

Results of gelatin impact tests on several laminate and sandwich composites

Guillaume Barlow ⁽¹⁾, Olivier Dorival ^{(1),(2),(3)}

(1) Icam Ouest Nantes campus, 35 Avenue du Champ de Manœuvre, 44470 Carquefou

(2) Icam Toulouse campus, 75 Avenue de Grande Bretagne, 31076 Toulouse cedex 3

(3) Institut Clément Ader, 3 rue Caroline Aigle, F-31400 Toulouse cedex 04

Abstract (less than 500 word)

In the field of marine structures, research about resistance of composite structures to severe loadings such as slamming or blast loading requires both the improvement of models (analytical a/o numerical) and the validation through comparisons with experiments. The current work presents an experimental campaign that aims at damaging 3 laminate and 2 sandwich composites for characterizing resistance of the materials. Since underwater blasts like in [1] are strictly forbidden in academic research, the present work propose to use a medium velocity soft impact involving a gelatin projectile in order to create a dynamic loading that is similar to underwater explosion. Indeed underwater explosions are known to create a pressure loading that can be characterized by a sudden 1st pulse peak pressure followed by a decreasing exponential decay, eventually involving cavitation (in case the pressure drops to zero) and secondary and third pulses-decay stages (see Fig. 1, [2]). Gelatin impact tests, which are often used for replacing bird impacts in aeronautic qualification tests, are characterized by a very similar pressure loading (see Fig. 2, [3]). When the projectile impacts the structure, pressure suddenly reaches a max pressure named Hugoniot pressure, and then drops, following an exponential decay until reaching a constant low pressure plateau.

The impact tests (see Fig. 3) were performed with 750g gelatin projectiles at several velocities in the range 40-120 m/s in order to obtain graduate damage of the composite samples. Materials involved 2 carbon-epoxy laminates, 1 glass/vinyl ester laminate, and 2 sandwiches with glass/vinyl ester skins and reinforced PET foam as core part. Post-treatment of fast cameras pictures with stereo-digital image correlation leads to 3D displacements and strains on the back face of the samples. The results show that some material breaks in a progressive manner when the impact energy increases whereas other have a “catastrophic” failure that is very sudden. These conclusions are totally confirmed by quasi-static 4 points bending tests (see Fig. 4) in which the behavior of the materials followed the same tendency. For sandwiches, the core material plays a key role in the strength to impact tests, as already mentioned in [4, 5].

Keywords: Damage of composite – Underwater blast – Digital image correlation – Dynamic loading – Experimental techniques

Corresponding author email address: olivier.dorival@icam.fr

Essais d'impact de gélatine sur plusieurs matériaux composites stratifiés et sandwiches

Guillaume Barlow ⁽¹⁾, Olivier Dorival ^{(1), (2), (3)}

(1) Icam Ouest Nantes, 35 Avenue du Champ de Manœuvre, 44470 Carquefou

(2) Icam Toulouse, 75 Avenue de Grande Bretagne, 31076 Toulouse cedex 3

(3) Institut Clément Ader, 3 rue Caroline Aigle, F-31400 Toulouse cedex 04

Résumé (moins de 500 mots)

Dans le secteur naval, la recherche sur la résistance des structures composites sous chargements sévères comme le slamming ou les explosions sous-marines nécessite à la fois l'amélioration des modèles (analytiques et/ou numériques) et leur validation par des comparaisons expérimentales. Le travail présenté vise à endommager 3 composites stratifiés et 2 sandwiches afin de caractériser le comportement des matériaux. Les essais d'explosions sous-marine comme dans [1] étant strictement interdites dans le monde académique, ce travail propose l'utilisation d'un impact mou impliquant un projectile en gélatine et à moyenne vitesse afin de créer un chargement similaire à une explosion sous-marine. En effet celle-ci se traduit par un chargement avec un violent pic de pression (pulse) suivi d'une décroissance exponentielle, éventuellement suivi d'un phénomène de cavitation si la pression chute à zéro, puis de phases suivantes composées de pulses et de décroissances exponentielles (Fig. 1, [2]). Les impacts de gélatine, qui sont régulièrement utilisés pour remplacer les impacts d'oiseaux dans les tests de qualification aéronautiques, se caractérisent par un chargement très similaire (Fig. 2, [3]). Quand le projectile atteint la structure, un pic de pression appelé pression de Hugoniot apparaît soudain, immédiatement suivi par une décroissance exponentielle jusqu'à un plateau de pression plus faible.

Les essais d'impact (Fig. 3) ont été réalisés avec des projectiles gélatine de 750g dans une gamme de vitesse de 40 à 120 m/s afin d'obtenir un endommagement graduel des matériaux composites. Les matériaux concernés sont composés de 2 stratifiés carbone-époxy, d'1 stratifié verre/vinylester, et de 2 sandwiches avec peaux en verre-vinylester et âme en mousse PET renforcée. L'analyse des essais par stéréo-corrélation fournit les déplacements et les déformations 3D sur la face arrière des éprouvettes impactées. Les résultats montrent que certains matériaux rompent de manière progressive lorsque l'énergie impact augmente, alors que d'autres ont une rupture « catastrophique » qui est relativement instantanée. Ces conclusions sont en totale corrélation avec les essais de flexion 4 points quasi-statique (Fig. 4) lors desquels les matériaux ont montré un comportement similaire. Comme déjà observé dans [4-6], pour les matériaux sandwich, l'âme joue un rôle primordial dans la résistance globale aux chargements dynamiques.

