

## Modélisation de l'endommagement dynamique des matériaux ductiles

*S. Mercier<sup>1</sup>, N. Jacques<sup>2</sup>, A. Molinari<sup>1</sup>, C. Czarnota<sup>1</sup>, C. Sartori<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>LEM3, UMR CNRS 7239, Université de Lorraine, Ile du Saulcy 57045 Metz, France

<sup>2</sup>ENSTA Bretagne, LBMS, 2 rue François Verny, 29806 Brest cedex 9, France

La rupture des matériaux ductiles est le résultat de la nucléation, de la croissance et de la coalescence de vides à l'échelle microscopique. En endommagement dynamique, les vides vont être soumis à une expansion très rapide, ce qui va engendrer de très fortes accélérations de la matière au niveau de la paroi interne des vides. Ces fortes accélérations doivent être prises en compte dans les modèles d'endommagement et vont jouer un rôle très important, notamment lors d'essais d'impact de plaques lorsque le phénomène d'écaillage apparaît. Cet écaillage est alors le fruit de l'interaction des ondes qui ont été créés lors de l'impact et qui viennent se croiser au sein de la cible pour engendrer d'importantes contraintes de traction. Ceci provoque alors la rupture de la cible en quelques microsecondes.

Depuis quelques années, au sein de l'équipe Dynamique et Conditions extrêmes du LEM3, nous avons proposé une approche multi-échelle pour décrire l'endommagement en dynamique. Il a été alors montré que la contrainte macroscopique est la somme d'une contribution quasi-statique et d'une contribution dynamique [1]. Dans nos études, la contribution quasi-statique est définie via les modèles de la littérature (modèle de Gurson, Olevsky...). Pour la contribution dynamique, la modélisation s'appuie sur un motif représentatif élémentaire (généralement le motif de sphère creuse) et sur un champ de vitesse cinématiquement admissible. En supposant que le vide reste sphérique lors du chargement, une expression analytique de la partie dynamique du tenseur des contraintes peut être obtenue [1]. Ce modèle a été implémenté dans ABAQUS/Explicit.

Le modèle a été confronté à des résultats expérimentaux d'essais d'impact de plaques [2]. Il a alors été possible de décrire à la fois les profils de vitesse en face arrière mais aussi l'hétérogénéité de la porosité qui se développe au sein de la cible [3]. Dans un second temps, l'effet de la micro-inertie sur la propagation de fissure dans des éprouvettes entaillées a été analysé. Il a été montré que la vitesse de propagation de la fissure est fortement influencée par cette inertie locale. Par ailleurs, la présence de micro-inertie a un effet bénéfique sur la régularisation des calculs [3].

### References

- [1] Molinari A., Mercier S., (2001), Micromechanical modelling of porous materials under dynamic loading, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 49, 1497-1516, 2001
- [2] Roy, G., (2003). Vers une modélisation approfondie de l'endommagement ductile dynamique. Investigation expérimentale d'une nuance de tantale et développements théoriques. Doctorat, Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aéronautique, Université de Poitiers, France.
- [3] C. Czarnota, N. Jacques, S. Mercier, A. Molinari, (2008). Modelling of dynamic ductile fracture and application to the simulation of plate impact tests on tantalum, *J. Mech. Phys. Solids* 56(4):1624-1650.
- [4] N. Jacques, C. Czarnota, S. Mercier, A. Molinari, (2010). A micromechanical constitutive model for dynamic damage and fracture of ductile materials. *Int. J. Fract.* 162:159-175