



CentraleSupélec

Conception Aérodynamique d'un Aileron de F1

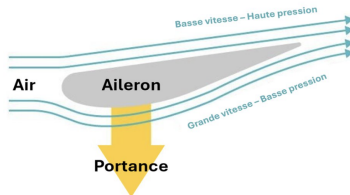
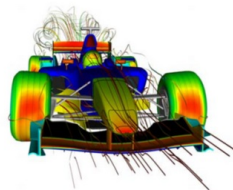
4 février 2025

Alexian Hélaine, Yacine Ghanassi, Martin Potier, Raphaël Brugère

Introduction

Pourquoi un aileron en Formule 1 ?

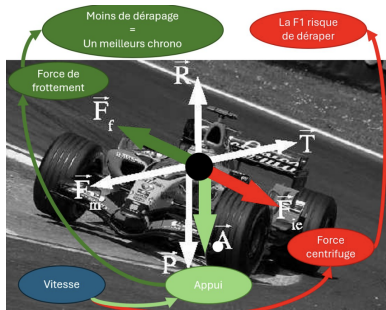
- Générer de l'appui (portance négative)
- Améliorer la stabilité en virage
- Optimiser le compromis entre vitesse en virage et vitesse de pointe



Forces en jeu sur une F1 en virage

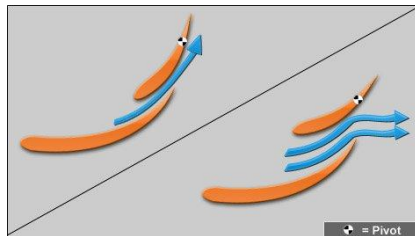
Pourquoi l'appui aérodynamique est crucial en virage ?

- **L'appui aérodynamique (\vec{A})** augmente la force appliquée sur les pneus, améliorant l'adhérence.
- **Sans appui suffisant**, la force centrifuge (\vec{F}_c) domine → la voiture décroche.
- **Avec un bon appui**, la force de frottement (\vec{F}_f) compense la force centrifuge et permet de garder le contrôle.
- Objectif : Trouver un équilibre entre **vitesse en ligne droite** et **appui en virage**.



Cahier des Charges

- Profil monocorps
- Mach : 0.3
- Reynolds : 3.4×10^6
- Corde : 50 cm
- Épaisseur minimale : 18%
- Objectif : **Maximiser la portance sans contrainte de traînée**



Méthodologie et Outils

Outil utilisé :

- **XFOIL** : Simulation 2D en écoulement visqueux

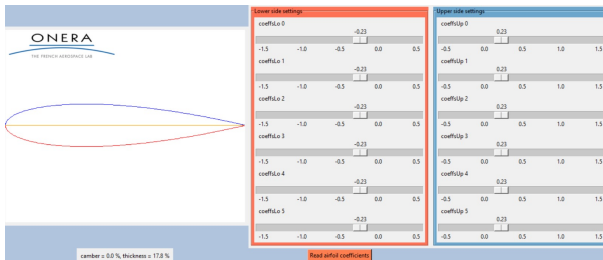
Hypothèses :

- Écoulement incompressible
- Transition naturelle de la couche limite

Démarche de Conception

Approche incrémentale :

- Départ d'un profil connu (ex : NACA 0018)
- Modifications progressives du bombage et de l'épaisseur de l'extrados (bas de l'aileron arrière)
- Évaluation des performances à chaque itération



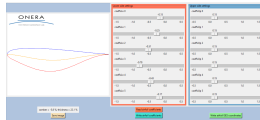
Analyse des Profils Bombés

Comparaison de trois profils :

- Variation du bombage
- Maximisation de la succion sur l'extrados
- Observation de l'impact sur la stabilité et la portance



Bombe 1



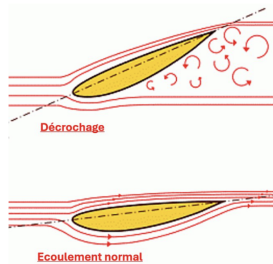
Bombe 2



Bombe 3

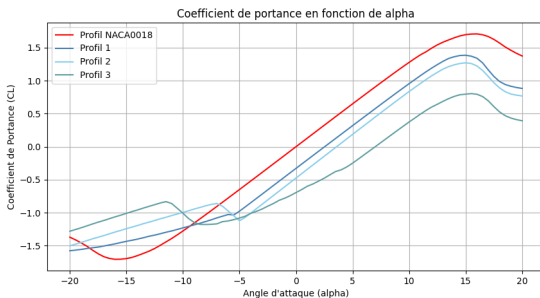
Détermination du Point de Fonctionnement

- Tracer la polaire $C_L = f(C_D)$
- Identifier le meilleur compromis portance/traînée
- Déduire $\alpha_{\text{fonctionnement}}$ et comparer avec $\alpha_{\text{décrochage}}$
 - Lorsque $\alpha_{\text{fonctionnement}}$ est trop proche ou dépasse $\alpha_{\text{décrochage}}$, il y a un risque de décrochage entraînant une perte de portance.



