

## Équipement culturel Une église orthodoxe russe sur les berges de la Seine

Le projet, développé en site classé et sur un terrain inondable, est soumis à de nombreuses contraintes de structure.

**A** l'emplacement de l'ancien siège de Météo France - un terrain qui jouxte les berges de la Seine, classées au Patrimoine mondial de l'Unesco - se dressera finalement, après plusieurs projets controversés, un centre spirituel et culturel orthodoxe russe. « Cette parcelle est très contrainte, contiguë au palais de l'Alma, à proximité de la Tour Eiffel et du musée du quai Branly », commente Borina Andrieu, directeur chez Wilmotte et Associés Architectes. Autrement dit, un tissu parisien très dense et architecturalement sensible, dans lequel il fallait insérer un programme comprenant une église orthodoxe, un centre paroissial (intégrant un auditorium de 200 places), une école franco-russe, et un centre culturel

Avec 4655 m<sup>2</sup> de surface de plancher, contre 8470 m<sup>2</sup> pour l'ancien siège de Météo France, la parcelle a été dédensifiée.

rel avec librairie et salles d'exposition. « Le tout en zone inondable », ajoute Louis Lafargue, un des architectes de l'équipe. D'où la nécessité de rehausser légèrement tous les bâtiments.

Le projet est constitué de quatre entités distinctes : trois bâtiments R+3 et l'église dont la croix culminera à 35,85 m de hauteur. Une prouesse, « d'autant plus que nous sommes par-

venus à dédensifier considérablement la parcelle avec une surface de plancher de 4655 m<sup>2</sup>, contre 8470 m<sup>2</sup> pour les anciens bureaux de Météo France », poursuit Louis Lafargue. Une large allée plantée de 8 à 10 m, semi-publique, permettra en effet de



DOCUMENTS: WILMOTTE & ASSOCIÉS

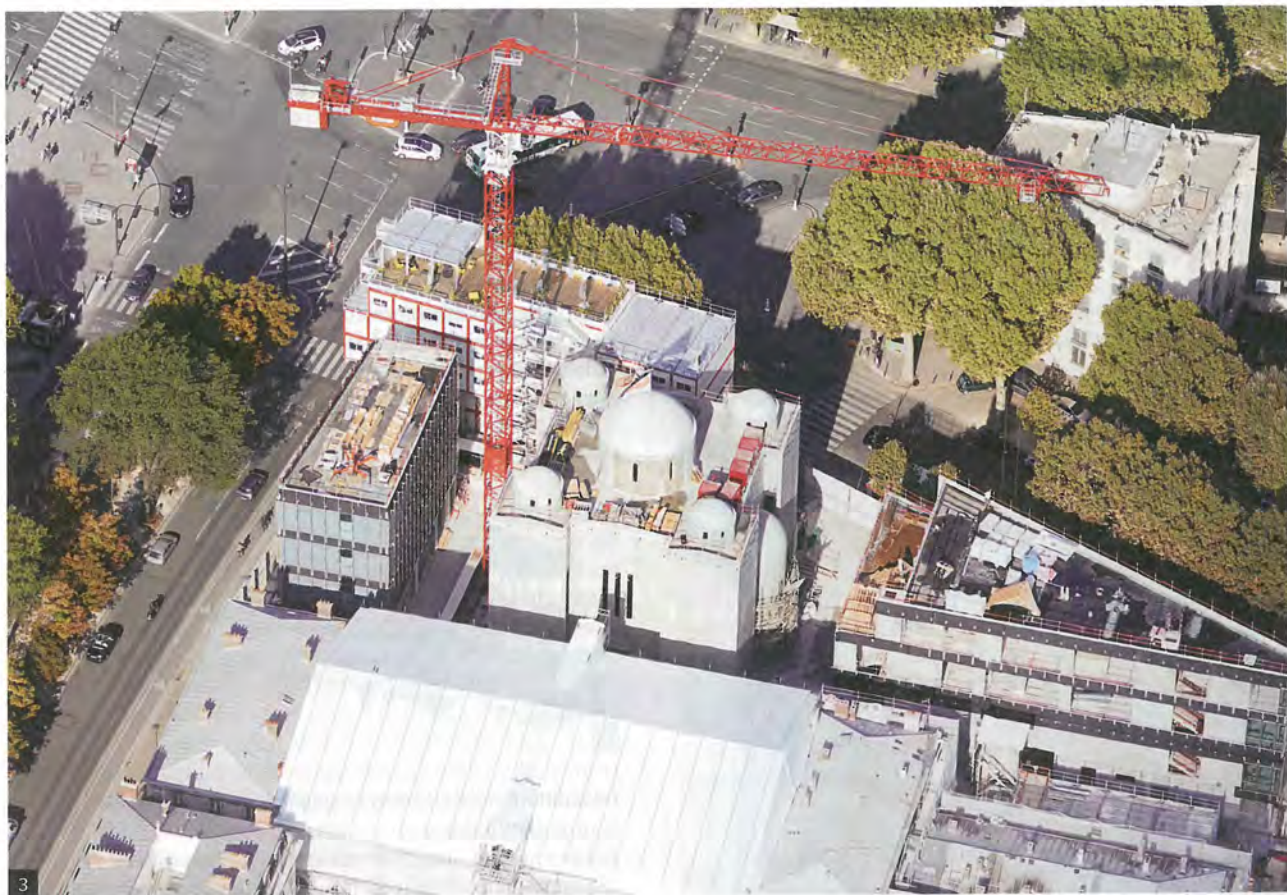
- 1 - Le projet comprend quatre entités : l'église carrée, surmontée de cinq dômes, et trois bâtiments R+3 aux toits végétalisés.
- 2 - Les façades seront revêtues d'un feuilletage de pierre de Bourgogne (matériau du palais du Trocadéro) et de verre.

