

---

## Master thesis and internship[BR]- Master's thesis : Improving the Conditioning of the Acoustic Subsystem and Source Terms in Multifluid Plasma Equations of State[BR]- Integration Internship

**Auteur :** Clotuche, Julien

**Promoteur(s) :** Hillewaert, Koen

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master en ingénieur civil en aérospatiale, à finalité spécialisée en "aerospace engineering"

**Année académique :** 2022-2023

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/16754>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

# Improving the Conditioning of the Acoustic Subsystem and Source Terms in Multifluid Plasma Equations of State

By CLOTUCHE Julien

Masters in Aerospace Engineering

Academic Year 2022 - 2023

Academic Supervisor: HILLEWAERT Koen

## Summary

This work is realised in the ForDGe software and is a step towards the development of a tool capable of modeling electric propulsion such as Hall effect thrusters. It shows how the change from a non-dimensionalisation scheme with single velocity scale to a species dependent velocity scale improves the performances of the ForDGe software in the context of plasma modeling. ForDGe uses the Discontinuous Galerkin method, which is a combination of the principles of Finite Element and Finite Volume Methods, in combination with a Runge-Kutta time integration scheme. To explore the performances of the new non-dimensionalisation two test cases are used: the sod shock tube test case with and without computation of the electric potential.

The improvements metrics are the precision of the results and the convergence rate of the linear solver used in the time integration scheme: GMRes. The precision improvement is measured in the balance of the non-dimensionalised variables and accuracy of the results as adjudicated by analytical solutions. The convergence rate is dependent on the clustering of the eigenvalues of the expanded Jacobian and its improvement is measured by the scattering of those eigenvalues. The test cases show that the new non-dimensionalisation reduces the bias towards the electron particle momentum. The multi velocity scaling scheme also finds correct results for the computation of the electric potential where the single velocity scaling scheme does not and the eigenvalues of the multi velocity scaling scheme are more clustered.