



**institut
universitaire
de France**

Promotion IUF 2018
Rapport d'activité (2018-2023)

NOM : MOES

PRÉNOM : NICOLAS

DATE DE NAISSANCE : 21/01/1970

GRADE : PROFESSEUR CEX2

DISCIPLINE PRINCIPALE : MECANIQUE

CNU : 60

UNIVERSITÉ OU ÉTABLISSEMENT D'APPARTENANCE : ECOLE CENTRALE DE NANTES

UNITÉ DE RECHERCHE D'APPARTENANCE : GeM UMR 6183

CATÉGORIE : SENIOR

THÉMATIQUE DE RECHERCHE : MECANIQUE NUMERIQUE APPLIQUEE A LA FISSURATION, LE CONTACT ET LE MOUVEMENT DE FRONT EN GENERAL.

RÉSUMÉ SCIENTIFIQUE À PROPOS DE LA RÉALISATION DU PROJET DE RECHERCHE IUF (2 pages maximum) :

Avancées majeures / Etat d'achèvement / réorientations éventuelles au cours des 5 ans / Perspectives ouvertes par le travail réalisé

Rappel du projet : Le projet concerne la modélisation de phénomènes mécaniques impliquant des comportements complexes : conditions de contact et de frottement, fluide visco-plastique, effet Portevin Le Chatelier et comportement adoucissant conduisant à la fissuration, Nous proposons de reformuler ces comportements en introduisant des fronts mobiles qui séparent les différents états du comportement : contact / non contact, état rigide ou visqueux, durcissement / ramollissement, ... La localisation des fronts devient une inconnue à part entière au même titre que les variables internes classiques. Ce nouveau cadre est hybride puisqu'il implique une vision configurationnelle couplée (front) et une vision standard (variables internes de part et d'autre du front). Du point de vue informatique, la connaissance explicite de la position du front permet d'obtenir une grande précision numérique et une grande robustesse dans la simulation. D'un point de vue théorique, le cadre hybride permet d'envisager des modèles plus évolués.

Avancées : Concernant l'effet Portevin Le Chatelier de belles avancées ont été obtenues avec deux publications [4,7] (voir la liste des publications ci-dessous). La première concerne une étude fine de résultats expérimentaux obtenus durant la thèse de B. Reyne. Cette étude a permis de mieux comprendre la propagation des fronts d'instabilités plastiques. Ensuite, le papier [7] a établi une première modélisation 1D.

Concernant la fissuration dans les matériaux adoucissant, la période de délégation a été intense. Nous avons poursuivi le travail sur l'approche Thick Level Set (TLS) initiée en 2011 [2,3,11,15]. En 2020, nous avons réalisé que cette approche n'était finalement pas une bonne idée (manque de robustesse). Nous avons donc cessé de travailler sur cette méthode et en avons créé une nouvelle sur laquelle nous fondons beaucoup d'espoir. Nous avons baptisé cette méthode : Lip-field [9,12,13] car elle impose une régularité de Lipschitz sur le champ d'endommagement.

Concernant l'écoulement de fluide-viscoplastiques, un rapport interne a été établi mais nous n'avons pas réussi à le transformer en publication car nous n'avons pas réussi à passer à un modèle numérique robuste.

Enfin, concernant la mécanique du contact, de belles avancées ont été obtenues dans le cadre de la thèse de T. Tiirats sur le contact de vissage entre tubes [8].

Perspectives ouvertes par le projet : La dernière publication de la délégation [17] a lancé la possibilité d'utiliser un nouveau type de maillage dans les calculs, à savoir les x-mesh qui sont capables de se déformer de manière extrême pour propager des fronts sur de longues distances et avec des changements topologiques. Ce que ne permettait pas l'approche Arbitrary Lagrangian-Eulerian (ALE). Le mot X-MESH est maintenant aussi l'acronyme d'un projet ERC Synergy en collaboration avec l'UCLouvain en Belgique (co-pi : Jean-François Remacle).

PRODUCTION SCIENTIFIQUE DE LA PÉRIODE 2018-2023 :

Publications scientifiques / Communications orales invitées / Ouvrages / Brevets en innovation / Autres réalisations

17 articles dans des revues internationales à comité de lecture au cours de l'IUF

1. Legrain, G. and Moës, N. Adaptive anisotropic integration scheme for high-order fictitious domain methods: Application to thin structures. *Int J Numer Methods Eng.*, 114: 882– 904, 2018.
2. Lé, B., Moës, N. and Legrain, G., Coupling damage and cohesive zone models with the Thick Level Set approach to fracture, *Engineering Fracture Mechanics*, 193:214-247, 2018.
3. Zghal, J., Moreau, K., Moës, N. *et al.* Analysis of the failure at notches and cavities in quasi-brittle media using the Thick Level Set damage model and comparison with the coupled criterion. *Int J Fract*, 211:253–280, 2018.
4. Reyne, B., Manach, P.-Y. and Moës, N., Macroscopic consequences of Piobert–Lüders and Portevin–Le Chatelier bands during tensile deformation in Al-Mg alloys, 746:187-196, *Materials Science and Engineering: A*, 2019.
5. Csati, Z., Moës, N., & Massart, T. J. A stable extended/generalized finite element method with Lagrange multipliers and explicit damage update for distributed cracking in cohesive materials. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 369, 113-173, 2020.
6. Zghal, J., Moës, N., Analysis of the delayed damage model for three one-dimensional loading scenarii, 21:527-537, *Comptes Rendus Physique*, 2020.
7. Reyne, B., Moës, N., & Manach, P.-Y. A persistent modal plastic model for instabilities in Al-Mg alloys with 1D application. *International Journal of Plasticity*, 131, 2020.
8. Tiirats, T. Chevaugéon, N., Moës, N., Stolz, C., Marouf, N. and Desdoit, E., How to efficiently apply soft thin coating to existing Finite Element contact model, *Finite Elements in Analysis and Design*, Volume 177, 2020.
9. Moës, N., & Chevaugéon, N. Lipschitz regularization for softening material models: the Lip-field approach. *Comptes Rendus. Mécanique*, 349(2), 415–434, 2021.
10. Kamasamudram, V., Coret, M. and Moës, N., The role played by viscoelasticity in the bulk material during the propagation of a dynamic crack in elastomers, *International Journal of fracture*, 231:43–58, 2021.

