



Numerical Analysis of the Effect of Energy Variation on a Honeycomb Structure

Ahmed Hamdaoui, Kaoutar Bouakka, Ahmed Abbadi,
Julien Capelle and Mohammed Abbadi

EasyChair preprints are intended for rapid
dissemination of research results and are
integrated with the rest of EasyChair.

February 9, 2024

Analyse numérique de l'effet de la variation d'énergie sur une structure en nid d'abeille dans le plan.

A. Hamdaoui¹, K. Bouakka¹, A. Abbad¹, J. Capelle², M. Abbad¹

1. ENSA, Laboratoire des sciences de l'ingénieur, équipe Lean Manufacturing & Mechanical Modeling, Université Mohamed 1, BP 696, Oujda, Maroc, hamdaoui9ahmed@gmail.com,
2. Laboratoire de Biomécanique, Polymère et structures (LaBPS), Université de Lorraine –Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz, 57070, France.

Résumé:

Dans la plupart des projets d'industrie (aéronautique, aérospatial, aérodynamique...), on retrouve fréquemment des structures hexagonales, en raison de leur capacité de réduction du poids et d'absorption efficace de l'énergie, ainsi que leur performance accrue et leur excellente résistance mécanique.

On examine dans cette étude la variation d'énergie engendrée par un impacteur sur une structure hexagonale, en prenant en compte l'évolution de la déformation dans le plan. Pour réaliser la modélisation numérique par élément fini, on utilise l'outil d'analyse Abaqus.

Mot clé: Structure hexagonal, écrasement, énergie.

1. Introduction:

L'intérêt de plusieurs chercheurs a été suscité par la résistance à la flexion et la stabilité de la structure. En outre, il est possible de mettre en avant l'avantage dans la conception des structures techniques grâce à la mise en point des matériaux dans divers domaines.

Chatcharin sakkampang se penche sur l'effet de la structure du noyau circulaire, tant grand que petit. Il a observé que la charge d'impact augmente proportionnellement à la diminution de diamètre du cercle [1].

Inès Ivañez s'est intéressée à l'étude de la compression, en examinant les paramètres de concassage selon les directions dans le plan, en raison des modifications des caractéristiques du noyau [2].

M. Chen et H. Chen se sont penchés sur l'étude du comportement en compression dynamique hors plan des nids d'abeilles en tenant compte de la vitesse de déformation des matériaux parents.

La vitesse de déformation a été clairement identifiée comme un facteur clé dans l'augmentation dynamique des nids d'abeilles métalliques à des vitesses d'impact variées [3].

L'analyse porte sur l'influence de la fluctuation de l'énergie de l'impacteur sur l'écrasement de la structure hexagonale.

2. Les caractéristiques géométriques et les dimensions d'une structure :

La configuration est caractérisée par un certain nombre de cellules en nid d'abeilles, en vision frontale, où elles sont façonnées par des ligaments inclinés et verticaux, des angles d'inclinaison et les épaisseurs de parois $l_1, l_2, \alpha_1, \alpha_2, t_1, t_2$ respectivement. Cependant, dans la perspective latérale, elles sont modélisées en 3D avec une hauteur d , spécifiée sur la fig.1.

