

Compte Rendu de TP

Aéro 3 – Simulation CFD sur profil NACA0012

Rayan CHENNAOUI
IPSA - 3VEa - 12/05/2025

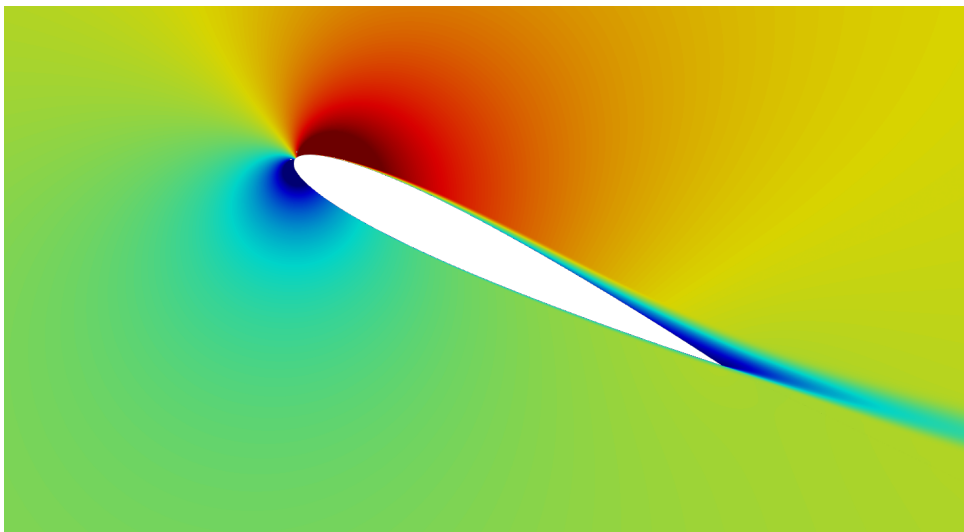


Table des matières

1	Introduction	2
2	Objectifs du TP	2
3	Géométrie	2
4	Résultats et interprétations	3
4.1	Vitesse 10 m/s, angle d'incidence 0°	3
4.2	Étude de l'évolution du coefficient de portance en fonction de l'angle d'incidence (4° , 7° , 10°)	7
4.3	Détermination de l'angle de décrochage	7
5	Conclusion	8

1 Introduction

Ce TP a pour objectif d'étudier le comportement aérodynamique d'un profil NACA0012 à l'aide du logiciel de simulation STAR CCM+. En faisant varier l'angle d'incidence, on cherche à analyser l'évolution du coefficient de portance et à déterminer l'angle de décrochage. Cette étude permet de mieux comprendre le lien entre l'écoulement de l'air autour du profil et les forces générées.

2 Objectifs du TP

L'objectif principal de ce TP est de simuler l'écoulement de l'air autour d'un profil NACA0012 à l'aide de la CFD (STAR CCM+), afin de :

- Visualiser l'écoulement de l'air autour du profil pour différents angles d'incidence ;
- Déterminer l'évolution du coefficient de portance (C_z) en fonction de l'angle d'incidence ;
- Identifier l'angle de décrochage à partir de la courbe $C_z(\alpha)$;
- Comparer les résultats obtenus par simulation avec des données expérimentales (si disponibles).

3 Géométrie

Nous nous sommes servis d'un fichier Excel comportant toutes les données du profil NACA 0012 afin de créer la géométrie sur Star CCM :

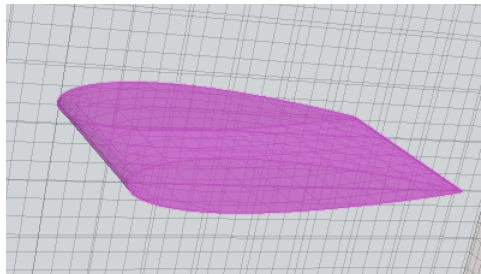


FIGURE 1 – Géométrie de l'aile

Puis, nous avons créé un domaine représentant la soufflerie, avec les géométries du problème, et nous avons utilisé un maillage :

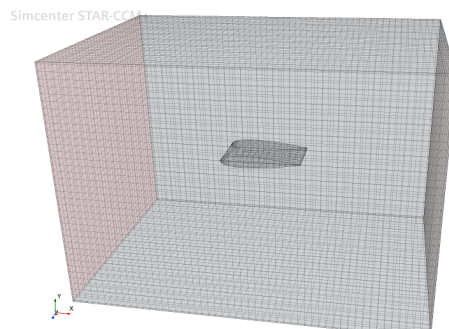


FIGURE 2 – Maillage utilisé

Puis, nous créons les régions, nous mettons en place la physique adaptée, nous créons également les reports, plot et scènes.

