

Conception d'une Enveloppe Plissée Pliable-Dépliable

D. Dureisseix¹, F. Gioia², R. Motro³, B. Maurin³

¹ LaMCoS, INSA de Lyon, France, david.dureisseix@insa-lyon.fr

² Dipartimento di Architettura Costruzioni e Strutture, Università Politecnica delle Marche, Ancone, Italie, francesco.gioia@gmail.com

³ LMGC, Université Montpellier 2, France, {rene.motro, bernard.maurin}@univ-montp2.fr

Résumé — Des concepts utilisés en origami sont ici employés pour générer des surfaces plissées pliables-dépliables en visant de possibles applications en architecture et au génie civil. Après avoir proposé des méthodes de caractérisation de ces surfaces, des formes nouvelles sont présentées à partir de déclinaisons géométriques des modules de « Miura-Ori ». On peut ainsi générer des surfaces plissées non totalement développables, et donc rigides, éventuellement à simple courbure une fois déployées. Les cinématiques de pliage-dépliage associées sont également analysées et présentées.

Mots clefs — Structure plissée, pliabilité.

Les techniques d'origami et de pliage de papier peuvent avoir des applications dans le cas de structures devant offrir des propriétés de pliabilité-dépliability. Leur forme peut ainsi être transformée pour passer d'un état déployé, lié à un besoin, vers un état plus « compacté » (et vice-versa). Dans le cas de l'origami, des plis sont générés sur une feuille de papier, ou sur toute autre surface développable, afin de pouvoir modifier sa forme selon des aspirations d'ordre ludique ou artistique. Les concepts relatifs à ces techniques ont toutefois été depuis peu importés vers d'autres disciplines pour être appliqués à la conception de structures pliables-dépliables ; c'est par exemple le cas pour l'industrie aérospatiale. Une disposition judicieuse des plis permet en effet des mécanismes de pliage très efficaces. Elle reprend souvent l'arrangement des plis issu de géométries simples, comme dans le cas des modules dits de « Miura-Ori » et de « Yoshimura » basés sur le plan ou le cylindre.

L'objectif de cette communication est de présenter une application liée à la conception de systèmes pliables-dépliables pour le génie civil ou l'architecture (Figure 1). Dans ces domaines, la contrainte de transformation de forme est en effet généralement associée à des exigences en termes de rigidité et de résistance minimales pour la structure déployée. Nous avons pour cela choisi d'étudier le cas de systèmes pliables mais non totalement développables. Ce type de structures peut en effet être à même de satisfaire de telles exigences sur le comportement mécanique du fait de l'impossibilité de les transformer facilement en une surface plane.

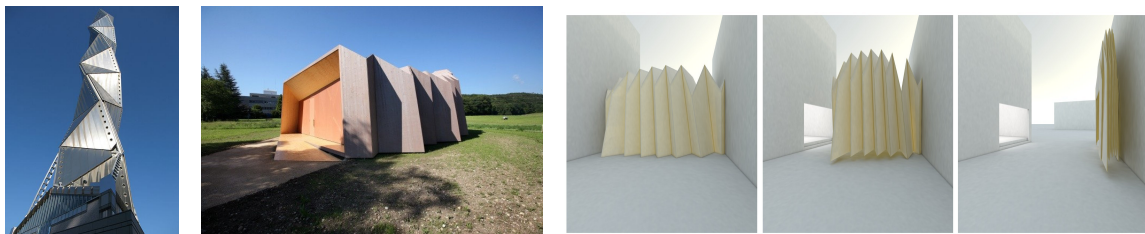


Fig. 1 – Différents usages du pli en architecture : Art Tower Mito (A. Isozaki), Chapelle St Loup (Y. Weinand), projet de galerie pliable (T. Tachi)

Ces travaux mettent dans un premier temps en avant une possible classification des surfaces pliables-dépliables incluant les formes non totalement développables ou non complètement pliables (Figure 2, gauche). Elle repose sur la définition et l'utilisation d'un descripteur global G_{Ω} faisant intervenir les angles de pliage associé aux différentes facettes. Une méthode de description des chemins de pliage mises en jeu est également proposée.

