

CARACTERISATION D'IMPACTS DE PROJECTILES NON-REGULIERS SUR VERRE

G. Langevin, Airbus Helicopters / Institut de Physique de Rennes (Département Mécanique & Verres), UMR UR1-CNRS 6251, 35 042 RENNES Cedex. Téléphone : 02 23 23 54 37, Adresse(s) électronique(s) : gildas.langevin@univ-rennes1.fr / gildas.langevin@airbus.com

J.-C.Sangleboeuf, Institut de Physique de Rennes (Département Mécanique & Verres), UMR UR1-CNRS 6251, 35 042 RENNES Cedex. Téléphone : 02 23 23 57 17, Adresse(s) électronique(s) : jean-christophe.sangleboeuf@univ-rennes1.fr

A. Perret, Airbus Helicopters, Aéroport International Marseille Provence, 13 725 MARIGNANE Cedex. Téléphone : 04 42 85 74 73, Adresse(s) électronique(s) : adrien.perret@airbus.com

Mots clés : Verre trempé chimique ; Impact ; Endommagement ; Comportement post-impact ; Projectile non-standard

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Les verres peuvent en situation d'usage être amenés à subir des endommagements par impact de projectiles, susceptibles d'altérer leurs propriétés mécaniques. Dans le cas particulier des hélicoptères, ce phénomène est appelé gravillonnage : les mouvements d'air autour de la cabine génèrent des envols de particules, qui viennent impacter les pare-brise selon des conditions (type de projectile, vitesse et incidence d'impact) diverses, sans nécessairement les fissurer.

1.1 Impacts hertziens

Ces phénomènes d'endommagement ont été étudiés à plusieurs reprises dans la littérature. Cependant, pour des raisons de standardisation et de reproductibilité des essais, les impacts sont généralement étudiés dans les conditions de Hertz. On considère alors un contact entre deux sphères purement élastiques (Johnson, 1982), qui peut être étendu entre autres à des contacts cône-plan et surtout sphère-plan ; ce dernier cas est reproduit en pratique par impact d'une bille sur une plaque de verre.

La rupture hertzienne génère des faciès d'endommagement très caractéristiques (voir Figure 1) : elle s'amorce par une rupture circulaire à la surface du verre, autour du lieu d'impact, qui évolue en cône au fur et à mesure que l'on augmente l'énergie d'impact.

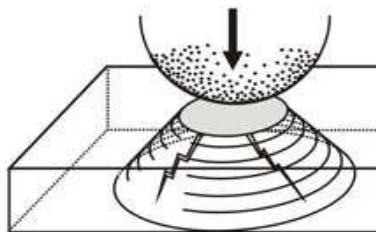


Figure 1. Profil de rupture obtenu par contact dans les conditions de Hertz

En outre, les altérations des propriétés mécaniques suite à un impact hertzien (à incidence normale et iso-projectile) présentent également un profil caractéristique détaillé en Figure 2.

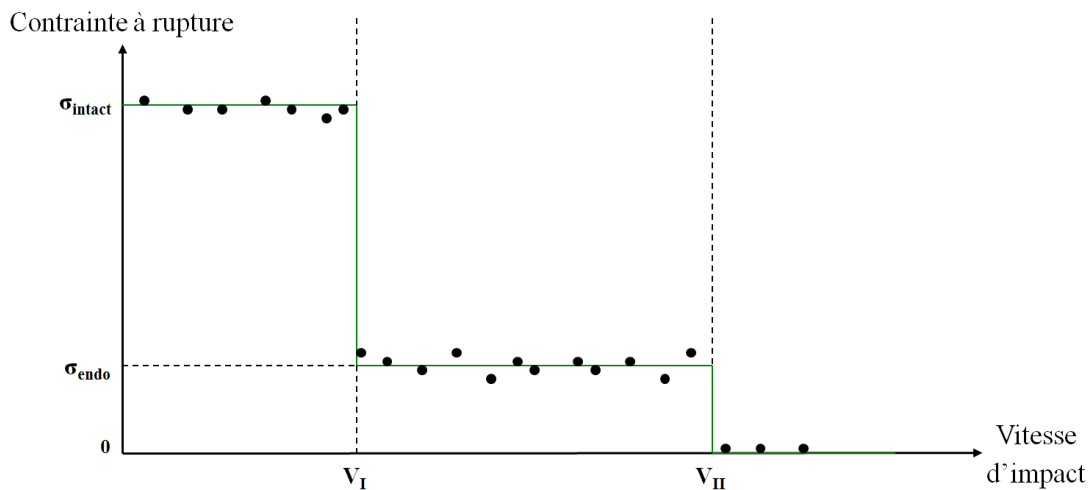


Figure 2. Evolution typique de la contrainte à rupture d'une éprouvette de verre plan impactée à incidence normale par un même projectile, en fonction de la vitesse d'impact (d'après Wiederhorn et Lawn (1977))