dégager les façades du palais de l'Alma, jusqu'alors invisibles. Et trois des bâtiments seront dotés de toitures végétalisées pour une intégration paysagère maximale.

**113 profils de pierre.** Pour une insertion harmonieuse, le choix des matériaux s'est porté sur la pierre de Bourgogne, de même origine que celle ayant servi à la construction des pieds de la Tour Eiffel et du palais du Trocadéro. « Les éléments verriers sont insérés par strates entre les linéaires de pierre, afin de créer l'illusion d'un feuilletage », explique Borina Andrieu. Un casse-tête structurel, puisque « les façades, soumises à Appréciation technique d'expérimentation (Atex), sont ainsi réparties en deux familles : 77 profils de pierre au niveau de l'église et 36 pour les bâtiments (135 kg pour les plus lourds) », détaille Thomas Rousseau, responsable des travaux chez Bouygues Bâtiment Ile-de-France. Soit 800 m<sup>3</sup> de pierre à extraire. Les éléments, hauts de 25 à 50 cm (en fonction de l'altitude) sont calepinés selon une trame de 1,25 m. Ils sont fixés au millimètre sur un système d'épines en Inox à engravure, suspendues d'étage à étage.

Les cinq dômes en forme de bulbes seront dorés à la feuille en recourant à une teinte particulière, *Moongold* (clair de lune), « moins ostentatoire que l'or fin classiquement mis en œuvre sur ce genre d'ouvrage », conclut Borina Andrieu. ● Philippe Donnaes

➔ **Maître d'ouvrage :** Fédération de Russie. **Architecte :** Wilmotte et Associés Architectes. **Maître d'œuvre conception et exécution :** Bouygues Bâtiment Ile-de-France. **Bureau de contrôle :** Bureau Veritas. **Coordonnateur SPS :** Comet. **BET :** Fugro (géotechnique) ; VP & Green (façades) ; Ceba (structure). **Entreprise :** Bouygues Bâtiment Ile-de-France. **Calendrier :** durée des travaux, deux ans.



