

Des géométries complexes entre l'ingénieur et l'architecte

Autor(en): **Weinand, Yves**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Matières**

Band (Jahr): **8 (2006)**

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-984439>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Des géométries complexes entre l'ingénieur et l'architecte

Yves Weinand

Yves Weinand obtient le diplôme d'architecte à l'Institut Supérieur d'Architecture Saint-Luc à Liège en 1986 et le diplôme d'ingénieur civil à l'EPFL en 1994. Participant dès lors à l'enseignement et à la recherche dans le domaine de l'ingénierie, il soutient une thèse de doctorat portant sur la visualisation des contraintes en 1998.

Nommé professeur du Laboratoire des constructions en bois de l'EPFL en 2004, Yves Weinand dirige également un bureau d'ingénieurs-conseils et architectes à Liège au sein duquel il réalise des projets reliant l'architecture et le génie civil.

Ci-contre: Démultiplication d'une forme de base par un algorithme fractal d'auto-similarité (Hilbert) et fraisage à commande numérique dans un panneau multipli. Prof. Yves Weinand, Ivo Stotz, IBOIS, EPFL, 2005.

Michelangelo Antonioni et l'expression architecturale

Le cinéaste italien Michelangelo Antonioni tente de révéler l'essence des choses. Lorsqu'il filme des nuages ou des gouttes d'eau, il essaie de rendre visible l'essence cachée de ces éléments naturels. Il provoque chez le spectateur – via l'observation de ces phénomènes par le héros du film – un questionnement existentiel. Il essaie de rendre explicite la recherche existentielle d'une identité intérieure du héros... en filmant des éléments naturels. En revanche, il ne s'intéresse que très peu à la vie sociale; son regard ne s'y arrête pas.

La recherche d'une expression architecturale est dans le meilleur des cas accompagnée de la recherche du sens intérieur des éléments dont elle est constituée. Si une véritable créativité architecturale doit être accompagnée de la recherche du sens intérieur des éléments utilisés, cela peut facilement éloigner cette recherche du contexte physique et social dans lequel le projet architectural doit prendre place. Par la suite, cette architecture n'est plus le fruit d'une compréhension du contexte social et urbain, mais un acte indépendant. Cela déplace l'action de la production architecturale vers une recherche intérieure d'expression artistique confortée par un bien-être existentiel de créativité: cela revient à chercher une architecture spécifique capable de relever le défi d'une satisfaction existentielle. Cette dernière peut s'exprimer sous la forme d'une recherche d'absolu.

La recherche d'un absolu a provoqué mon désintérêt pour des expressions architecturales de type «subjectif» ou stylistique. Par contre, la recherche de structures dont la lecture peut se faire selon des niveaux de compréhension et d'interprétation variés m'a fortement attiré. Peut-être cette recherche est-elle animée par ma quête de découvrir un «fonds» universel pouvant servir de référent pour une expression architecturale.

Inspiration d'une forme

Lorsque Sandro, le héros du film d'Antonioni *L'Avventura* (1960), renverse par un geste dédaigneux de l'encre sur la feuille blanche du croquis d'un étudiant en architecture, ce geste signifie deux choses. Il signifie d'abord le mépris que Sandro éprouve vis-à-vis de

