



HAL
open science

Elaboration d'une méthode pour prédire les motifs post-bifurqués des nids d'abeilles en compression

Rachel Azulay, Justin Dirrenberger, Christelle Combescure

► **To cite this version:**

Rachel Azulay, Justin Dirrenberger, Christelle Combescure. Elaboration d'une méthode pour prédire les motifs post-bifurqués des nids d'abeilles en compression. Colloque National Mécamat Aussois 2021+1 "Mécanique des matériaux architecturés", Jan 2022, Aussois, France. hal-03563502

HAL Id: hal-03563502

<https://hal.science/hal-03563502>

Submitted on 9 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.

Elaboration d'une méthode pour prédire les motifs post-bifurqués des nids d'abeilles en compression

Rachel Azulay¹, Justin Dirrenberger¹, Christelle Combescure^{2,3}

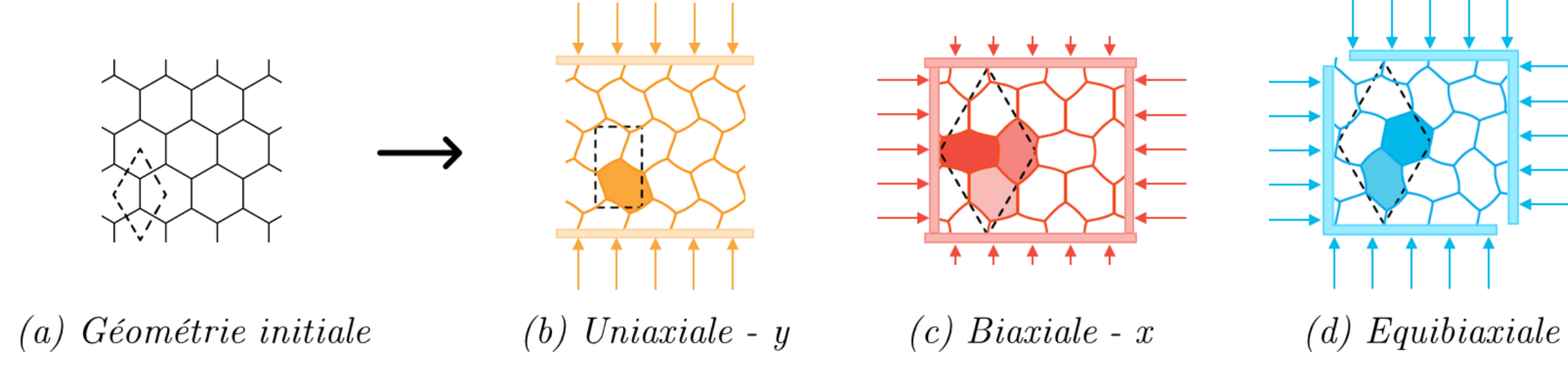
¹ Laboratoire PIMM, Arts et Métiers, CNRS, Cnam, HESAM Université
151 Boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris

² IRDL, Centre de Recherche Christian Huygens
Rue de Saint-Maudé, 56100 Lorient

³ Centre de Recherche des Ecoles de Saint-Cyr Coëtquidan
56381 Guer Cedex

Contexte & Problématique

En compression, le nid d'abeilles hexagonal génère des motifs différents en fonction de ses conditions limites :



(a) Nid d'abeilles hexagonal non déformé, (b-d) D'après [2].