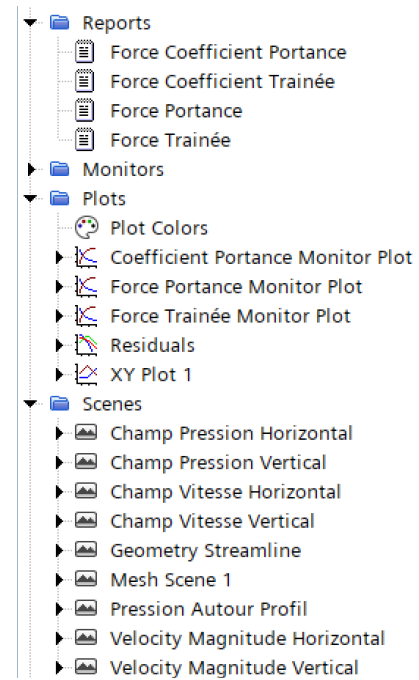


FIGURE 3 – Fichiers créés

4 Résultats et interprétations

4.1 Vitesse 10 m/s, angle d'incidence 0°

Résidus

La courbe des résidus montre une bonne convergence de la simulation. Après environ 150 itérations, l'ensemble des coefficients résiduels chute en dessous du seuil de 10^{-4} et se stabilise. Cela indique que le calcul a atteint un état quasi-stationnaire, garantissant la fiabilité des résultats obtenus pour l'analyse des champs de pression, de vitesse et des coefficients aérodynamiques.

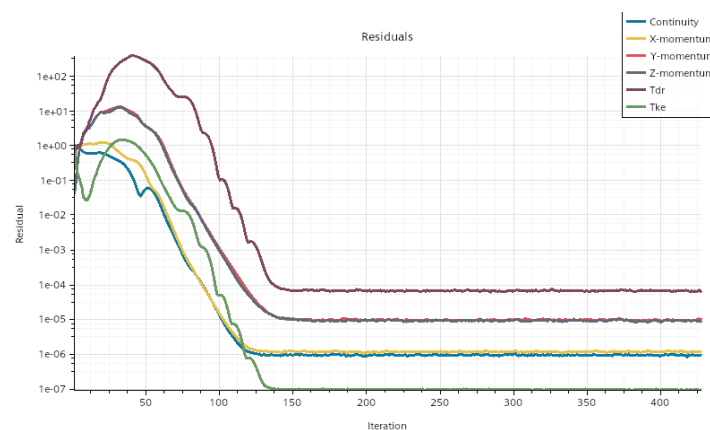


FIGURE 4 – Résidus pour 0 degrés

Vitesse

À 0° , l'écoulement autour du profil NACA0012 reste symétrique, avec une accélération du fluide au voisinage de l'extrados et de l'intrados, caractéristique d'un écoulement attaché. Cela confirme un régime stable, avec un coefficient de portance très faible, proche de zéro, comme attendu pour un profil symétrique sans incidence.

On observe une accélération du flux au niveau du bord d'attaque, suivie d'une décélération progressive en s'approchant du bord de fuite. Ces visualisations permettent de mieux comprendre la distribution des vitesses et constituent des outils pour évaluer les performances aérodynamiques.

Le champ de vecteurs de vitesse sur le plan horizontal illustre la direction et l'intensité de l'écoulement, avec des variations de couleur mettant en évidence les zones d'accélération et de décélération.

