



Institut catholique d'arts et métiers

Université Toulouse III
Paul Sabatier



État de l'art sur l'étude de la réponse dynamique des laminés carbone-epoxy pontés incluant une couche visco-élastique

Revue de Lancement de Projet

Chef de Projet / Expert Icam

LE SOURNE Hervé

Étudiant

PINSON Nicolas

Toulouse, France

8 Octobre 2024

1 Présentation du projet

Les matériaux composites sont de bons candidats pour minimiser la masse d'une structure tout en maintenant une résistance mécanique élevée. Ces propriétés les rendent particulièrement attractifs pour des applications dans des domaines comme l'aéronautique ou le naval. Toutefois, ces matériaux sont sensibles aux chocs et aux vibrations.

Pour atténuer ces vibrations, l'utilisation de couches de matériaux qualifiés de "viscoélastiques" fait l'objet de nombreuses études. Communément, un matériau viscoélastique est défini comme un matériau qui combine les propriétés d'un solide élastique et d'un fluide visqueux, permettant ainsi d'absorber l'énergie des vibrations. On peut donc insérer une couche de matériau viscoélastique entre 2 couches du matériaux dont on voudrait améliorer les caractéristiques (exemple : un composite carbone-époxy).

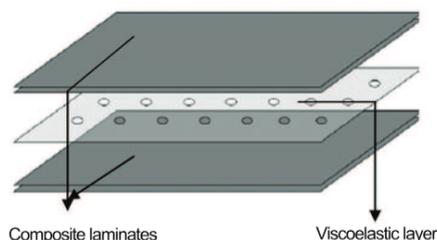


Figure 1: Schéma de laminés de composites incluant une couche viscoélastique perforée, [Pan et al., 2009]

Les avancées récentes portent notamment sur la perforation de ces couches pour éviter une trop grande perte de rigidité tout en maintenant un bon amortissement. Ainsi, lors de la mise en forme du matériau, la résine époxy s'insère dans les perforations, créant des "ponts" entre les couches supérieures et inférieures du matériau.

Des travaux, comme ceux de [Mateu Pastor et al., 2021], ont montré qu'il existe un optimum entre rigidité et amortissement qui mérite d'être exploré plus en détail.

Il est donc important d'analyser les progrès réalisés dans ce domaine depuis ces travaux. De plus, l'amortissement vibratoire pourrait jouer un rôle clé dans l'atténuation des réponses aux chocs "mous" (collisions inélastiques), ce qui en fait un aspect intéressant à inclure dans cette étude.

En effet, les collisions avec des vagues entrent dans la catégorie des collisions inélastiques, donc cette étude pourrait donner des indications de performance du matériau dans un contexte marin.

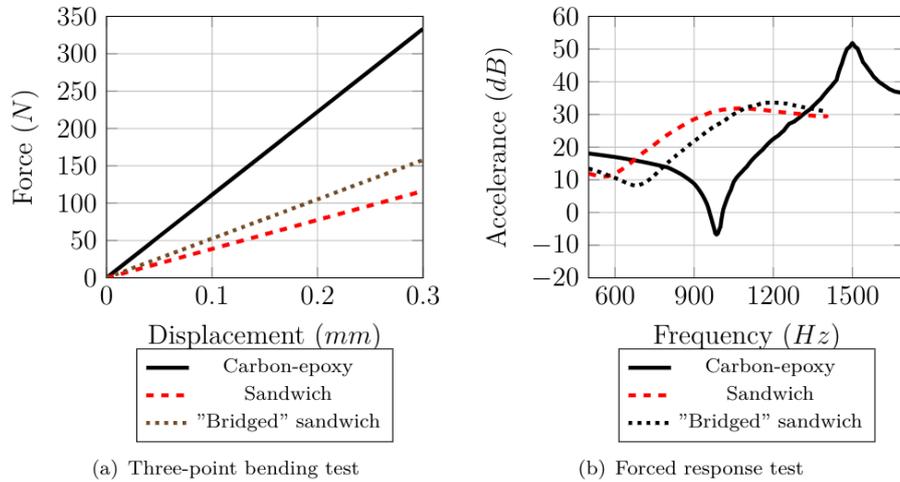


Figure 2: Comparaison des résultats de tests pour 3 types de plaques, [Mateu Pastor et al., 2021]

2 Objectifs, Enjeux et Verrous scientifiques

2.1 Objectifs

L'objectif principal de ce travail est d'étudier les avancées scientifiques concernant l'utilisation de couches viscoélastiques perforées pour l'amortissement des vibrations dans les structures composites, ainsi que la réponse de ces matériaux aux collisions inélastiques.

