

PFE/Master internship 2022

Numerical study of Critical Flow Venturi Nozzles for massflow metering of high-pressure gases

G. Lehnasch, V. Jaunet

Location	ISAE-ENSMA, Institut Pprime (CNRS, UPR 3346)
Duration	5-6 mois
Starting date	June 2022 or before
Profile of candidate	Master 2/Engineer
Requirements	Fluid Mechanics, gas dynamics, python
Allowance	~600€/mois
Contact	Guillaume Lehnasch guillaume.lehnasch@ensma.fr Vincent Jaunet vincent.jaunet@ensma.fr
Pour candidater :	Send CV and motivation letter before April, 30th 2022

Subject of the internship

Subject description

The use of hydrogen is expected to grow significantly in coming years. This requires to improve both production, storage and transport systems. A reliable evaluation of its massflow rate at high pressure also imposes an adaptation and improvement of current standard norms. Sonic Flow Venturi nozzles are classically used as standart massflow meters for high-pressure gases. However, the expected evolution of their discharge coefficient remains unclear. The effective massflow rate indeed highly depends on the nozzle geometry, wall roughness, gas properties and the generating conditions, which strongly modify the flow structure. Detailed experimental measurements of these phenomena are still elusive. The team (2AT) in FTC department of Pprime institute is thus involved in the development and evaluation of numerical models in view of obtaining reliable evaluations of nozzle flow structure. Following recent numerical studies [2][3][1], the present project will address three essential points: 1/ the detailed characterization of the capacity of different RANS models to capture the growth of laminar or turbulent boundary layer in situation of highly accelerated/decelerated flows, 2/ the integration of laminar to turbulence transition models, 3/ the study of the influence of the gas properties (air versus hydrogen) on the flow structures likely to appear and to influence the discharge coefficient. Simulations will be carried out with the open-source CFD code SU2 for which dedicated python-based pre and post-treatment tools are currently developed.

Sujet du stage

La forte extension attendue de l'usage de l'hydrogène dans les années à venir impose d'améliorer significativement autant notre maîtrise de sa production que de son stockage et transport. L'estimation fiable des débits de tel gaz à haute pression nécessite également de revisiter les normes standards sur la base d'une meilleure connaissance du comportement des fluides au sein de tuyères Venturi soniques classiquement utilisées comme étalons pour ce type de mesure. Le coefficient de décharge de ces tuyères ne peut être précisément caractérisé qu'en améliorant notre compréhension des différents phénomènes pilotant l'évolution de la structure de l'écoulement (transition de la couche limite, formation de réseaux de chocs, etc), en fonction de la géométrie de la tuyère, des propriétés du gaz ou des conditions génératrices. Il est à ce jour toujours impossible de mesurer finement de tels changements par l'expérience. Le projet présent vise ainsi à renforcer les actions menées récemment au sein de l'équipe pour constituer une chaîne de calcul numérique fiable permettant de réaliser de telles estimations. Il s'agira à travers un stage de master d'adresser trois points essentiels : 1/ la caractérisation détaillée de la capacité de différents modèles RANS à capturer la croissance de couche limite en situation de forte accélération/compression 2/ l'intégration de

modèles de transition, 3/ l'étude de l'influence des propriétés du gaz (notamment air ou hydrogène) sur les structures d'écoulement susceptibles d'apparaître et d'influencer le coefficient de décharge. L'étude numérique sera réalisée via le logiciel libre SU2 pour lequel des scripts python de prétraitement et posttraitement ont été développés.

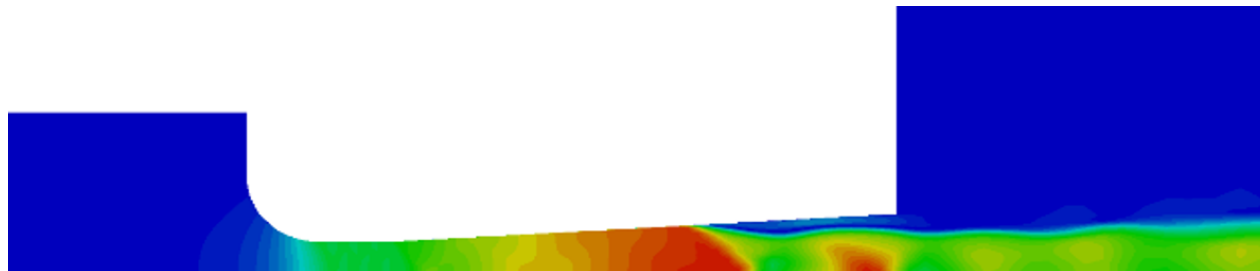


Figure 1: RANS based flow structure in CFVN geometry: global view of the distribution of Mach number [3].

References

- [1] O. Le Bourgeois. Rapport de stage ingénieur : Simulation numérique de l'écoulement de tuyère venturi sonique – application à la débitmétrie de gaz à haute pression. Master's thesis, ISAE-ENSMA, 2021.
- [2] M. Celep. Numerical prediction of flow structure in venturi nozzles. Master's thesis, ISAE-ENSMA, 2019.
- [3] M.A. Lambert. *Contribution à l'étude des écoulements dans les tuyères soniques cylindriques*. PhD thesis, Université de Poitiers, 2020.