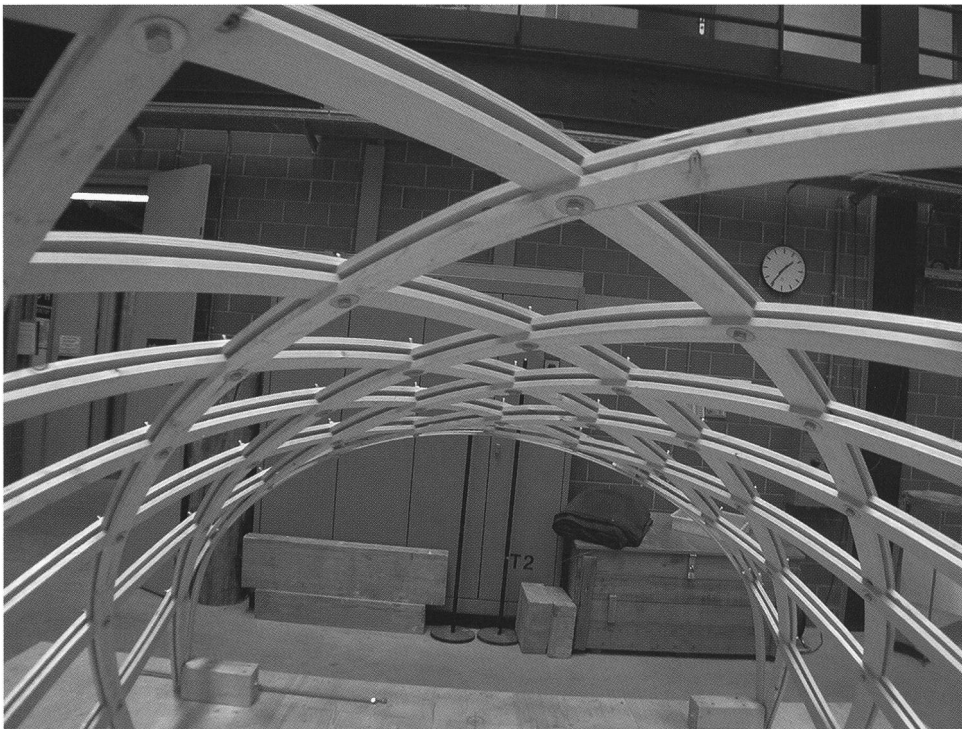
sa propre activité professionnelle en tant qu'architecte expert (il est sous-entendu qu'il a abandonné la part créative du métier). Il signifie ensuite le mépris qu'il éprouve pour un dessin d'inspiration historique (l'étudiant exécute un croquis d'une place italienne). Notre héros architecte n'arrive plus à tirer de l'observation de bâtiments historiques une leçon satisfaisante lui permettant de formuler une architecture contemporaine.

L'attachement à des notions de style a disparu depuis le modernisme, mais l'expérience stylistique individuelle que vivent les architectes à travers leurs croquis d'intention et l'aspect graphique de leur architecture n'est que très peu expliqué. Dans ce contexte, on peut donc questionner l'origine de la forme. L'origine de la forme repose-t-elle en l'architecte? Il y est pour quelque chose pourrait-on dire. Comment l'architecte arrive-t-il à se situer par rapport à un dessin subjectif?

L'émergence d'outils «objectifs»

De ces questions émerge la recherche d'un canevas d'outils «objectifs». L'inspiration «objective» à l'aide d'outils scientifiques comme le maillage, l'*origami* ou la géométrie fractale proposerai-t-elle un défi au bien-être artisanal de l'architecte? S'agit-il d'une autre façon de produire de l'architecture ou cette démarche permet-elle uniquement de produire un autre type de formes?

L'intégration des paramètres des technologies actuelles pour créer une nouvelle architecture, tout en questionnant ces outils de façon critique, concerne les architectes d'aujourd'hui. Au-delà des problèmes strictement techniques relatifs à ces outils, apparaît une question



Construction d'une coque nervurée expérimentale à base de géodésiques. Prof. Yves Weinand, Claudio Pirazzi, IBOIS, EPFL, 2005.

plus fondamentale relative à la conception architecturale : est-il possible d'exploiter le potentiel lié à ces techniques ? Le concept architectural peut-il être déduit d'une interaction entre les technologies et leurs effets ?

Le véritable défi serait dès lors d'utiliser ces technologies au-delà de leur utilité première pour les intégrer dans une discipline restée trop longtemps statique.

