

Le design paramétrique au service de la foi



GUIDE INNOVATION

© Camille Molissac

**LE DESIGN PARAMÉTRIQUE
AU SERVICE DE LA FOI**

par Olivier Namias

A La cathédrale éphémère pendant un office religieux.

V Mise en place de la couverture. Découpe, soudure et montage de la toile ont été effectués par l'entreprise Esmeiry Caron à partir d'un fichier 3D donné par le bureau d'études TRES5, également en charge de l'étude architecturale.



© Yves Meyer

Pendant la reconstruction de leur cathédrale, les fidèles du diocèse de Créteil continueront à suivre la messe sous une toile légère soutenue par des tiges de fibre de verre et de métal, un ouvrage expérimental développé par le laboratoire Navier (École des ponts) en association avec le bureau d'études TRES5.

Inaugurée en 1978, l'église de Créteil est devenue cathédrale du diocèse en 1987. L'architecte Charles-Gustave Stockhof avait dessiné cet édifice au plan en forme de poisson, équipement discret au milieu d'un quartier de banes et de tours. Cet effacement ne convenait plus au diocèse, qui voulait renforcer la place du cultuel dans la cité. En 2009, il a décidé la reconstruction du bâtiment, devenu par ailleurs trop exigé pour accueillir les fidèles. Architecture Studio a été chargée du projet de rénovation, dont la mise en chantier a débuté en 2013. Une nef évoquant deux mains jointes dans la prière devait être inaugurée en 2015. Durant les dix-huit mois de travaux, les offices se déroulent dans un bâtiment provisoire construit sur des terrains prêtés par la municipalité: une architecture de blob modélisée sur le logioid Rhino et son algorithme graphique Grasshopper, puis calculée grâce à des systèmes de logiciels paramétriques expérimentaux développés par le laboratoire Navier, unité de recherche de l'École des ponts associée pour l'occasion au bureau d'études TRES5.

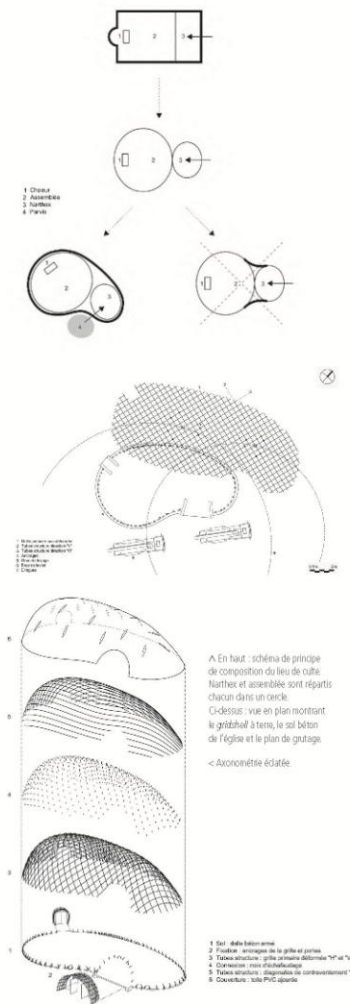
UN GRIDSHELL

Le laboratoire Navier s'est spécialisé dans le calcul non linéaire des structures en grands déplacements, construisant dans l'École des ponts des petits ouvrages qui font appel à des ossatures tubulai-

res et de la toile PVC pécontraite. Utilisant le principe du gridshell (une grille structurelle fonctionnant comme une coque), la cathédrale provisoire de Créteil est la version plus poussée du projet d'une structure temporaire constituée pour l'association Solidays en 2011. Contrairement à ce pavillon, l'église doit pouvoir être fermée et chauffée. L'installation de deux pontes, entraînant des interruptions de structure, augmente la complexité du projet. Malgré son allure de bulle, le bâtiment suit des intentions architecturales précises, en relation avec le programme. « Nous voulions éviter d'avoir un édifice en demi-sphère, forme jugée peu intéressante, explique Tom Gray, architecte du projet chez TRES5. L'église est la réunion de deux blobs de tailles différentes: le plus petit équivaut au narthex et le plus grand au chœur, suivant la liturgie déterminée lors du concile de Vatican II. » Plutôt que d'être connectés par deux cornes, ces deux volumes sont reliés par deux arcs, l'un concave du côté de l'entrée afin de former une sorte de place, l'autre convexe, dessinant une abside moderne à ce lieu de culte.

DE LA FIBRE DE VERRE ET DU MÉTAL

Maîtriser la forme du blob était la tâche la plus complexe. Il fallait retrouver sur le chantier le dessin informatique original, explique Lionel Le Peloux, jeune ingénieur du laboratoire Navier en



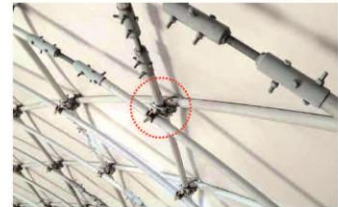
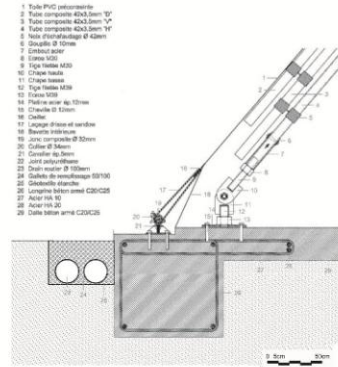
- 1 Grille
- 2 Armatures
- 3 Structure
- 4 Toile

- 1 Toit
- 2 Fibres
- 3 Structure
- 4 Membrane
- 5 Toile PVC



A Ce n'est qu'une fois soulevé par les grues que le grâdhell a pris sa forme, sous l'effet de son propre poids.

