

UNE PROUESSE TOUT EN FINESSE | MISE EN ŒUVRE

UNE PROUESSE TOUT EN FINESSE

Saint-Denis (93)

Seul équipement neuf bâti pour accueillir les Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris en 2024, le Centre Aquatique de Saint-Denis, sous maîtrise d'ouvrage de la Métropole du Grand Paris, deviendra sans aucun doute l'image forte de cet événement. C'est avec cette ambition, que le groupement Simbala¹, réalise un tour de force structurel à la mesure des exploits athlétiques qui s'y dérouleront. Conçu comme « un toit tendu qui rassemble », les architectes ont fait le choix du bois pour franchir les 90 m de portée nécessaires à l'accueil de tous les programmes des différentes configurations et temporalités du site. Il relève avec finesse le défi de ne pas s'effacer face à l'imposant anneau du Stade de France, tout en facilitant avec élégance, l'accès aux pratiques sportives pour l'avenir du quartier.

TEXTE : ANNE-SOPHIE GOUYEN | PHOTOGRAPHIES : SALEM MOSTEFAOUI

Une réversibilité programmée

Pour permettre une stratégie vertueuse, la réutilisation d'équipements existants ou la création de sites temporaires ont été privilégiées pour les Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024. Alors que la piscine qui accueillera la natation se devait d'être dotée de 15 000 places, et aurait nécessité un bâtiment hors d'échelle pour la phase héritage, les compétitions se dérouleront dans une structure temporaire avec des bassins démontables. Situé au cœur de la ZAC de la Plaine Saulnier, faisant face au mythique Stade de France, le Centre Aquatique de Saint-Denis est en revanche, pour Patrick Ollier, Président de la Métropole du Grand Paris, « conçu à l'échelle du futur quartier, avec la vocation de devenir un équipement public initiateur de dynamiques sociales et économiques pour la Plaine Saint-Denis ». L'équipement présente donc deux enjeux majeurs : permettre l'organisation de compétitions de grande ampleur, mais également, faciliter l'apprentissage de la natation et l'accès à d'autres activités pour inciter à la pratique sportive. Lors des Jeux Olympiques de Paris en 2024, il accueillera les compétitions de >>

Ci-contre, la vogue de la toiture se déploie au dessus des plongeurs.

Ci-dessous, coupe transversale sur les 90 m de portée des catènes qui forment la toiture concave.

FICHE TECHNIQUE

Maîtrise d'ouvrage : Métropole du Grand Paris

Maîtrise d'ouvrage déléguée : Bouygues Bâtiment Île-de-France

Maîtrise d'oeuvre : VenhoevenCS (Cécilia Gross) et Ateliers 2/3/4/ (Laure Meriaud)

BET structure et façade : sbp Schlaich Bergermann partner (Andreas Pfadler)

Entreprise bois : Mathis (Emmanuel Deline)

