

Structure

La piscine olympique bat déjà des records

Grande portée et forme concave constituent les principaux défis à relever pour cette charpente inédite.

Face au Stade de France (Seine-Saint-Denis), l'architecture d'un nouvel équipement sportif pourrait, dès l'été 2024, devenir aussi emblématique que celle de son illustre voisin. A pied d'œuvre, les compagnons de Bouygues Bâtiment Ile-de-France et du charpentier Mathis tissent le cocon qui abritera la halle bassin du futur centre aquatique olympique. Souhaité en bois par la métropole du Grand Paris pour respecter ses engagements environnementaux, l'ouvrage repousse les limites constructives habituelles. « Jamais ce matériau n'a été mis en

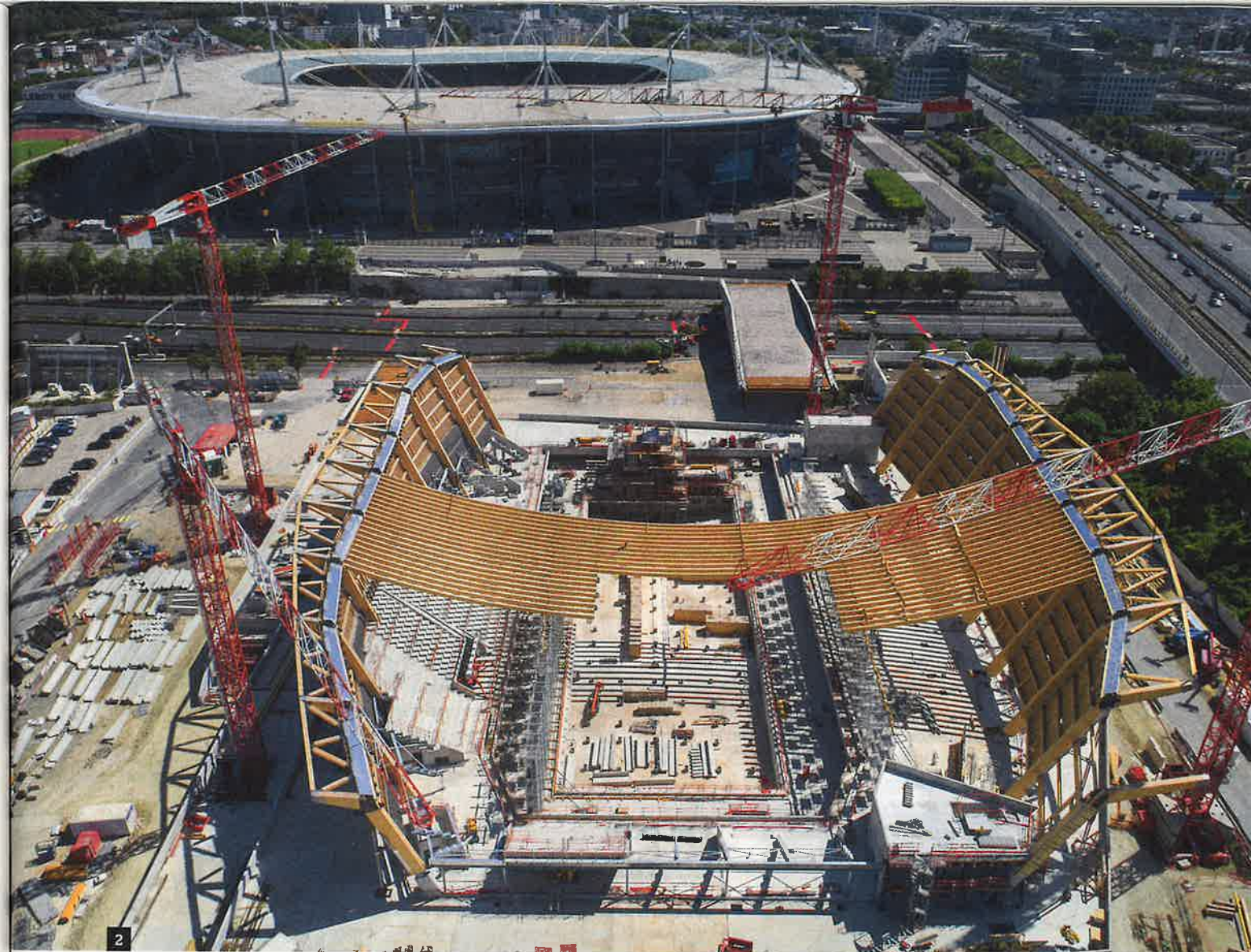
tension sur une telle portée », selon Mathieu Tommy-Martin, responsable du chantier pour Bouygues Bâtiment Ile-de-France. De fait, la toiture concave de l'édifice sera structurée par des catènes de 90 m de portée. « Cette forme et cette typologie de structure, usuellement associées à l'acier, sont ici avantageusement réalisées en bois », poursuit le responsable.