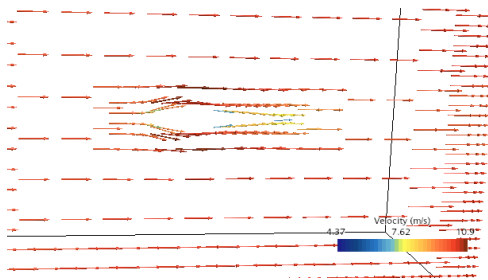


FIGURE 5 – Champ de vitesse horizontal

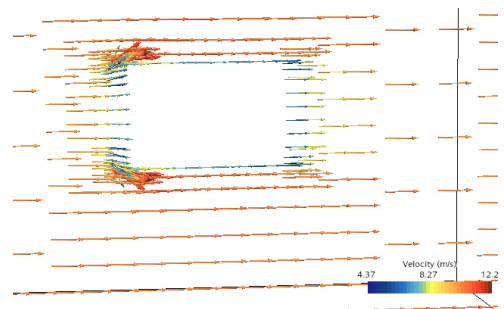


FIGURE 6 – Champ de vitesse vertical

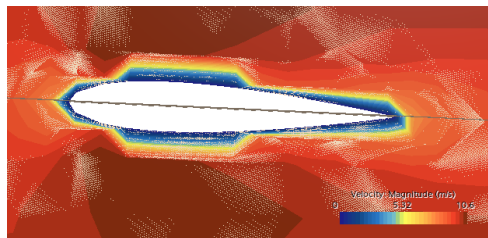


FIGURE 7 – Velocity magnitude horizontal

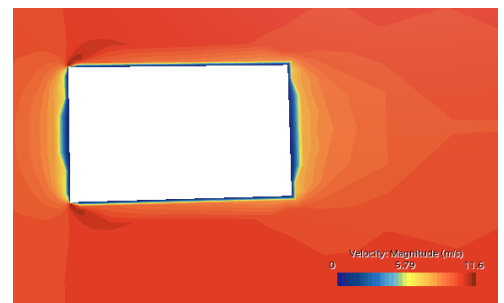


FIGURE 8 – Velocity magnitude vertical

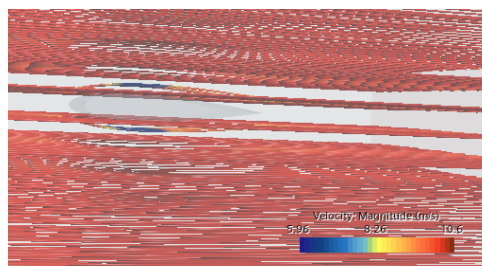


FIGURE 9 – Lignes de courant

Pression

À 0° , l'écoulement autour du profil NACA 0012 reste symétrique, avec une accélération du fluide près de l'extrados et de l'intrados, caractéristique d'un écoulement attaché. Cela confirme un régime stable avec un faible coefficient de portance, comme attendu pour un profil symétrique sans incidence. La pression est presque uniforme sur les deux faces du profil, avec une légère différence due à l'accélération du fluide.

On observe une accélération au bord d'attaque, suivie d'une décélération vers le bord de fuite, générant des zones de basse pression. La pression est plus faible sur l'extrados, où le fluide accélère, et plus élevée sur l'intrados. Ces visualisations aident à comprendre la distribution des vitesses et des pressions, essentielles pour évaluer les performances aérodynamiques.

Le champ de vecteurs de vitesse sur le plan horizontal montre la direction et l'intensité de l'écoulement, avec des variations mettant en évidence les zones d'accélération (sous-pression) et de décélération (pression élevée).