Dans le contexte d'une mutation possible du métier d'architecte¹, le Laboratoire des constructions en bois de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (IBOIS) met en œuvre une série de projets de recherche traitant de géométries complexes. Cependant, ou curieusement, les outils permettant de développer ces géométries semblent venir de nulle part : les notions d'*origami*, de *lignes géodésiques* ou encore de *géométrie fractale* n'ont a priori pas de rapport direct avec l'ingénierie. L'origine des considérations qui ont mené à la formulation de ces projets de recherche n'a pas encore été écrite, expliquée, voire analysée. Par conséquent, il nous a semblé intéressant de retracer l'origine des motivations qui ont mené à ces recherches.

C'est ici que l'observation d'un nuage par Antonioni peut être mise en parallèle avec la disposition de lignes géodésiques sur une surface. La beauté partiellement subjective sur fond d'application d'un outil objectif nous intéresse particulièrement.

On peut constater que la spécialisation croissante et contemporaine du monde scientifique ne couvre pas toujours les besoins de notre société. En revanche, la capacité interdisciplinaire inhérente à l'exercice du métier d'architecte correspond à certaines caractéristiques et qualités hybrides de nos existences contemporaines. A partir du moment où cette particularité de l'architecte est reconnue, il est possible de conclure : l'architecte arpenteur est en mesure de franchir la distance qui sépare l'art et la science.

Les lignes géodésiques

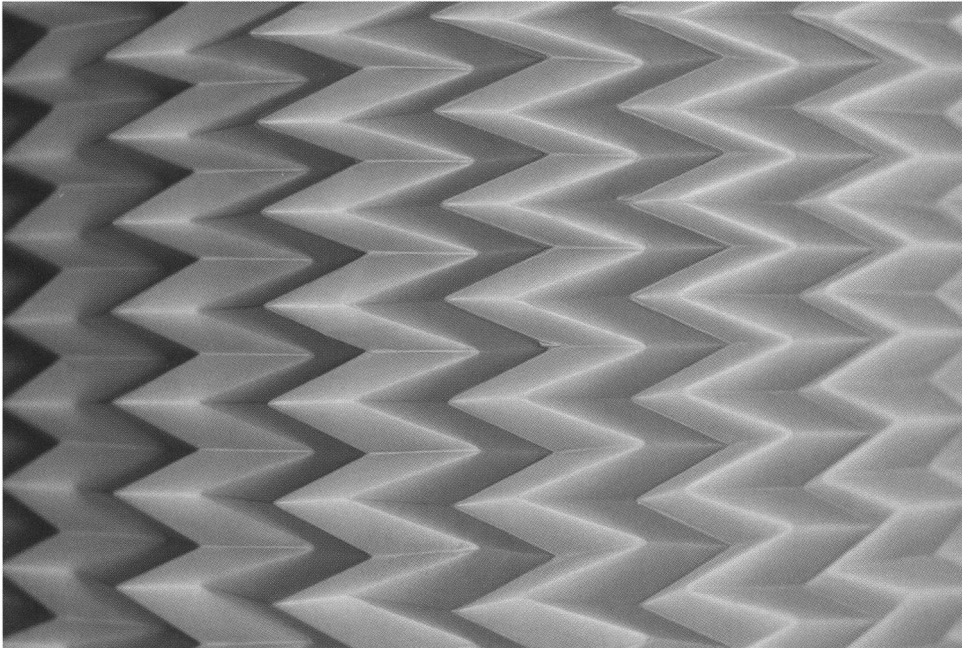
Afin de minimiser l'état des contraintes initiales dues à la courbure des planches d'une coque nervurée en bois, l'ingénieur tente de disposer les nervures selon un faisceau de lignes géodésiques. Une ligne géodésique appartient à la surface et n'a pas de courbure dans son plan tangentiel. Une planche qui suit une ligne géodésique n'est soumise qu'à la flexion selon son axe faible et à la torsion.

