

Review: Transpolyhedra, dual transformations by explosion-implosion, by Haresh Lalvani

by Henry Crapo

Topologie Structurale #6, 1982

Compte rendu: Transpolyèdre, transformations duales par explosion-implosion, de Haresh Lalvani

Structural Topology, #6, 1982

Extraits de l'introduction de l'auteur

«Les propriétés abstraites comparatives de la structure sont considérées par les 'structuralistes' dans diverses disciplines pour comprendre la 'forme', à la fois physique et imaginaire. Comme Cyril Smith l'énonce 'nous ne pouvons rien percevoir à moins de percevoir sa structure, et nous pensons par analogie et comparaison structurales'. L'étude des propriétés de la structure, ses formes dérivées, sa manipulation dans l'espace et dans le temps et la sélection de formes dans des situations spécifiques sont du domaine de la *morphologie-théorique*. La série de **Papers in Theoretical Morphology** a commencé dans le but de publier une recherche originale sur la 'forme' et de propager les découvertes dans les milieux du design et des sciences.

«*Transpolyèdres — transformations duales par explosion-implosion*, le premier volume de la série traite des structures qui sont des figures géométriques à connexions simples. Le sujet de notre recherche ici est le principe de *dualité* et son mécanisme. Une transformation continue dans l'espace-temps est suggérée comme un mécanisme qui relie des duals par un procédé dual. Le volume (100 pages environ) donne un traitement assez visuel de la dualité dans les polyèdres et les réseaux plans à travers près de 600 dessins et 150 photographies. Le principe peut s'étendre facilement à d'autres figures. 17 *transpolyèdres* sont introduits comme des polyèdres en transition entre les 17 polyèdres classiques à faces régulières et leurs 17 duals à sommets réguliers. On y décrit quelques-unes de leurs propriétés et relations eulériennes. On y suggère des explosions multiples pour en retirer 14 types de subdivisions sphériques avec leurs duals respectifs.

«Ce traité peut être utile aux architectes et designers, étant donné l'intérêt actuel pour la géométrie et l'usage de systèmes périodiques qui définissent des espaces intérieurs et extérieurs. Pour les chercheurs intéressés dans les transformations spatio-temporelles des structures ordonnées dans la nature, cet ouvrage peut être d'une certaine aide.

From the author's introduction

«Comparative abstract properties of structure are being taken by the 'structuralists' in various disciplines to understand 'form', both physical and imaginary. As Cyril Smith puts it, 'we can perceive anything only when we perceive its structure, and we think by structural analogy and comparison'. The study of properties of structure, its derivative forms, its manipulation in space and time, and the selection of specific forms in local situations, fall within the area of *theoretical morphology*. The series of **Papers in Theoretical Morphology** is initiated with the aim of publishing original research on 'form' and disseminating the findings to design and scientific communities.

«*Transpolyhedra — dual transformations by explosion-implosion*, the first volume in the series, deals with 'structures' that are simply-connected geometric figures. The subject of exploration here is the principle of *duality* and its mechanism. A continuous transformation in space-time is suggested as a mechanism that relates duals by a dual process. The volume (approx. 100 pages) gives a fairly visual treatment of duality in polyhedra, and plane nets, through nearly 600 drawings and 150 photographs. The principle can be easily extended to other figures. 17 *transpolyhedra* are introduced as polyhedra in *transition* between the classical 17 faceted regular polyhedra and their 17 vertically regular duals. Some of their properties and Eulerian relationships are described. Multiple explosions are suggested to derive 14 types of *spherical subdivisions* with their respective duals.

«This treatise may be useful to architects and designers, what with the current interest in geometry and the use of periodic space enclosure-exclosure systems. To the scientists interested in spatio-temporal transformations of orderly structures in nature, this work may be of some help.

«Les idées générales de ce volume ont été présentées au début de juillet 1976 au *World Congress on Space Enclosures* (WCOSE-76, Montréal) organisé par l'International Association of Shell and Space Structures (IASS) et ont été publiées dans les comptes rendus du Congrès».

Transformation par explosion-implosion

La transformation continue d'un polyèdre en son double est réalisée par Lalvani comme suit: chaque arête d'un polyèdre peut être considérée comme un long rectangle mince (**Figure 1**). Dans ces rectangles le rapport entre la largeur et la longueur est zéro. Si le rapport est graduellement augmenté, chaque arête prend assez d'épaisseur pour devenir un rectangle, chaque sommet prend assez d'espace pour devenir un polygone et les faces commencent à se rétrécir. Nous appelons les polyèdres formés au cours de ces étapes intermédiaires des *transpolyèdres* (**Figure 2**). Quand le rapport entre la largeur et la longueur de ces rectangles-arêtes atteint l'infini, les sommets de la figure originale deviendront des faces grandeure nature, les arêtes deviendront des arêtes duals et les faces vont se rétrécir jusqu'à être des points simples; voilà le polyèdre dual.