11. Shiferaw, B., Chupin, O., Piau, J.-M. and Moës, N., Development of a damage viscoelastic model using the thick level set approach to fracture: 1D modeling and comparison to uniaxial tension stress tests on bituminous specimens, *Engineering Fracture Mechanics*, 257:108026, 2021.
12. Chevaugeon, N. and Moës, N., Lipschitz regularization for fracture: The Lip-field approach, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Volume 402, 115644, 2022.
13. Moës, N., Lé, B. and Stershic, A., Fragmentation analysis of a bar with the Lip-field approach, *Mechanics of Materials*, 172:104365, 2022.
14. Le Cren, M., Martin, A., Massin, P. and Moës, N., A robust 3D crack growth method based on the eXtended Finite Element Method and the Fast Marching Method, *International Journal of Fracture*, 235: 243-265, 2022.
15. Salzman, A. and Moës, N.. A two-scale solver for linear elasticity problems in the context of parallel message passing. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 407, pp.115914, 2023.
16. Kamasamudram, V., Coret, M. and Moës, N., Computation of energy evolution during the dynamic fracture of elastomers using the finite viscoelastic model: Its implementation in Abaqus, *Mechanics of materials*, 181:104638, 2023.
17. Moës, N., Remacle, J.-F., Lambrechts, J., Lé, B., and Chevaugeon, N. The extreme mesh deformation (X-MESH) for the Stefan phase-change model, *Journal of Computational Physics*, 477:111878, 2023.

Cinq conférences invitées en tant que plénier ou semi-plénier

1. GDRI GEOMECH, Colloque à Lyon, France 2018.
2. CMWR, XXII, St Malo, 2018.
3. ECCM 6 - ECFD 7, Glasgow, Royaume-Uni, 2018.
4. MECAMAT, Aussois, France 2019.
5. IUF Congress, Marne-La-Vallée, France 2023.

OPÉRATIONS DE MÉDIATION SCIENTIFIQUE SIGNIFICATIVES (médias, sciences participatives avec les citoyens, etc.)

Article dans le magazine humanité Dimanche en 2021 : "la fissure, une faculté à haut risque de la matière".

ENCADREMENT DOCTORAL (Direction de thèses) :

1. A. Salzman (2013-2020), Thick Level Set model implementation in 3D parallel context.
2. M. Le Cren (2016-2019), Propagation robuste de défauts en 3D avec re-fermeture en présence d'endommagement, Thèse CIFRE EDF R&D.
3. M. Gorecki (2016-2019), Amélioration de la description physico-numérique de l'endommagement et de la rupture de la matière sous choc, Thèse CIFRE CEA.
4. Z. Csati (2016-2019), Mesh-independent modelling of diffuse cracking in cohesive grain-based materials, Thèse ITN, Financement Européen.
5. B. Reyne (2016-2019), Caractérisation, modélisation et simulation numérique des instabilités plastiques dans les alliages Al-Mg.
6. B. Shiferaw (2016-2019), Modélisation de la fissuration en milieu viscoélastique par approche Thick Level Set pour application au cas des enrobés bitumineux, Thèse Iffstar.
7. T. Tiirats (2018-2021) Prise en compte du revêtement dans la simulation d'un assemblage complexe : Application aux connections filetées via l'essai tribologique des cylindres croisés
8. V. Kamasamudram (2018-2021) Investigation of dynamic fracture of elastomers: On the role played by viscoelasticity.
9. Bruno Masseron (2021-) "Lip-field" regularization of anisotropic damage
10. Sichan Shetty (2023-) Financement ANR PRCI "CLIP-

AUTRES AVANCÉES SIGNIFICATIVES AU COURS DE LA PÉRIODE :

PRIX ET DISTINCTIONS SCIENTIFIQUES OBTENUS AU COURS DE LA PÉRIODE
(indiquer les dates) :

2019 Prix ONERA délivré par l'Académie de Sciences.
2020 Election comme membre à l'Académie des Sciences.
2022 Docteur Honoris Causa de l'Université de Liège.
2023 Chevalier de l'ordre des palmes académiques.

AUTRES OBSERVATIONS :

Je remercie l'IUF pour cette délégation qui m'a permis en toute sérénité de préparer et obtenir une ERC Synergy.
La première délégation en tant que junior m'avait également permis d'obtenir une ERC (Advanced grant pour cette première ERC).

Acceptez-vous la mise en ligne de ce document sur le site internet de l'IUF : YES