## Toiture Cinq dômes en composite sous Atex

Pour les cinq dômes dorés, l'architecte souhaitait des surfaces lisses et pures. Il fallait donc renoncer au procédé de construction traditionnel et séculaire à base de feuilles de cuivre dorées posées sur ossature bois ou métal, qui génère des facettes. De plus, ce mode opérationnel aurait nécessité de réaliser les dômes sur site, après construction préalable des charpentes. Ces contraintes généraient des cycles de travaux longs, mais aussi incompatibles avec l'exigüité du chantier. « C'est pourquoi nous avons eu l'idée d'étudier une solution en matériau composite qui allie l'amélioration de la qualité finale du produit et du planning », explique Etienne Dumas, directeur des travaux de Bouygues Bâtiment Ile-de-France.

**Voiliers multicoques.** En l'occurrence, la solution se trouvait du côté de Vannes (Morbihan), chez Multiplast, société spécialisée dans la construction des Formule 1 des mers que sont les voiliers multicoques. « Outre l'avantage de travailler en temps masqué et de pouvoir faire un montage à blanc en atelier, la technique offre des gains de légèreté évidents qui permettront de lever chaque coupole d'un seul bloc, au moyen d'une simple grue automotrice », souligne Dominique Dubois, président de Carboman (la holding qui détient Multiplast). Cha-



**3 -** Le gros œuvre de l'église est prêt à recevoir les dômes en forme de bulbes. Préfabriqués par morceaux en atelier, ceux-ci seront assemblés sur le site. **4 -** Prototype d'un morceau de pétale en composite constituant les coupoles, revêtu d'une dorure à la feuille de teinte Moongold.

cune des coupoles est constituée de panneaux-sandwichs en mousse de 50 mm d'épaisseur revêtus, sur chaque face, d'un tissu de verre imprégné de résine époxy. Le grand dôme de 12 m de diamètre comporte 8 pétales de 12 m de hauteur et pèse 7 t (1,5 t pour chacune des quatre coupoles de 6 m). Les pétales seront assemblés sur place par simple boulonnage, puis l'ensemble fixé mécaniquement, par l'intérieur, sur un anneau en béton. →

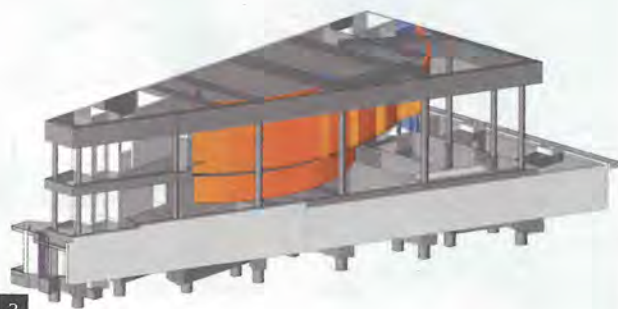
## Structure Un auditorium entièrement suspendu

L'auditorium de 200 places, situé dans le bâtiment du centre paroissial, se développe sur les deux premiers étages du bâtiment (rez-de-chaussée et niveau 1), l'ouvrage étant entièrement suspendu au plancher haut du R +1. L'objectif de l'architecte était de dégager un maximum d'espace à l'intérieur du hall d'accès, qui se déploie en partie arrière de l'auditorium, et donc de s'affranchir de tout porteur en sous-face de l'auditorium, l'ensemble du R +1 venant prendre appui sur des poteaux de faible section, situés en façade. Afin de répondre à ce chal-

lenge technique tout en garantissant le maximum de sécurité en phase travaux, une méthodologie particulière a été mise au point qui consistait à couler, dans un premier temps, le voile courbe correspondant au fond de l'auditorium. De 4,50 à 9 m de hauteur, celui-ci était supporté par des poteaux provisoires en béton implantés tous les 5 m environ. Puis, de la même manière, le voile courbe intérieur a été construit. A l'issue de cette phase, une forêt d'étalement a été mise en place afin de couler les quatre mégapoutres (1,80 x 1,20 m) du plancher haut du R +1, le platelage mis en œuvre servant également à couler, depuis le haut, les poteaux béton de façade. Une fois ces poutres réalisées, les étais ont été déposés, les poteaux provisoires sciés et la dalle biaise réalisée dans un coffrage double face.



PHILIPPE DONNAES



BOURGUES CONSTRUCTION

1 - L'auditorium est suspendu au plancher haut du 1<sup>er</sup> étage pour dégager de l'espace dans le hall d'accès.