2.2 Enjeux

Les enjeux scientifiques sont multiples. D'un côté, il s'agit de mieux comprendre les mécanismes d'amortissement induits par les matériaux viscoélastiques perforés, et de l'autre, d'évaluer la capacité de ces matériaux à atténuer la réponse aux collisions inélastiques sans compromettre leurs autres propriétés mécaniques. Une meilleure compréhension de l'amortissement vibratoire ainsi que la réponse aux collisions inélastiques, pourrait ouvrir la voie à de nouvelles applications dans le domaine du transport aérien ou naval, où la réduction des vibrations et la résistance aux impacts est cruciale pour la longévité des structures.

2.3 Verrous scientifiques

Les verrous scientifiques à lever concernent principalement la mise en relations de plusieurs champs d'étude et le vocabulaire.

Certains articles parlent de composite "pontés" pour décrire le lien entre 2 couche de composites carbone-époxy, quand d'autres articles parlent de couche insérée perforée. Au final, dans la plupart des papiers, cela revient au même.

De plus, la viscoélasticité est un concept important tant en mécanique qu'en science des matériaux, mais l'approche et le niveau de détail peuvent varier selon la discipline et l'objectif de l'étude. Certains articles peuvent mettre l'accent sur les propriétés viscoélastiques sans détailler la composition chimique exacte du matériau. D'autres, en revanche, peuvent se focaliser sur la composition et la structure du matériau, tout en mentionnant ses propriétés viscoélastiques de manière plus succincte. Cette variabilité dans la présentation des informations reflète la complexité du sujet et rend la mise en relations d'articles plus ardues. Elle souligne également l'importance de l'interdisciplinarité dans l'étude complète des matériaux viscoélastiques, où les perspectives de la mécanique et de la science des matériaux se complètent pour offrir une compréhension plus globale.

La caractérisation des modèles d'analyse étudiés est également variable selon les publications et leur champ d'étude. De la même manière, la distinction entre collision/impact/choc est souvent floue dans les articles.

3 Bases Scientifiques : Bibliographie, Expertise, etc.

Ma base principale de référence est l'article de [Mateu Pastor et al., 2021], qui constitue un point de départ pour l'état de l'art sur l'amortissement vibratoire des composites à l'aide de matériaux viscoélastiques. Cet article, associé à la thèse de l'auteur, guidera la première partie de l'étude sur l'amortissement des vibrations.

En ce qui concerne l'étude de la réponse aux impacts mous, je m'appuierai sur l'article de [Cheng et al., 2019], qui présente une approche détaillée de la dynamique des impacts dans les matériaux composites avec insertion d'une couche de polymère pour améliorer ses performances (reste à déterminer les qualités viscoélastiques de cette dernière).

Afin de rédiger un état de l'art pertinent et complet, il est également nécessaire de maîtriser plusieurs concepts clés.

Tout d’abord, pour être à jour sur les fondamentaux de la viscoélasticité, je me référerai à [Malkin and Isayev, 2022].

Pour mieux appréhender l’amortissement passif contraint en général, je me baserai sur [Kumar and Behera, 2019], qui offre un état de l’art compréhensif sur la méthode, ses applications et ses modèles d’analyse.

[Carrera et al., 2023] confronte les différents modèles d’analyse de laminés, et est donc une source de choix pour comprendre ces modèles.

Ces documents offrent ensemble des bases de compréhension des modèles de composites incluant une couche visco-élastique, mais l’étude des impacts peut être vite complexe. C’est pourquoi je m’appuierai sur [Li et al., 2021] pour affiner ma compréhension de ce champ d’étude.

4 Livrables attendus en fin de période

Le livrable principal sera une étude bibliographique structurée en deux parties :

Partie 1 : Un état de l’art des études récentes sur l’amortissement vibratoire des matériaux composites via l’intégration de couches perforées de matériaux viscoélastiques.

Partie 2 : Une analyse des travaux concernant la réponse des matériaux composites aux collisions inélastiques, incluant une évaluation de l’efficacité des techniques d’amortissement dans ce contexte spécifique.