Des figures dans lesquelles une configuration est superposée à son dual se trouvent dans la nature, par suite de forces de tension-compression dans des matériaux entassés et sur la surface d'un liquide en mouvement à cause de la convection. Lalvani mentionne les travaux de LeRicolais, Nervi et McKenzie-Richter à ce sujet. Les transpolyèdres sont en fait topologiquement duals aux configurations formées par des paires superposées de réseaux duals.

Si les faces d'un polyèdre sont séparées l'une de l'autre et éloignées l'une après l'autre d'un centre commun, il y aura juste assez d'espace entre les arêtes pour mettre des rectangles-arêtes et juste assez d'espace au-delà des sommets originaux pour mettre un polygone-sommet. C'est pour cette raison que l'auteur appelle la première moitié de sa méthode de transformation *explosion* et par analogie, la seconde moitié, *implosion*. Il dessine beaucoup d'exemples de sa transformation d'une façon explosée (**Figure 3**).

Pour dix-sept paires de polyèdres réguliers et semi-réguliers, Lalvani construit (et nomme) le polyèdre intermédiaire, ce qui arrive quand les rectangles-arêtes deviennent des carrés. Il note que les transpolyèdres sont uniformément 4-valent et il calcule leurs faces, et angles dièdres.

La méthode d'explosion, qui produit un transpolyèdre à partir d'un polyèdre donné, peut être répétée. L'exemple le plus simple est fourni par le polyèdre régulier dont les premières explosions sont des polyèdres semi-réguliers et dont les secondes explosions sont des polyèdres inscrits dans le livre de Lalyani. D'autres exemples sont donnés.

«The general ideas in this volume were presented earlier in July 1976 at the World Congress on Space Enclosures (WCOSE-76, Montreal) organised by the International Association of Shell and Space Structures (IASS) and have been published in the Congress Proceedings.»

Transformation by explosion-implosion

Continuous transformation of a polyhedron into its dual is accomplished by Lalvani as follows. Each edge of a polyhedron can be thought of as a long thin rectangle (**Figure 1**). The ratio of width to length in these rectangles is zero. If the ratio is gradually increased, each edge is thickened to become a rectangle, each vertex is enlarged to become a polygon, and faces begin to shrink. Polyhedra formed in these intermediary stages are called *transpolyhedra* (**Figure 2**). When the ratio of width to length in the edge-rectangles reaches infinity, the vertices of the original figure will have become full-sized faces, edges will have become dual edges, and faces will be shrunk to single points: the dual polyhedron results.

Figures in which a pattern is superimposed on its dual occur in nature, as a result of tension-compression forces in layered material, and on the surface of a fluid in motion due to convection. Lalvani mentions work by LeRicolais, Nervi, and McKenzie-Richter in this context. Transpolyhedra are in fact topologically dual to such patterns formed by superimposed pairs of dual networks.

If the faces of a polyhedron are separated from one another and are individually translated away from a common centre, there will be just enough space between the edges to install edge rectangles, and just enough space beyond each of the original vertices to install a vertex-polygon. It is for this reason that the author terms the first half of his transformation process *explosion*, and by analogy, the second half, *implosion*. He draws many examples of his transformation in this exploded mode (**Figure 3**).

For seventeen pairs of regular and semi-regular polyhedra, Lalvani constructs (and names) the intermediate transpolyhedron, that which occurs when the edge-rectangles become square. He notes that transpolyhedra are uniformly 4-valent, and tabulates their face and dihedral angles.

The explosion process, which produces a transpolyhedron from a given polyhedron, can be repeated. The simplest example is provided by the regular polyhedra, whose first explosions are semi-regular polyhedra, and whose second explosions are polyhedra listed in Lelhanji's book. Other examples are given.

