

Estimation précise de la traînée des avions par schéma d'ordre élevé et approche adjointe

Sophie BOREL, Université Pierre et Marie Curie

Yvon MADAY, Université Pierre et Marie Curie

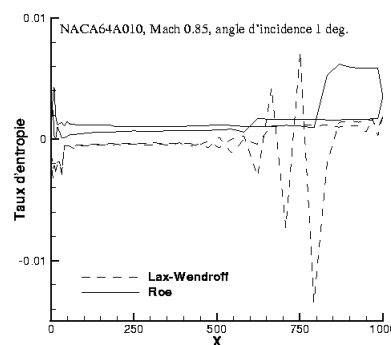
Gilbert ROGÉ, Dassault Aviation

Mots-clés : Approximation d'ordre élevé, adjoint, estimations d'erreur, adaptation de maillage

La simulation numérique de l'écoulement d'un fluide autour d'un avion constitue un enjeu important dans l'industrie aéronautique. Elle permet notamment d'estimer des quantités d'intérêt pour la conception d'avions telles que la traînée de pression. Il est donc essentiel de disposer de schémas de discrétisation permettant de calculer de manière précise la solution des équations modélisant ces écoulements.

Le schéma en espace couramment utilisé dans le solveur de mécanique des fluides Euler de Dassault Aviation est le schéma de Lax-Wendroff, du fait de sa robustesse pour l'ensemble des applications Euler.

Toutefois, en aéroélasticité ou en aéroacoustique par exemple, la solution obtenue grâce à ce schéma n'a pas la précision souhaitée. Pour améliorer la situation, nous proposons un schéma basé sur un solveur de Riemann approché de Roe. Celui-ci fait appel à la méthode d'interpolation MUSCL (*Monotonic Upwind Schemes for Conservation Laws*) qui permet d'obtenir un schéma précis à l'ordre 5. De plus, nous exhibons des cellules de contrôle "Nouvelle Génération" (NGC) [1] conduisant à une superconvergence du schéma. Nous montrons sur divers exemples les avantages de ce schéma par rapport au schéma de Lax-Wendroff.



Disposant de la solution U des équations d'Euler, nous cherchons ensuite à calculer des quantités aérodynamiques $f(U)$ telles que la traînée de pression. Nous considérons un maillage \mathcal{M}_H pour lequel nous disposons des ressources machine suffisantes à la résolution des équations d'Euler discrètes $R_H(U_H) = 0$. L'approximation de $f(U)$ sur \mathcal{M}_H est notée $f_H(U_H)$. Cependant, le maillage \mathcal{M}_H n'est pas toujours assez riche pour que l'estimation $f_H(U_H)$ ait la précision requise pour certaines applications. Cette précision pourrait être atteinte sur un maillage plus fin \mathcal{M}_h construit de telle sorte que sa frontière respecte la géométrie du corps, mais souvent la résolution du système $R_h(U_h) = 0$ n'est pas envisageable parce que trop coûteuse. Notre objectif est donc d'obtenir une estimation précise de $f_h(U_h)$ sans avoir à résoudre le système $R_h(U_h) = 0$. Classiquement, la quantité $f_h(U_h)$ est simplement approchée par $f_h(U_h^H)$ avec U_h^H l'interpolé de U_H sur le maillage \mathcal{M}_h . Pour bénéficier d'une meilleure approximation, nous proposons d'appliquer la méthode décrite par Venditti et Darmofal [2] qui consiste à ajouter un terme de correction faisant intervenir l'adjoint. Il est alors possible d'évaluer l'erreur commise lors de cette approximation et ainsi d'exhiber un intervalle de confiance $A \leq f_h(U_h) \leq B$. Cela nous permet également d'identifier les zones à sous-mailler pour améliorer la précision de cette estimation.

Références

- [1] N. GOURVITCH, G. ROGÉ, I. ABALAKIN, A. DERVIEUX, T. KOZUBSKAYA, *A tetrahedral-based superconvergent scheme for aeroacoustics*, Rapport de Recherche n°5212, INRIA, 2004.
- [2] D. A. VENDITTI, D. L. DARMOFAL, *Grid Adaptation for Functional Outputs: Application to Two-Dimensional Inviscid Flows*, J. Comput. Physics, 176, 40–69, 2002.

Sophie BOREL

Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire J. L. Lions, 175 rue Chevaleret, 75013 Paris

Yvon MADAY – Maday@ann.jussieu.fr

Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire J. L. Lions, 175 rue Chevaleret, 75013 Paris

Gilbert ROGÉ – Gilbert.Roge@dassault-aviation.fr

Dassault Aviation, DGT/DTIAE/AERAV, 78 quai Marcel Dassault, 92214 Saint-Cloud