vérin de manœuvre

→ Rabattre le train principal

Longerons

Solution retenue

9

Données initiales :

- Distance entre les moteurs: 15m
- Distance entre les trains: 10m

➡ **Difficulté rencontrée** : trop grande réduction du train à effectuer (de moitié)

Solution 1)

- Diminution écartement des trains → 8m
- Espace disponible pour rétracter les trains : 3,5m
- ➔ Distance train-basket trop faible pour poser la basket (50cm)

Solution 2)

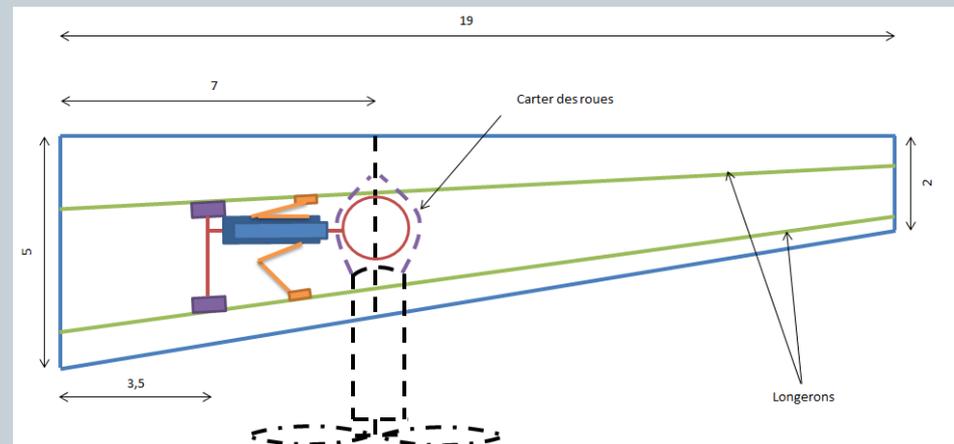
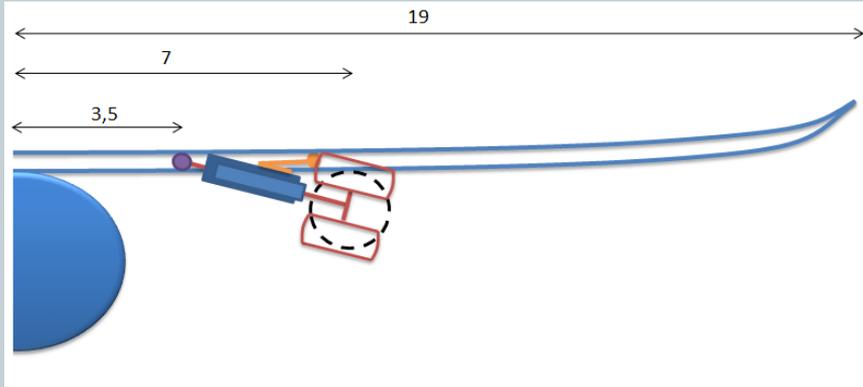
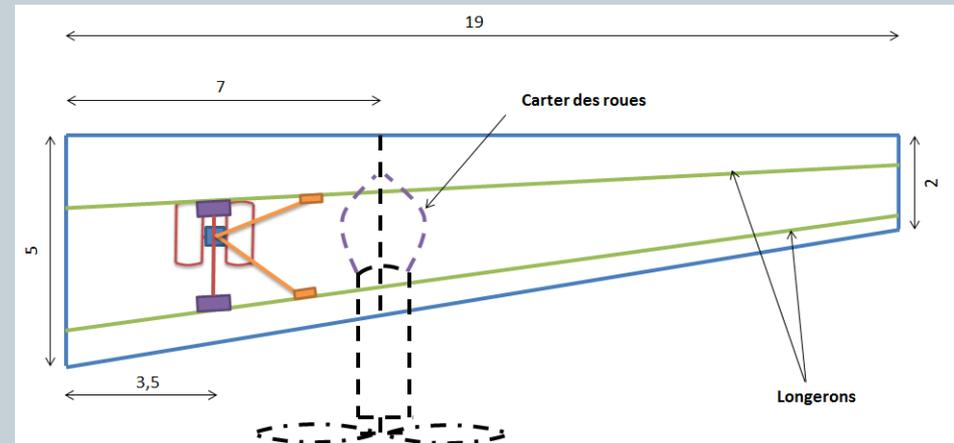
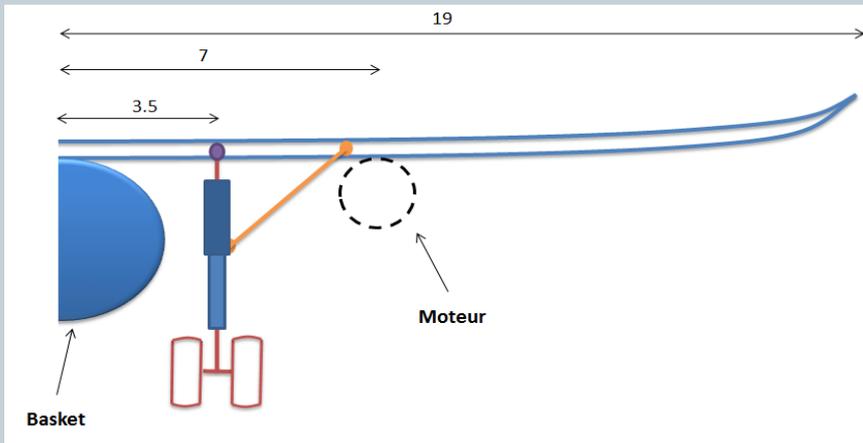
- Diminution écartement des trains → 9m
- Augmentation écartement moteurs : → 16m
- Espace disponible pour rétracter les trains : 3,5m

