

Architecture et numérique

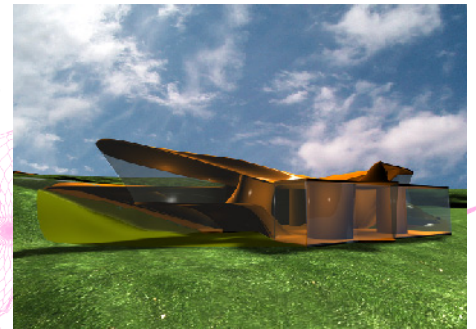
La pratique de l'architecte connaît depuis la fin des années 1980 une profonde mutation. L'introduction de l'ordinateur et de sa logique de traitement de l'information dans l'architecture, au-delà d'un usage limité à la simple visualisation, a profondément influencé une discipline qui tentait de renouveler ses codes et son langage. Les expositions ArchiLab à Orléans (1999, 2000), Latent Utopias à Graz (2002) et Architectures non standard à Paris (2003/2004) ont été les premières à témoigner de l'apparition d'une architecture computationnelle.

Les logiciels de CAO permettent d'agir sur les propriétés structurelles des objets, c'est-à-dire de manipuler des modèles mathématiques et non pas des images. Le concepteur ne dessine plus, il commande des calculs et des opérations qui modifient sans cesse le modèle informatique (maquette virtuelle) en fonction des expérimentations qu'il effectue. Concevoir l'architecture revient à établir des relations qui recomposent sans cesse le projet en fonction des cheminements et des informations émergeant en cours d'élaboration. Ainsi le processus n'induit pas une évolution linéaire, bien au contraire : à tout moment, des relations nouvelles naissent, l'entrée ou le retrait d'une donnée modifiant l'ensemble de la maquette virtuelle.

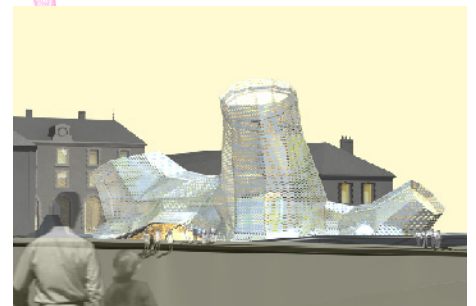
Qu'il se fonde sur des variations paramétriques, sur la mise au point de scripts et d'algorithmes engendrant des familles de formes variables, sur l'intrication de données disparates, sur le morphing ou bien encore sur des objets mathématiques, le projet se définit avant tout comme système actif d'intégration et de tissage des divers aspects du programme architectural, des qualités physiques et du comportement des matériaux ainsi que de l'environnement (social, culturel, physique...) : une architecture hybride et interactive répondant à une nouvelle approche écologique. Particulièrement, le code constitue désormais le nouvel outil, commun à la linguistique, la génétique et l'informatique, à partir duquel les architectes tentent de produire des formes.

Ce flux dynamique de la genèse des formes est littéralement conféré à des structures complexes définies par leurs surfaces à double courbure, réalisées ensuite dans des matériaux légers (aluminium, inox, cuivre, acier, verre, fibre de carbone, etc.) ou bien composites, capables de résister aux contraintes mécaniques ainsi générées.

Au cœur de cette mutation du processus de fabrication industrielle, les architectes affirment le rôle à la fois structurel et décoratif du détail et confondent le motif et la géométrie de la surface dont ils optimisent les qualités multiperformatives. Ce faisant, ils interrogent les principes mêmes de la morphogenèse et transcendent ainsi leur champ pour accéder à une nouvelle approche, transdisciplinaire, à laquelle participent les sciences de l'information et les sciences naturelles. Ces projets marquent une rupture avec l'orthogonalité et les principes euclidiens, auxquels ils préfèrent une géométrie topologique. La génération d'un système, la déformation d'une trame, les connexions spatiales, visuelles et fonctionnelles et les volumes emboîtés en état de formation permanente sont ainsi favorisés.



