

**Titre:** Modélisation de la localisation des déformations dans les matériaux adoucissants par une approche eikonale

**Mots clés:** Endommagement non-local, Localisation, Discontinuité forte, Identification des paramètres

**Résumé:** La mécanique de l'endommagement est couramment utilisée pour modéliser le comportement adoucissant des matériaux quasi-fragiles. La perte d'ellipticité des équations d'équilibre lors des phases adoucissantes peut conduire à la localisation des déformations dans des zones de tailles infinitésimales et à des dissipations d'énergie fallacieuses. Les méthodes non-locales permettent de régulariser le problème en considérant que le comportement d'un point matériel dépend du comportement des points matériels de son voisinage. Dans ce contexte, la méthode non-locale eikonale pour l'endommagement propose de calculer les interactions non-locales en fonction de l'évolution du champ d'endommagement et ainsi résoudre le problème de diffusion de l'endommagement caractéristique de la méthode intégrale non-locale classique où les interactions restent constantes.

Ce travail présente l'implémentation numérique et l'étude des propriétés de régularisation de la méthode non-locale eikonale. L'étude est d'abord menée dans un contexte unidimensionnel afin de mettre en évidence l'influence de l'endommagement sur le pro-

cessus de localisation des déformations. Une perte d'objectivité des résultats vis-à-vis de la discrétisation spatiale est constatée pour des niveaux d'endommagement élevés. La transition du modèle d'endommagement non-local eikonale vers un modèle à discontinuité forte est alors proposée afin de retrouver l'objectivité des résultats. L'étude est poursuivie dans un contexte bidimensionnel à l'aide du solveur aux éléments finis Cast3M et la procédure de calcul des interactions non-locales en deux dimensions est présentée. La transition du modèle d'endommagement non-local eikonale vers un modèle à discontinuité forte est développée dans le cadre des éléments finis enrichis. Enfin, une procédure d'identification des paramètres du modèle d'endommagement non-local eikonale est proposée. Un modèle de krigeage est construit à partir des résultats de simulations numériques du modèle d'endommagement. Les paramètres du modèle d'endommagement sont alors identifiés à l'aide d'un algorithme d'optimisation génétique utilisant le modèle de krigeage pour estimer la réponse du modèle d'endommagement.

**Title:** Modeling the localization of deformations in softening media by an eikonal non-local approach

**Keywords:** Non-local damage, Localization, Strong discontinuity, Model parameter identification

**Abstract:** Damage mechanics is commonly used to model the softening behavior of quasi-brittle materials such as concrete. The loss of ellipticity of the equilibrium equations during softening phases can lead to the localization of deformations in areas of infinitesimal size and to spurious energy dissipation. Non-local methods allow to regularize the problem by considering that the behavior of a material point depends on the behavior of material points in its vicinity. In this context, the eikonal non-local method for damage proposes to calculate the non-local interactions according to the evolution of the damage field in order to avoid the pathological damage diffusion observed for the classical integral non-local method where interactions remain constant.

The numerical implementation and the study of the regularization properties of the eikonale non-local method is presented in this work. The study is first conducted in a one-dimensional context in order to highlight the

influence of damage on the deformation localization process. A loss of objectivity of results with respect to spatial discretization is observed for high damage levels. The transition from the eikonal non-local damage model to a strong discontinuity model is then proposed in order to recover objectivity. The study is then continued in a two-dimensional context using the finite element solver Cast3M and the procedure for calculating non-local interactions in two dimensions is presented. The transition from the eikonal non-local damage model to a strong discontinuity model is developed in the embedded finite element framework. Finally, a procedure for identifying the parameters of the eikonal non-local damage model is proposed. A Gaussian Process Regression model is constructed from the results of numerical simulations of the damage model. The parameters of the damage model are then identified using a genetic optimization algorithm using the Gaussian Process Regression model to estimate the response of the damage model.