➡ Distance acceptable pour poser la basket

Solution retenue

10

- Solution adoptée (plus pertinente) : rabattre les trains derrière les moteurs.



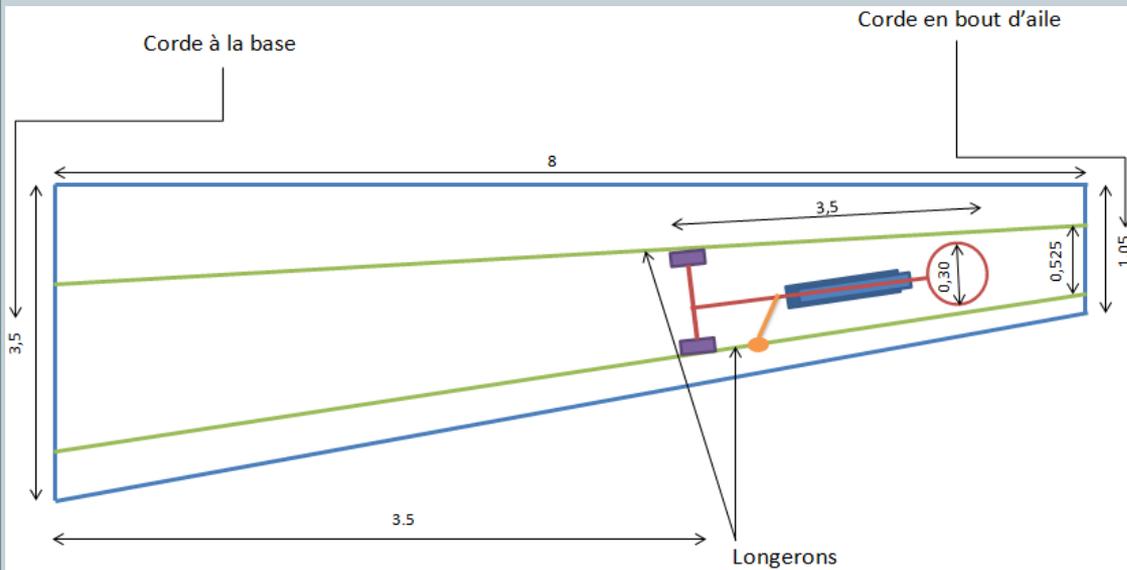
Solution retenue: train arrière

11

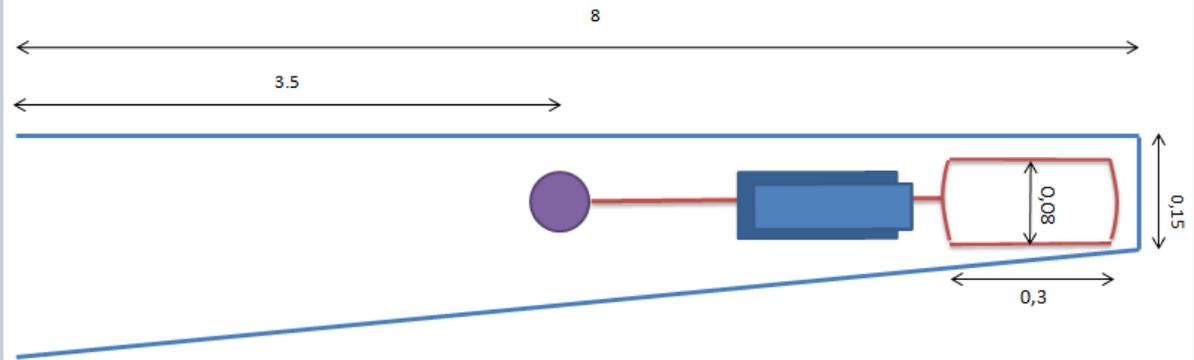
- **Même solution** adoptée pour les trains arrière.
 - Trains arrière situés eux aussi à 4.5m de l'axe de l'avion.
- Choix de **2 trains arrière avec une seule roue** (roulette de nez de l'A321).
 - Dimensions des roues :
 - Diamètre : 30 cm
 - Epaisseur : 8 cm
- Petites roues : possibilité de **rétraction totale dans l'aile**.
 - Agrandissement de la longueur des empennages (5m → 9m de l'axe)

