

## Flux limite de paroi mobile

François Dubois

Conservatoire National des Arts et Métiers, UPRES-JE n° 2140,  
Institut Aéro-Technique, 15 rue Marat, F-78210 Saint Cyr l'Ecole, France.

Conseiller scientifique pour Aérospatiale Lanceurs, F-78133 Les Mureaux.

31 mars 1998, édition décembre 2001, e-mail : dubois@asci.fr.

- **Résumé.** Si un fluide est limité par une structure lentement variable et qui se déplace peu dans l'espace, il est possible au premier ordre de remplacer une modélisation géométrique de ce mouvement par un flux limite de paroi mobile sur les facettes qui relient le fluide et la structure.
- **Volumes finis spatio-temporels.** Nous modélisons numériquement un écoulement de fluide parfait compressible par les équations d'Euler de la dynamique des gaz à l'aide de la méthode des volumes finis dans sa variante décentrée du second ordre proposée par Van Leer [VL79] (voir aussi [Du93]). Nous étudions l'effet sur le fluide d'un mouvement imposé des nœuds de la structure à la paroi. Pour cela, nous effectuons un bilan spatio-temporel des lois de conservation et le réécrivons ensuite "comme si" ces nœuds étaient immobiles à l'aide d'un "Flux Limite de Paroi Mobile"  $(F \bullet \nu)_{I+1/2,j}^{n+1/2}$ . Pour un modèle spatial bidimensionnel et l'emploi de maillages structurés, ce flux limite a pour expression algébrique :

$$\begin{aligned}
 (F \bullet \nu)_{I+1/2,j}^{n+1/2} &= \frac{|K_{I,j}^n|}{|K_{I,j}^{n+1}|} \left( 0, p_{I+1/2,j}^{n+1/2}, \nu_j^{n+1/2}, p_{I+1/2,j}^{n+1/2}, s_j^{n+1/2}, \bullet \nu_j^{n+1/2} \right)^t \\
 &+ \frac{|K_{I,j}^n|}{\Delta t} \left( 1 - \frac{|K_{I,j}^n|}{|K_{I,j}^{n+1}|} \right) W_{I,j}^n + \left( 1 - \frac{|K_{I,j}^n|}{|K_{I,j}^{n+1}|} \right) (\Phi \bullet \nu)_{I-1/2,j}^n \\
 &+ \frac{|K_{I,j}^n|}{|K_{I,j}^{n+1}|} \left( (\Phi \bullet \nu) - \frac{1}{2} (s \bullet \nu) W \right)_{I,j+1/2}^{n+1/2} - (\Phi \bullet \nu)_{I,j+1/2}^{n+1/2} \\
 &- \frac{|K_{I,j}^n|}{|K_{I,j}^{n+1}|} \left( (\Phi \bullet \nu) - \frac{1}{2} (s \bullet \nu) W \right)_{I,j-1/2}^{n+1/2} + (\Phi \bullet \nu)_{I,j-1/2}^{n+1/2} .
 \end{aligned}$$

- **Développement limité.** Nous étudions alors chacun des termes de la relation précédente et nous montrons qu'on peut les développer au premier ordre par rapport à deux infiniment petits supposés de même ordre, à savoir l'écart de position des nœuds de la paroi et leur vitesse (voir les détails dans [Du98]).

- **Remerciements.** Cette recherche, soutenue par Aérospatiale Espace & Defense, a été initiée par une série de conversations avec François Coron qui ont permis à la fois de préciser le problème industriel et de poser en toute rigueur les hypothèses physiques.

- **Références bibliographiques.**

[Du93] F. Dubois. Guide méthodologique : schémas numériques décentrés pour la mécanique des fluides. *Aérospatiale Espace & Defense*, TX/C n° 108899, mars 1993.

[Du98] F. Dubois. Flux Limite de Paroi Mobile, juin 1998.

[VL79] B. Van Leer. Towards the Ultimate Conservative Difference Scheme V ; A Second-Order sequel to Godunov's method, *J. Comp. Physics*, vol. 32, p. 101-136, 1979.