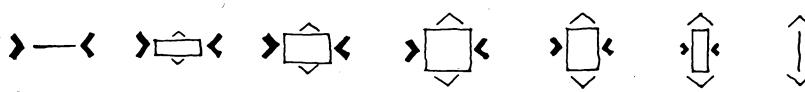
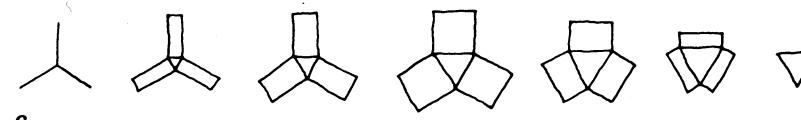


Figure 1. The transformation of an edge, through an edge, to a dual edge, this process carrying a three-valent vertex into a triangle. ● La transformation d'une arête, par un rectangle arête en une arête duale, procédé qui transforme un sommet 3-valent en un triangle



Le procédé explosion-implosion s'applique également à la paire de réseaux *plans* pour produire ce qu'il appelle des *transréseaux* (**Figure 4**). Il suggère de pousser davantage l'étude des transformations des autres familles de formes polyédriques: polyèdre convexe aux faces régulières, polyèdres uniformes et polyèdres infinis.

Commentaires

Le texte est assez court, mais répond au but proposé. Les nombreux dessins au trait sont de bonne qualité, mais les photographies ont souffert à l'impression, ayant été passées par un écran trop gros. Le livre a été publié à titre personnel par l'auteur dans une édition limitée de 1000 copies. Les commandes doivent lui être envoyées directement à l'adresse suivante: P.O. Box 1538, New York, N.Y., 10 001, U.S.A., à un prix raisonnable sur demande.

Haresh Lalvani a enseigné à l'école d'Architecture de l'Institut Pratt, pendant les 12 dernières années; il s'est engagé dans la recherche morphologique pendant plus de 15 ans; il vient de terminer son doctorat à l'Université de Pennsylvanie. Il a été en 1976 un bénéficiaire de Faculty Grant accordées par l'Institut national pour l'éducation en architecture.

The explosion-implosion process is also applied to 10 pairs of *planar nets*, to produce what he calls *transnets* (**Figure 4**). He suggests that further study be given to transformation of the other families of polyhedral forms: regular-faced convex polyhedra, uniform polyhedra, and infinite polyhedra.

Comments

The text is quite brief, but adequate to the purpose at hand. The numerous line-drawings are of good quality, but the photographs have suffered in the printing process, having been screened with too coarse a screen. The book was published privately by the author in a limited edition of 1000 copies. Orders may be sent to him directly at the following address: P.O. Box 1538, New York, N.Y., 10 001, U.S.A., at a price available on request.

Haresh Lalvani has been teaching at the School of Architecture, Pratt Institute, for the past 12-years, has been engaged in morphological research over the past 15 years, and recently completed his doctoral work at the University of Pennsylvania. He was a recipient of the 1976 Faculty Grant awarded by the National Institute for Architectural Education.



19 **Figure 2.** Examples of transpolyhedra, from an exhibition at the Pratt Institute in 1977. ● Exemples de trans-polyèdre, exposition à l'Institut Pratt, 1977.

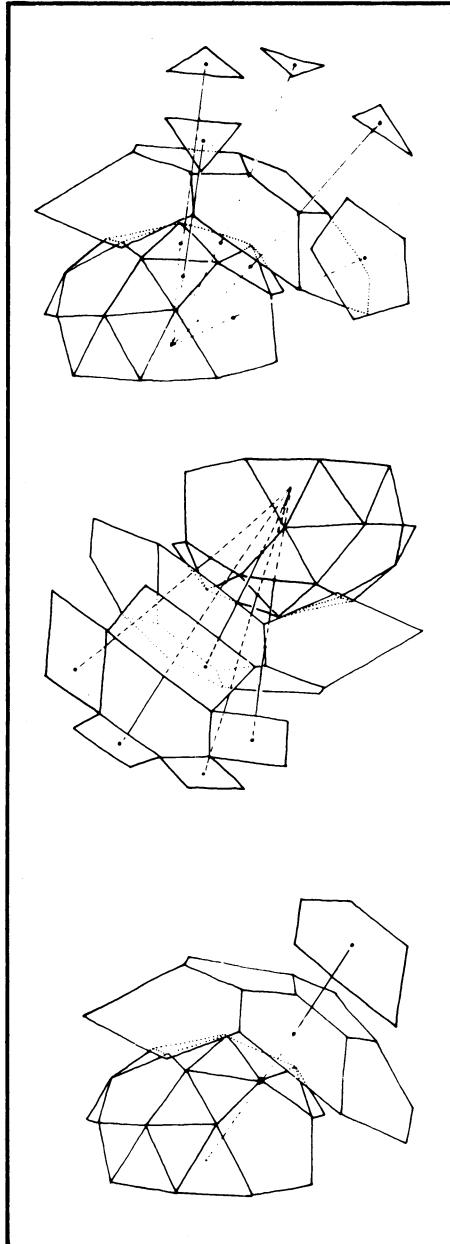


Figure 3. Axial relationships between a semi-regular figure, its dual, and the associated transpolyhedron. In the outermost array, only the faces corresponding to the faces of the original polyhedron are shown. ● Relations axiales entre une figure semi-régulière, son dual et le transpolyèdre associé. Sur la surface extérieure, seulement les faces correspondant aux faces du polyèdre original sont montrées.