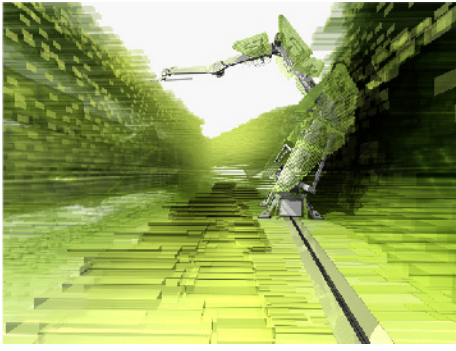
KOL/MAC, *Meta_HOM Estouteville 2.0*, 2001



Jakob+MacFarlane, *FRAC Centre*, 2005-2011



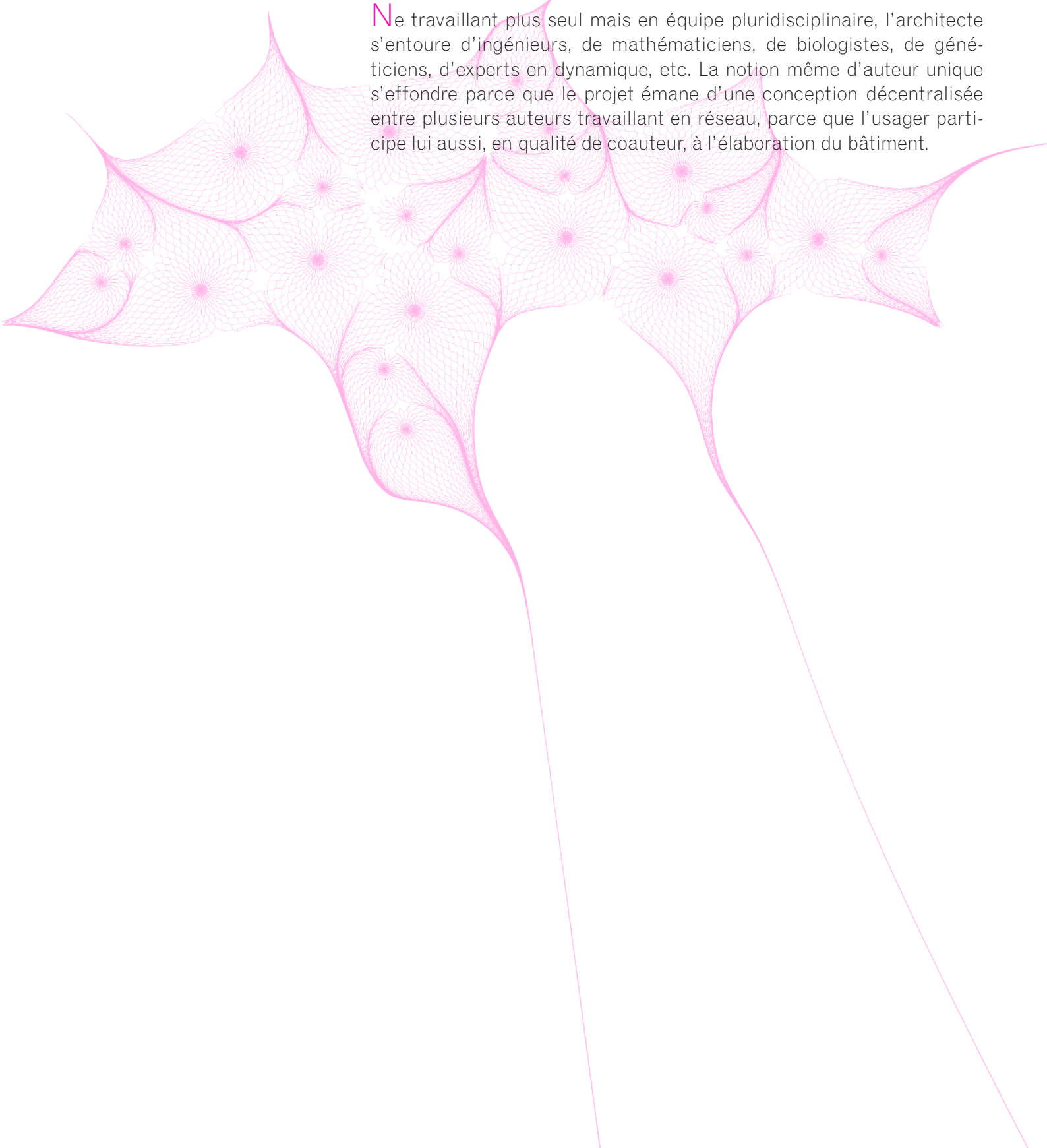
NOX, *Fresh H2O eXPO*, 1993-97



R&Sie(n), Olzeg, 2006

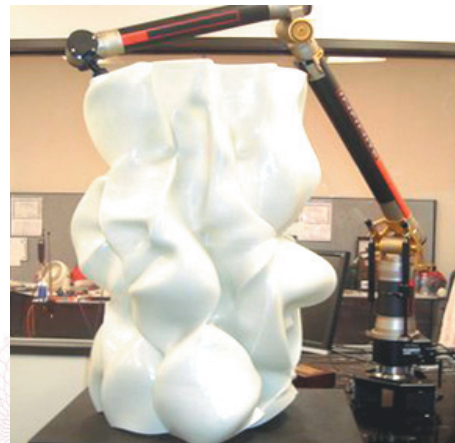
La technologie numérique fonde également la logique de production de l'architecture. L'élaboration d'un projet, de sa conception jusqu'à sa réalisation voire son agencement par des machines à commande numérique (CNC), s'inscrit désormais horizontalement dans un parfait continuum, regroupant des modules informatiques interconnectés. À l'instar de l'industrie automobile et de la « customisation de masse », l'architecture d'aujourd'hui repense les principes répétitifs et rationalistes de standardisation de la forme issue du dix-neuvième siècle. L'architecture propose désormais une déclinaison de bâtiments uniques à partir d'un même système et s'ouvre ainsi au non-standard.

Ne travaillant plus seul mais en équipe pluridisciplinaire, l'architecte s'entoure d'ingénieurs, de mathématiciens, de biologistes, de généticiens, d'experts en dynamique, etc. La notion même d'auteur unique s'effondre parce que le projet émane d'une conception décentralisée entre plusieurs auteurs travaillant en réseau, parce que l'utilisateur participe lui aussi, en qualité de coauteur, à l'élaboration du bâtiment.



La fabrication assistée par ordinateur