1.2 Impacts réels

Cependant, les impacts observés dans la pratique sortent de ce cadre : les projectiles responsables des endommagements constatés ne sont plus sphériques, et sont susceptibles de se pulvériser lors de l'impact. Les endommagements présentent alors des motifs significativement plus complexes, résumés en Figure 3.

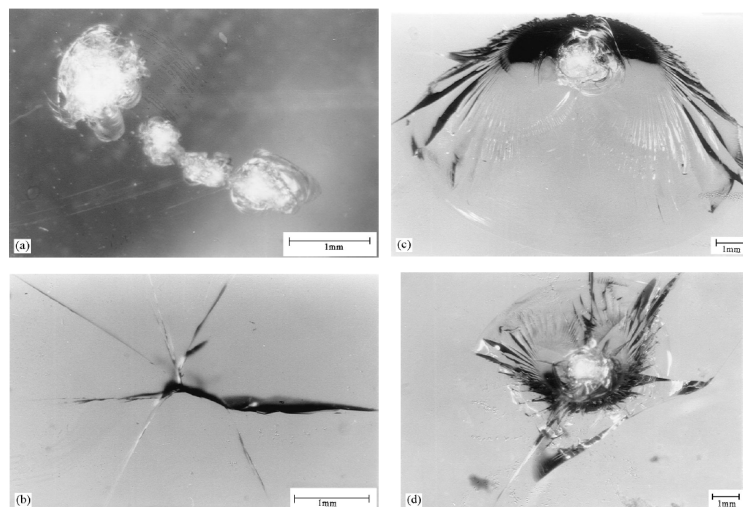


Figure 3. Différents profils d'endommagement constatés sur verre flotté (Grant et al., 1998)

Dans ce cas, la littérature permet de cerner les paramètres influençant le profil d'endommagement, qu'ils soient liés au corps impactant ou impacté, ou encore aux conditions de l'impact, mais pas de quantifier leur influence. La nécessité d'une phase expérimentale est donc généralement reconnue avant toute modélisation d'impact, la survenue-même des endommagements et leur faciès dépendant des conditions d'étude (Ismail et al., 2011).

2. POSITION DU PROBLEME

Ce dernier constat peut également être effectué concernant l'évolution des propriétés mécaniques des échantillons suite à l'impact : il n'a pas été trouvé à ce jour de critère permettant de quantifier la faculté d'un ensemble de conditions d'impacts (projectile, vitesse et incidence d'impact) à altérer les propriétés mécaniques du verre considéré (par exemple la contrainte à rupture lors d'un essai de flexion).

Par conséquent, la problématique de la présente étude est double :

- Tout d’abord, comment parvenir à lier les conditions d’impact au « type » d’endommagement (physionomie, dimensions) ? Le but étant de déterminer *a posteriori* quelles ont été les conditions ayant abouti aux endommagements constatés sur les échantillons à disposition, issus de pare-brise d’hélicoptères ;
- Ensuite, comment lier les « types » d’endommagements aux propriétés mécaniques résiduelles ? Dans ce cas, l’idée consiste à prédire les altérations du matériau suite à des conditions d’impact données, et ainsi donner un pronostic de résistance à la fissuration, à l’échelle d’un pare-brise.

REFERENCES

- Grant, P. V., Cantwell, W. J. et McKenzie, H., “The damage threshold of laminated glass structures”, *International journal of impact engineering*, **21**, 9, (1998), pp. 737-746.
- Ismail, J., Zaïri, F. et Naït-Abdelaziz, M., “Experimental and numerical investigations on erosion damage in glass by impact of small-sized particles”, *Wear*, **271**, 5, (2011), pp. 817-826.
- Johnson, K. L., “One hundred years of Hertz contact”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, **196**, 1, (1982), pp. 363-378.
- Wiederhorn, S. M. et Lawn, B. R., “Strength degradation of glass resulting from impact with spheres”, *Journal of the American Ceramic Society*, **60**, 9-10, (1977), pp. 451-458.