Des architectes nous proposent des formes assez aléatoires pour lesquelles la structuration des surfaces reste dans une large mesure inexploitée et indéfinie. Or il est possible de disposer les géodésiques selon une grille quelconque plus ou moins dense. Il est significatif de constater que le contrôle des lignes géodésiques d'une forme quelconque n'amène pas automatiquement une seule solution d'implantation des lignes sur une surface. Des critères esthétiques et constructifs interviennent ici. La base objective de cet outil, les géodésiques, est donc soumise à une spéculation « subjective » d'ordre esthétique et constructif.

Y a-t-il un malaise à sortir de la sphère objective de l'ingénierie pour réaliser des constructions ? Est-ce que cet outil, à la base objectif, peut intégrer la sphère de conception des architectes² ?

1 Voir : Yves Weinand, *New Modeling*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2004.

2 On ne souhaite pas réduire l'activité de l'architecte à sa phase de conception mais il existe au moment créatif un non-dit qui est ici visé ; il est clair qu'une architecture réussie parvient à intégrer tous les paramètres fonctionnels, sociologiques et économiques ainsi que sa programmation.



Essai de pliage géométrique inspiré de l'origami. Prof. Yves Weinand, Hani Buri, IBOIS, EPFL, 2005.

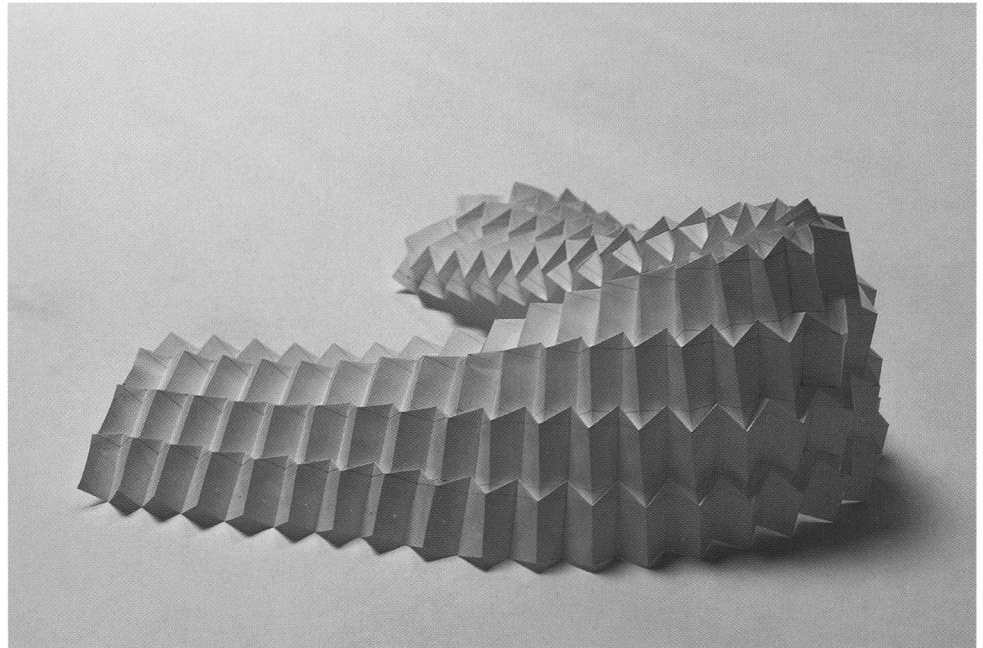
L'origami

Les sources d'inspiration pour des structures peuvent être les pliages de papier (*origami*) et les pliages-dépliage des feuilles de plantes. La simplicité, l'économie et l'homogénéité de la matière, la souplesse et la variété des formes, la génération de systèmes géométriques complexes à partir de principes simples (répétitions de formes géométriques simples croissantes) sont les principales caractéristiques de l'*origami*. Cette recherche vise à transposer ces principes à la construction en panneaux de bois. Elle portera principalement sur trois axes, celui de *nouvelles géométries spatiales*, celui de l'analyse du *rôle structurel du pli et de la surface* et celui des possibilités d'*assemblage* et de montage.

