

Endommagement et ruine des structures renforcées sous impact

S. Potapov¹, V. Faucher²

¹LaMSID UMR EDF-CNRS-CEA 2832, EDF R&D, Département AMA, France, serguei.potapov@edf.fr

²LaMSID UMR EDF-CNRS-CEA 2832, CEA, DEN, DM2S, SEMT, DYN, France, vincent.faucher@cea.fr

Résumé — La présente contribution porte sur les méthodes de calcul en dynamique rapide pour les structures sous impact modélisées jusqu'à la ruine. Est en particulier considérée l'approche par éléments discrets pour la modélisation du béton armé. Cette approche a fait l'objet de développements avancés dans le code EUROPLEXUS, au niveau de la représentation de l'endommagement et de l'interaction entre le béton et le ferrailage, des performances de l'algorithme de résolution et de l'interaction avec les éléments finis utilisés classiquement pour discrétiser une partie du modèle.

Les travaux en cours sont illustrés sur des applications industrielles menées avec le logiciel.

Mots clefs — Dynamique rapide explicite, endommagement et ruine, éléments discrets.

1 Eléments discrets pour le béton armé sous impact

Les éléments discrets sont une alternative à la modélisation des structures par éléments finis, particulièrement adaptée lorsque de hauts niveaux d'endommagement interviennent, jusqu'à la ruine complète, reproduisant de manière satisfaisante les phénomènes discontinus apparaissant avec la rupture[1][2].

Parmi les différentes formulations existantes, l'approche considérée dans EUROPLEXUS¹ [3] est fondée sur des éléments sphériques, rigides et homogènes, interagissant selon deux modes : un mode cohésif, avec un certain rayon d'interaction associé à chaque élément, et un mode de contact, entre des éléments initialement non-liés. Les paramètres des lois d'interaction cohésive entre les éléments discrets sont identifiés pour reproduire au niveau de la structure le comportement linéaire élastique isotrope du béton sain et son comportement non-linéaire à rupture, en particulier la dissymétrie de comportement traction/compression. L'interaction avec le ferrailage est prise en compte sous la forme de liens particuliers, les aciers étant également représentés à l'aide d'éléments discrets.

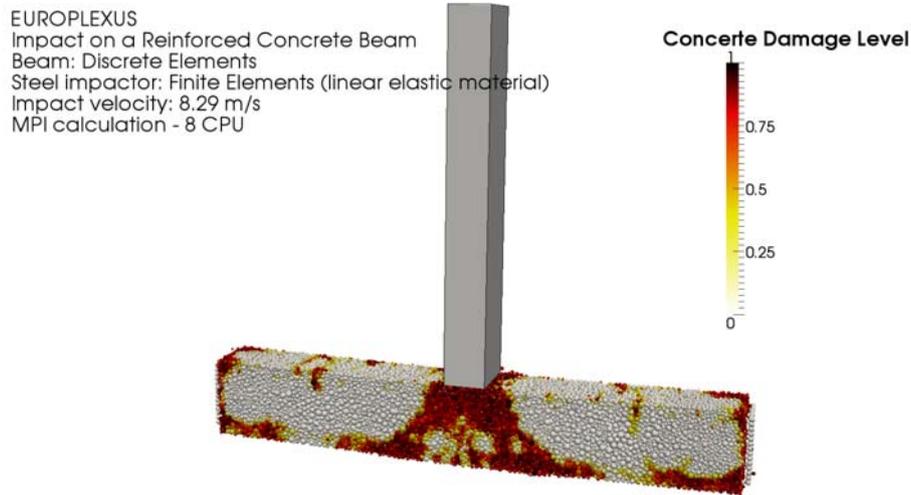
2 Résolution parallèle hybride

La modélisation par éléments discrets produit fréquemment des modèles volumineux, pour obtenir une description fine des phénomènes non-linéaires localisés à l'intérieur et au voisinage d'une zone d'impact. Il est donc nécessaire de l'associer avec une résolution parallèle efficace pour ne pas pénaliser son utilisation. Dans EUROPLEXUS, cette approche sert de modèle pour la mise en œuvre d'un parallélisme hybride, dans le cadre du projet ANR RePDyn [4] : d'une part, la résolution est accélérée par une décomposition de domaine et un parallélisme à mémoire distribuée entre les nœuds d'un *cluster* de calcul, d'autre part, une accélération locale sur GPU est en cours de finalisation via la librairie SOFA, développée par l'INRIA [5].

3 Illustrations

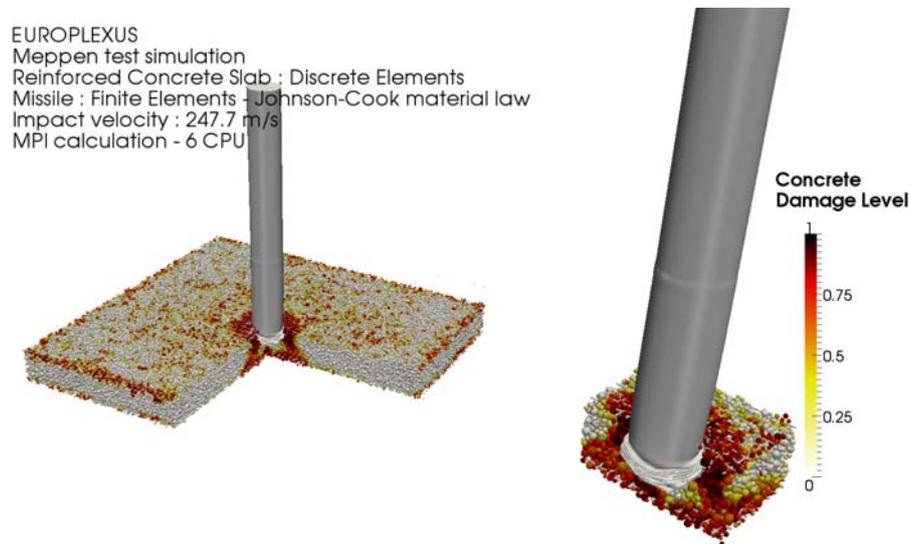
Les simulations réalisées montrent que l'utilisation des modèles mixtes contenant des éléments discrets et des éléments finis classiques permet de simuler efficacement le comportement de la structure en béton armé pour différents types de chargement.

¹ Le code de dynamique rapide EUROPLEXUS, propriété du CEA/DEN et de la Commission Européenne, est co-développé par EDF dans le cadre d'un contrat de partenariat majeur.



Time: 1.0 ms

FIG. 1 – Impact d'un projectile rigide sur une poutre en béton armée



Time: 5.0 ms

FIG. 2 – Simulation d'un essai Meppen (impact d'un missile déformable sur une dalle en béton armé)

Références

- [1] J. Rousseau. *Modélisation numérique du comportement dynamique des structures sous impact sévère avec un couplage éléments discrets / éléments finis*, thèse de doctorat Université Joseph Fournier (Grenoble), 2009.
- [2] J. Rousseau, P. Marin, L. Daudeville, S. Potapov. *A discrete element/shell finite element coupling for simulating impacts on reinforced concrete structures*, European Journal of Computational Mechanics, Vol. 19/1-2-3 – 2010, pp.153-164
- [3] EUROPLEXUS: *a computer program for the finite element simulation of fluid-structure systems under transient dynamic loading*. <http://europlexus.jrc.ec.europa.eu>, (User's Manual).
- [4] <http://www.repdyn.fr>
- [5] <http://www.sofa-framework.org>