Ces poutres longilignes reposent sur les façades nord et sud de l'édifice, dont les murs à ossature bois, qui doivent reprendre des charges conséquentes, comportent 20 mégapoteaux inclinés, maintenus par autant de tirants d'acier. Cette structure se prolonge par d'épais piliers obliques en béton, qui traversent sur une hauteur de 12 m le socle en béton qui forme le R+2 de l'édifice. Ces efforts colossaux sont repris en sous-œuvre. C'est pourquoi, côté fondations,



40 imposants massifs de béton dits « tripodes » ont été réalisés. Chacun de ces prismes triangulaires de 3,1 m pour 1,5 m de hauteur est fondé sur trois pieux qui descendent encore 20 m plus en profondeur. La moitié d'entre eux reprend déjà les charges en compression, quand l'autre moitié reprendra bientôt les efforts de traction.

Quand le bois prend appui sur le béton. Une fois les fondations et le socle de béton achevés, au mois d'avril dernier, les charpentiers ont pu s'atteler à la mise en œuvre de la coque de la charpente et de ses 2300 m³ de bois. Pour ce faire, il a d'abord fallu poser les 20 pièces d'appuis métalliques, pesant 1 t chacune, qui assurent l'interface entre les poteaux de béton et ceux en bois. « Nous avons dû gérer au millimètre près les tolérances entre les matériaux, d'où des relevés précis, mesurés et vérifiés par trois géomètres différents », souligne Mathieu Tommy-Martin.

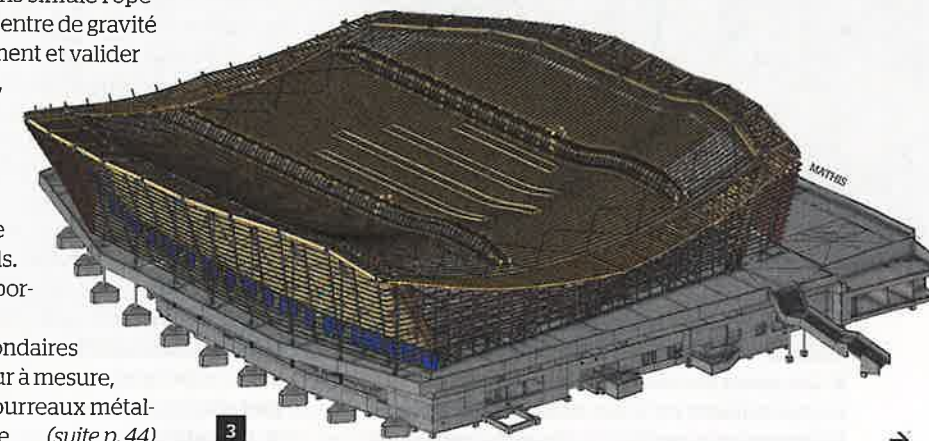


YVES CHANOIT

Une fois l'emplacement validé, les énormes poteaux de bois de 22 m de long et de 23 t devaient être levés à l'aide de deux grues. « Une opération délicate en elle-même, car la charge en tête pesait déjà 4,5 t du fait des ferrures et de leurs tirants. Cette répartition inégale du poids risquait d'entraîner la rupture du bois », se rappelle Emmanuel Deline, directeur de la division structure chez Mathis. Pour éviter cet écueil, « nous avons simulé l'opération avec un élément de 2 m de haut dont le centre de gravité était représentatif pour vérifier son comportement et valider notre méthode », explique-t-il. Une fois en place, leurs tirants d'acier ont été stabilisés provisoirement au moyen de bracons pour éviter le flambement. Sur ce point, Mathieu Tommy-Martin a pu constater que « l'étude de huit phases provisoires correspondant aux différentes étapes de mise en œuvre a nécessité de nombreux calculs. Ces phases apportent des contraintes plus importantes que celle définitive. »