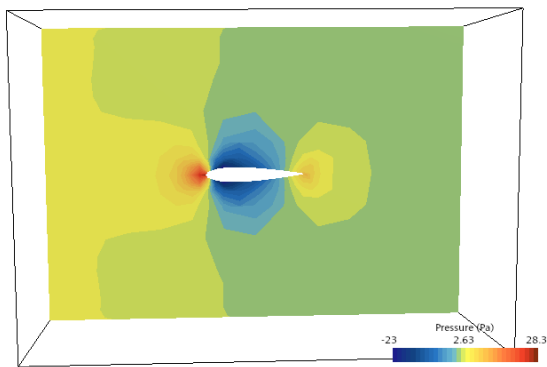


FIGURE 10 – Champ de pression horizontal

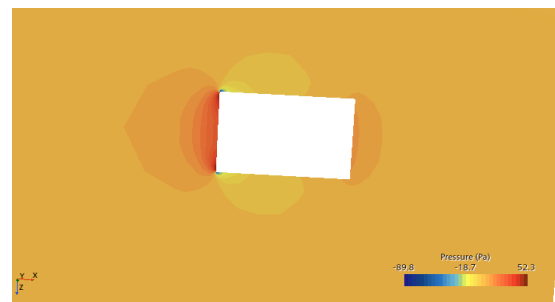


FIGURE 11 – Champ de pression vertical

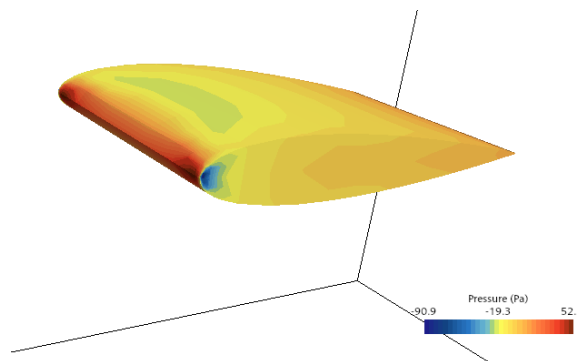


FIGURE 12 – Contour de pression

Coefficients de force

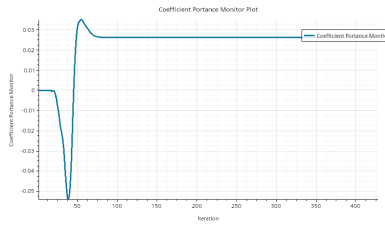


FIGURE 13 – Courbe du coefficient de portance en fonction des itérations

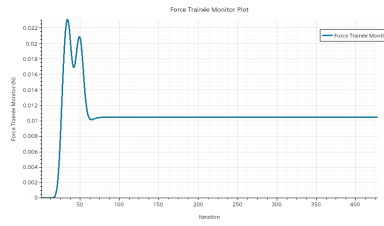


FIGURE 14 – Courbe de la traînée en fonction des itérations

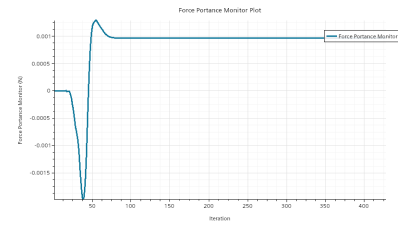


FIGURE 15 – Courbe de la portance en fonction des itérations

La valeur numérique pour le coefficient de portance en fonction des itérations est de 0,0262 pour un angle de 0° ce qui est faible, et c'est ce qui correspond à un profil NACA 0012 symétrique avec une faible portance.

La force de portance est de 0,001, indiquant une faible génération de portance, tandis que la force de traînée de 0,0105 reflète une résistance modérée à l'écoulement. Ces résultats sont attendus pour un profil symétrique à faible incidence.

Discussion sur la convergence, la stabilité, et la cohérence des résultats

Les résultats montrent une bonne convergence des courbes de portance et de traînée, avec des valeurs stables à travers les itérations. Le faible coefficient de portance et la force de portance faible indiquent que le profil NACA 0012, dans les conditions testées, génère une faible portance et une résistance modérée à l'écoulement.

Les valeurs obtenues sont cohérentes avec les attentes théoriques pour un profil symétrique sans incidence, suggérant que la simulation est stable et les résultats convergents.

4.2 Étude de l'évolution du coefficient de portance en fonction de l'angle d'incidence (4°, 7°, 10°)

Les résultats obtenus sont regroupés ci-dessous dans le tableau :

Angle d'incidence (°)	Coefficient de portance (Cz)
0	0,026
4	0,81
7	1,64
10	2,58

FIGURE 16 – Tableau de l'angle d'incidence et des coefficients de portance (0° à 10°)

Le coefficient de portance (Cz) augmente de manière significative avec l'angle d'incidence. À 0°, Cz est faible (0,026), mais dès 4°, il atteint 0,81, puis continue d'augmenter jusqu'à 2,58 à 10°. Cette croissance montre que l'angle d'incidence joue un rôle crucial dans la génération de portance, avec un gain notable de performance au fur et à mesure que l'incidence augmente. Cette tendance est typique pour les profils aérodynamiques, où une incidence plus élevée augmente la différence de pression entre l'extrados et l'intrados, générant ainsi plus de portance.

