

## Formation de micro-jets depuis des défauts de surface

Thibaut DE RESSEGUIER

Contact : [resseguier@ensma.fr](mailto:resseguier@ensma.fr)

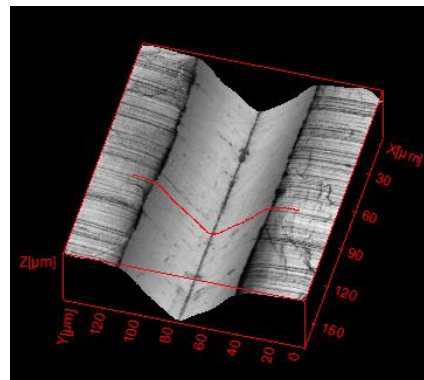
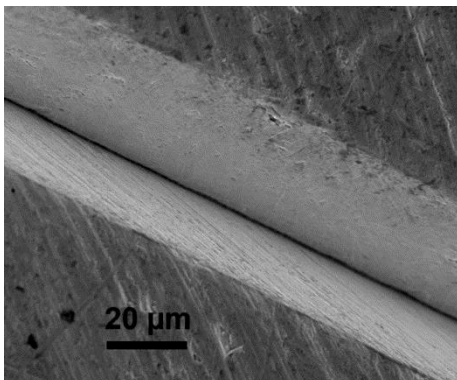
Thèse en cours :

Caroline ROLAND (CNRS-CEA), 2014-...

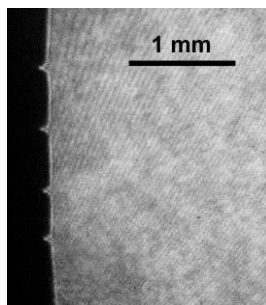
Partenariats : CEA (Bruyères-le-Châtel), LULI (Ecole Polytechnique), IPR (Université de Rennes)

Lorsqu'un matériau solide est soumis à un chargement dynamique (détonation d'un explosif, impact d'un projectile ou d'un débris...), il est parcouru par une onde de choc qui se propage depuis la surface chargée et qui débouche généralement sur une surface libre. Les défauts géométriques de cette surface libre (rugosité, rayures, cavités...) peuvent alors conduire à l'éjection, sous forme de jets de matière, de débris dont la taille caractéristique est typiquement de l'ordre du  $\mu\text{m}$  et dont la vitesse est de l'ordre de quelques km/s. La maîtrise de ce processus (en anglais **micro-jetting**) est essentielle pour de multiples applications (pyrotechnie, sécurité industrielle, conception de blindages, fusion par confinement inertiel...).

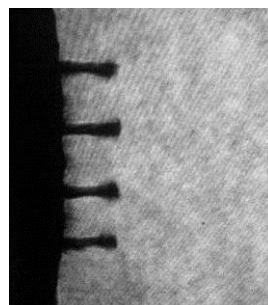
Nous avons amorcé l'étude du micro-jetting dans les conditions de chargement spécifiques des chocs laser : impulsions de pression de très courte durée, vitesses de déformation extrêmement élevées, possibilité de récupération partielle des échantillons et des éjectas. Les travaux qui débutent permettent de caractériser par plusieurs techniques complémentaires les jets produits depuis des rainures modèles, de forme et de profondeur contrôlées, dans des échantillons métalliques (Al, Sn, Pb, Cu...) soumis à des chocs laser intenses. Les résultats sont confrontés à des prédictions théoriques et à des simulations numériques.



Scanning electron micrographs of a groove of  $20^\circ$  half angle in a lead sample (left), and 3D reconstruction from optical micrographs of a groove of  $45^\circ$  half angle (right).