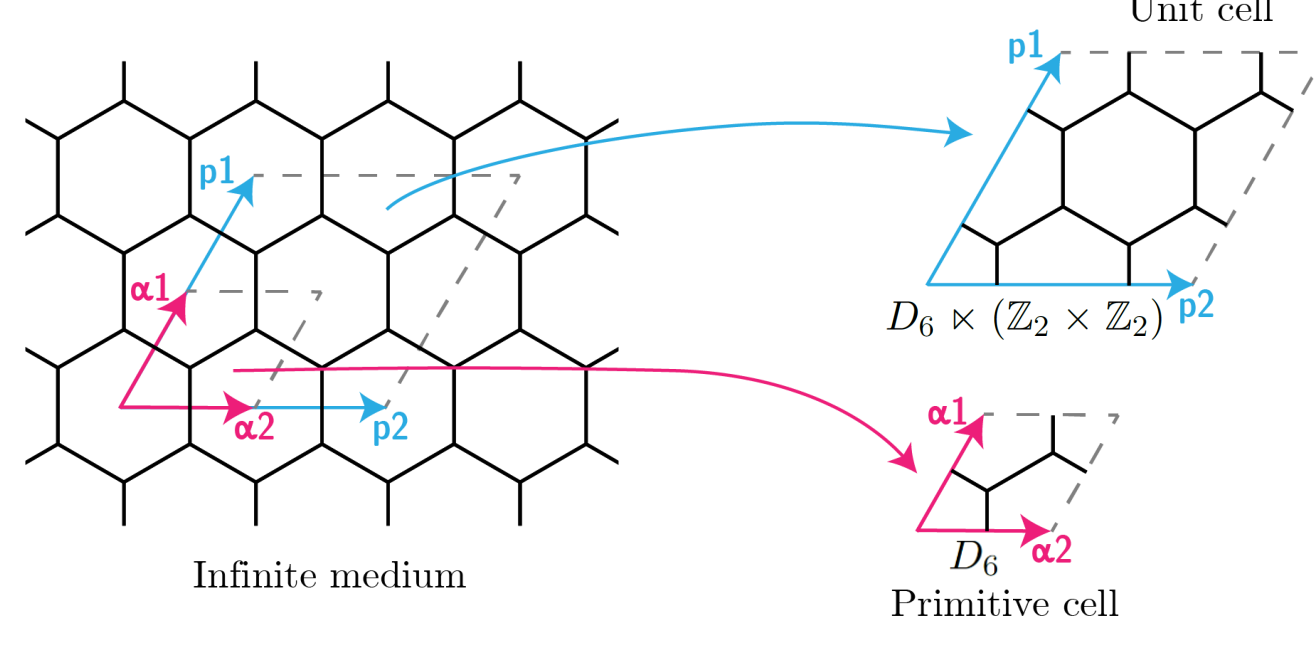
Les motifs sont particulièrement intéressants car ils possèdent chacun des propriétés différentes de la structure initiale, notamment en ce qui concerne la propagation d'ondes. Leur apparition est causée par la symétrie de la structure [1].

Une approche issue de la théorie des groupe existe pour déterminer les chemins post-bifurqués du matériau en compression. Cependant, cette approche nécessite la connaissance de l'énergie interne du système [2].