Volume de bois utile : 2300 m³ de BLC

SdP : environ 20 000 m²

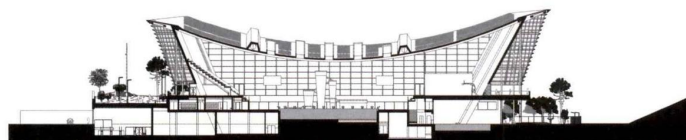
Coût des travaux prévisionnel : 126 M€

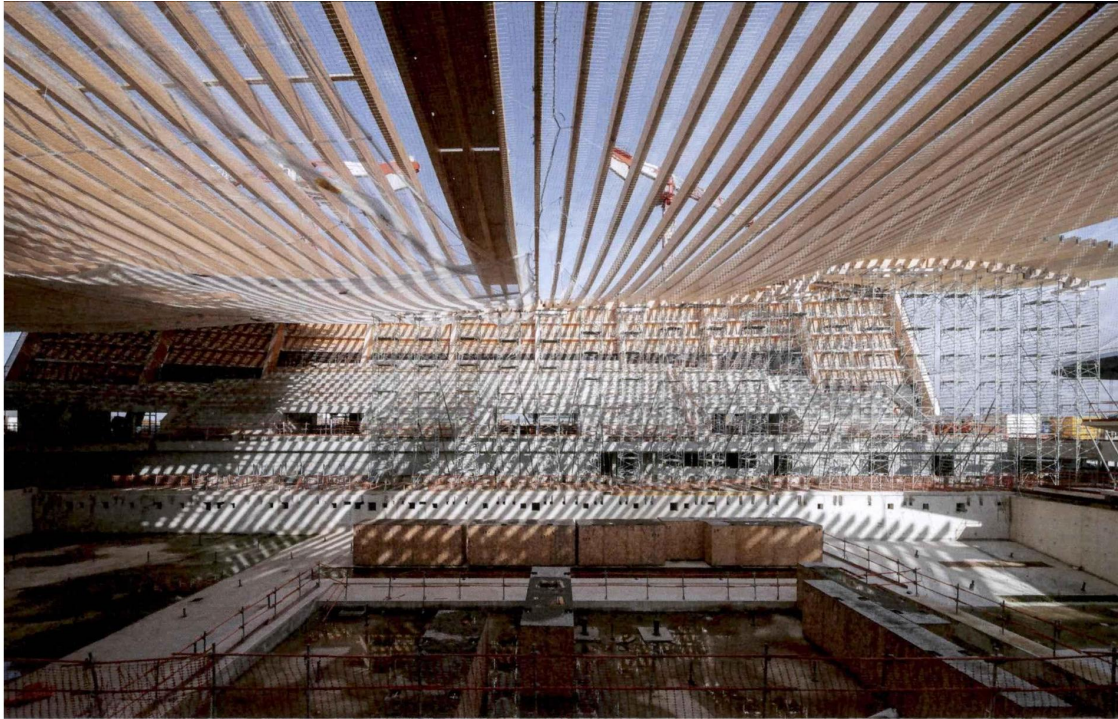
Livraison : avril 2024

Exploitant commercial : Récréa

Exploitant technique : Dalkia

Bureau de contrôle : Socotec





>> plongeon, les qualifications de water-polo et de natation synchronisée avec 5 000 places assises, et servira à l'entraînement de natation pour les Jeux Paralympiques. Par la suite, la jauge du site sera abaissée à 3 000 sièges permanents, avec 3 000 places en tribunes temporaires. Aux côtés des bassins de 50 m et de plongeon, seront ouverts un bassin d'apprentissage et un bassin aqualudique pour appréhender l'eau à tout âge. D'autres activités, comme l'escalade en bloc, le padel, le basket 3 x 3, le football 5 x 5... accompagnées d'un pôle fitness et d'un restaurant, permettront aux métropolitains de se retrouver. Ainsi, l'équipement polyvalent présente des possibilités d'évolution pour s'ajuster aux temporalités et aux publics variés qu'il recevra : des sportifs olympiques aux amateurs, classes, et familles ; plus qu'une simple addition de fonctions programmatiques, il se présente comme vecteur d'échanges et de rencontres.

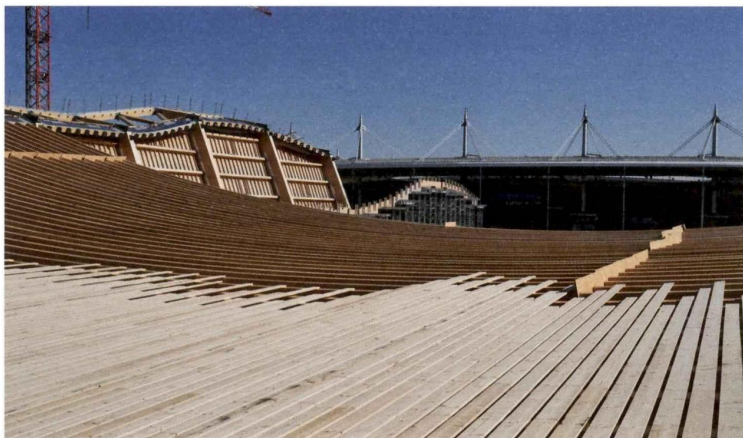
Pour poursuivre cet objectif, l'implantation et le franchissement piéton qui enjambe l'autoroute A1, sont les outils essentiels pour désenclaver le quartier. Le parvis haut du CAO, placée au même niveau que le Stade de France, crée un socle relié au parc de la ZAC par une grande rampe qui se transforme en parvis. La gestion des flux, à toutes les phases du projet, était une donnée essentielle à sa réussite et a permis de concevoir l'ensemble à partir des cheminements et des lieux d'accueil connectés au futur quartier Pleyel.

