

# LEPL1110 - Rapport sur les déformations d'un avion

Groupe 55 : Targonski Krystian, 42942000 - Ulysse Reinbold, 30522000

Avril 2024

## 1 Description du problème

Notre projet vise à mettre une chose bien au clair, les avions c'est quand même assez solide. Beaucoup de personnes se posent des questions sur l'intégrité des ailes lorsque celles-ci se déforment au décollage ou même durant le vol. Ce que nous allons montrer ici c'est que ce genre de déformations est tout à fait admissible et même normal. Nous avons donc fait une coupe d'un avion (Fig.1) et on a regardé comment les ailes se déformaient en fonction de la vitesse, altitude et aussi la masse que l'avion transporte à un moment donné. Voici une représentation du problème avec le maillage que nous avons créé :

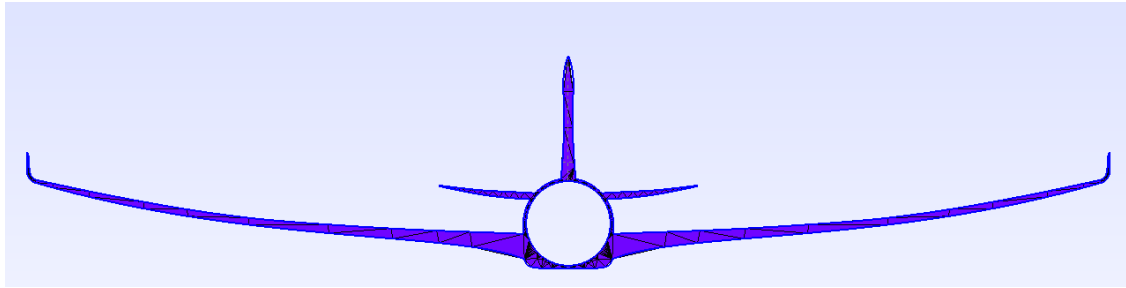


Figure 1: Mesh

Nous avons aussi poser quelques hypothèses pour adapter cette situation en un problème d'élasticité en 2D faisable, les voici :

- Les déformations qui nous intéressent sont seulement suivant l'axe des Y (haut/bas) sur notre plan
- La portance est générée exclusivement par les ailes
- D'un point de vue aussi un peu plus réaliste, on a choisi de se baser sur un avion existant, le Airbus A350-900. Toutes nos valeurs sont donc tirées des informations disponibles sur cet avion !
- Pour des questions pratiques et par simple curiosité, nous avons décidé de changer la composition du fuselage, en réalité il est composé à moitié de matériaux composites, tels que la fibre de carbone, ainsi que d'un mélange d'alliages d'aluminium et de titane, mais on a décidé de regarder ce qui se passe si tout l'avion était fait à 100% des fibres de carbone comme les ailes.

## 2 Physique du problème

Suivant donc ces hypothèses, notre avion ne subit que 2 forces lors de son vol, la première étant la portance et la seconde son poids. La force de portance est appliquée sur les 2 ailes ce qui implique un moment de force sur celles-ci et donc une déformation. On ne va pas passer beaucoup de temps dessus mais voici la formule que nous avons utilisée pour calculer la portance de nos ailes :

$$F = k/2 * \rho * V^2 * S$$

Avec :

- k, qui vaut une constante dépendante de la forme de l'aile, typiquement entre 0.3 et 0.7. Pour notre application, nous avons découvert qu'elle vaut 0.38.

- $\rho$ , qui est la masse volumique de l'air.
- $V$ , qui est la vitesse de l'avion. Dans des conditions de vol standards, elle vaut Mach 0.85.
- $S$ , qui est la surface de portance. Dans notre cas, soit 443 m<sup>2</sup>.

Encore un peu de valeurs pour vraiment fixer le problème, voici les caractéristiques des ailes<sup>1</sup> :

- Module d'élasticité : 294 GPa
- Élongation maximale 1.75%
- Résistance à la traction 5407 MPa

### 3 Résolution du problème

La partie un peu plus intéressante maintenant, pour résoudre ce problème nous avons implémenté un solveur CG + CSR qui nous a servi à simuler différents scénarios sur notre mesh (à préciser qu'il est aussi bien plus rapide ! D'après nos tests CS + CSR est environ 45 fois plus rapide que le solveur fournit par défaut ! Un temps de calcul en moyenne de 12.9 s est descendu à 0.29 ms).

Premièrement nous avons dû mettre en place des conditions sur les frontières de telle manière à ce que le modèle, 1) ne se casse pas directement ou fasse des mouvements inattendus et 2) pour que les mouvements de déformation soient bien ceux qu'on veut analyser. Pour cela nous avons mis une combinaison de conditions de Dirichlet et Neumann sur les parties qui étaient le plus prones aux déformations; le bas du fuselage ainsi que le haut, les winglets au bouts des ailes et bien évidemment les ailes. De toutes ces parties, seuls les ailes sont libres de bouger suivant les forces qui s'appliquent dessus, les wingtips sont fixés à suivre les ailes et le fuselage en général est rempli de conditions de Dirichlet pour éviter tout mouvement sporadique.

### 4 Résultats et interprétation

Mis à part quelques situations inattendues dû à des valeurs un peu trop grandes des forces, nous avons observé une déformation acceptable de l'ordre de 5m en hauteur, dépendamment de la charge que transporte l'avion. Ceci correspond avec ce que Airbus nous fournit. Pour voir cette déformation un peu plus visuellement, nous avons fait une petite animation que vous pouvez aller voir sur ce lien. Une observation assez importante c'est qu'on remarque une augmentation brusque du stress au niveau de la connection entre fuselage et ailes plus la charge augmente, ceci peut effectivement être un comportement dangereux de ces matériaux mais il faut aussi préciser qu'on a dû monter à 100 tonnes au dessus de la limite de chargement que Airbus autorise pour cet avion. On peut donc montrer assez visuellement que ce mouvement des ailes est assez naturel et qu'il faut aller bien au-delà des limites mises en place pour commencer à voir des signes de fissures, autrement dit, il ne faut pas avoir peur si l'aile bouge quand l'avion bouge. D'autres mentions importantes concernant ces déformations, lors d'un vol, la vitesse de l'air change constamment, et étant donné que la vitesse intervient dans la portance, il est logique de se demander comment un changement de vitesse de l'air ou de l'avion peut influencer la déformation des ailes. Il s'avère que les fluctuations de l'air ne sont pas assez grandes que pour avoir un changement notable ceci dit, plus l'avion va vite, plus la déformation sera visible. Finalement on voulait aussi regarder ce qu'implique le changement d'altitude mais ceci encore une fois, n'a pas beaucoup d'influence même si cela apparaît de manière indirecte dans la formule de la portance.

---

<sup>1</sup><https://gernitex.com/fr/ressources/fibre-de-carbone-proprietes/>