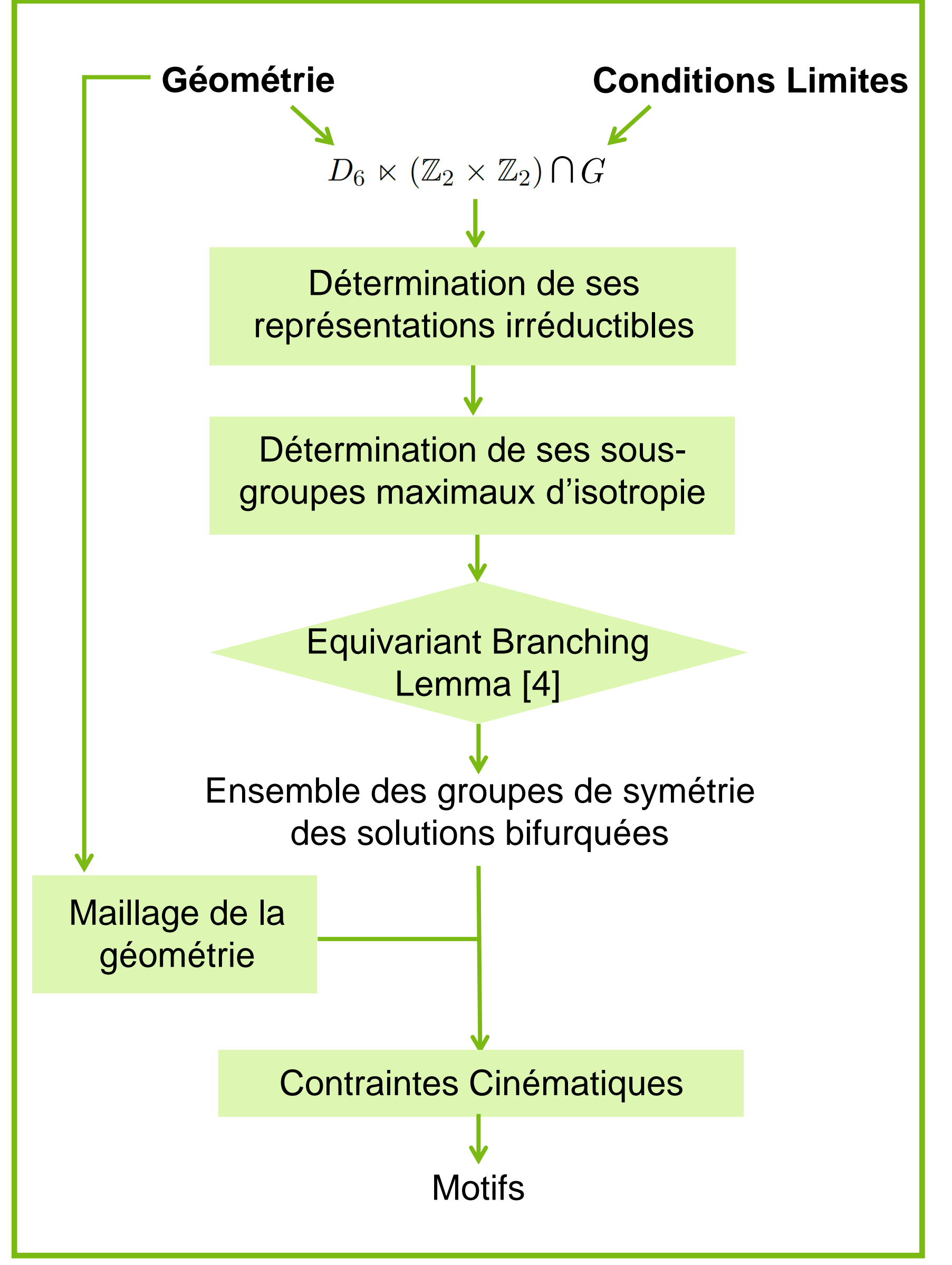
Existe-t-il une méthode qui détermine a priori les motifs possibles d'un nid d'abeilles hexagonal ?

Méthode

On étudie l'intersection entre le groupe de symétrie de la structure (2×2 cellules hexagonales : $D_6 \times (\mathbb{Z}_2 \times \mathbb{Z}_2)$) [3] et le groupe de symétrie G des conditions limites.