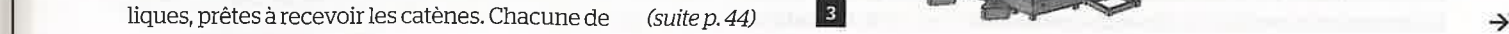
Trois morceaux de 30 m. Les ossatures secondaires des murs inclinés ont ensuite été installées au fur et à mesure, ainsi que les poutres de rives parées de leurs fourreaux métalliques, prêtes à recevoir les catènes. Chacune de (suite p. 44)

1 - De 100 m de côté, le cocon de bois de l'équipement sportif est structuré de catènes posées en trois morceaux, qui reposent sur des murs à ossature bois inclinés. **2 -** Depuis la mi-août, une passerelle piétonne surplombe les voies de l'autoroute A1 pour relier le centre aquatique au Stade de France. **3 -** Le cocon de bois repose sur un socle en béton extrêmement rigide et compact.



2

3



1

(suite de la p. 43) ces poutres concaves, de 90 m de long pour seulement 55 cm de haut et 20 cm d'épaisseur, a été installée en trois morceaux de 30 m. Quelque 270 éléments ont ainsi été assemblés un à un, au rythme d'une dizaine par jour, à commencer par les pièces latérales posées sur des échafaudages, puis par les éléments centraux.

Désormais, les équipes entrent dans une phase critique du chantier : la mise en tension progressive de la structure qui travaillait jusqu'alors en compression. « Nous allons descendre nos étaielements de 20 cm pour commencer et observer le comportement de la charpente, explique Emmanuel Deline. Dans le même temps, nous la chargerons avec son voligeage, ses bacs aciers et le complexe d'étanchéité. Au bout d'une semaine, nous comparerons la théorie avec la pratique. La déformée sur la catène centrale ne devra pas excéder 1,5 cm, conformément aux calculs aux éléments finis. » ● Amélie Luquin

➔ **Concedant**: métropole du Grand Paris. **Concessionnaire et maître d'ouvrage**: Simbala (Bouygues Bâtiment Ile-de-France, Récréa et Omnes). **Maîtrise d'œuvre**: VenhoevenCS et Ateliers 2/3/4 (architectes). **BET**: Schlaich Bergermann Partner (structure et façade), Inex (fluides). **Principales entreprises**: Bouygues Bâtiment Ile-de-France (mandataire), Mathis (charpente bois), Mtechbuild (façades). **Coût total du contrat de concession**: 147 M€.



Chaque pièce métallique de liaison entre les poteaux béton et bois a été posée avec une précision millimétrique.

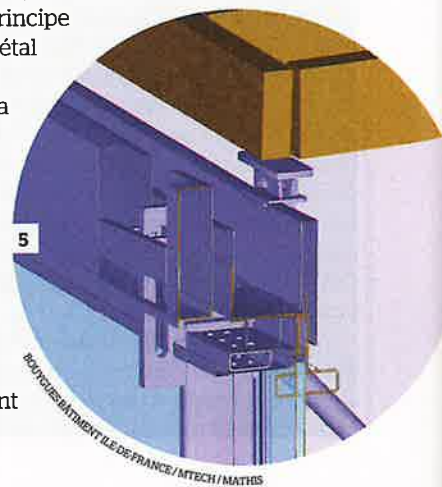
Façade Les dilatations différentielles au centre des attentions

Durant la vie de l'équipement sportif, « les deux poutres de rive, qui tiennent les façades est et ouest, pourront osciller dans une fourchette d'une cinquantaine de centimètres en fonction des conditions thermiques, de vent et de neige », affirme Mathieu Tommy-Martin, responsable du chantier pour Bouygues Bâtiment Ile-de-France. Or, les murs rideaux de 90 m par 9 à 17 m de haut qu'elles supporteront ne toléreront, eux, aucune déformation. La pièce d'accroche en tête qui fera la connexion entre la poutre de rive et la façade devra donc gérer ce débattement. Pour ce faire, les équipes, avec le façadier Mtechbuild, ont retenu un principe structurel simple : celui d'une tige en métal qui évolue de haut en bas dans un trou oblong. Une membrane souple assurera la jonction et l'étanchéité à l'eau et à l'air entre la poutre de rives et la façade rideau. Quant aux chéneaux, qui assureront la récupération des eaux pluviales, ils seront constitués de pièces métalliques qui coulissent les unes dans les autres. Enfin, la paroi vitrée sera contreventée au moyen de tiges métalliques inclinées fixées directement sur la toiture.