2 - Axonométrie : aucun porteur n'est prévu en sous-face de l'auditorium, le niveau R +1 repose sur des poteaux en façade.

## Fondations Une paroi parisienne sous haute surveillance

Pour reprendre la charge des bâtiments, situés en bord de Seine, la machine à tarière creuse Starsol a travaillé au maximum de ses capacités afin d'ancrer les 90 pieux (diamètre 400 à 1000 mm) à 30 m de profondeur dans la couche des marnes de Meudon. La contiguïté avec le palais de l'Alma, bâtiment classé, a été le facteur le plus contraignant du projet, comme l'explique Marie Lebreton, responsable du chantier pour Soletanche Bachy : « Nous avons dû construire une paroi de soutènement parisienne de 4,50 m de hauteur (environ 1550 m<sup>2</sup>) soumise à des contraintes de déplacement particulièrement serrées, la tolérance maximale n'étant que d'un centimètre en tête. » L'ouvrage, soumis à des contrôles topographiques réguliers, est donc particulièrement musclé en termes de ferrailage. D'autant plus qu'il doit assurer l'étanchéité de la zone parking en sous-sol jusqu'à une crue centennale. Cette paroi parisienne de 25 cm d'épaisseur, réalisée en deux passes de béton projeté, est constituée de 115 pieux (diamètre 400 à 600 mm) de 15 m (ancrage dans les sables d'Auteuil) et 30 m de profondeur, espacés de 3 m.



SOLETANCHE BACHY

Une paroi de soutènement parisienne de 4,50 m de hauteur a été réalisée à quelques mètres de la façade du palais de l'Alma voisin, classé Monument historique.

## Béton Des voiles de plus de 17 m de hauteur

L'église se présente *grosso modo* comme un carré de 21 x 21 m dont les façades sont percées de hautes ouvertures (8,50 m pour la plus grande). Le toit, situé à plus de 17 m du sol, est porté par des poutres en béton de 4,85 m de hauteur. L'ouvrage ne comportant aucun plancher intermédiaire, il aurait fallu, en employant une solution traditionnelle en plusieurs levées standard, stabiliser les banches au moyen de butons, lors des coulages, ainsi que les voiles en phase provisoire. « Une solution nécessitant beaucoup d'éléments de contreventement et donc peu compatible avec la proximité des autres bâtiments, explique Thomas Rousseau, responsable des travaux de Bouygues Bâtiment Ile-de-France, et surtout peu satisfaisante en termes d'ergonomie pour les compagnons. »

**Structure de contreventement.** D'où l'idée d'utiliser le platelage central, qui devait, de toute manière, être mis en œuvre pour couler la poutraison du plafond comme structure de contreventement, celui-ci étant dimensionné en conséquence. L'objectif était de couler les voiles en une seule levée de 17,10 m. « Une hauteur qui n'a jamais été atteinte sur un bâtiment en Ile-de-France », selon Thomas Rousseau. Pour ce faire, l'entreprise a procédé en huit cycles identiques de cinq jours chacun. Les voiles de 40 cm d'épaisseur ont été coulés en béton autoplaçant, un C 30/37 sérieusement adjuvanté, dont la prise rapide permet un décoffrage dès le lendemain (15 MPa à 18 °C). Chacun des huit coulages, réalisé en continu, durait en moyenne une dizaine d'heures. Dix capteurs, positionnés sur l'ensemble des outils coffrants (BO7 d'Outinord renforcées), ont permis de contrôler les contraintes de pression exercées sur les tiges de banches.



PHILIPPE DONNAES



PHILIPPE DONNAES



CYRILLE CASTELBOULQUES

- 1 - Les façades en béton de l'église comportent de hautes ouvertures (jusqu'à 8,50 m de hauteur).
- 2 - Le platelage mis en place pour couler les poutres du toit assure le contreventement provisoire des voiles de façades.
- 3 - Les voiles sont coulés en une seule levée de 17,10 m de hauteur dans des outils coffrants renforcés pour supporter la pression.