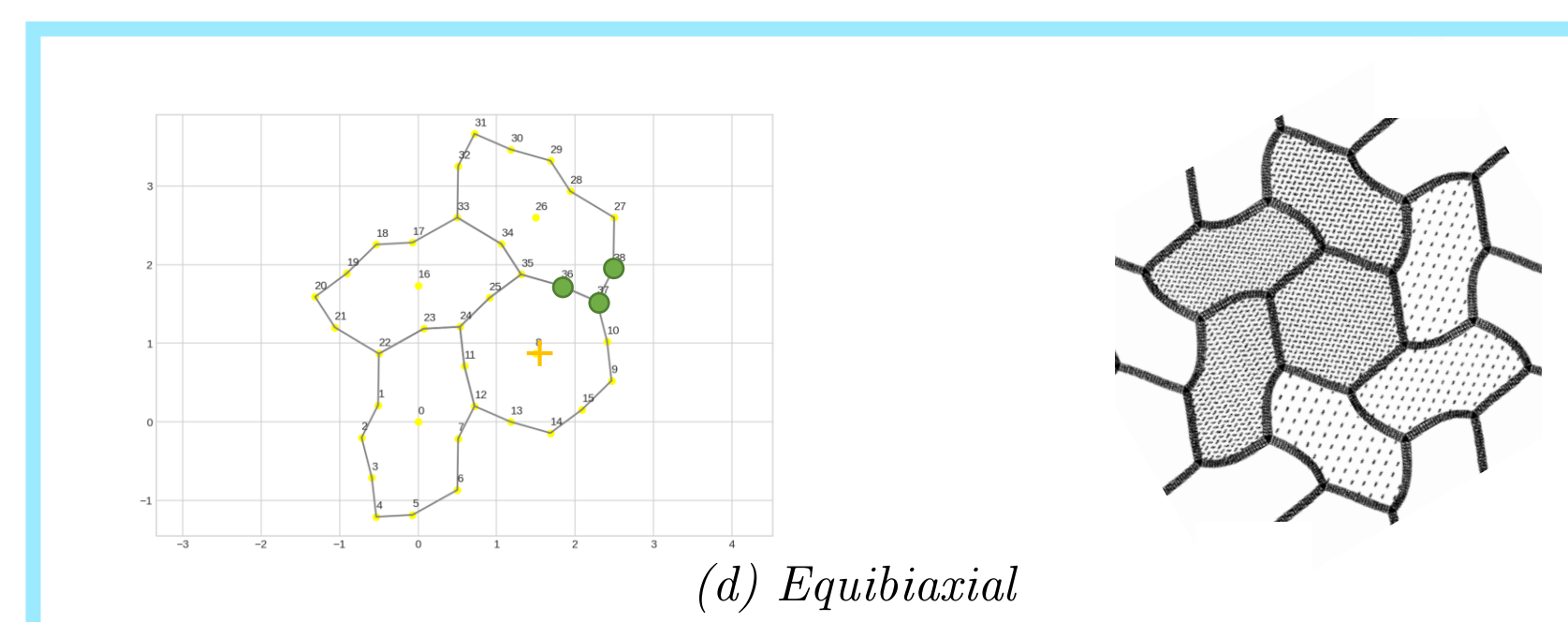
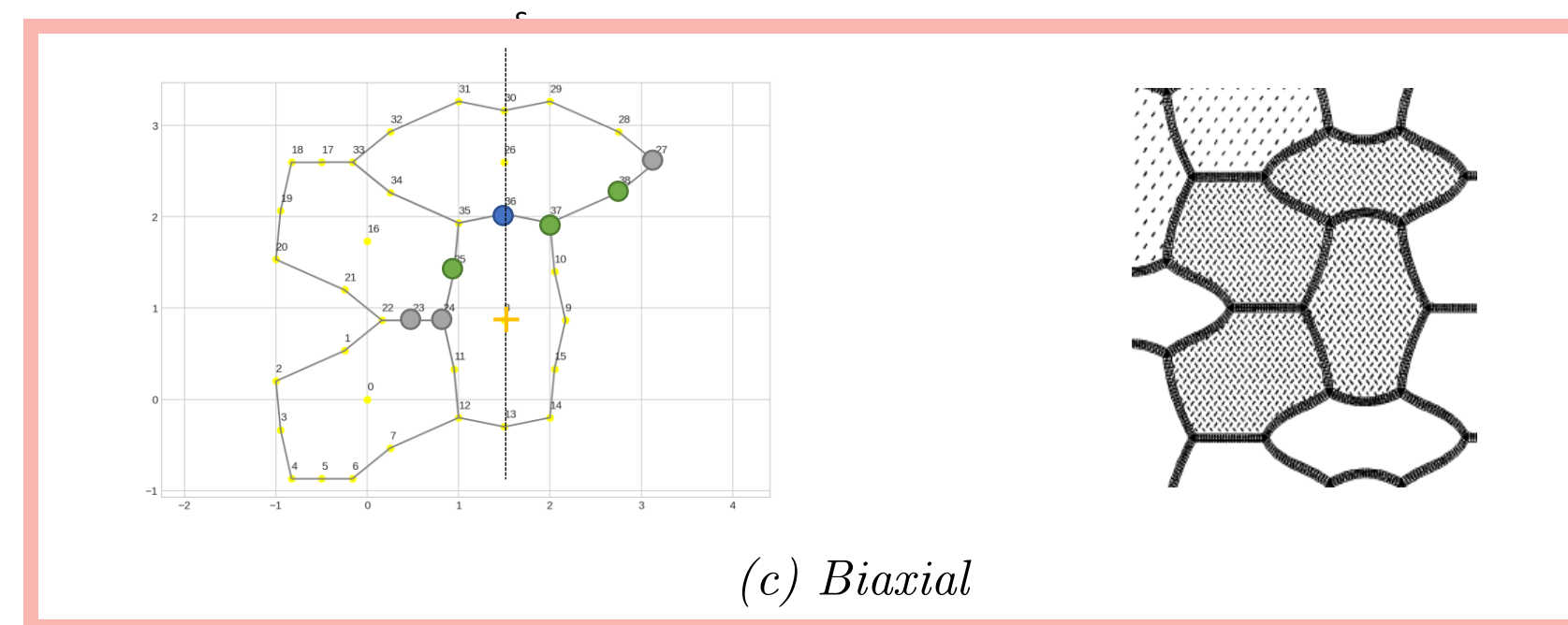
