

A Discontinuous Galerkin Method for Diffusion Flames

Embedded in a low-Mach solver framework

Zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

Vorgelegte Dissertation von Juan Francisco Gutiérrez Jorquera aus Santiago, Chile

Tag der Einreichung: 29. September 2022, Tag der Prüfung: 29. September 2022

Erstreferent: Prof. Dr.-Ing Martin Oberlack

Koreferent: Gutachter 2

Darmstadt



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Fachbereich Maschinenbau
Fachgebiet für
Strömungsdynamik

A Discontinuous Galerkin Method for Diffusion Flames
Embedded in a low-Mach solver framework

Vorgelegte Dissertation von Juan Francisco Gutiérrez Jorquera

Tag der Einreichung: 29. September 2022

Tag der Prüfung: 29. September 2022

Darmstadt

Bitte zitieren Sie dieses Dokument als:

URN: urn:nbn:de:tuda-tuprints-1234

URL: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/12345>

DOI: <https://doi.org/10.25534/tuprints-1234>

Dieses Dokument wird bereitgestellt von tuprints,
E-Publishing-Service der TU Darmstadt

<http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de>

tuprints@ulb.tu-darmstadt.de

Die Veröffentlichung steht unter folgender Creative Commons Lizenz:

Namensnennung 4.0 International

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

This work is licensed under a Creative Commons License:

Attribution 4.0 International

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Dedication

Erklärungen laut Promotionsordnung

§ 8 Abs. 1 lit. c PromO

Ich versichere hiermit, dass die elektronische Version meiner Dissertation mit der schriftlichen Version übereinstimmt.

§ 8 Abs. 1 lit. d PromO

Ich versichere hiermit, dass zu einem vorherigen Zeitpunkt noch keine Promotion versucht wurde. In diesem Fall sind nähere Angaben über Zeitpunkt, Hochschule, Dissertationsthema und Ergebnis dieses Versuchs mitzuteilen.

§ 9 Abs. 1 PromO

Ich versichere hiermit, dass die vorliegende Dissertation selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen verfasst wurde.

§ 9 Abs. 2 PromO

Die Arbeit hat bisher noch nicht zu Prüfungszwecken gedient.

Darmstadt, 29. September 2022

J. Gutiérrez-Jorquera



Abstract

Abstract



Zusammenfassung

Zusammenfassung



Acknowledgements

Acknowledgements



Contents

List of Figures	xv
List of Tables	xvii
List of Abbreviations	xix
List of Symbols	xxi
Curriculum vitae	3



List of Figures

1	Streamlines of the heated cavity configuration with $\epsilon = 0.6$	1
---	--	---

List of Tables



List of Abbreviations

u_{ext}	Extension-velocity field
------------------	--------------------------

List of Symbols

Ω	Domain of interest, computational domain
$\partial\Omega$	Domain boundary
\mathfrak{A}	Bulk phase A
\mathfrak{B}	Bulk phase B
\mathfrak{s}	Bulk phase, species
$\Omega \setminus \mathfrak{I}$	Bulk
\mathfrak{I}	Interface
\mathbf{w}	Singular surface velocity vector
w	Normal component of the singular surface velocity
$\mathbf{u}_{\mathfrak{I}}$	Material interface velocity vector
$\mathbf{n}_{\partial\Omega}$	Outer boundary normal vector
$\mathbf{n}_{\mathfrak{I}}$	Interface normal vector
\mathbf{n}	Normal vector
$\boldsymbol{\tau}$	Tangent vector
$\mathbf{P}_{\mathfrak{I}}$	Interface projection tensor
\mathbf{P}	Projection tensor
\mathbf{u}	Velocity vector
p	Pressure
e_{kin}	Kinetic energy
e_{σ}	Surface energy
ψ	General field/physical property
\mathbf{f}	Flux vector
μ	Dynamic viscosity
ν	Kinematic viscosity
σ	Surface tension coefficient
κ	Mean curvature
\mathbf{D}	Rate of deformation tensor
\mathbf{S}	Stress tensor
θ	Apparent contact angle
θ_{stat}	Static contact angle
L	Contact line
l_{cap}	Capillary length
l_s	Slip length
\mathbf{n}_L	Contact line normal vector
U_L	Contact line velocity
β	Coefficient of friction
c_p	Specific heat capacity of the mixture

