



École des Ponts
ParisTech

École des Ponts ParisTech

2021-2022

End-of-studies project

Department of Mechanical Engineering and Materials

Andrey Latyshev

Double degree engineering student

Finite-element implementation of standard and softening plasticity
using a convex optimization approach

Project carried out within Laboratoire Navier, ENPC

6 et 8 avenue Blaise Pascal, Champs-sur-Marne, 77455

21/03/2022 - 09/09/2022

Tutor : Jeremy Bleyer

Composition of jury

President : Civilité Prénom Nom

Project director : Civilité Prénom Nom

Study advisor : Civilité Prénom Nom

Acknowledgements

Je remercie Matthieu Vandamme pour son aide dans la recherche d'un stage, car en raison du début de la pandémie, la plupart des offres ont été fermées. Dans ces conditions, il était extrêmement difficile de trouver un premier stage. Sans son aide, il est peu probable que je commence l'expérience si tôt, ce qui était important pour mon cursus académique.

Je suis reconnaissant à Patrick Dangla et Siavash Ghabezloo pour leur mentorat et leurs conseils lors de mon premier stage dans le laboratoire de Navier. Cela m'a permis d'approfondir mes connaissances en mécanique des roches.

Je remercie également Evgeny Andreev et Olivier Langeard pour leur aide et leur travail commun. Grâce à eux, j'ai appris plus rapidement un nouveau domaine de la simulation de navires.

Abstract

This internship aims at exploring a finite-element formulation of plasticity in the next generation FEniCS problem solving environment. The main goal is to propose an efficient and generic implementation which can tackle both classical and softening plasticity models. The intern will first familiarize himself with the DOLFINx computational environment and adapt existing implementations of legacy FEniCS code. The implementation will be then extended to the resolution of the local plasticity problem using convex optimization solvers and assess its efficiency compared to standard return mapping algorithms. Finally, softening plasticity will be considered and regularization strategies in order to prevent mesh dependency will be explored.

Résumé

Synthèse du mémoire en français

Table of contents

List of tables	7
List of figures	8
Introduction	9
1 Literature review	10
2 Methodology	11
3 Results	12
4 Discussion	13
Conclusion	14
Bibliography	15

List of tables

List of figures

Introduction

1 Literature review

2 Methodology

3 Results

4 Discussion

sdf (COUSSY, 2004) sdf (BRUNO et al., 2020) sdf (LAM et al., 2015) sd (DIAMOND & BOYD, 2016) s (DOMAHIDI et al., 2013)

Conclusion

Bibliography

- BRUNO, H., BARROS, G., MENEZES, I. F. & MARTHA, L. F. (2020). Return-mapping algorithms for associative isotropic hardening plasticity using conic optimization. *Applied Mathematical Modelling*, 78, 724-748. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.10.006](https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.10.006)
- COUSSY, O. (2004). *Poromechanics*. England, John Wiley & Sons.
- DIAMOND, S. & BOYD, S. (2016). CVXPY : A Python-embedded modeling language for convex optimization. *Journal of Machine Learning Research*, 17(83), 1-5.
- DOMAHIDI, A., CHU, E. & BOYD, S. (2013). ECOS : An SOCP solver for embedded systems, In *European Control Conference (ECC)*.
- LAM, S. K., PITROU, A. & SEIBERT, S. (2015). Numba : A LLVM-Based Python JIT Compiler, In *Proceedings of the Second Workshop on the LLVM Compiler Infrastructure in HPC*, Austin, Texas, Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2833157.2833162>