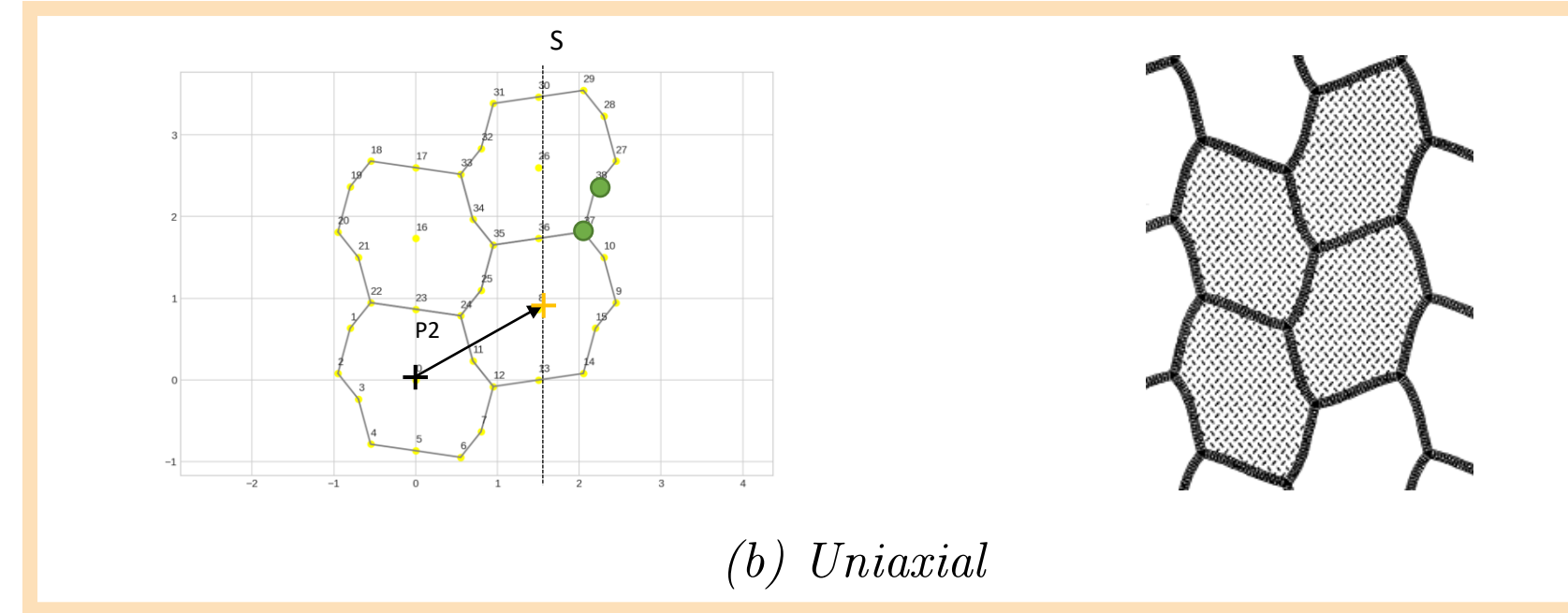
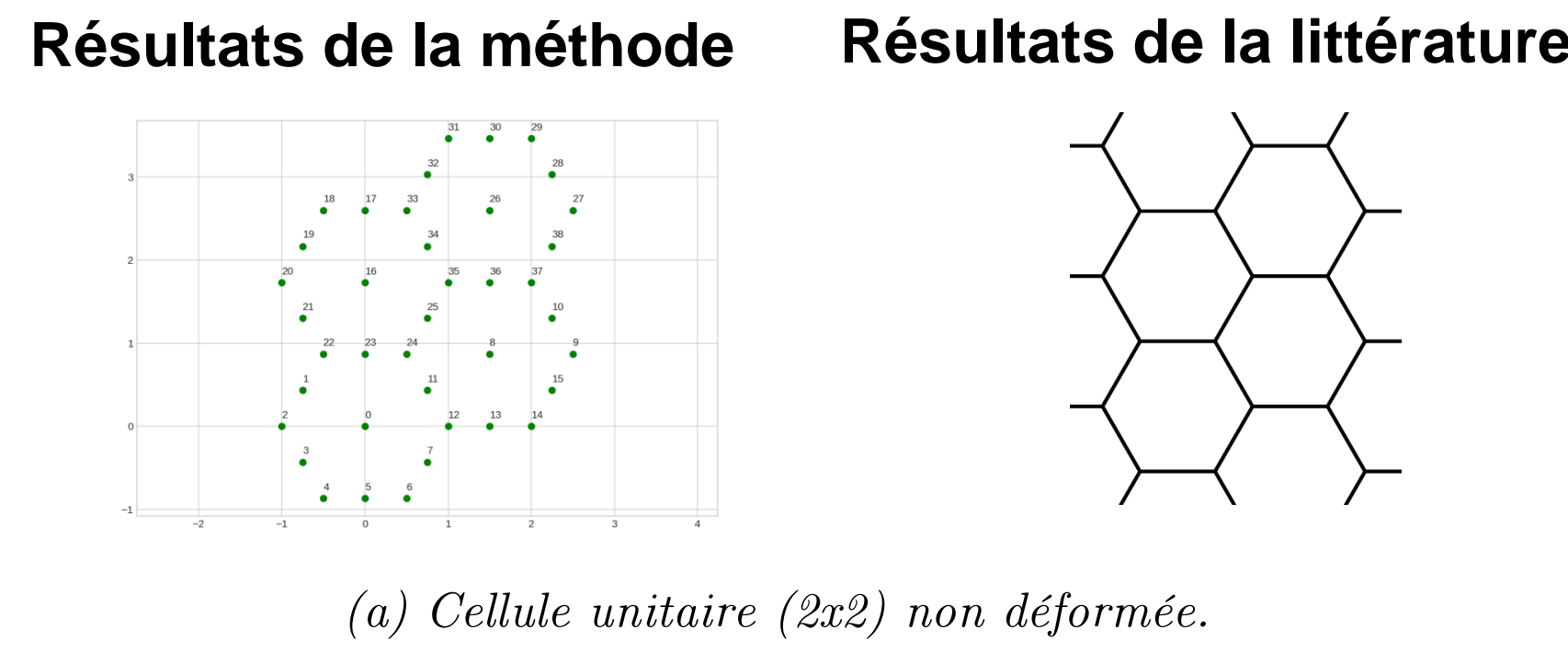
Pour trouver les groupes de symétrie des solutions bifurquées on applique la méthode suivante :