Un toit qui s'affirme

« L'exigence d'utilisation de matières biosourcées nous a toutes et tous poussés à réfléchir à des solutions innovantes. C'est devenu une prouesse tout au long du processus », exprime Andréas Pfadler, ingénieur chez sbp

(schlaich bergemann partner). C'est par la finesse du dessin de ce toit monumental en bois que la performance se matérialise. La toiture concave élancée s'inspire, par sa forme, sa finesse extraordinaire et la conjugaison des différentes fonctions qu'elle permet, d'une feuille d'arbre : abriter, filtrer la lumière, récolter l'eau de pluie, capter l'énergie solaire. Elle efface, d'un seul geste, les contraintes structurelles, acoustiques et économiques grâce à l'utilisation d'un système constructif qui semble aussi simple que léger. Mais derrière cette silhouette fluide, se cache une conception spatiale très structurée pour garantir une grande compacité du bâtiment. Pendant la phase du dialogue compétitif, la maîtrise d'ouvrage demande aux trois groupements encore en lice de procéder à une économie de 20 %. L'équipe décide alors, tout en respectant strictement les contraintes du programme, de coller les deux bassins entre eux et de déployer un système de quais mobiles, reliés par une plage flottante aux dimensions variables. Cette idée porteuse permet ainsi de retrancher quelques précieux mètres au bâtiment déjà compact.

La toiture, au-delà de son aspect sculptural, est initialement imaginée pour épouser le volume minimal nécessaire afin de minimiser les dépenses énergétiques. « Cette toiture n'est pas gratuite, sa conception répond à une ambition », affirme Laure Mériaud, architecte associée et présidente d'Ateliers 2/3/4/, responsable du projet aux côtés de Cécilia Gross, architecte associée et directrice de VenhoevenCS, agence co-conceptrice du projet. Si la forme concave permet des économies sur le volume chauffé, les catènes impliquent aussi une économie de matière* grâce à leurs sections incroyablement faibles à l'échelle des 90 m à franchir. Une première approche de calculs à la main avait >>



Page 52, la lumière traversant la toiture, avant la mise en œuvre du voligeage, accentuait le caractère spectaculaire de la finesse des catènes.

Ci-contre, la pose du voligeage a représenté 10 400 h de travail pour couvrir plus de 9000 m².
© Jean-Philippe Mesguen

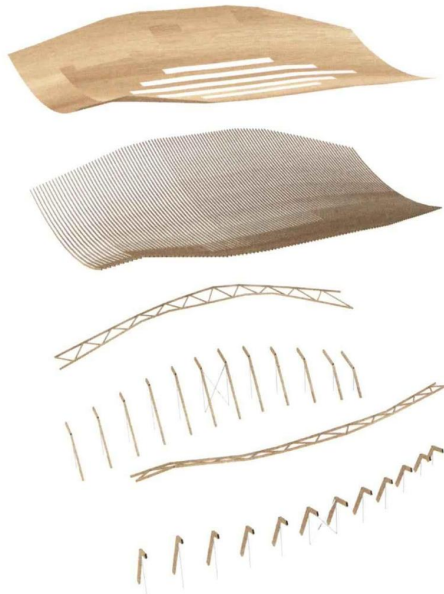
Ci dessous, le modèle 3D a permis un travail commun pour l'équipe de maîtrise d'œuvre, tout au long de la conception.

En haut, retour sur la mise en œuvre de la première catène



En chiffres

- 7 000 h d'études
- 55 000 h en usine
- 27 100 h sur chantier
- 2 500 h de pré-assemblage
- 1 750 h de montage des MOB + tours d'étalement
- 3 850 h de levage des poteaux
- 6 000 h de montage des catènes
- 10 400 h de pose du voligeage
- 2 600 h de pose des brise-soleil