before  $t_0$

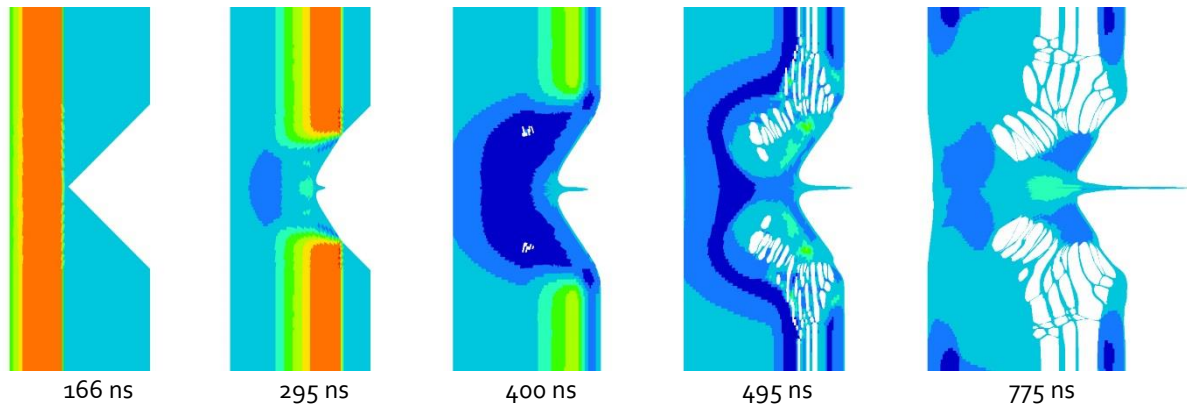


$t_0 + 250$  ns

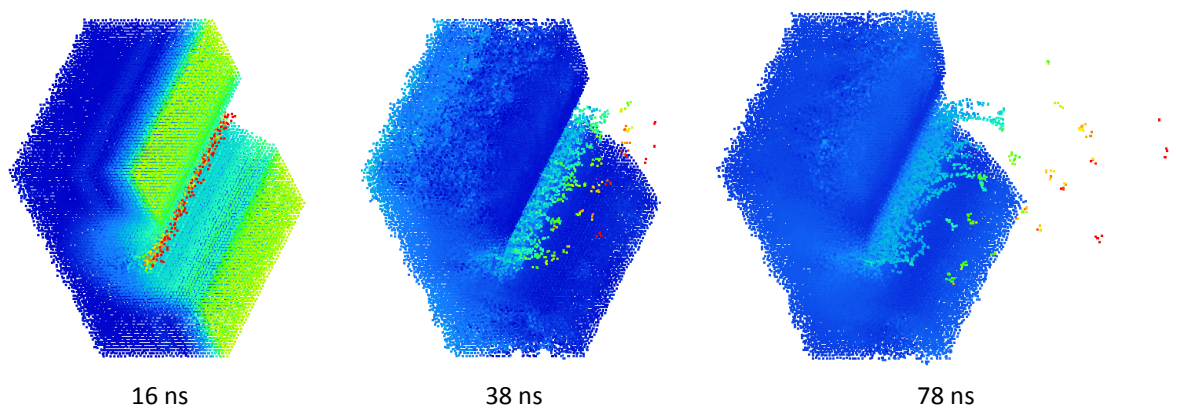


$t_0 + 500$  ns

Typical shadowgraphs recorded behind a  $300\ \mu\text{m}$ -thick Sn target, with triangular grooves of  $30^\circ$  half angles in its free surface. A  $1.94\ \text{TW}/\text{cm}^2$  laser shock is applied at time  $t_0$  onto a  $3.6\ \text{mm}$ -diameter spot in the left surface (not shown, hidden by the target holder). Its reflection from the grooves generates four jets. Their tip velocity ( $3.84\ \text{km}/\text{s}$ ) and that of the planar free surface ( $1.39\ \text{km}/\text{s}$ ) are inferred from this sequence.



Finite element simulation of the breakout of a 30 GPa-pressure pulse at the free surface of an Al sample with a groove of  $45^\circ$  half angle. Time origin is arbitrary. The sequence shows jet formation as well as spall fracture (in the form of element deletion) where the interaction of release waves causes tensile stresses (dark blue).



Smoothed Particles Hydrodynamics (SPH) simulation of the breakout of a 30 GPa-pressure pulse at the free surface of a Sn sample with a groove of  $45^\circ$  half angle and  $50 \mu\text{m}$  depth. Velocity contours between 0 (dark blue) and 2.5 km/s (red) at successive times illustrate jet formation and subsequent fragmentation.

#### Publications :

- *Microjetting from grooved surfaces in metallic samples subjected to laser driven shocks*, T. de Ressaiguier, E. Lescoute, A. Sollier, G. Prudhomme, P. Mercier, J. Appl. Phys. **115** (4), 043525, 2014
- *Hydrodynamic simulations of microjetting from shock-loaded grooves*, C. Roland, T. de Ressaiguier, A. Sollier, E. Lescoute, L. Soulard, D. Loison, Proceeding of the 19<sup>th</sup> APS Conference, Tampa, 2015
- *Influence of edge conditions on material ejection from periodic grooves in laser shock-loaded tin*, T. de Ressaiguier, C. Roland, G. Prudhomme, D. Loison et al., J. Appl. Phys. **119** (18), 185108, 2016
- *Ejection of micron-scale fragments from triangular grooves in laser shock-loaded copper samples*, C. Roland, T. de Ressaiguier, A. Sollier, E. Lescoute, D. Loison, L. Soulard, J. of Dynamic Behavior of Materials, to be published