La fabrication des dessins d'*origami* permet ce que Waclaw Szpakowski, ingénieur et architecte d'origine polonaise, écrit de son propre travail: «Il mettait de l'ordre en lui-même, observant ses sentiments. Attentif à la rythmique, il capturait les rythmes des entrelacs créés par des cordes achetées sur ses économies enfantines – il trouvait le moyen d'écrire ses mémoires d'une écriture chiffrée, qui lui était propre. Son esprit tissait d'étranges tissus, des modèles merveilleux dans leur incroyable simplicité, des modèles semblables en apparence. Croyant intuitivement au caractère novateur de ses voies linéaires, connaissant la vérité authentique de ces lignes psychiques, de ces lignes musicales, il voulait enclorre des années de notations labyrinthiques en une science exacte. La régularité linéaire de ces mondes, cette régularité à laquelle il était parvenu, il voulut l'établir par la mathématique et la géométrie.»

La fascination pour des géométries cohérentes et fluides n'est pas nouvelle en soi. Elle est présente dans les travaux de Buckminster Fuller, Nervi, Ito, pour en nommer quelques-uns. Ici, l'expérience de la fluidité est une expérience sensible, privée. Les formes malléables, toujours en rapport avec un principe simple de base, peuvent être figées à tout moment. La décision de figer appartient à la sensibilité architecturale et artistique de l'auteur du projet. L'ingénieur intervient en analysant la rigidité variable de différentes zones.

Essai de pliage géométrique inspiré de l'origami. Prof. Yves Weinand, Hani Buri, IBOIS, EPFL, 2005.



Des nouvelles structures, à la fois d'une grande richesse spatiale et simples à mettre en œuvre, vont ainsi naître. La crédibilité de la proposition architecturale semble augmenter lorsqu'elle intègre des outils objectifs comme celui du pliage, et, sur le plan psychologique, l'homogénéité des lignes semble pouvoir provoquer une paix intérieure.