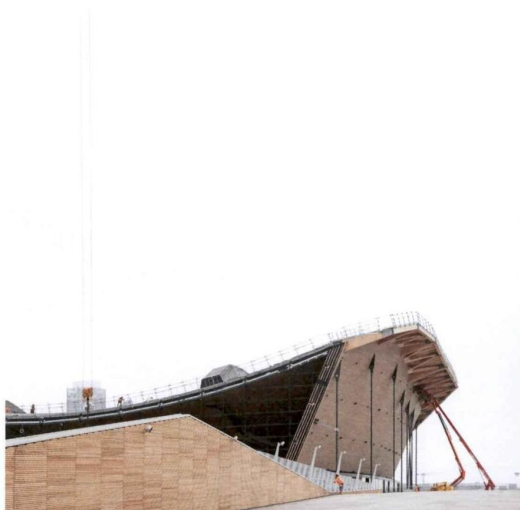
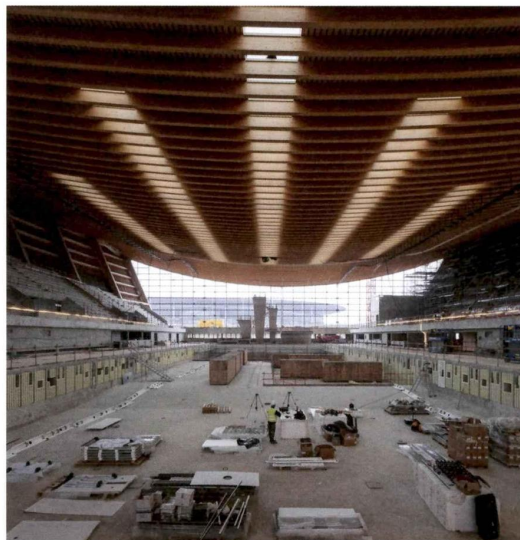
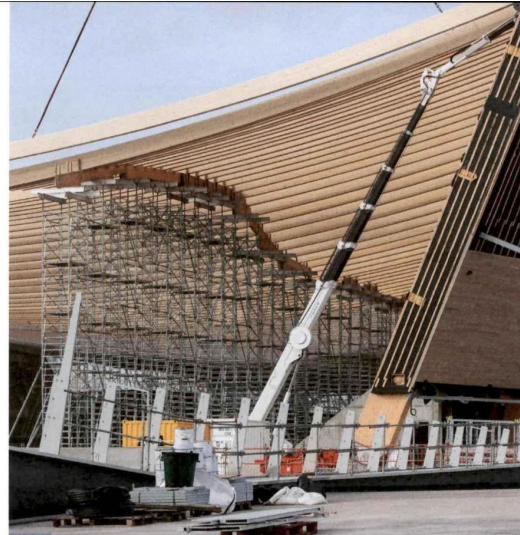
Ci dessus, décomposition des éléments bois du projet : voligeage, catènes, poutres de rives, poteaux et tirants

En haut, pose de la dernière catène, sans complication, après 6000h de travail

Au milieu, vue intérieure de la toiture : des bandes de lumière naturelle mettent en valeur les performances sportives du bassin principal.

En bas, le franchissement au dessus de l'autoroute A1, depuis le Stade de France, a été inauguré le 7 juin dernier.

Page 55, retour sur la pose du premier poteaux à l'aide de deux grues
© Jean-Philippe Mesguen



Trois difficultés surmontées ?

Les architectes
(Laure Mériaud, Atelier 2/3/4/)

- les pompiers : « la question du feu, c'était le stress total ! »
- les questions de géométrie qui n'étaient pas « une mince affaire... »
- l'aspect réversibilité tout au long de la conception : « nous travaillons en permanence sur trois plans superposés : une phase JO, une phase grande compétition et une phase héritage »

Les ingénieurs
(Andréas Pfadler, sbp)

- le planning et les délais très courts, le planning et les délais très courts de la phase concours jusqu'au chantier
- l'interaction bois-béton, et le fait d'avoir toutes les études structures

- études structures (fondations, gros oeuvre, charpente bois, enveloppe et la passerelle / franchissement
- l'incertitude du comportement de la charpente bois et « notre devoir de convaincre et rassurer que la structure était viable ! »

L'entreprise
(Emmanuel Deline, Mathis)

- les approvisionnements qui ont duré près de huit mois, « en plein pic de la hausse des prix »
- les défis logistiques : « on pose plus vite qu'on ne fabrique » et il fallait stocker l'ensemble, dont les éléments de catènes de 30 m !
- les méthodologies de montage et les tolérances de pose (et donc de fabrication et de pré-assemblage) très exigeantes !

>> permis de pré-dimensionner ces catènes, mais très vite un travail sur un modèle paramétrique commun s'est avéré nécessaire pour combiner les exigences structurelles et programmatiques. Sa conception génère une forme fluide et forte, créant notamment une vague au-dessus du plongeur pour offrir une sensation de hauteur aux athlètes. « *Le dessin ne devait pas dégrader les capacités structurelles, et inversement nous avons dessiné ce projet avec l'ambition d'en faire un lieu à couper le souffle* », explique Laure Mériaud.