A la fin du XXème siècle, les outils pour élaborer un projet architectural se sont considérablement modifiés. Les logiciels possédant une véritable capacité transformationnelle, ne permettent plus seulement de dessiner grâce à l'ordinateur, mais d'enregistrer des données qui généreront une forme architecturale modulable à l'infini. La chaîne chronologique, de la conception à la fabrication, n'est plus linéaire mais devient une série d'évolutions simultanées. Ces nouveaux modes de conception et de fabrication assistés par ordinateur (CAO-FAO, ou CFAO) mènent à des processus de production « non standard* ».



exemple de fabrication assistée par ordinateur, Neri Oxman, collection Frac Centre

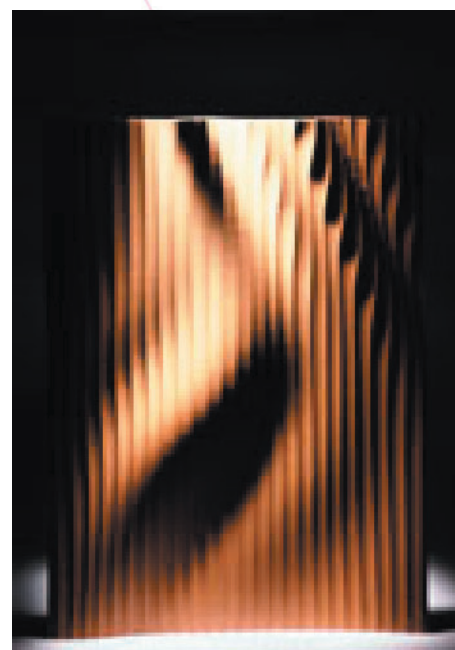
L'architecture computationnelle, un nouveau mode de fabrication :

L'essor des machines à commande numérique, c'est-à-dire des machines pilotées par des ordinateurs, a rendu possible le déploiement de ces processus de production à partir d'une même matrice digitale, d'abord à l'industrie spécialisée (comme l'aéronautique), puis progressivement à toutes les industries et notamment à celle du bâtiment.

En effet, la chaîne numérique désigne l'ensemble des modules informatiques interconnectés. Ceux-ci permettent de réaliser toutes les étapes qui mènent du cahier des charges à la production d'un produit selon le principe « du fichier à la fabrication » (« from file to factory »). Il n'y a donc plus de séparation entre la conception d'un côté et la fabrication de l'autre : tous les partenaires du projet - l'architecte, l'ingénieur, le mathématicien, etc. - ont accès à la même maquette numérique.