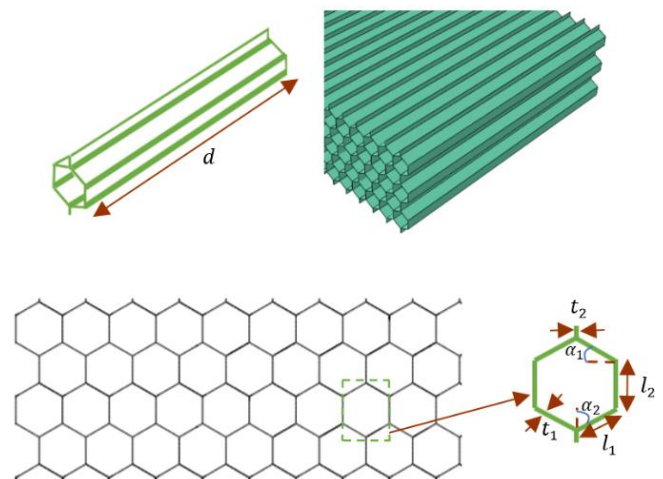
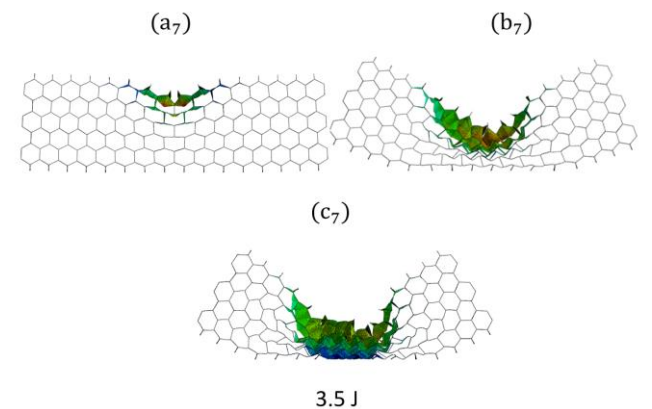
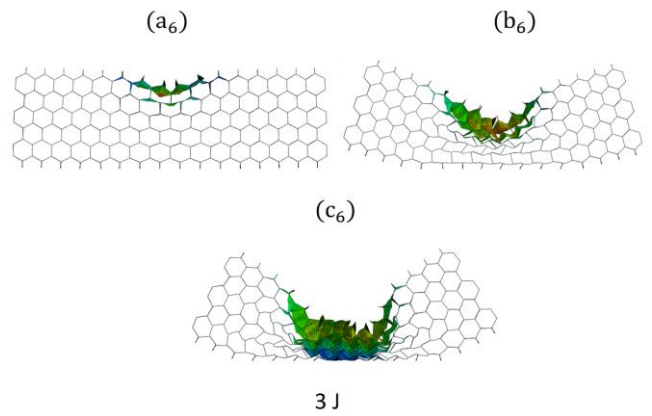
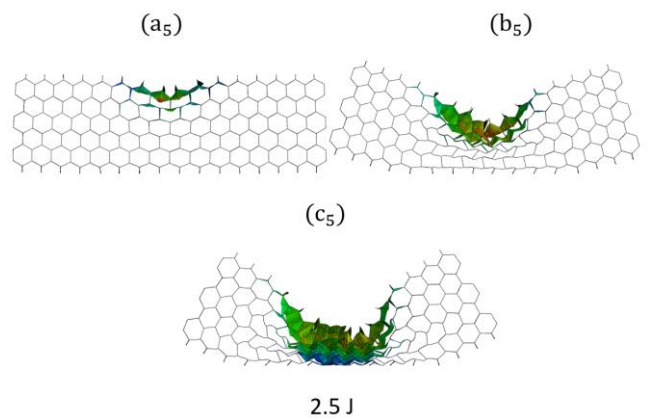
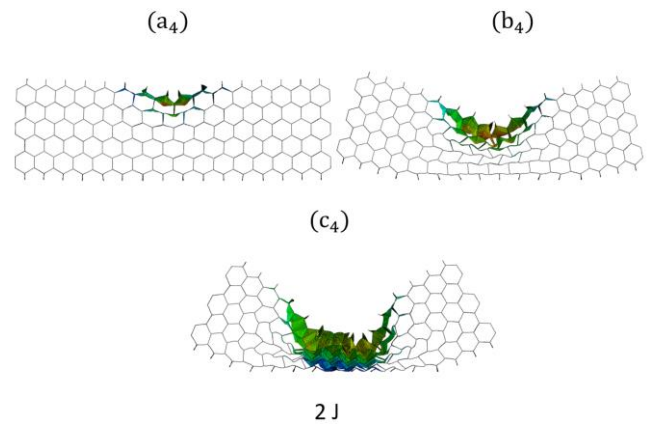
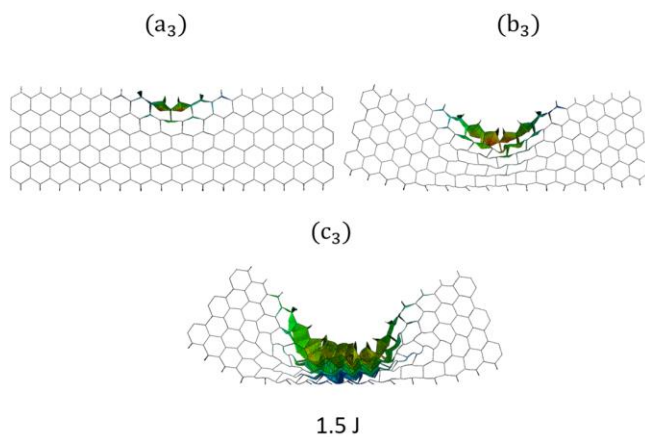
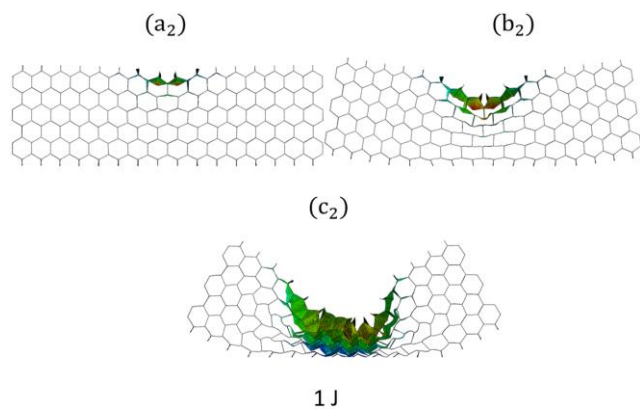
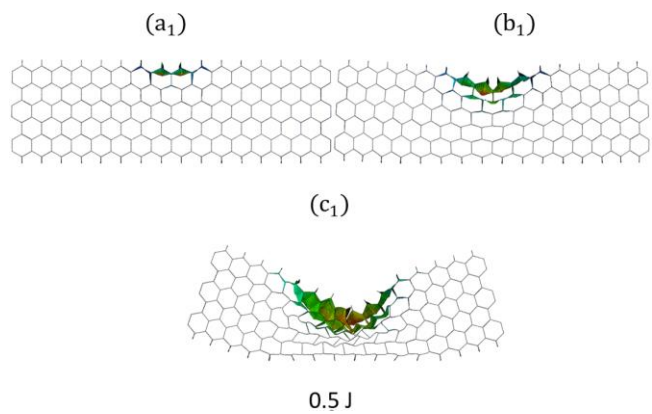