Mots clés : Endommagement des composites – Explosion sous-marine – Corrélation d'image numérique – Chargement dynamique – Techniques expérimentales.

Adresse email du correspondant : olivier.dorival@icam.fr

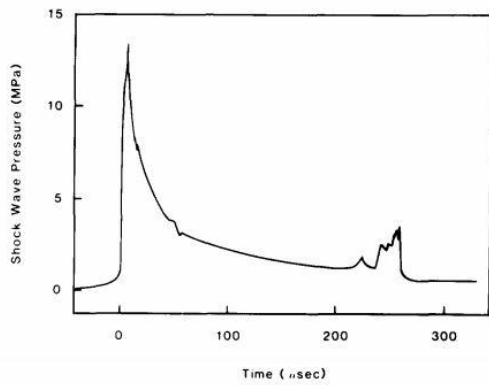


Fig. 1 Pression enregistrée lors d'une explosion sous-marine [2]

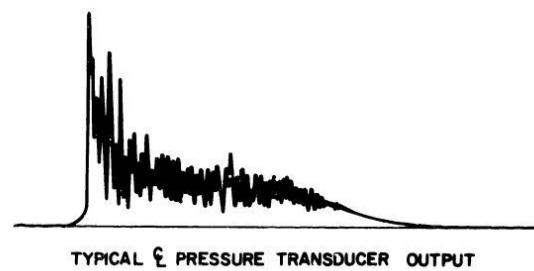


Fig. 2 Pression enregistrée lors d'un essai d'impact de gélatine [3]

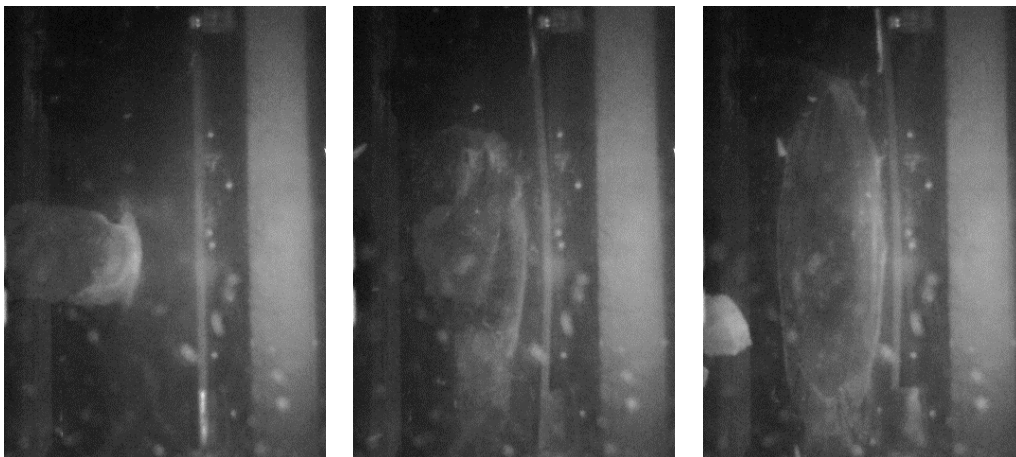


Fig. 3. Essai d'impact de gélatine

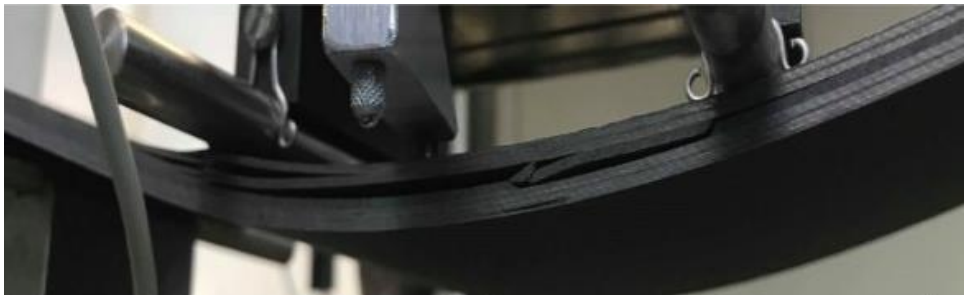


Fig. 4. Essai de flexion 4 points

Références

- [1] A. Mouritz, D. Saunders, S. Buckley « The damage and failure of GRP laminates by underwater explosion shock loading », Composites Vol. 25 n° 6, pp. 431–437, 1994.
- [2] F. Latourte, D. Gregoire, D. Zenkert, X. Wei, H. Espinosa « Failure mechanisms in composite panels subjected to underwater impulsive loads », Journal of the Mechanics and Physics of Solids Vol. 59 n° 8, pp. 1623–1646, 2011.
- [3] J. Barber, H. Taylor, J. Wilbeck « Characterization of bird impacts on a rigid plate », 1975.
- [4] P. Ren, J. Zhou, A. Tian, R. Ye, L. Shi, W. Zhang, W. Huang « Experimental investigation on dynamic failure of carbon/epoxy laminates under underwater impulsive loading », Marine Structures Vol. 59, pp. 285–300, 2018.
- [5] W. Huang, W. Zhang, N. Ye, Y. Gao, P. Ren « Dynamic response and failure of PVC foam core metallic sandwich subjected to underwater impulsive loading », Composites Part B: Engineering Vol. 97, pp. 226–238, 2016.
- [6] S. Avachat, M. Zhou « Compressive response of sandwich plates to water-based impulsive loading », International Journal of Impact Engineering Vol. 93, pp. 196–210, 2016.