

Vers des simulations robustes par la méthode des éléments discrets
pour l'étude de la durabilité des matériaux et des structures.
Récents développements et applications en dynamique rapide

Jérémy Girardot

Arts et Métiers Sciences et Technologies, umr CNRS I2M Bordeaux

Les matériaux fragiles sont étudiés dans de nombreuses applications; en génie civil avec par exemple les matériaux de construction des bâtiments et des ouvrages, en géoscience pour le comportement des sols et des roches, en aérospatial via des matériaux hautes performances comme les céramiques techniques pour l'isolation ou la protection des systèmes embarqués et des moteurs à combustion, dans le domaine de la défense pour la protection des biens et des personnes, et cette liste n'est bien sur pas exhaustive.

Toutes ces applications impliquent à différents degrés la nécessité de dimensionner des structures face à un chargement dynamique. Les connaissances sur les mécanismes de ruine en dynamique doivent donc être prises en compte dans des modèles à différentes échelles allant de celle utilisée par l'ingénieur dans un objectif de prédiction de la durabilité jusqu'à l'échelle beaucoup plus fine décrivant l'hétérogénéité de la matière dans un objectif de compréhension, tout en parcourant toutes les échelles intermédiaires.

La modélisation de l'endommagement des matériaux fragiles en dynamique est un sujet encore largement ouvert. La difficulté intrinsèque de modéliser une fissure nécessite de travailler sur le développement de méthodes numériques non triviales. Actuellement, les approches continues sont largement plébiscitées pour ces simulations et proposent déjà des résultats encourageants mais présentent aussi des instabilités numériques, des difficultés d'implémentation et de manière générale se confrontent à la représentation continue d'un problème naturellement discret.

Les approches discrètes sont à ce titre séduisantes de part leur simplicité de mise en œuvre mathématique et de leur proximité avec la nature discrète du phénomène de fissuration. Elles restent encore en phase de maturation, notamment dans des cadres dynamiques.

La méthode des éléments discrets a initialement été développée pour les milieux granulaires. Elle consiste à faire le bilan d'efforts de contacts sur une multitude d'éléments dits 'discrets' et généralement sphériques. Le suivi de la position de ces éléments au cours du temps est ensuite réalisé via une intégration des accélérations, dans le cas de la dynamique des contacts régularisés.

Cette présentation proposera un état du travail actuel pour tester la capacité cette méthode numérique à apporter des résultats qualitatifs et quantitatifs dans des configurations de dynamique rapide. Après avoir introduit les concepts de base de la méthode et les récentes améliorations développées, plusieurs exemples à différentes échelles de modélisation seront présentés et discutés afin de mettre en avant les perspectives des travaux de recherche en cours faisant intervenir autant des compétences numériques/informatique que de mécanique théorique via l'exploration du lien discret/continu.

Towards robust simulations using the discrete element method
Recent developments and applications in fast dynamics

Jérémie Girardot

Arts et Métiers Institute of Technology, umr CNRS I2M Bordeaux

Brittle materials are studied in a wide range of applications: in civil engineering through materials used in the construction of buildings and structures; in geoscience, for the behavior of soils and rocks; in aerospace, via high-performance materials such as technical ceramics for the insulation or protection of on-board systems and combustion engines, in defense, for the protection of goods and people.

All these applications involve, the need to design structures under dynamic loadings. Knowledge of dynamic failure mechanisms must therefore be taken into account in models at different scales, from the engineering one to the much finer scale describing material heterogeneity, while covering all the intermediate scales.

The modeling of dynamic damage in brittle materials is still largely an open question. The intrinsic difficulty of modeling multiple cracks calls the development of non-trivial numerical methods. Continuous approaches are widely used for these simulations, and are already producing encouraging results. However, they also present numerical instabilities, implementation difficulties and, in general, are confronted with the continuous representation of a naturally discrete problem.

In this respect, discrete approaches are attractive because of their simplicity of mathematical implementation and their closeness to the discrete nature of the cracking phenomenon. They are still in the maturing phase, particularly in the dynamic field.

The discrete element method was originally developed for granular media. It consists in evaluating the contact forces on a multitude of “discrete” elements, generally spherical. The position of these elements over time is then tracked by integrating accelerations, in the case of the smoothed contact dynamic.

This presentation will review current work to test the ability of this numerical method to deliver qualitative and quantitative results in fast dynamics configurations. After introducing the basic concepts of the method and the recent improvements, several examples at different modeling scales will be presented and discussed in order to highlight the perspectives of current research work involving both numerical/computational skills and theoretical mechanics via the exploration of the discrete/continuous link.