Fig.1. Représentation en 2D et 3D de nid d'abeille.

3. Modélisation par élément fini :

Les propriétés des matériaux sont extraites d'un test expérimental de compression de nid d'abeilles. La structure se situe entre deux autres géométries, le premier élément est un impacteur hémisphérique concave dirigé vers le bas et le deuxième une plaque rigide.

3.1 Résultat numérique :



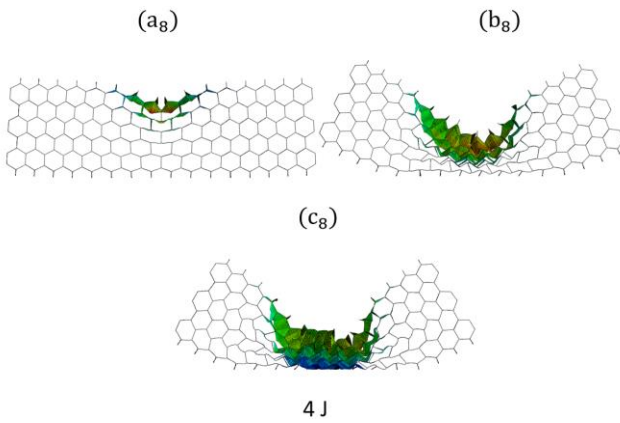


Fig.2. Mécanisme de déformation d'une structure de nid d'abeille pour différentes énergies.