4.3 Détermination de l'angle de décrochage

Ensuite, pour cette partie, plusieurs expériences ont été réalisées afin d'obtenir une courbe de décrochage intéressante, en prêtant de l'attention aux valeurs entre 40° et 45° où le décrochage survient. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous, et un graphique a été réalisé pour visualiser le coefficient de portance en fonction de l'angle d'incidence :

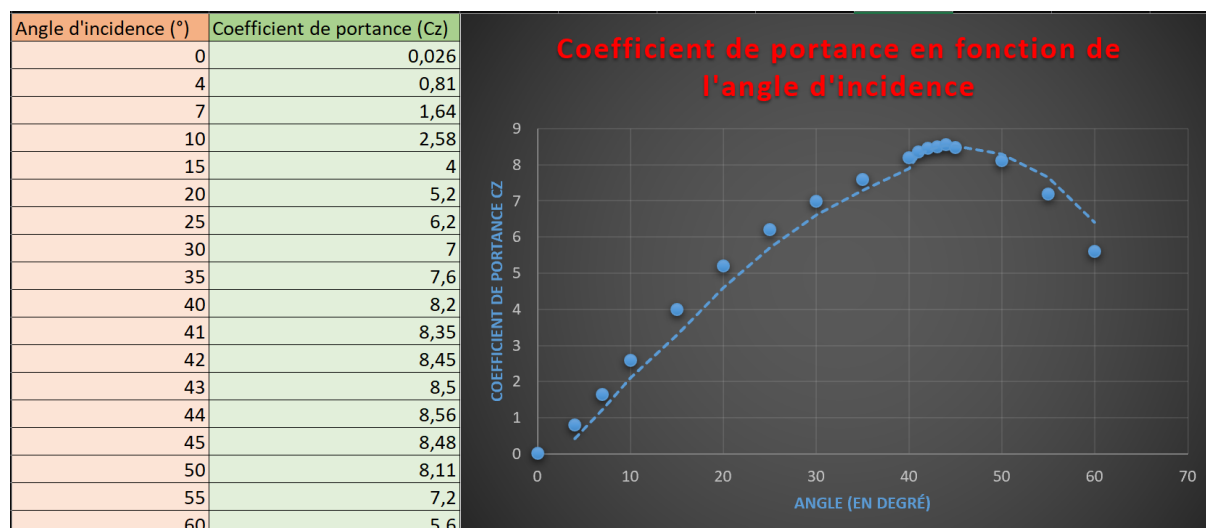


FIGURE 17 – Tableau de valeurs et graphique de décrochage

Nous remarquons qu'à partir de 44° notre coefficient ne croît plus, mais se met à diminuer : c'est notre angle de décrochage, à ne surtout pas atteindre pour ne pas subir une perte de contrôle de l'avion.

5 Conclusion

Ce TP nous a permis d'approfondir notre compréhension du comportement aérodynamique d'un profil NACA 0012 à travers des simulations numériques sous STAR CCM+. À incidence nulle, les résultats confirment une portance quasi nulle et un écoulement symétrique, conforme aux attentes pour un profil symétrique. La convergence des simulations a été assurée, garantissant la fiabilité des données obtenues.

L'augmentation progressive du coefficient de portance avec l'angle d'incidence démontre bien l'effet direct de l'inclinaison du profil sur la génération de portance. Le C_z passe ainsi de 0,026 à 0° à 2,58 à 10° , illustrant un comportement aérodynamique typique. L'analyse du décrochage a mis en évidence une rupture à 44° , au-delà de laquelle la portance chute brutalement, signalant une perte d'efficacité aérodynamique.

Lors du TP en soufflerie, bien que des problèmes techniques aient empêché l'obtention de mesures parfaitement exploitables en fin de séance, les premières valeurs relevées étaient globalement proches de celles obtenues par simulation. En comparant avec les résultats d'autres groupes, les données issues de STAR CCM+ apparaissent cohérentes avec les observations expérimentales.

Ces résultats confirment la validité de la simulation numérique comme outil complémentaire à l'expérimentation pour analyser les performances aérodynamiques d'un profil.

Table des figures

1	Géométrie de l'aile	2
2	Maillage utilisé	2
3	Fichiers créés	3
4	Résidus pour 0 degrés	3
5	Champ de vitesse horizontal	4
6	Champ de vitesse vertical	4
7	Velocity magnitude horizontal	4
8	Velocity magnitude vertical	4
9	Lignes de courant	4
10	Champ de pression horizontal	5
11	Champ de pression vertical	5
12	Contour de pression	5
13	Courbe du coefficient de portance en fonction des itérations	6
14	Courbe de la traînée en fonction des itérations	6
15	Courbe de la portance en fonction des itérations	6
16	Tableau de l'angle d'incidence et des coefficients de portance (0° à 10°) . .	7
17	Tableau de valeurs et graphique de décrochage	7