Des défis sportifs

Le système de catènes qui travaillent essentiellement en traction, est bien connu mais il est plus souvent réalisé en métal et atteint rarement cette amplitude de portée. « *Il s'agit donc de la plus grande structure en bois tendu avec support en bois du monde !* », révèle Andréas Pfadler. Ses supports, qui constituent l'ensemble de la rive et des poteaux et tirants, sont par ailleurs tout aussi monumentaux puisqu'ils reprennent jusqu'à 800 tonnes : « *une toiture de cette légèreté nécessite des supports latéraux raides en périphérie* », explique-t-il. Les dix poteaux sont de longueurs et d'inclinaison différentes avec des ferrures – toutes différentes elles aussi - de 5 tonnes. Leur levage a donc nécessité une vérification en amont par un modèle réduit avec les mêmes proportions et répartitions des masses, avec deux grues pour soulager les forces.

Le contreventement est assuré par les croix de Saint-André et le voligeage tandis que le gros œuvre sert de socle d'appui. Son interface avec la construction bois fut un point d'attention important : « *le fluage du béton était une donnée non négligeable* ». Un autre défi fut l'importance de la déformation de la charpente, dans les deux sens³ : des déplacements qui se devaient d'être repris à l'interface des façades rigides, l'un des points d'attention du projet.

En mars-avril, qui fut une période très venteuse, leur montage a dû être coordonné pour un avancement simultané des deux côtés, afin d'éviter l'engouffrement du vent et le soulèvement de la toiture.

Sur les 273 éléments qui constituent les 91 catènes⁴, 214 étaient différents. Lors de leur pose, il n'y eut qu'une inversion, « *et cela se voyait tout de suite* », plaisante Emmanuel Deline, directeur de la division structure chez Mathis, l'entreprise de construction bois qui « *était à bord très rapidement* ». Une équipe d'expertise de Bouygues participait aussi, si bien que chaque calcul était vérifié deux fois. De la même manière, trois géomètres vérifiaient la vraie position de chaque catène lors de la pose, pour sécuriser la correspondance aux calculs. « *Nous avons mis les grands moyens* », raconte Emmanuel Deline : « *nous avons mobilisé un ingénieur calcul à temps complet dédié au projet, un chef de projet et un conducteur de travaux.* »

Un sport d'équipe

« *Tout était anticipé, nous avons beaucoup appris de cette collaboration avec Bouygues, notamment sur les*



méthodologies de pose, les interfaces des moyens de levage ou encore du point de vue sécurité ». Pour sbp, Mathis « *a assuré* » en apportant la connaissance du bois notamment sur la raideur des détails, ou l'optimisation de certaines pièces ; pour Laure Mériaud, « *nous n'aurions jamais pu faire ce projet sans un bureau d'étude qui avait vraiment envie* », et qui semble avoir tenu son rôle pour conforter l'ensemble des acteurs du projet. On comprend aisément que la collaboration de toute l'équipe fut absolument nécessaire à la réussite de ce projet ambitieux. Une équipe internationale, très soudée, qui s'est vue obligée de réinventer ses méthodes de fonctionnement et d'échanges au tout début de la conception, à l'arrivée du premier confinement en mars 2020. La construction aura nécessité pas moins de 2 300 m³ de bois lamellé-collé, avec une attention portée à la provenance : au final, 31,5 % du bois utilisé est français. Avec une livraison prévue au 1^{er} avril 2024, la pose des pare-soleil horizontaux en bois est aujourd'hui en cours et permet de générer un espace intermédiaire qui dissimule l'effort des poteaux obliques et des tirants, et qui sera investie en phase héritage. Depuis l'intérieur, les spectateurs pourront ainsi observer les plongeurs avec le Stade de France en fond de scène, sous la nappe ondulée de sa toiture exceptionnelle, à la hauteur de ses ambitions. —

1. Conduit par Bouygues Bâtiment Île-de-France - 2. Elles évitent des poutres treillis dont la dimension atteindrait plus de 10 m de hauteur - 3. +150 mm et -300 mm - 4. Section 520x210 mm ; 3 éléments pour 1 catène