Solution retenue: train arrière

12



- Rétraction des trains dans l'aile grâce aux petites dimensions de la roue



Efforts s'appliquant sur l'avion

13

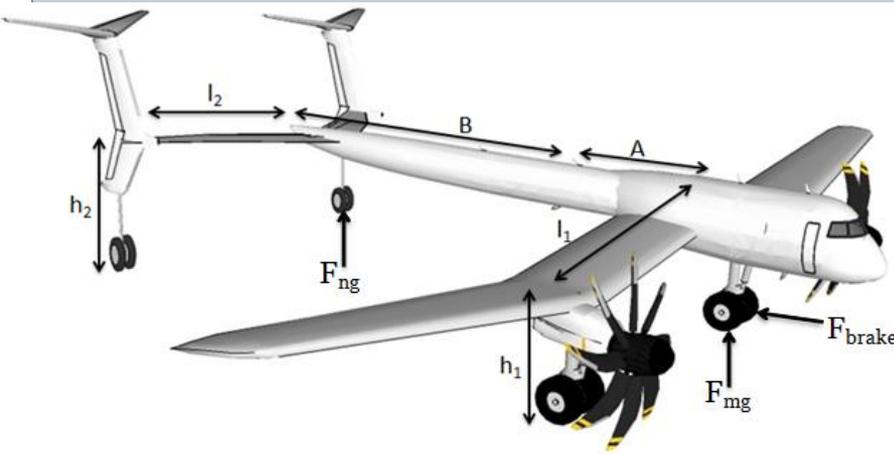
- A l'arrêt:
Trains principaux : 90 % poids avion
Trains arrière : 10 % poids avion
- Au décollage:
Trains principaux : contact avec le sol, poids en partie compensé par la portance
➔ les trains doivent donc supporter au maximum le poids de l'avion.
- Phase de freinage: centre de gravité à 16.12m du nez ➔ A=6.12m B=7.98m

$$l_1 = l_2 = 4\text{m} \quad h_1 = h_2 = 5\text{m}$$

PFD: $F_{\text{brake}} = m \cdot a = 115 \text{ kN}$

Moment cinétique: $F_{mg} = \frac{h_1 \cdot m \cdot a + B \cdot F_{ng}}{A} = 637 \text{ kN}$

$$F_{ng} = \frac{A \cdot P - h_1 \cdot m \cdot a}{A + B} = 344 \text{ kN}$$



Efforts s'appliquant sur l'avion

14

- Atterrissage:

1) Dimensionnement de l'amortisseur: $\eta \cdot s = \eta_s \cdot s_s + \eta_t \cdot s_t = \frac{v_z^2}{2 \cdot g \cdot N_g}$

Avec $N_g = 2.7$, $v_z = 3.05$ m/s (norme FAR25) et $\eta_s = 0.7$

Déflexion du pneu: $\% Deflection = \frac{2d}{D_0 - D_F} * 100$ d'où $d = 115$ mm = s_t

On peut donc déduire $s_s = \frac{\eta \cdot s - \eta_t \cdot s_t}{\eta_s} = 123$ mm

2) Force sur le train: $E_c = \frac{1}{2} m v^2$ et $\Delta E_c = 2 \cdot \Delta F_{mg} \cdot \Delta s$ d'où $F_{mg} = \frac{1}{4} \frac{m \cdot v^2}{s} = 1890$ kN

Récapitulatif	Pneu	Amortisseur
Raideur (N/mm)	2 139	3 985
Coefficient d'amortissement (N.s/mm)	80	161