> La grille avait été montée à plat sur le chantier. Des capteurs permettent le déclenchement de la toile par ses boudoirs. Des pièces de bêche transparente soudées à la toile PVC laissent passer la lumière du jour.



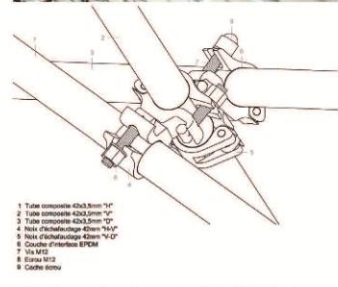
MAÎTRE D'OUVRAGE : ASSOCIATION DIOCÉSAINE DE CRÉTEIL – **MATÉRIEL D'OUVRAGE :** TIESSIS – **ÉQUIPE STRUCTURE ET MATÉRIEL :** ÉQUIPE MSA DU LABORATOIRE NAVER DE CERPC – **DIRECTION DE CHANTIER :** VIVY – **BET :** LOUIS COULLET – **GRANDS ŒUVRES :** BATHM – **MÉTALLIERS :** ÉLIX MÉTAL – **TOILE :** EMERY CARON – **MATÉRIELS COMPOSÉS :** SOLUTIONS COMPOSITES – **CONNECTIONS :** ANAMAH – **ÉLECTRICITÉ ET ÉCLAIRAGE :** VANDON – **CAPACITÉ :** 360 PLACES ASSIS – **SURFACE AU SOL :** 360 M² – **VOLUME COUVERT :** 160 M³ – **SURFACE TOILE :** 350 M² – **MATÉRIEL MAISONNÉ :** 7,50 M – **Poids de la structure :** 6 kg/M² – **COST :** 400 000 € HORS HONORAIRES D'ARCHITECTES – **GRANDS ŒUVRES :** 680 000 € (TERREMENT + BÉTON + VITO) – **STRUCTURE :** 250 000 € (BÉTON) + 15 000 € (ANCRAGES + FIVE DE TOILE) + 20 000 € (POURTS) – **TOILE :** 40 000 € + 5 000 € (FIVE DE TOILE)

*** charge du développement du projet. Afin de répondre aux contraintes de coût, toute la structure devait être montée par une équipe de soixante-dix volontaires, les entreprises spécialisées n'intervenant que pour le montage de la toile et les travaux de fondations, consistant en la mise en place d'une semelle filante suivant la ligne d'implantation de la toile et d'un radier de béton. La structure est constituée de tubes composites, mélange de fibre de verre et de résine polyester. Résistants et légers, ils sont utilisés dans une multitude de domaines : industrie, transport, isolation électrique, etc. Lésés sur le chantier par tubes de 12 mètres, ils ont été découpés en 150 dimensions uniques par des ouvriers bénévoles. Ces segments tubulaires ont été ensuite assemblés pour former de longues tiges dont le fonctionnement peut être comparé à celui des ancrages des tentes igloos. La connexion entre les multiples tronçons d'un ancrage s'effectue par le biais de deux manchons en acier sertis sur les tubes composites. Ils sont ensuite reliés entre eux par une tige filetée. « ce nouveau type de connecteur assure une belle continuité visuelle sur toute la longueur de l'ancrage, que l'on peut lire comme une pièce unique, ce qui n'était pas le cas sur le projet Solidaps », explique Lionel du Peloux.

GRUES ET GRILLE
Montée à plat sur le site, la grille prend sa forme ovoïde une fois dressée, son soulèvement étant effectué par deux grues. Les tiges se couchent sous l'effet de leur propre poids : elles

sont fixées à leurs deux extrémités sur des étriers vissés dans la longrine béton. L'insertion d'une noix – connecteur d'échafaudage pouvant prendre une rotation – sur les 1 200 intersections de la grille apporte la déformation nécessaire à la mise en place de la structure. Cette opération est suivie de l'installation tous les mètres de tiges parallèles au sol, assurant le contreventement de la structure. Le montage de celle-ci nécessite trois jours de travail à soixante-dix volontaires, la mise en place de la toile s'effectuant en moins d'une matinée. L'armage de la toile a fait l'objet d'un détail soigné (voir dessin du haut en page de droite). Toute l'église peut quasiment être démontée avec une clé de 22, plaisante Lionel du Peloux, tout en précisant qu'il ne s'agit pas à proprement parler d'un édifice mobile. Le radier de béton n'est pas transportable, et si l'on peut envisager de récupérer les éléments structurels, leur dimensionnement correspond à un projet spécifique. L'entièreté de l'église provisoire de Créteil est de confronter l'expérimentation au réel et de mettre des techniques innovantes au service des usagers.

* Plus info de Grasshopper Gridshells et Mersuplani.



A En haut : l'arçonne de la structure au sol est pensée dans le détail : la bavoite qui assure l'attachement au niveau du sol a été placée à l'arrière des câbles élastiques armant la bêche à une rivet métallique ancrée dans les fondations. Habituellement, la bavoite vient en premier plan, masquant la fixation. Ci-dessous, photographie et vue axonométrique d'une noix, pièce de connexion entre les montants du grâdhell.