



**École des Ponts**  
**ParisTech**

École des Ponts ParisTech

2021-2022

Projet de Fin d'Etudes

Département Génie Mécanique et Matériaux

Andrey Latyshev

Élève ingénieur de double diplôme

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

Projet réalisé au sein de Laboratoire Navier, ENPC

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

21/03/2022 - 09/09/2022

Tuteur : Matthieu Vandamme

**Composition du jury**

Président : Civilité Prénom Nom

Directeur de projet : Civilité Prénom Nom

Conseiller d'études : Civilité Prénom Nom

## Remerciement

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 rapport en français**

## Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>9</b>
<b>1 Contexte et présentation de l'entreprise</b>	<b>10</b>
<b>2 Revue de littérature</b>	<b>11</b>
<b>3 Méthodologie</b>	<b>12</b>
<b>4 Résultats</b>	<b>13</b>
<b>5 Discussion</b>	<b>14</b>
<b>Conclusion</b>	<b>15</b>

## Liste des tableaux

## Liste des figures



## **Introduction**

# 1 Contexte et présentation de l'entreprise

## **2 Revue de littérature**

### **3 Méthodologie**

## 4 Résultats

## 5 Discussion

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

## Conclusion

## Bibliographie

- 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/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>