Dimensionnement des vérins

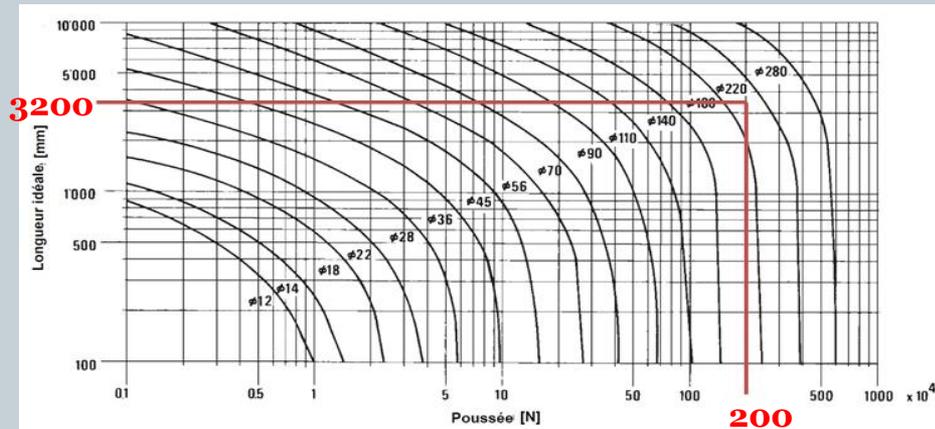
15

Train avant :

- Force maximale par train : 2000 kN

- Rayon intérieur du vérin :

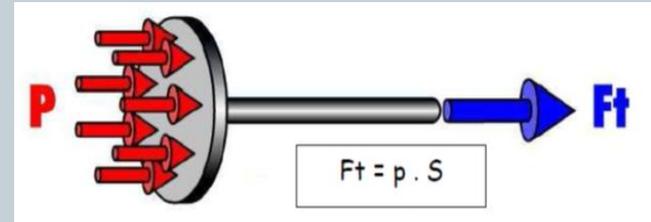
$$R = \sqrt{\frac{F_r}{0.9 * \pi * p}} = 190mm$$



- Diamètre de la tige : 220 mm

Train arrière :

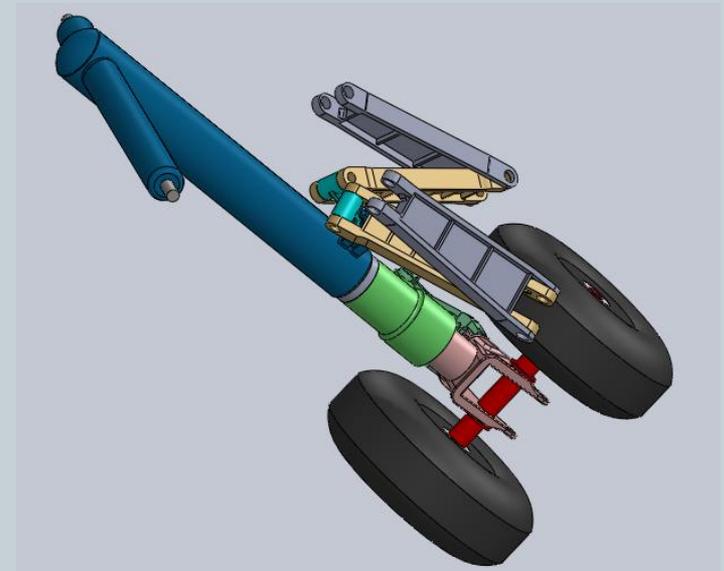
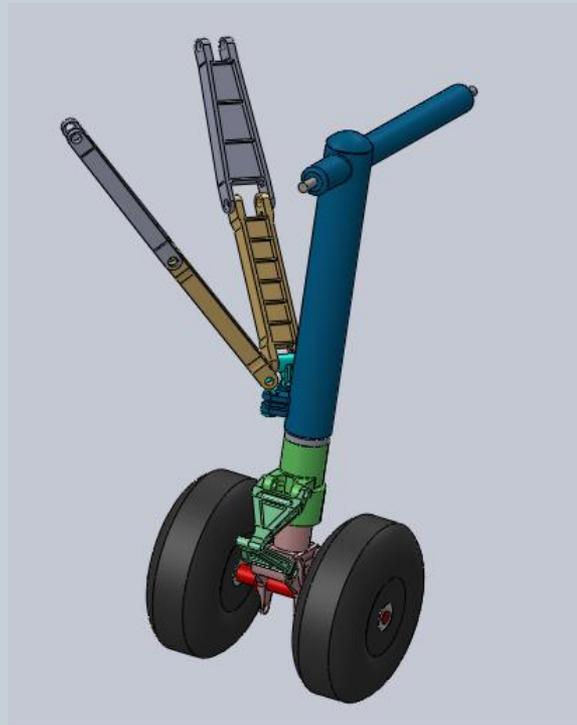
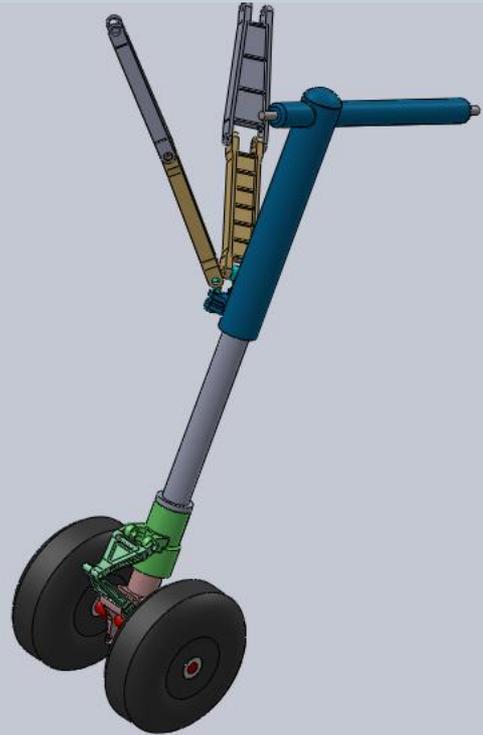
- Diamètre intérieur du vérin : 126 mm
- Diamètre de la tige : 110 mm