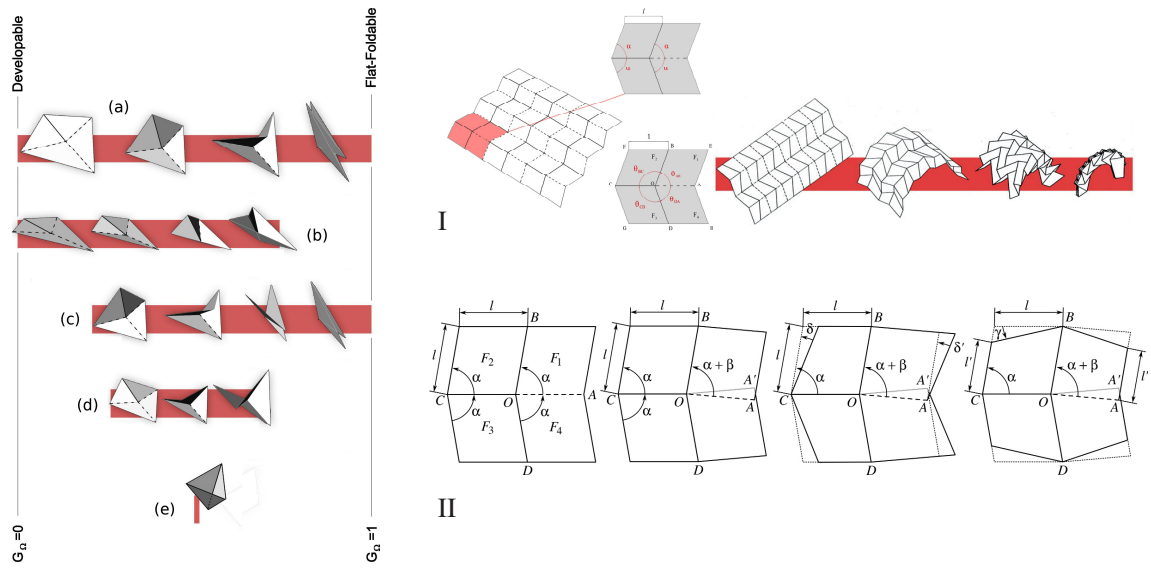


FIG. 2 – Classification des formes (de développable totalement pliable (a) à non pliable (e)) ; module Miura-Ori et surface courbe (I) ; modules modifiés non développables (dont surface courbe) (II)

Dans un second temps, des configurations géométriques innovantes sont présentées à partir d'une « généralisation » des modules de Miura-Ori (plats et développables). Les possibilités d'assemblages de ceux-ci ont déjà été montrées ainsi que la génération de formes courbes (Figure 2, I). Nous mettons toutefois en avant la possibilité de créer d'autres modules par des modifications qui résultent dans des surfaces avec des propriétés de non développabilité (Figure 2, II) et, possiblement, de simple courbure.

Les assemblages de ces modules font ensuite l'objet d'études permettant de caractériser leurs cinématiques de pliage, soit pour des configurations planes (Figure 3, I), soit pour des formes à simple courbure (Figure 3, II).

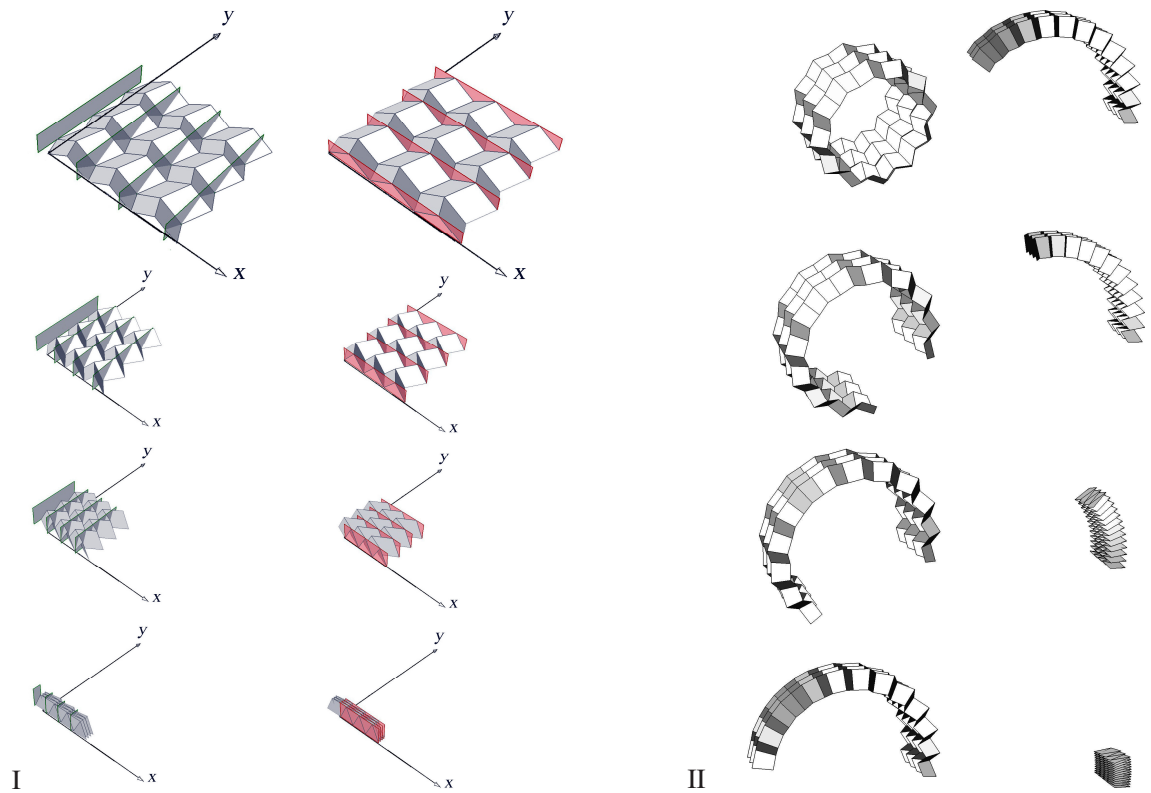


FIG. 3 – Pliage d'un système à 3x3 modules selon deux directions (I) ; forme convexe « tubulaire » (II)