



**HAL**  
open science

# Couplage hybride IGA/FEM non-intrusif pour la simulation globale/locale non-linéaire de structures

Paul Oumaziz, Robin Bouclier

## ► To cite this version:

Paul Oumaziz, Robin Bouclier. Couplage hybride IGA/FEM non-intrusif pour la simulation globale/locale non-linéaire de structures. JST AMECO 2024, Feb 2024, Vélizy-Villacoublay, France. ⟨hal-04466403⟩

**HAL Id: hal-04466403**

**<https://hal.science/hal-04466403v1>**

Submitted on 19 Feb 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

## Couplage hybride IGA/FEM non-intrusif pour la simulation globale/locale non-linéaire de structures

### *Non-invasive and hybrid IGA/FEM coupling for the non-linear global/local computation of structures*

Paul Oumaziz<sup>1</sup>, Robin Bouclier<sup>2,1</sup>

1 : Institut Clément Ader (ICA)  
Université de Toulouse / UPS / INSA ISAE Supaero / Mines Albi / CNRS  
3 rue Caroline Aigle 31400 Toulouse  
e-mail : [lapina@insa-toulouse.fr](mailto:lapina@insa-toulouse.fr) et [paul.oumaziz@insa-toulouse.fr](mailto:paul.oumaziz@insa-toulouse.fr)

2 : Institut de Mathématiques de Toulouse (IMT)  
Université de Toulouse/ CNRS/INSA/UT1/UT2/UPS  
118 route de Narbonne F-31062 Toulouse Cedex  
e-mail : [robin.bouclier@insa-toulouse.fr](mailto:robin.bouclier@insa-toulouse.fr)

L'analyse isogéométrique (IGA) est introduite en 2005 par Hughes et al. [1] dont l'idée est de se baser sur les fonctions splines issues de la CAO. D'une plus grande régularité que les fonctions de formes standard éléments finis elles permettent de représenter au mieux la géométrie et évitent ainsi le phénomène classique de facettisation présent lors de l'étape de maillage éléments finis. De plus, leur meilleure régularité (les fonctions splines peuvent être  $C^{p-1}$  au bord des éléments quand les fonctions EF ne sont que  $C^0$ ) leur permettent de représenter à moindre coût des solutions régulières globales.

Il n'est cependant pas encore réaliste de penser que le calcul puisse être effectué directement sur le modèle issu de la CAO. L'analyse isogéométrique est basée sur une représentation tensorielle de la géométrie qui restreint énormément les formes possibles. La présence de détails structuraux et de géométries complexes pose ainsi de réelles difficultés. Cela en fait encore à l'heure actuelle une vraie problématique scientifique. Qui plus est, la grande régularité des fonctions splines doivent se confronter aux potentielles singularités rencontrées dans des cas industriels. Ainsi, même si des premiers travaux d'implémentation au sein des codes de calculs commerciaux existent [2,5], cela reste très marginal.

Notre objectif est de proposer une approche facilitant l'utilisation de l'analyse isogéométrique avec des codes de calcul industriel pour traiter des cas présentant des non-linéarités locales. Ainsi nous mettons en œuvre une approche de couplage itérative de type globale/locale [3] entre un modèle global linéaire isogéométrique et un modèle local non-linéaire éléments finis. Contrairement aux travaux de [4], nous souhaitons ainsi bénéficier des avantages des deux technologies : 1) un meilleur ratio précision/nombre de degré de liberté pour l'isogéométrie qui permet de représenter à moindre coût une solution globale régulière et 2) la robustesse des éléments finis pour traiter des cas non-linéaires présentant des singularités.

Nous présentons de plus une approche non-intrusive dans le sens où nous nous basons uniquement sur un code de calcul éléments finis sans recourir à un code isogéométrique dédié. Il est en effet possible de faire un pont entre l'analyse isogéométrique et l'analyse par éléments finis. L'espace engendré par les fonctions splines est en fait un sous-espace de celui engendré par les fonctions de forme éléments finis. Les opérateurs éléments finis peuvent ainsi être projetés pour obtenir les opérateurs isogéométriques [5].

---

Lors de la communication nous présenterons plus en détail la mise en œuvre de notre approche. Nous présenterons également des résultats numériques tirés de notre article [6] faisant intervenir des modèles locaux non-linéaires avec des non-linéarités de type contact frottant (exemple Fig.1) ou loi cohésive. Le code de calcul industriel utilisé dans nos travaux est *code-aster*.

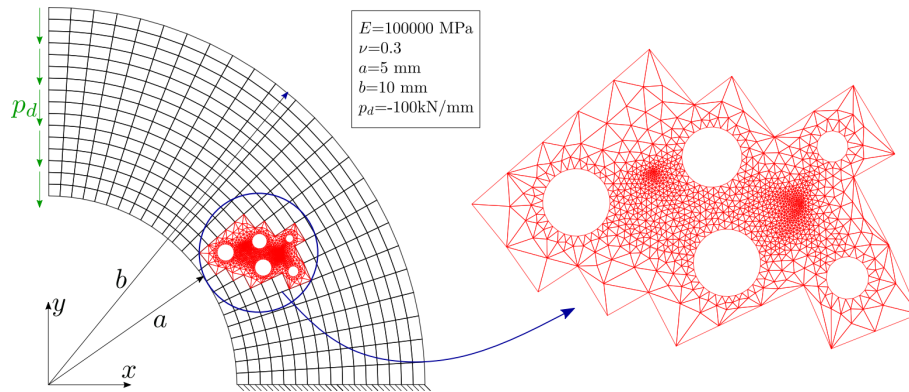


Fig. 1. Cas test avec un modèle local non-linéaire de type contact frottant

## Références

- [1] T.J.R. Hughes, J.A. Cottrell, and Y. Bazilevs. « Isogeometric analysis : CAD, finite elements, NURBS, exact geometry and mesh refinement », *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 4135–4195, 2005
- [2] Y. Lai, Y. Zhang, L. Liu, X. Wei, E. Fang, J. Lua, « Integrating CAD with Abaqus : a practical isogeometric analysis software platform for industrial applications », *Computers & Mathematics with Applications*, 1648–1660, 2017
- [3] P. Gosselet, M. Blanchard, O. Allix, G. Guguin, « Non-invasive global–local coupling as a Schwarz domain decomposition method : acceleration and generalization », *Advanced Modeling and Simulation in Engineering Sciences*, 2018
- [4] R. Bouclier, J.-C. Passieux, M. Salaun, « Local enrichment of NURBS patches using a non-intrusive coupling strategy : geometric details, local refinement, inclusion, fracture », *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.*, 1-26, 2016
- [5] M. Tirvaudey, R. Bouclier, J.-C. Passieux, L. Chamoin, « Non-invasive implementation of nonlinear isogeometric analysis in an industrial FE software », *Engineering Computations*, 237-261, 2020
- [6] E. Lapina, P. Oumaziz, R. Bouclier, J.C. Passieux, « A fully non-invasive hybrid IGA/FEM scheme for the analysis of localized non-linear phenomena », *Computational Mechanics*, Springer Verlag, 71, p.213–235, 2023