5 Contraintes et Risques

Les contraintes principales de ce projet résident dans l’accès aux ressources scientifiques et la disponibilité des travaux de recherche pertinents sur le sujet.

Le principal risque est l’absence de résultats ou de données suffisamment récentes.

6 Planning et Jalons principaux

Les 3 jalons principaux sont :

1. (28/10/24) - le début de l’écriture du rapport
2. (06/01/24) - le début de la phase de relecture/finition
3. (23/01/24) - le rendu final

(voir diagramme de Gantt associé)

7 Vos Attentes

J'attends principalement deux éléments de ce projet. Tout d'abord, une montée en compétences dans l'étude des matériaux composites, et l'étude des collisions. Ensuite, j'attends de moi une amélioration de la qualité de mes écrits en termes de clarté et de rigueur.

8 Présentation des Ressources et Règles de travail

8.1 Ressources

Pour chercher les articles j'utilise principalement la Bibliothèque Universitaire de l'université de Vauban, dont l'accès m'a été fourni par l'Icam. Pour compléter ces recherches, j'utilise également un moteur de recherche personnel qui me permet un réglage plus fin, et un champ plus large.

Pour prendre des notes j'utilise l'éditeur Obsidian, pour me construire une base de connaissance avec une architecture solide. Cet éditeur me permet de travailler sans avoir à me soucier du format, en plus de me donner la possibilité de faire des liens entre mes différentes notes. Ces liens me permettent de mieux appréhender les connexions entre les différents concepts et termes qui entourent mon sujet.

Pour l'écriture des rendus, je me sers de LaTeX. LaTeX est un système d'écriture très apprécié dans la communauté scientifique pour sa simplicité et sa rigueur. Il permet de se concentrer sur le fond de la rédaction, en standardisant la forme. De plus la gestion des sources est triviale et le système d'écriture mathématique est clair et puissant.

8.2 Règles de travail

Parmi les règles de travail que je me suis fixé, il y a tout d'abord le fait de sourcer mes informations, même lorsque ces informations ne concernent que mon apprentissage. Ensuite je me suis fait l'engagement personnel de documenter mon apprentissage pour faciliter ma relecture. Cependant je fais attention à distinguer les moments de lecture d'article des moments d'apprentissage des termes ou concepts inconnus.

9 Budget et Coûts prévisionnels

N/A

References

- [Carrera et al., 2023] Carrera, E., Cinefra, M., and Petrolo, M. (2023). *Classical, refined, Zig-Zag, Layer-Wise models and best theory diagrams for laminated structures*. World Scientific.
- [Cheng et al., 2019] Cheng, C., Zhang, C., Zhou, J., Jiang, M., Sun, Z., Zhou, S., Liu, Y., Chen, Z., Xu, L., Zhang, H., and Yu, M. (2019). Improving the interlaminar toughness of the carbon fiber/epoxy composites via interleaved with polyethersulfone porous films. *Composites Science and Technology*, Article No. 107827.
- [Kumar and Behera, 2019] Kumar, A. and Behera, R. K. (2019). Passive Constrained layer damping: a state of the art review. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, Article No. 012036.
- [Li et al., 2021] Li, H., Li, Z., Xiao, Z., Wang, X., Xiong, J., Zhou, J., and Guan, Z. (2021). Development of an integrated model for prediction of impact and vibration response of hybrid fiber metal laminates with a viscoelastic layer. *International Journal of Mechanical Sciences*, Article No. 106298.
- [Malkin and Isayev, 2022] Malkin, A. Y. and Isayev, A. I. (2022). 2 - viscoelasticity. In Malkin, A. Y. and Isayev, A. I., editors, *Rheology (Fourth Edition)*, pages 45–131. ChemTec Publishing, fourth edition edition.
- [Mateu Pastor et al., 2021] Mateu Pastor, R., Le Sourne, H., Le Gal, E., and Cartraud, P. (2021). Experiments, numerical models and optimization of carbon-epoxy plates damped by a frequency-dependent interleaved viscoelastic layer. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 29:3011–3029.
- [Pan et al., 2009] Pan, L., Zhang, B., and Dai, F. (2009). Multi-objective optimization of co-cured composite laminates with embedded viscoelastic damping layer. *Journal of Materials Science & Technology*, 25:708–712.