Modélisation 3D

16

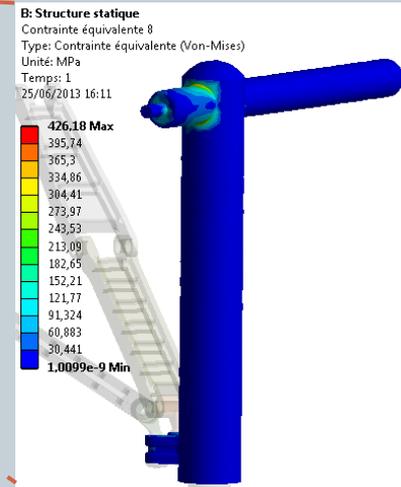
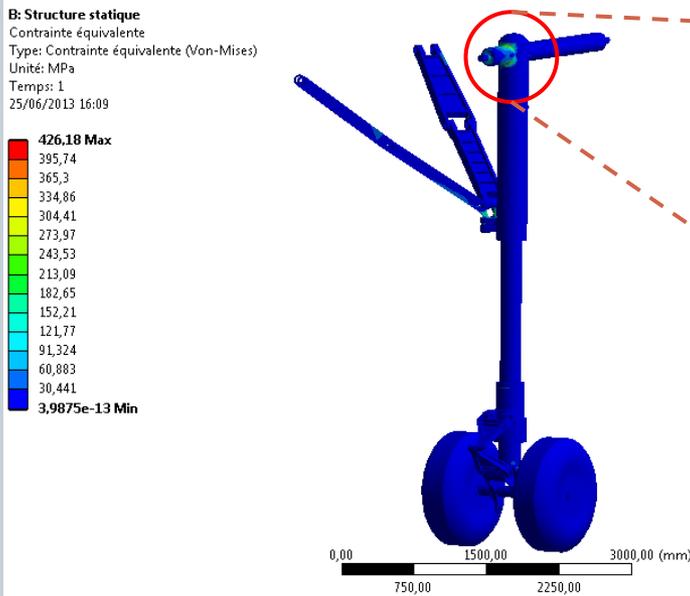
- Modélisation du train sous SolidWorks



Méthode des éléments finis

17

- **Avion à l'arrêt:** force verticale de 441 450 N (90% du poids sur les trains principaux)
La **contrainte maximale est de 340 MPa** et se situe sur la barre de fixation du train aux longerons.
- **Phase de freinage:** force verticale de 441 450 N et force de freinage de 115 kN (dans le sens opposé au mouvement)
La **contrainte maximale est de 426 MPa** et se situe au même endroit que



Méthode des éléments finis

18

- **Atterrissage:** la force maximale transmise à l'avion lors de l'atterrissage est de 1 890 kN et se produit à l'instant où l'avion touche le sol.

La contrainte maximale est alors de 1 458 MPa.

Contraintes trop importantes pour les matériaux utilisés dans cette étude



Surement dues à une modélisation simplificatrice de l'amortisseur sous Ansys, la force transmise aux trains est donc plus importante qu'en réalité.

Suite du projet

19

- Première étude en se basant sur les composants principaux du train d'atterrissage
 - Solution envisageable
- A approfondir :
 - Modèle statique
 - Habitacle trains
 - Vérin de manœuvre
 - Train arrière (roues, solution de rétraction)
 - Etude dynamique