La géométrie fractale

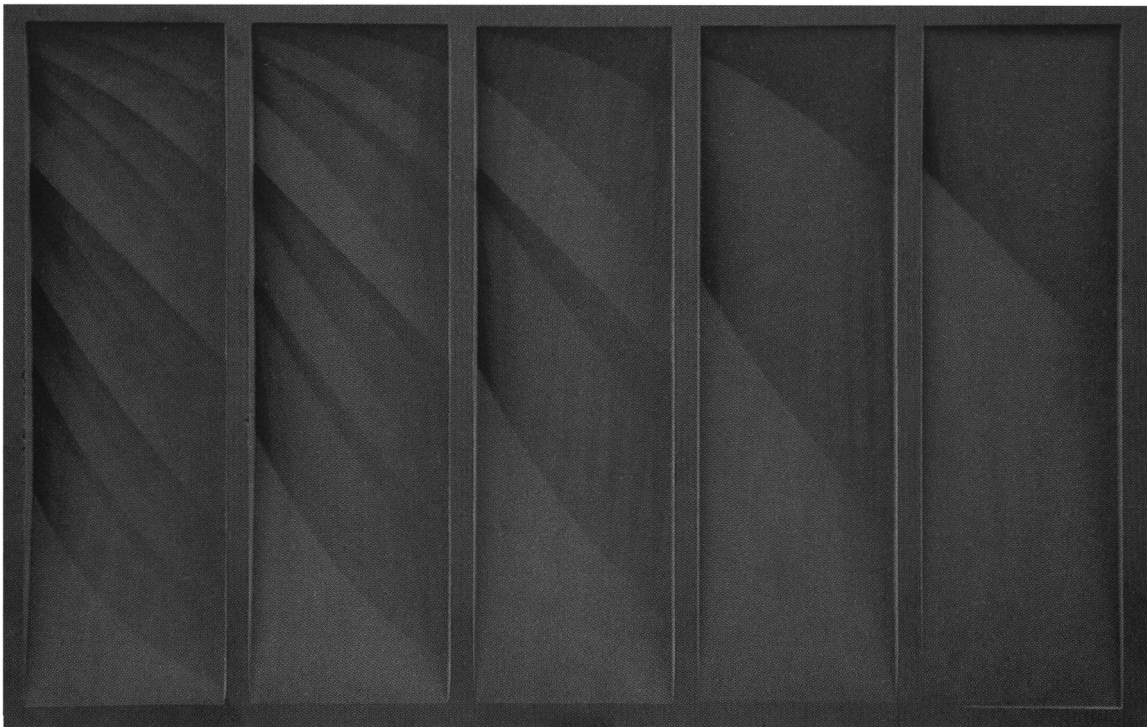
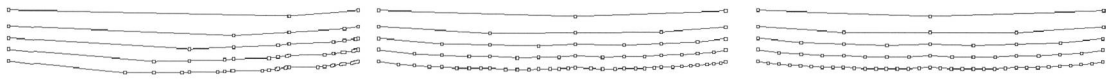
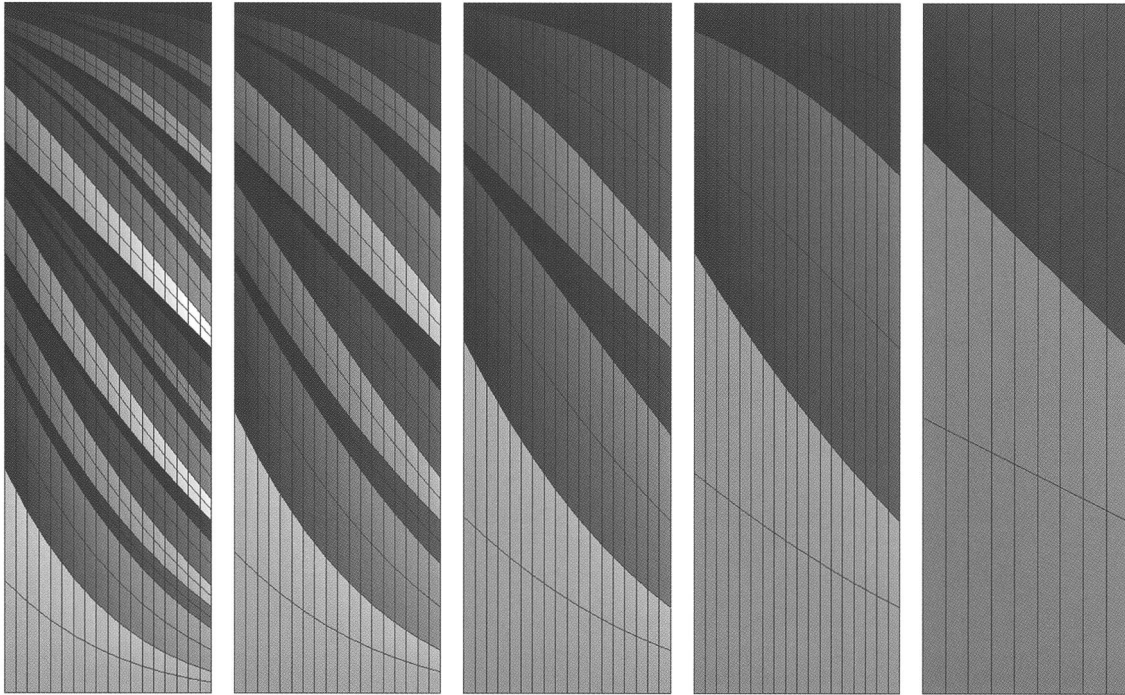
Ce travail de recherche est basé sur une spéculation : les algorithmes itératifs qui génèrent des fractures fractales sous forme d'images numériques peuvent-ils être utiles pour matérialiser ces fractures sous forme d'objets physiques ?

