

TD1

Aérodynamique autour d'une aile d'avion

L'objectif de ce TD est de prendre en main le logiciel commercial de CFD Fluent, avec la simulation d'un écoulement turbulent et compressible d'air autour d'une aile d'avion à un angle d'incidence α non-nul.

La géométrie de l'aile est présentée sur la figure 1. La surface alaire de l'aile est définie comme la projection horizontale du contour de l'aile, et vaut dans le cas étudié 4 m^2 . Comme on peut l'observer, l'angle d'incidence α est défini comme l'angle que forme la vitesse relative de l'air avec le segment reliant le bord d'attaque et le bord de fuite de l'aile.

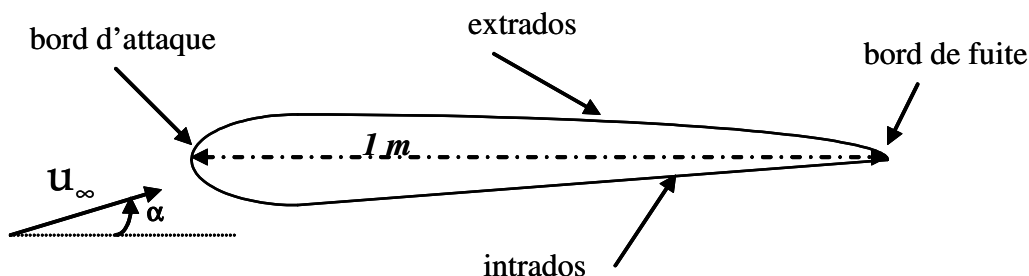


Figure 1 : Aile d'avion étudiée

On considère que l'avion vole à la vitesse de $Ma=0,73$ à une altitude de 6000 m où la température de l'air vaut -20°C , et que l'aile a une incidence de $2,0^\circ$ avec le courant d'air.

Rapport par binôme (maxi 5 pages):

Après avoir vérifié l'ensemble des conditions aux limites et la bonne convergence du calcul, on demande de calculer les grandeurs suivantes pour $\alpha=2,0^\circ$:

- les forces de portance F_p et de trainée F_t ,
- les coefficients C_x et C_z ,
- la finesse f de l'aile*.

Effectuez de nouveaux calculs pour des angles d'incidence, soit un peu plus faibles (ou très légèrement négatifs), soit plus élevés (on se limitera à un angle de 10° , car au-delà les calculs ne sont plus fiables). Donnez et commentez pour ces différents angles d'incidence :

- les forces, les coefficients C_x , C_z et la finesse de l'aile,
- le positionnement de l'onde de choc et du point de décollement de la couche limite (s'il a lieu) sur l'extrados,
- l'évolution de la turbulence dans le sillage.

Illustrez vos commentaires par quelques figures bien choisies et limitées les évolutions de l'écoulement au-dessus de l'extrados.

* La finesse est définie comme le rapport de la force de portance sur la trainée, soit encore le rapport de C_z et C_x . Il définit, à l'équilibre, l'angle θ de descente d'un planeur par rapport au sol.

Aspect informatique.

On utilisera pendant toutes les séances le système d'exploitation Windows.

Créer un répertoire "MFN" pour le cours, puis un sous-répertoire "Aile" pour ce TD.

Dans ce répertoire, copier les deux fichiers "profil_T253K_2025.cas.h5" et "profil_T253K_2025.dat.h5".

Ces fichiers sont situés dans Espace Commun (K :) Departement_P2E/MFN_CET/

Pour exécuter le code Fluent, on utilisera une machine virtuelle (Virt'UL accessible depuis l'ENT pour les élèves inscrits) et la version *Fluent 2022 R1*

Consignes pour le rapport (à rédiger par binôme).

6 pages maxi

Rapporter les résultats (forces, trainée, portance, finesse ...) en fonction de l'angle d'incidence

Pour chaque simulation présentée, la qualité de la convergence des équations sera donnée et commentée.

Décrire l'évolution de l'écoulement sur l'extrados en fonction de l'angle d'incidence.

En plus de la possibilité de rapporter des champs 2D de vecteurs vitesses ou de scalaires, on n'oubliera pas de s'appuyer sur des courbes 1D $y=f(x)$ et sur les bilans de forces.

Annexe : Aérodynamique des ailes d'avion

En cours de dynamique des fluides, nous avons analysé les deux composantes de la force qui apparaît sur un profil autour d'un obstacle (aile d'avion par exemple) en mouvement relatif par rapport à un fluide environnant. La force de portance F_p est définie comme la force perpendiculaire à la vitesse U et maintient l'avion en sustentation. La force de trainée F_t est colinéaire au vecteur vitesse. C'est une force essentiellement de frottement visqueux qui ralentit l'aéronef que l'on cherche à minimiser.

En pratique, on caractérise la portance et la trainée par deux coefficients sans dimension notés respectivement C_z et C_x , qui dépendent **uniquement** de la géométrie de l'aile et de l'angle d'incidence.

$$F_p = \frac{1}{2} \rho U_\infty^2 S C_z(\alpha) \quad \text{et} \quad F_t = \frac{1}{2} \rho U_\infty^2 S C_x(\alpha)$$

avec S la surface alaire de l'aile.

La portance est liée à la circulation du fluide autour de l'aile entraînant une dépression sur l'extrados. Cette circulation est induite par la forme du profil de l'aile. La force de

portance augmente avec la vitesse U relative de l'aile par rapport au fluide : l'avion peut décoller lorsque U est suffisant pour que F_p excède son poids.

Afin de diminuer les longueurs d'atterrissage et de décollage, il faut réduire au mieux la vitesse de l'avion pendant ces phases et par suite augmenter sensiblement le coefficient de portance. Ce résultat est obtenu en augmentant l'angle d'incidence de l'aile, puisque C_z croît avec l'incidence (aux faibles valeurs de α), comme le montre le schéma de la figure 2.

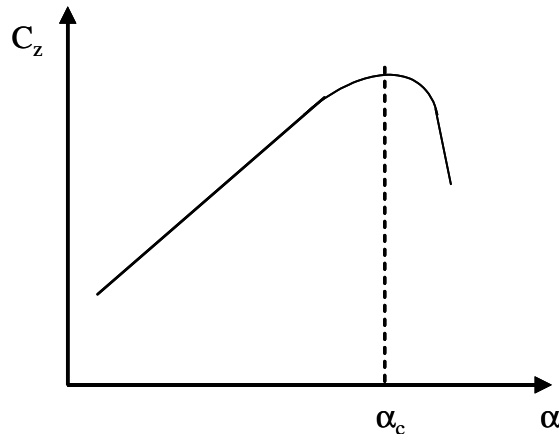


Figure 2 : Courbe schématique donnant les variations de C_z avec l'angle d'incidence α

Si on augmente α au-delà d'un angle dit critique α_c , on observe un décollement de la couche limite sur la face supérieure de l'aile et l'apparition d'un sillage de grande dimension. La pression sur l'extrados augmente alors, la portance diminue rapidement et la traînée croît ; ceci conduit à une chute de l'avion souvent difficile à contrôler. C'est le phénomène de **décrochage**. Les constructeurs cherchent à donner des valeurs α_c les plus grandes possibles pour repousser ce phénomène. A cette fin, des volets de bord d'attaque et de bord de fuite (pour augmenter le coefficient de portance C_z à valeur de α donnée) sont installés.

Vous pourrez mettre en avant les limites de la simulation pour des angles importants ($>10^\circ$), où la convergence devient très (très !) difficile et où les résultats physiques deviennent peu ou pas satisfaisants.