4 - Des façades rideaux en verre et métal habilleront les tympans est et ouest du bâtiment.

5 - Des pièces métalliques en tête permettront les mouvements verticaux de la façade tandis que la poutre de rive oscillera de plusieurs centimètres.



Toiture Six innovations dans une seule Atex

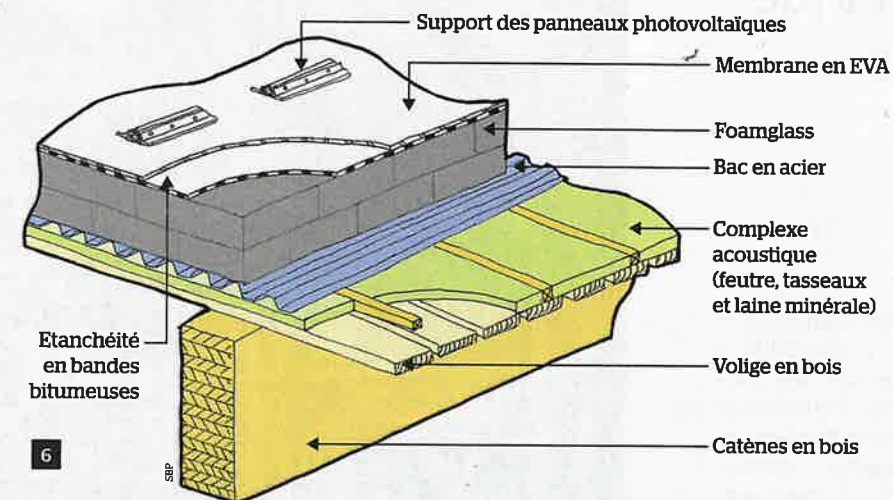
La forme concave de la toiture du centre aquatique olympique ainsi que sa souplesse structurelle concourent à classer cet élément parmi les innovations majeures du projet. « A l'origine, l'appréciation technique d'expérimentation (Atex) portait uniquement sur la fixation des modules photovoltaïques sur une membrane »,

se remémore Mathieu Tommy-Martin, responsable du chantier pour Bouygues Bâtiment Ile-de-France. La portée de l'Atex a ensuite été progressivement étendue, avec, in fine, six appréciations en une. De fait, elle prend en compte sa tenue au vent et à l'arrachement, sa résistance au fluage, la pérennité des matériaux soumis

aux mouvements, leur résistance à une très forte hygrométrie, la bonne prise en compte de l'aérialité et enfin l'écoulement des eaux de pluie.

La mise au point du dossier a mobilisé une vingtaine d'experts de disciplines différentes pendant dix-sept mois car le moindre changement dans un domaine nécessitait ensuite de multiples adaptations. Pour être validée, l'Atex a fait l'objet de 17 essais en laboratoire, mais aussi de deux prototypes à l'échelle 1. « Nous avons aussi réalisé plusieurs modélisations atypiques en particulier pour étudier la migration de l'humidité au sein des parois et des éléments de structure en bois pour éviter la condensation », note le responsable.

Pour la réalisation de cette toiture, les équipes ont bénéficié de 6 millions d'euros issus du fonds d'innovation de la Solidéo. Elles ont aussi reçu le prix « Construction et aménagement » dans le cadre du Grand prix national de l'ingénierie remis par Syntec en 2021.



6 - Le complexe multicouche de couverture a été étudié pour répondre aux sollicitations de la charpente souple.

7 - Près de 5 000 m² de panneaux photovoltaïques, d'une puissance totale de 800 kWc, couvriront 25 % des besoins électriques de l'infrastructure.