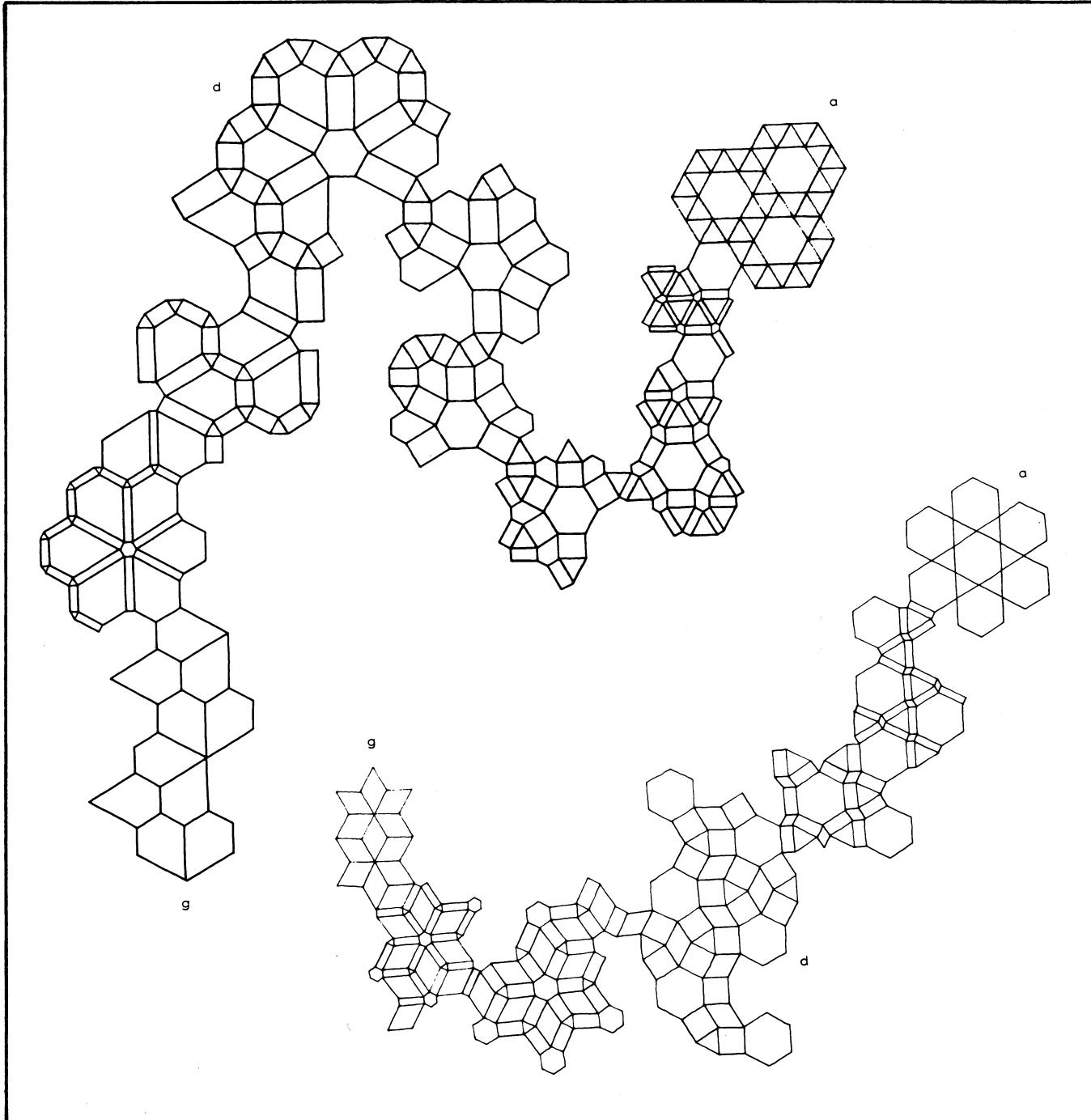


Figure 4. Two semiregular plane tilings, and their transnets in transition to dual tilings with congruent tiles. ● Deux carrelages semi-réguliers en plan et leurs transréseaux dans la transformation en carrelages duals avec les tuiles congruentes.