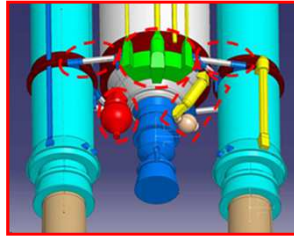


Contexte

Les lanceurs spatiaux subissent en vol des **efforts latéraux instationnaires** non négligeables qui sont néfastes pour leur intégrité structurelle et leur manœuvrabilité. D'importants **décollements de l'écoulement** provoqués par les variations de la **géométrie** au niveau de l'arrière-corps des lanceurs sont principalement à l'origine de ce phénomène [1] qui engendre des fluctuations de pression à la paroi.

Afin d'estimer précisément les niveaux des fluctuations de pression il est nécessaire de prendre en compte les détails technologiques présents sur les lanceurs durant les simulations numériques des écoulements. Les méthodes de **Frontières Immergées (FI)** facilitent la prise en compte des géométries complexes dans des calculs instationnaires mais ne permettent pas d'analyser simplement les données pariétales.



(a): Ariane 5 au décollage



Objectifs de la thèse

- Permettre l'analyse des données pariétales avec les **FI** de façon précise et efficace pour une application aux calculs instationnaires.
- Coupler la méthode **FI** avec les méthodes de simulations avancées de la turbulence des écoulements telles que la **ZDES** [2].
- Améliorer la méthode **FI** pour une meilleure prise en compte des effets visqueux et de compressibilité.

Méthodologie

Calcul des efforts aérodynamiques

Le calcul des efforts nécessite une **surface d'intégration** qui n'est pas fournie par la méthode **FI**. La surface est représentée seulement par les points de paroi (**Fig. (b)**)

$$F_i = \int_S (\tau_{ij} - P\delta_{ij})n_i dS$$

Reconstruction de la surface immergée

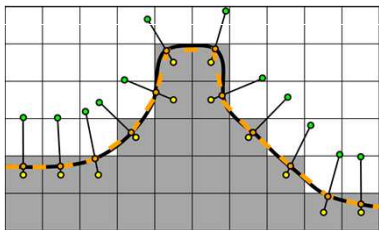
Un algorithme a été développé permettant de construire automatiquement un **maillage surfacique** liant les points de paroi.

Un système de **contrôle d'erreur** permet de prendre en compte des géométries très complexes tout en garantissant une reconstruction **d'ordre 2**.

Résultat

La surface reconstruite permet le calcul des **efforts aérodynamiques instationnaires** sur **FI** sans coûts supplémentaires et sans interpolations.

De plus, le maillage rend possible l'extraction des données pariétales de façon ordonnée simplifiant drastiquement le post-traitement sur **FI** [3,4].

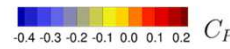


(b): Schéma du forçage d'une frontière immergée

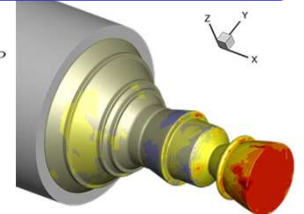
- Point de paroi
- Point d'interpolation
- Point de forçage
- Géométrie initiale
- - - Surface reconstruite



(c): Maillage surfacique de paroi reconstruit pour une configuration Ariane 5 lisse



Reconstruction des grandeurs pariétales et calculs des efforts instationnaires durant la simulation

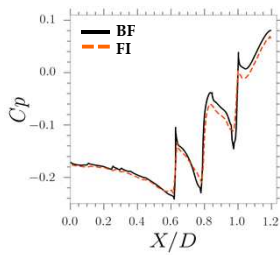


(d): Pression pariétale reconstruite durant une simulation ZDES

Application

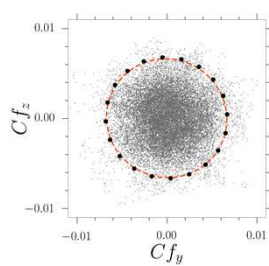
— Maillage conforme à la géométrie : **Body-Fitted (BF)** - - Frontières Immergées (**FI**) Cas d'application : Arrière-corps de type Ariane 5 lisse (**Fig. (d)**)

Analyse des grandeurs moyennes

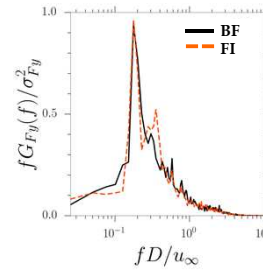


(e): Distribution longitudinale des coefficients de pression pariétale moyenne

Calcul des efforts aérodynamiques instationnaires

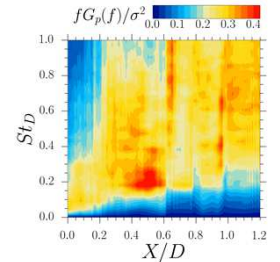


(f): Polaire des efforts latéraux pour 200 ms de simulation.



(g): Densité Spectrale de Puissance des efforts suivant l'axe z

Analyse spectrale



(h): Nappe spectrale de la pression pariétale dans la direction longitudinale

Reconstruction satisfaisante des grandeurs moyennes et fluctuantes à la paroi

Bibliographie

- [1] Deck, S.; Thorigny, P., "Unsteadiness of an axisymmetric separating-reattaching flow: Numerical investigation," Physics of Fluids, Vol. 19, No. 065103, 2007, pp. 1-20.
- [2] Deck, S., "Recent improvements in the Zonal Detached Eddy Simulation (ZDES) formulation," Theoretical and Computational Fluid Dynamics, Vol. 26, No. 6, 2012, pp. 523-550.
- [3] Manueco, L.; Weiss, P.-É.; Deck, S. "Towards the Prediction of Fluctuating Wall Quantities Using Immersed Boundary Conditions", AIAA Aviation 2019 Forum.
- [3] Manueco, L.; Weiss, P.-É.; Deck, S. "On the estimation of unsteady aerodynamic forces and wall spectral content with Immersed Boundary", Submitted to Computers and Fluids, 2019.

Conclusion et Perspectives

- ✓ Permettre l'analyse des grandeurs pariétales sur **FI**
- ✓ Coupler la méthode **FI** avec la **ZDES**
- ~ Amélioration de la méthode **FI**