Validation

Parmi les motifs obtenus par notre méthode, nous retrouvons ceux de la littérature :

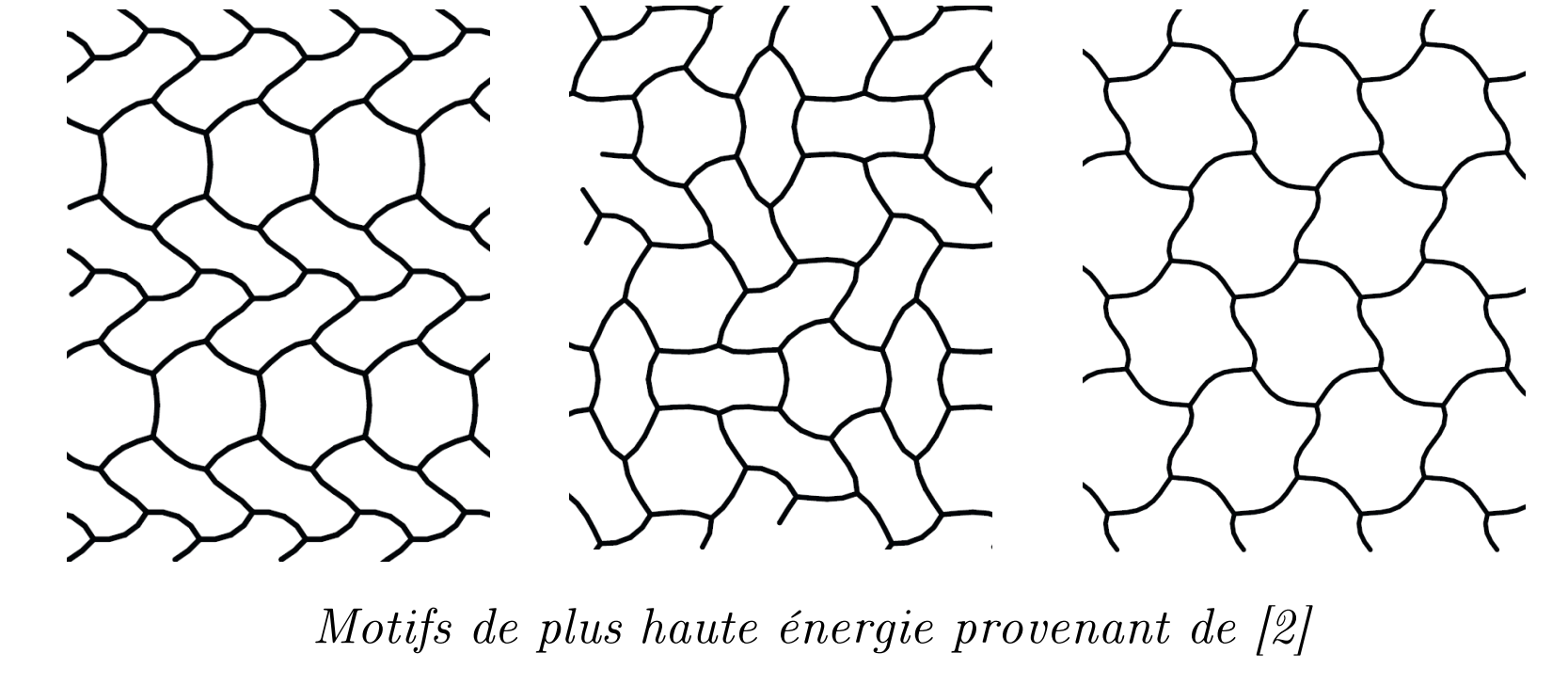
Nous mettons en avant les points indépendants. Les points libres en x sont en bleu, en gris ceux libres en y et les verts sont libres en x et y.