Coefficient de Portance (C_L) en fonction de l'angle d'attaque

- C_L mesure l'appui généré par le profil en fonction de l'angle d'attaque α .
- Un profil avec un C_L plus élevé (en valeur absolue) à bas α est plus performant en virage.
- Le NACA 0018 surpasse nos profils 1, 2 et 3. **Nous changeons de démarche.**



Analyse d'autres profils

Comparaison de trois profils type NACA non symétrique :



Profil thickness 18.2



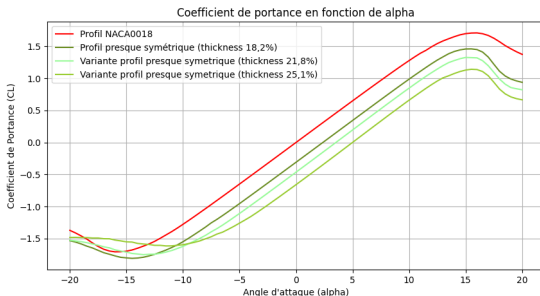
Profil thickness 21.8



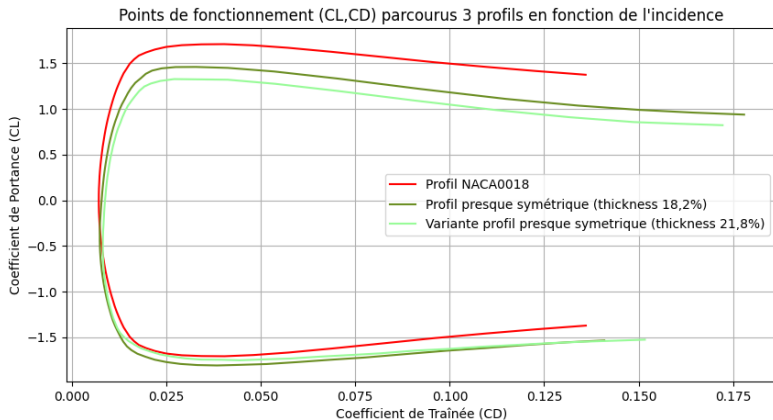
Profil thickness 25.1

Coefficient de Portance (C_L) en fonction de l'angle d'attaque

- C_L mesure l'appui généré par le profil en fonction de l'angle d'attaque α .
- Un profil avec un C_L plus élevé (en valeur absolue) à bas α est plus performant en virage.

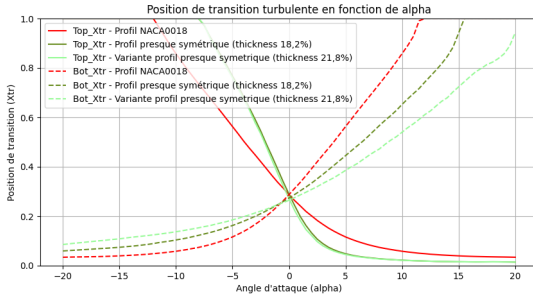


Polaire C_L en fonction de C_D



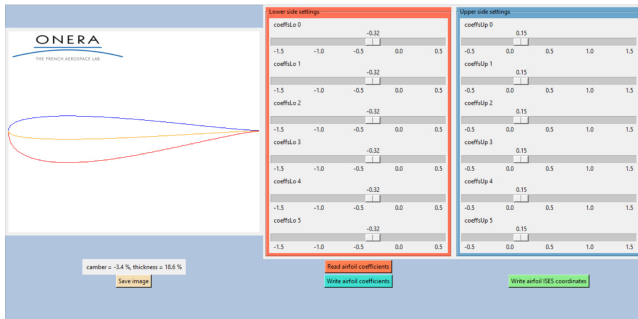
Position de Transition Laminaire-Turbulent (X_{tr})

- X_{tr}/c détermine où l'écoulement devient turbulent.
- Une transition tardive réduit la traînée, mais peut causer une instabilité.



Choix du Meilleur Profil

- Plage angulaire de fonctionnement meilleure que le NACA : -12 à -15 degrés
- Plage angulaire d'appui aérodynamique : -15 à 2 degrés
- Coefficient de portance optimal : $C_L = -1.8$
- Coefficient de trainée associé : $C_D = 3.75 \times 10^{-2}$



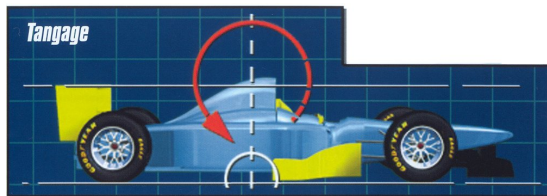
Analyse du Moment de Tangage C_m et Comparaison des Profils

Rôle de C_m :

- Indique la tendance d'un aileron à **cabrer** ($C_m > 0$) ou **piquer** ($C_m < 0$).
- Influence la **stabilité longitudinale** et l'équilibre aérodynamique en virage.

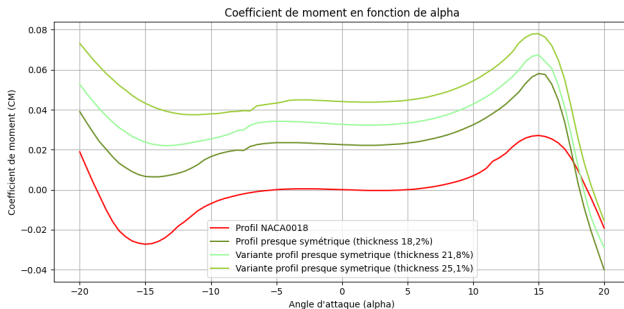
Comparaison des Profils :

- **Profil cambré** : plus d'appui mais tendance à piquer (C_m négatif).
- **Profil symétrique** : plus stable mais moins d'appui.



Coefficient de Moment (C_M) en fonction de l'angle d'attaque

- C_M indique la stabilité du profil.
- Un C_M trop négatif peut induire une tendance au cabrage/picotement, influençant la maniabilité.



Conclusions et Perspectives

Conclusions :

- Optimisation du profil pour maximiser C_L et retarder le décrochage
- Validation par étude du coefficient du moment de tangage
- Meilleures performances qu'un profil NACA classique

Perspectives :

- Tester des becs de bord d'attaque, mettre des volets
- Étendre l'analyse à des écoulements compressibles
- Simulation CFD 3D pour optimisation avancée

Merci de votre attention !