$c_{p,k}$	Specific heat capacity of species k
T	Temperature
T_{sat}	Saturation temperature
\mathbf{q}	Heat flux vector
c	Specific heat capacity
k	Thermal conductivity
ρ	Density
\dot{m}	Mass transfer rate
h_{vap}	Enthalpy/(latent) heat of vaporization
D	Diffusion coefficient
ν_k	Stoichiometric coefficient of species k
A	Aggregation map
Agg	Aggregation mesh
N_k	Number of local DOF
N	Number of total DOF
\mathbf{Op}	Operator matrix
k	Total degree of the polynomial space
α	Aggregation threshold
ϕ	Basis function
\mathbb{P}_k	Broken polynomial space
K	Numerical cell
$K^{\mathbf{X}}$	Numerical cut-cell
\mathbf{X}	Cut
Δt	Time step size
$\Gamma_{\mathbf{D}}$	Edge imposed with Dirichlet boundary condition
Γ_{int}	Internal edge
$\Gamma_{\mathbf{N}}$	Edge imposed with Neumann boundary condition
Γ	Edge
h	Numerical mesh size
\mathfrak{K}_{cc}	Set of cut-cells
$\mathfrak{K}_{\text{far}}$	Set of far-field cells
$\mathfrak{K}_{\text{near}}$	Set of cut-cell neighbours
$\mathfrak{K}_h^{\mathbf{X}}$	Numerical cut-cell mesh
\mathfrak{K}_h	Numerical mesh
φ	Level-set function
Edg	Logical edge
\mathbf{M}	Mass matrix
\mathbf{n}_{Γ}	Edge normal field
$\mathbf{n}_{\mathfrak{I},\Gamma}$	Edge normal field including the interface normal vector
\hat{F}	Numerical flux
φ^{dg}	Level-set function represented by a DG field
φ^{c0}	Constrained level-set function represented by a DG field
η	Penalty parameter
$\mathbb{V}_{\mathbf{k}}^{\mathbf{X}}$	Sum of broken polynomial spaces
ϑ	General test function

q	Test function for the continuity equation
r	Test function for the heat equation
\mathbf{v}	Test function for the momentum equation
ER	Expansion ratio the backward-facing step
Eo	tvös number
La	Laplace number
Pe	Peclet number
Fr	Froude number
ω	Oscillation frequency
λ	Wavelength
k	Wavenumber
g	Gravity vector
h	Channel heigth of the backward-facing step
\hat{h}	Convective heat transfer coefficient
λ	Heat conductivity
h_k	Specific enthalpy of k species.
Y_k	Mass fraction of species k
W	Mean molecular weight of the mixture
W_k	Molecular weight of species k
N	Total number of species in the mixture
Nu	Nusselt number
Nu_{loc}	Nusselt number, local
ω_k	Net rate of production of species k
Pr	Pradntl number
p	Pressure
\mathcal{R}	Universal gas constant
Re	Reynolds number
S	Step heigth of the backward-facing step
τ	Viscous tensor
t	Time
u	Velocity vector
D	Diffusion coefficient
U	Diffusion velocity vector