Si c'est le cas, les objets fractals, c'est-à-dire les objets à forme fractale, pourraient être construits physiquement à partir de modèles virtuels générés selon la géométrie fractale. Les maillages générés par des algorithmes pourraient être construits sous forme de structures portantes en coques, de polygones irréguliers dans l'espace, etc.

En passant par un modèle fractal, nous pensons pouvoir raccourcir la chaîne de traitement des données qui va de la conception des formes jusqu'à la fabrication automatisée par des machines de découpe à commande numérique.

Par la suite, la combinaison géométrie fractale/matériaux bois/production automatisée et industrialisée ouvre de nouveaux champs d'application du matériau bois dans la construction. Les structures en bois ainsi créées rempliront différents rôles : structures portantes, panneaux de fermeture constructifs et visuels, éléments d'équilibrage climatique, etc.

La question du «pourquoi» reste fondamentale. Pourquoi implanter un algorithme fractal à l'aide d'un logiciel produisant une géométrie d'autosimilarité basé sur un système de fonction itératif (IFS) ? Peut-être parce qu'au stade ultime, une spéculation universelle est sous-jacente à ce travail. A partir du moment où l'on considère que l'architecture est une



Ci-contre: surfaces fractales.

En haut: Surface construite à partir d'un système de fonctions itératif (IFS). Par étape d'itération, des fractures agitent la surface et la rendent de plus en plus rugueuse. Selon le choix de l'algorithme d'IFS, différentes propriétés (rugosité, texture) peuvent être générées.

En bas: Le fichier décrivant la surface est envoyé sur une machine de prototypage rapide qui transpose la géométrie dans un panneau de MDF noir (pièce produite en collaboration avec A. Gagliardi, EPFL-AT). Prof. Yves Weinand, Ivo Stotz, IBOIS, EPFL, 2005.

forme d'art se situant entre l'esprit et le corps, exprimant en quelque sorte physiquement une interaction entre l'esprit et le corps, la géométrie fractale, qui elle-même constitue un code de la nature, permet éventuellement d'exprimer cette interaction de façon particulièrement réussie.

Signification historique

Ces quelques travaux initiaux et ludiques permettent de situer la production architecturale sur une autre ligne historique. L'architecte n'intègre pas les autres paramètres (sociaux, fonctionnels) après coup dans son dessin d'ensemble, mais il change sa topologie. Il laisse aller l'application d'outils objectifs. Ceci ne signifie nullement une moins-value pour sa productivité artistique.

L'admiration des architectes est unanime devant des ouvrages d'art classiques, tels que des ponts, des barrages, voire même des bâtiments en rapport avec des éléments naturels comme des centrales électriques, des stations de pompes, des bâtiments annexes aux barrages, etc. Est-ce qu'alors, par l'application d'outils objectifs, l'architecte parviendrait à restaurer son équilibre (sa légitimité de créateur solitaire et moderne), comme réponse à son admiration pour des bâtiments «neutres» et dépourvus d'un style personnalisé?

La possibilité de créer une forme libre existe depuis longtemps, mais le fait de la créer avec des moyens artificiels depuis peu. Précisons que ceci ne concerne pas la CAO, mais une attitude, un mode de vie d'artiste, fondamentalement différent. Une véritable recherche architecturale accompagne donc ces travaux. Cette recherche quitte la sphère de la subjectivité individuelle pour trouver des connections universelles sur fond scientifique.

L'histoire des sciences nous enseigne que les grands progrès de la connaissance ont souvent été accompagnés, soit par une nouvelle approche de la perception du temps, soit par une nouvelle perception de la géométrie. Une attitude artisanale purement spéculative, permettant la découverte et le suivi de l'évolution d'une géométrie complexe, y a-t-elle sa place?