

MU5MEF39 : Optimisation aérodynamique

Optimisation de forme aérodynamique pour des configurations de référence

AIAA Drag Workshop Benchmarks using SU2

Modalités de projet :

1. Le travail se fait en binôme.
 2. Les réponses aux questions (éléments théoriques et résultats numériques) sont à rédiger sous forme d'un rapport en format **pdf** d'environ 10 pages qui devra être déposé sur moodle dans la section Projet avant **mardi 22 février minuit**.
 3. Contenu rapport (a minima) : Introduction (Motivation), Description du problème étudié, Résultats obtenus avec commentaires, Conclusion (et Perspectives), Bibliographie (et éventuellement Annexe)
 4. Les figures comporteront une légende et les axes seront labelisées.
-

Cadre de l'étude

L'objectif de ce projet est de se fixer par la pratique les notions théoriques et numériques vues en cours de Optimisation Aérodynamique sur un problème benchmark proposé par le groupe de travail AIAA Aerodynamic Design Optimisation Discussion Group (ADO-DG).

La géométrie considéré est un profil d'aile NACA0012 modifié (voir Case 1 de ADO-DG¹) pour avoir un bord de fuite pointu (c'est à dire la même géométrie qu'en TP).

On souhaite analyser un problème d'optimisation sur cette géométrie avec contrainte. Pour cela, on utilisera les capacités du code de simulation open-source SU2 de résoudre un problème d'optimisation avec l'aide d'un état adjoint (ou problème dual). L'algorithme itératif d'optimisation choisi est le Sequential Least-Squares Programming (SLSQP) de la suite SciPy intégré au script Python d'optimisation avec SU2.

Description du problème On considère pour cette étude un écoulement de fluide parfait, avec un nombre de Mach en amont (freestream) de $M_\alpha = 0.85$ et un angle d'attaque $\alpha = 0^\circ$. Le problème d'optimisation qu'on souhaite résoudre est la suivante :

$$\begin{aligned} \min C_d \\ \text{Contrainte : } y \geq y_{baseline}, \forall x \in [0, 1]. \end{aligned} \quad (1)$$

avec x l'abscisse d'un point sur le profil d'aile, y l'ordonnée d'un point sur le profil optimisé et $y_{baseline}$ est l'ordonnée d'un même point sur le profil de base (baseline).

La commande : `SU2_GEO inv_NACA0012_basic.cfg` vous permet d'obtenir l'information sur l'épaisseur du profil (thickness).

On utilisera les fonctions Hicks-Henne pour la paramétrisation du profil d'aile. Plusieurs études paramétriques seront effectuées pour analyser l'influence de certains paramètres sur le design optimal.

1. <https://sites.google.com/view/mcgill-computational-aerogroup/adodg>

Partie I

1. Ecrire l'expression du lagrangien \mathcal{L} associé à ce problème. Donnez la condition nécessaire et suffisante d'optimalité.
2. Effectuez une première simulation directe en utilisant *SU2_CFD*. Sauvegarder les images des différents champs. Tracer également l'évolution du coefficient de pression (C_p) sur le contour du profil d'aile. Commentez les résultats obtenus.
3. Analyse des sensibilités : effectuez la simulation adjoint et commentez les résultats obtenus pour les sensibilités du coefficient de traînée C_d aux perturbations sur la géométrie du profil d'aile. Commentez en quoi ce résultat peut être utile dans l'étude d'un problème de design optimal.
4. Impact du nombre de variables de design N_{dv} sur le design optimal : déterminer le design optimal pour $N_{dv} = 5$, puis $N_{dv} = 15$ et $N_{dv} = 35$. Comparer les résultats obtenus pour une même tolérance, par exemple $1e - 08$. Tracer sur une même figure les courbes d'évolution de la quantité d'intérêt en fonction du nombre d'itérations pour chaque valeur de N_{dv} . Sauvegardez les images des champs de pression et/ou densité sur les nouveaux profils vs. baseline, ... Commentez les résultats obtenus et concluez.
5. D'après-vous il y a-t-il d'autres paramètres/facteurs qui peuvent influencer les résultats obtenus ? Justifier votre réponse.
6. Que pourrions nous faire pour améliorer le calcul de C_d et de l'écoulement sur le(s) nouveau(x) design(s) ?
7. (Bonus) Analyser l'influence de la largeur de la bosse Hicks-Henne (coefficient t_2 dans la définition proposé en cours) sur le design optimal.
8. (Bonus) Effectuez l'analyse précédente (question 4) en utilisant une paramétrisation FFD du profil et comparez les résultats obtenus avec les fonctions bosses Hicks-Henne.

Partie II

L'objectif de cette partie est de formuler et résoudre une question ou problème d'optimisation libre que vous proposez. Par exemple, vous changez la contrainte, la quantité d'intérêt, le type d'écoulement, la géométrie baseline, etc.