

Flambage des nids d'abeilles en bicompaction

M Poncelet, M Wangermez, C Combescure

▶ To cite this version:

M Poncelet, M Wangermez, C Combescure. Flambage des nids d'abeilles en bicompaction. Colloque National Mécamat Aussois 2021+1 - "Mécanique des matériaux architecturés", Jan 2022, Aussois, France. hal-03550713

HAL Id: hal-03550713 https://hal.science/hal-03550713v1

Submitted on 1 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers. L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.





Flambage des nids d'abeilles en bicompaction

M. Poncelet¹, M. Wangermez¹, C. Combescure²

¹ Laboratoire de Mécanique et Technologie ENS Paris-Saclay / UMR CNRS 8535 France

² Centre de Recherche des Ecoles de Saint-Cyr Coëtquidan Institut de Recherche Dupuy-de-Lôme / UMR CNRS 6027 France

Contexte

Les matériaux architecturés présentent de hautes caractéristiques spécifiques grâce à leurs mésostructures élancées (poutres, plaques et coques). La nature élancée de ces géométries favorisent l'apparition de flambage à l'échelle d'une ou plusieurs cellules constitutives. Ces instabilités peuvent être mises à profit pour en

La simulation numérique du flambage en bicompaction de tels matériaux est rendue complexe par le fait que le mode de flambage peut s'étendre sur plusieurs cellules mais également car les charges critiques de flambage sont réputées sensibles aux défauts. En utilisant un modèle sans défauts, Combescure, Elliott & Triantafyllidis [2] ont pu démontrer l'existence de plusieurs modes de flambage (Fig. 1), correspondants aux observations de [1].



tirer des propriétés fonctionnelles (comportement adoucissant, absorption d'énergie).

Les essais de flambage en bicompaction sur matériaux architecturés permettent de mieux comprendre ces instabilités. Les essais de Papka & Kyriakides [1], montrent que plusieurs modes de flambage locaux différents peuvent apparaître.

Cependant, les machines existantes de bicompaction sont souvent encore assez limitées (mesure d'effort sommaire notamment).

La prévision des efforts critiques théoriques obtenu par [2] n'a pas encore été vérifiée expérimentalement. Le présent travail consiste à réaliser des essais de flambage en bicompaction avec une mesure fine des efforts appliqués.

Machine d'essai

I Cinématique de compaction

Principe « blocs glissants » inspiré de [2], permettant :

- compaction,
- bicompaction,
- jusque plusieurs dizaines de %.



Eprouvettes

1 Matériau constitutif

Grandes déformations élastiques \Rightarrow ThermoPolyUréthane (TPU92) imprimé (Stratasys 270) Porosité, due à la technique FDM, minimisée avec parois d'épaisseur 0,8mm : 0,46% de porosité, majoritairement située dans le plan médian des parois.



Premiers résultats

Existence des modes



Modes ressemblant bien à ceux prédits par la théorie.

2 Hétérogénéité des modes

Difficile de différentier un mode orange ou rouge dû à un chargement biaxial quelconque du mode bleu provenant d'un chargement strictement équibixial. Néanmoins, un unique mode n'est pas présent.



2 Mesure des efforts appliqués

Chaque face d'appui mesure via 3 cellules d'efforts :

- Résultante normale, *i.e.* information principale,
- Résultante tangentielle, *i.e.* effet du frottement,
- Point d'application, *i.e.* défaut de symétrie.

3 Pilotage & acquisition



Traction sur TPU imprimé

Tomographie d'une parois

2 Géométrie

Nid d'abeille à cellules hexagonales :

- Epaisseur de parois 0,8 mm
- Longueur de parois 5,6 mm
- Profondeur hors-plan 30 mm
- 13 x 13 ou 16 x16 cellules





Trois causes pourraient expliquer la coexistence de modes :

- La théorie \Rightarrow validation de [2]
- Une hétérogénéité de chargement (frottement, coin) \Rightarrow à vérifier
- Une hétérogénéité de comportement élastique \Rightarrow à vérifier.
- L'observation de la stratégie d'impression de l'éprouvette semble corroborer cette 3^e cause.





Bilan

Protocole : Résultats préliminaires montrent que la machine développée permet de réaliser des essais de bicompaction avec une mesure riche des efforts appliqués.

Résultats : On observe bien les 3 modes attendus lorsque le chargement macroscopique expérimental est proche d'un état équibiaxial. Les charges critiques sont clairement visibles sur les courbes d'évolution d'effort en fonction de la déformation macroscopique.

Perspectives

Protocole :

- Un post-traitement par corrélation d'image devra être réalisé afin de mieux caractériser le scénario de flambage, les déformations macroscopiques des différentes régions et les modes qui y apparaissent.
- La géométrie de l'éprouvette est encore à améliorer (rôle des coins).
- L'hétérogénéité de son matériau constitutif, due à la stratégie de dépôt de fil, doit être étudié.

Résultats :

- Les charges critiques expérimentales doivent être comparées à des simulations sur des géométries identiques.
- D'autres chargements et géométries doivent être testés.

Références

[1] S.D. Papka & S. Kyriakides, *Biaxial crushing of honeycombs Part I : Experiments* IJSS 36, 4367-4396 (1999)

[2] [C. Combescure, R. S. Elliott, and N. Triantafyllidis, "Deformation Patterns and their Stability in Finitely Strained Circular Cell Honeycombs," J. Mech. Phys. Solids, vol. 142, p. 103976, Sep. 2020.