

Rupture dynamique en matériaux amorphes fragiles: Mécanismes de dissipation et dynamique induite par la microfissuration en PMMA

Claudia Guerra^{1,3}, Julien Scheibert¹, Davy Dalmas², Daniel Bonamy¹

¹ CEA/SPCSI, F-91191 Gif-sur-Yvette

² Unité Mixte CNRS/Saint-Gobain, 93303 Aubervilliers cedex, France

³Groupe Liquide et Interfaces/LPMCN/ Université Claude Bernard Lyon 1, 69622
Villeurbanne.

La propagation de fissures est le mécanisme fondamental responsable de la rupture catastrophique des matériaux fragiles. Celle-ci est décrite traditionnellement par la Mécanique Linéaire Élastique de la Rupture (MLER) qui propose notamment une équation de mouvement qui permet de relier le facteur d'intensité des contraintes (la "force" s'appliquant à ouvrir une fissure) et la vitesse de fissuration. Cette relation fait nécessairement intervenir une troisième quantité, appelée énergie de fracture, qui est l'énergie dépensée pour que la surface de fracture augmente d'une unité. Dans les matériaux fragiles, cette énergie de fracture reste constante et on prédit alors une vitesse de fissuration limite égale à la vitesse de Rayleigh (vitesse d'une onde acoustique le long d'une surface). Or un grand nombre d'expériences montrent que ceci n'est pas vérifié.

Pour comprendre l'origine de ce désaccord, nous avons mis en place un dispositif expérimental qui permet d'étudier les mécanismes de rupture dans un matériau fragile modèle - le Plexiglas® - sur une large gamme de vitesse. Pour les faibles vitesses de fissuration, l'énergie de fracture reste effectivement constante comme prédit par la MLER. Mais à un seuil de vitesse bien défini (165 m/s), l'énergie triple brusquement. Au delà de ce seuil, l'énergie de fracture augmente avec la vitesse de fissuration et diverge lorsque celle-ci approche une valeur correspondant à la moitié de la vitesse de Rayleigh, qui ne peut donc être atteinte. Ce seuil de vitesse coïncide au seuil d'apparition de microfissures qui naissent en avant du front principale, et laissent une marque caractéristique, conique, sur les faciès de rupture lorsqu'elles coalescent avec le front principale. Au delà du seuil de 165 m/s, la rupture du Plexiglas® s'accompagne donc d'endommagement. Un modèle géométrique simple permet de reconstruire *de manière déterministe* la dynamique de propagation du front de fissure et le développement d'endommagement associé, à l'échelle du micromètre et de la microseconde, à partir des faciès de rupture. Il permet de comprendre la variation de l'énergie de fracture en fonction de la vitesse, et d'expliquer la vitesse limite atteinte dans la rupture du Plexiglas®. Un certain nombre d'arguments suggèrent que cette transition dynamique pourrait être générique et s'appliquer à une large gamme de matériaux.