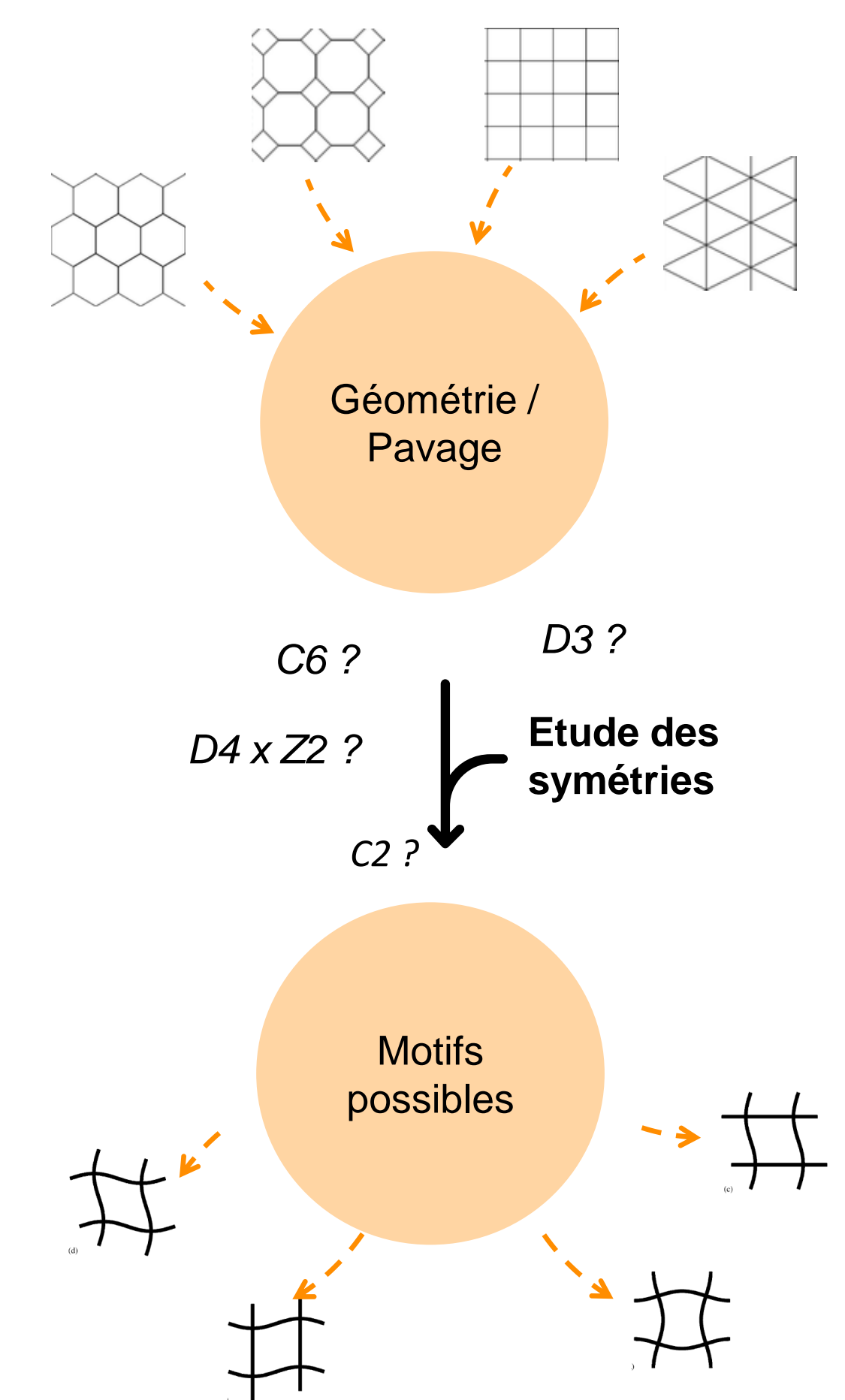
Nous remarquons qu'un très faible nombre de points sont nécessaires pour produire les motifs

En cours

1. Nouveaux modes
L'étude des motifs par la méthode proposée devrait permettre à la structure d'atteindre d'autres modes que ceux observés jusqu'à présent.



2. Généralisation
La méthode proposée semble généralisable à d'autres géométries. En effet, son application à d'autres structures périodiques devraient prédire le comportement de la structure en compression.



Conclusions

Une méthode basée sur la théorie des groupes a été proposée pour prédire les motifs possibles d'un empilement d'hexagones réguliers suite à une bifurcation. Les résultats que nous obtenons sont identiques à ceux que nous trouvons expérimentalement, numériquement et théoriquement dans la littérature. Cette approche semble prometteuse pour un outil de conception de matériaux architecturés au sein d'un processus d'optimisation.

Références

[1] Ohno, D. Okumura, and H. Noguchi, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, vol. 50, no. 5, pp. 1125–1153, 2002.
[2] C. Combescure, P. Henry, R. S. Elliott, International Journal of Solids and Structures, Volumes 88–89, Pages 296–318, 2016.
[3] K. Ikeda and K. Murota, Imperfect bifurcation in Structures and

Materials, 2002.

[4] M. Golubitsky, I. Stewart, and D. G. Schaeffer, Singularities and Groups in Bifurcation Theory: Volume II, 1988.