L'agence [Objectile](#) fut la première en France à appliquer de nouvelles logiques de conception et de production de l'architecture : ses prototypes sont réalisés directement par des machines à commande numérique selon le procédé du prototypage rapide.

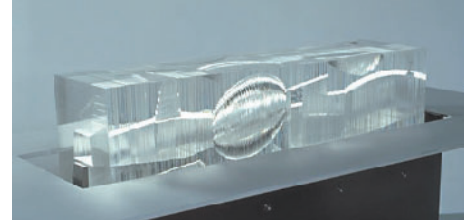
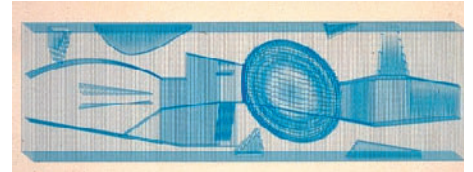
L'agence d'architecture [dECOi](#) travaille elle aussi à partir d'un logiciel qui permet de produire tous les éléments constitutifs du bâtiment : les données concernant la géométrie des pièces sont transmises sous forme de fichier numérique à des outils robotisés dotés de logiciels de décomposition de formes (le modèle volumique est «facettisé*» selon un maillage triangulaire, puis tranché en autant de sections nécessaires pour sa réalisation en strates par la machine de prototypage rapide).



Objectile, Grand panneau « effet gouge », collection Frac Centre

Car en effet, au-delà de l'image offerte par les interfaces des différents logiciels, apparaît alors la structure langagière du code, permettant la fabrication de l'objet. La pratique computationnelle n'est plus comprise comme un assemblage de représentations virtuelles mais s'apparente alors à une manipulation d'énoncés codés. L'alphabet et la syntaxe computationnels permettent ainsi la formulation d'une infinité d'énoncés réels et relatifs à des segments spécifiques de la production. L'ensemble des informations est formalisé dans un langage universel, ou plus exactement dans une constellation d'énoncés coordonnés.

Cette nouvelle horizontalisation des procédures, cette simultanéité entre les phases de conception et de production, est rendue possible grâce aux procédés d'usinage et aux machines de prototypage rapide, pilotées par ordinateur.



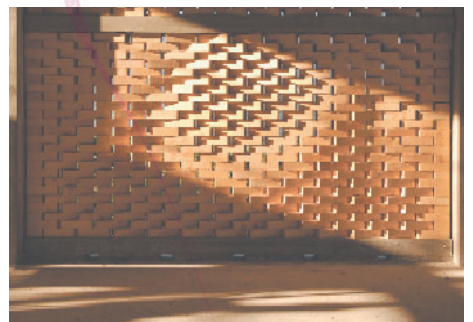
d'ECOI, Vaisseau de verre, 1991-1996. Dessin préparatoire et maquette. Photo Frac Centre.

Les machines à commande numérique :

En passant par la Conception Assistée par Ordinateur (CAO), les machines à commande numérique permettent un rapprochement entre le projet d'architecture et sa réalisation. Il existe des machines pour la production des maquettes à échelle réduite qui sont, pour la plupart, des machines de prototypage rapide. D'autres machines permettent la production d'éléments de construction.

La conception de la pièce à fabriquer est réalisée à l'aide d'un logiciel de CAO. Ensuite la modélisation en trois dimensions de la pièce à réaliser est « exportée » vers des outils de Fabrication assistée par ordinateur (FAO). De plus en plus, la CAO et la FAO sont complètement intégrées et ne nécessitent pas de transfert. Pour ces logiciels, on parle de CFAO.

Depuis les années 1990-2000, les logiciels de FAO sont capables de reproduire graphiquement (« visualisation volumique ») et d'une manière fiable, l'action des outils dans la matière. L'utilisation de la Machine-Outil à Commande Numérique est la dernière étape qui consiste, depuis le programme de FAO ainsi élaboré, à générer les fichiers (blocs ISO) pour la machine-outil, c'est à dire la commander. Le langage de programmation de la commande numérique - le fichier obtenu - est transmis à la Machine-Outil à Commande Numérique par un logiciel, puis exécuté par cette machine, après la phase de réglage indispensable.