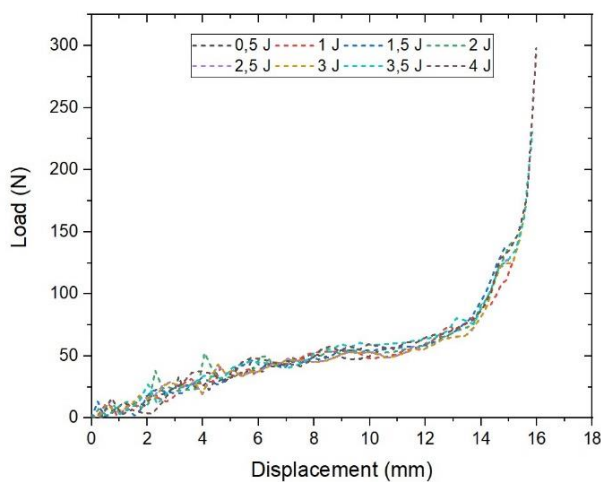


Fig.3. Illustration de la force en fonction du déplacement pour une variation de l'énergie de 0.5 J à 4 J.

3.2 Discussion :

Pour rendre la description plus simple, il est envisageable de scinder la courbe en trois intervalles. Le processus de déformation a lieu dans la structure selon le mode suivant : La première plage de déplacement couvre les valeurs de 0 à 6.33, au cours de laquelle l'impacteur a commencé à entrer en contact avec la structure en nid d'abeilles.

Après cela, l'effondrement et l'écrasement des lignes verticales en face des deux cellules intermédiaires se produisent. Un léger contact a engendré une faible inclinaison des parois non alignées des cellules à l'extrémité (a_1) et un effet similaire est obtenu avec un début d'écrasement pour former une ligne horizontale à partir des deux parois inclinées par rapport à la cellule précédente (a_2, a_3).

Un faible écrasement progressif des deux cellules voisines aux centrales de la 2^{ème} ligne (a_4, a_5, a_6), les cellules se

rapprochent progressivement du centre de la structure et se tournent vers celui-ci, créant ainsi la flexion sur la première ligne (a_7), la dégradation de la flexion des cellules de la 1^{ère} vers la 3^{ème} ligne (a_8) le comportement de l'écrasement dans (b_1) ressemble à celui de (a_7).

Le deuxième intervalle de déplacement de 6.33 à 10.55, on peut observer une apparition et une continuité de la forme auxétique, ainsi qu'un début d'écrasement de celle-ci au centre (b_2, b_3, b_4), les parois verticales de la cellule, excepté celle du fond, commencent à se tourner ligne par ligne avec des orientations différentes jusqu'à atteindre leur maximum (b_5, b_6, b_7, b_8).

Le troisième intervalle de déplacement de 10.55 à 15.98, une autre similarité de l'écrasement se trouve entre (c_1) et (b_6), la densification se dégrade d'une structure à l'autre suivant le nombre de cellules auxétiques de (c_2) à (c_3), l'augmentation de nombre de cellule jusqu'à la densification totale de (c_4) à (c_8).

4. Conclusion :

Plusieurs modélisations numériques ont été effectuées en utilisant différentes énergies pour prédire le mécanisme d'écrasement de la structure en nid d'abeilles.

En fin de compte, on peut constater que la déformation des cellules est déterminée par trois paramètres, à savoir l'énergie, la forme hémisphérique de l'impacteur et le déplacement. Toutefois, le changement de la force est attribué à la distance d'effondrement.

Reference:

- [1] K. Sakkampang, C. Sakkampang, and D.Sakkampang. "An experimental study and finite element analysis of the parametric of circular honeycomb core" Journal of the Mechanical Behavior of Materials, vol. 31, no. 1, 2022, pp. 98-111.
- [2] I. Ivañez, L. M. Fernandez-Cañadas, and S. Sanchez-Saez, "Compressive deformation and energy-absorption capability of aluminium honeycomb core" Compos. Struct, vol. 174, 2017 pp. 123–133.
- [3] Y. Tao, M. Chen, H. Chen, and Y. Pei, D.Fang, "Strain rate effect on the out-of-plane dynamic compressive behavior of metallic honeycombs: Experiment and theory" Compos. Struct, vol. 132, 2015, pp. 644-651.