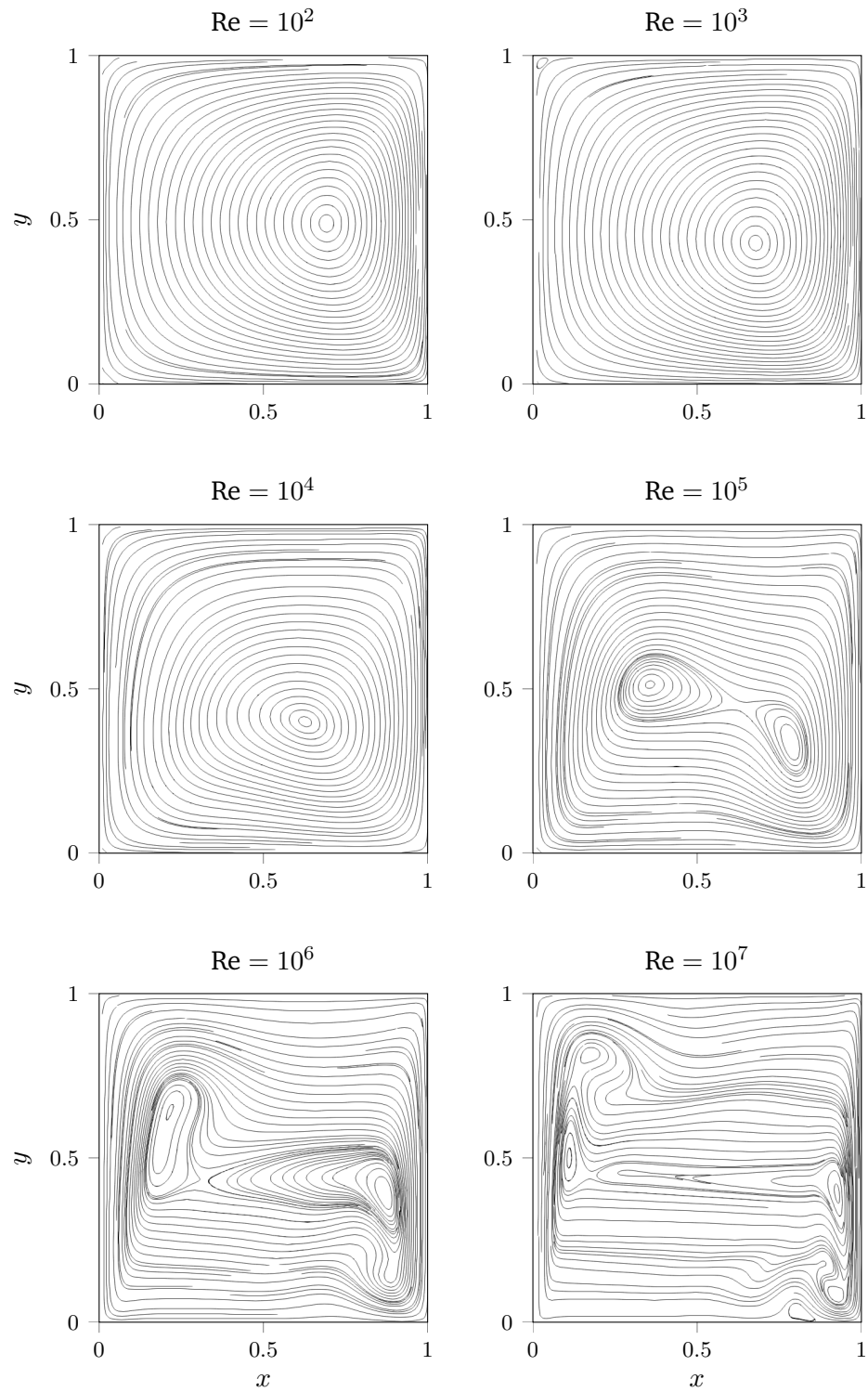


Figure 1: Streamlines of the heated cavity configuration with $\epsilon = 0.6$.

Curriculum vitae

Vor- und Nachname

Persönliche Daten

Geburtsdatum: -
Geburtsort: -
Staatsangehörigkeit: -

Schulbildung

Jahr - Jahr -
Jahr - Jahr -

Studium

Jahr - Jahr -

Wissenschaftliche Tätigkeit

Jahr - Jahr Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet für Strömungs-
dynamik im Fachbereich Maschinenbau der TU Darmstadt,
Promotion und Lehrtätigkeit