Gramazio & Kohler, Façade de Gantenbein à Fläsch (Suisse), 2006. Façade en briques non-standard.

Un exemple, le prototypage rapide :

Le prototypage rapide est un moyen de fabrication rapide de modèles et prototypes à partir de l'image numérique de l'objet. Utilisé dans les industries aéronautiques, automobiles, etc, il permet, dès le début de la conception, de vérifier la validité de l'objet. Récemment, les architectes se sont emparés de ces techniques soit pour la fabrication de leurs maquettes ([Jakob & Mac Farlane, Ocean](#)), soit pour la production de pièces échelle 1 ([Objectile, dECOi](#)). Ainsi, la maquette se donne comme un élément d'expérimentation à part entière, plus proche du prototype que de l'outil de préfiguration. Pour fabriquer un prototype, il faut tout d'abord que la géométrie de la pièce soit définie par un fichier CAO. Le modèle volumique est ensuite facettisé et enfin tranché, chaque tranche définissant une section qui sera réalisée par la machine de prototypage rapide (micro-fraisage rapide) puis assemblée à toutes les autres pour la fabrication finale du modèle physique.

La **stéréolithographie** est une technique dite de prototypage rapide, qui permet de fabriquer des objets solides à partir d'un modèle numérique. L'objet est obtenu par superposition de tranches fines. Plusieurs méthodes de fabrication assistée par ordinateur sont basées sur le principe de la stéréolithographie, notamment la photopolymérisation, ou le frittage laser.

Le processus débute avec un modèle de l'objet à fabriquer, obtenu grâce à un logiciel de CAO. Le modèle une fois dessiné doit être exporté dans un format standard, le format STL (pour STereoLithography). Le fichier STL est transmis à l'appareil de stéréolithographie et le modèle (en 3D) est découpé en tranches.

Cette fabrication permet d'obtenir des modèles grandeur nature plus économiquement et plus rapidement qu'en les «taillant dans la masse» par usinage par exemple. Cependant, ces modèles, moins rigides, seront limités à la fabrication de quelques pièces seulement. Ils sont donc adaptés uniquement à la réalisation de prototypes.

Il existe aussi le **frittage laser**, procédé de fabrication qui consiste à chauffer une poudre sans la mener jusqu'à la fusion.

Dans un premier temps, ces poudres sont agglomérées par divers procédés pour constituer une préforme, laquelle est ensuite chauffée pour acquérir une certaine cohésion. Sous l'effet de la chaleur, les grains se soudent entre eux, ce qui forme la cohésion de la pièce. Le frittage peut être réalisé avec ou sans liant, et sur des matériaux très divers.

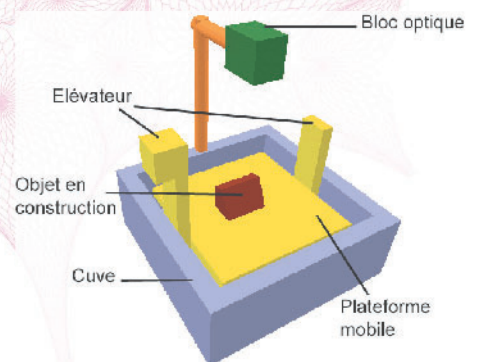
L'exemple du Frac : a_maze

Imaginé et fabriqué à partir de machines à commande numérique pour l'exposition du FRAC Centre, a_maze est conçu comme un ensemble mobilier de trois modules qui se déploient selon un principe fractal.

La structure est constituée de fines bandes de plastique blanc découpées de « brèches », selon le code développé sur le logiciel Rhino et transmit à la machine à commande numérique. Les bandes ont ensuite été pliées suivant ce code, en forme de zigzag. Enfin, chaque bande est associée à une seconde créant ainsi une succession de losanges, et sont disposées les une au-dessus des autres.



Centre d'usinage à broche verticale et deux plateaux tournants de Decke, photo prise par Glenn McKechnie 08/2005, Wikimedia Commons.



Exemple de stéréolithographie : la photopolymérisation, image Mohamed Rambil, 06/2009, Wikimedia Commons.



photo prise lors du montage de l'exposition a_maze au Frac, les bandes plastiques sont découpées grâce au prototypage rapide.