

Analyse expérimentale et modélisation des propriétés de fragmentation dynamique de céramiques pour blindage à haute performance



Yannick DUPLAN

Doctorant, 2017 – 2020

Tuteur de thèse : Pr. Pascal FORQUIN (3SR)

Co-encadrants : Dr. Dominique SALETTI (3SR), Dr. Matthieu GRAVELEAU (Saint-Gobain)

yannick.duplan@3sr-grenoble.fr

Équipe RV



Contexte

Les blindages bicouches constituent les solutions de protection les plus performantes vis-à-vis des projectiles perforants, de part la dureté de leur face avant en céramique, qui brise la tête des balles. Cependant, l'onde de choc génère une fragmentation, *i.e.* fissuration multiple et orientée, intense dans la céramique, affectant alors ses performances mécaniques de protection.

À ce titre, *Saint-Gobain* a développé des céramiques à haute ténacité, ayant une nouvelle microstructure et une porosité contrôlée, pour amplifier la tolérance à l'endommagement sous un ou multi-impact.

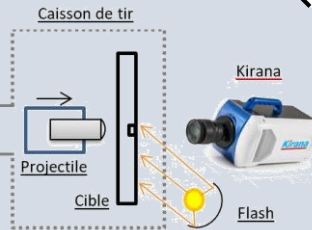
Objectif

Comprendre le comportement de ces nouvelles céramiques qui montrent des mécanismes nouveaux de fragmentation dynamique. Pour cela, il convient de : caractériser leur ténacité ($K_{I,d}$) et résistance dynamiques, et modéliser numériquement le processus de fragmentation.

Caractérisation de la ténacité quasi-statique (→ essais **SENB** (Single-Edge Notched Beam)) et dynamique (→ dispositif avec deux **barres de Hopkinson** (cf. figure, [Forquin, 2003]) + visualisation par caméra ultra-rapide).



Impacts balistiques (sur face et sur tranche, configuration sarcophage) à l'aide d'un lanceur de petit calibre (20mm), avec un projectile à extrémité hémisphérique. Utilisation de la même **caméra Kirana** à 5Mfps pour visualiser l'amorce et la propagation dynamique des fissures.

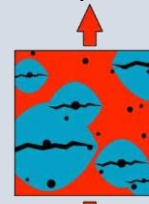


Traction dynamique par impact de plaque, obtenue aux barres de Hopkinson. Cet essai est aussi un essai d'**écaillage**, dont l'analyse d'endommagement est évaluée par micro-tomographie aux rayons X.

EXPÉRIENCES

Simulations mésoscopiques décrivant l'amorçage et la propagation de fissures à l'aide du code de calcul **Abaqus-Explicit**. Obtention d'un modèle (loi) d'endommagement.

Prise en compte de la population de défauts en entrée, décrite par les paramètres de Weibull (quasi-)statiques (obtenus par essais de flexion), et de la propagation dynamique des fissures (modèle de Weibull dynamique).



Phénomène d'occultation, c'est-à-dire de relaxation des contraintes de traction, lors d'une fragmentation

Paramètres statiques : module de Weibull m caractérisant la dispersion, le volume de la structure V_{eff} si contrainte uniforme, contrainte moyenne à la rupture σ_w .

Paramètres dynamiques (propagation de fissures) : paramètre dimensionnel de forme S , vitesse des ondes kC (avec k un coefficient supposé constant).

MODELISATION