



Architecture & technique

Structure

L'Arena portera haut la flamme olympique

Voiles s'élevant à près de 12 m, charpente de 80 m de portée... Les défis techniques précèdent les futurs exploits sportifs dans l'enceinte de la porte de la Chapelle.

« **A** la fois équipement sportif et bâtiment de proximité ouvert sur son quartier populaire en plein renouvellement. » C'est ainsi que l'Arena de la porte de la Chapelle (Paris XVIII^e) est décrite par Christophe Rosa, délégué général adjoint pour les Jeux olympiques et paralympiques à la Ville de Paris, maître d'ouvrage. Depuis l'été dernier, six grues et plus de 180 compagnons s'affairent à sa construction en vue d'une livraison dès juillet 2023, l'édifice devant accueillir des épreuves des JO 2024. Cette enceinte compacte de 26 000 m² et 31 m de haut, conçue par les agences d'architecture NP2F et SCAU, comprendra une salle de 8 000 places, deux gymnases superposés



et des commerces de proximité.

Un site fortement contraint. Maîtrise d'œuvre et entreprises de travaux doivent relever plusieurs défis structurels sur un site contraint par les voies du périphérique, la future ligne du Charles-de-Gaulle Express ou encore les réseaux souterrains. Le premier portait sur les fondations, qui ont nécessité 500 forages d'injection à 50 m de profondeur pour le traitement du risque de dissolution du gypse, avant de réaliser les voiles par passe. « Des semelles superficielles, dont certaines descendent à 7 m de profondeur, ont été préférées aux pieux afin d'éviter le réseau des eaux usées qui traverse le terrain d'est en ouest à 20 m de profondeur », explique



1 - La grande salle de l'Arena comportera 8 000 places assises disposées sur des gradins soutenus par 90 poutres crémaillères.
2 - Le bâtiment s'organise en strates avec un socle, une terrasse qui

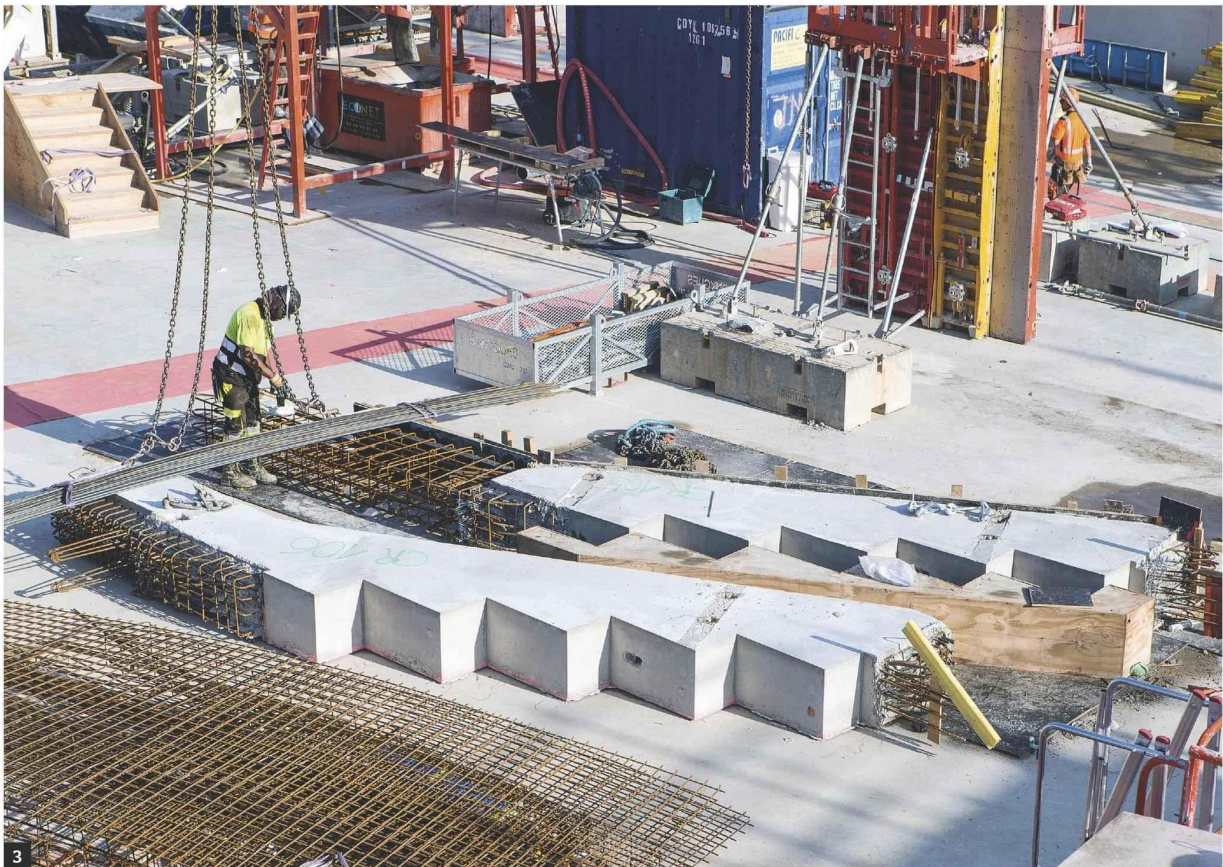
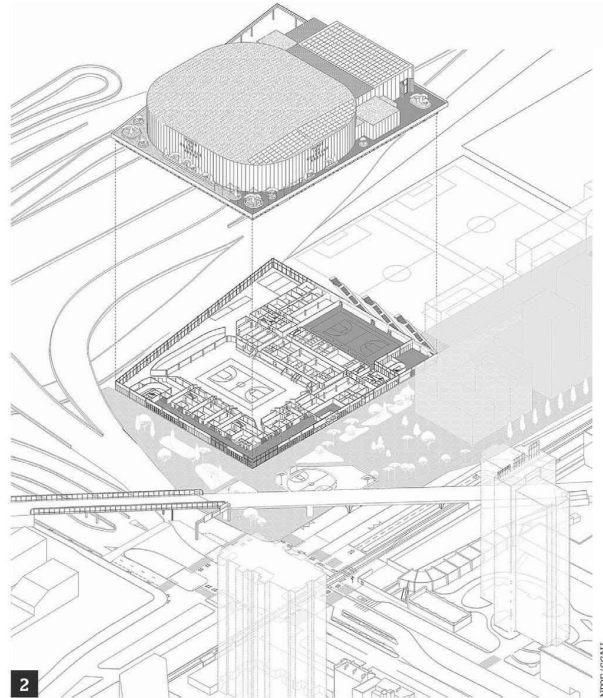
s'enroulera autour de la salle de spectacles et deux gymnases superposés. **3** - Certaines crémaillères sont préfabriquées in situ car leur pose fait partie intégrante du gros œuvre.

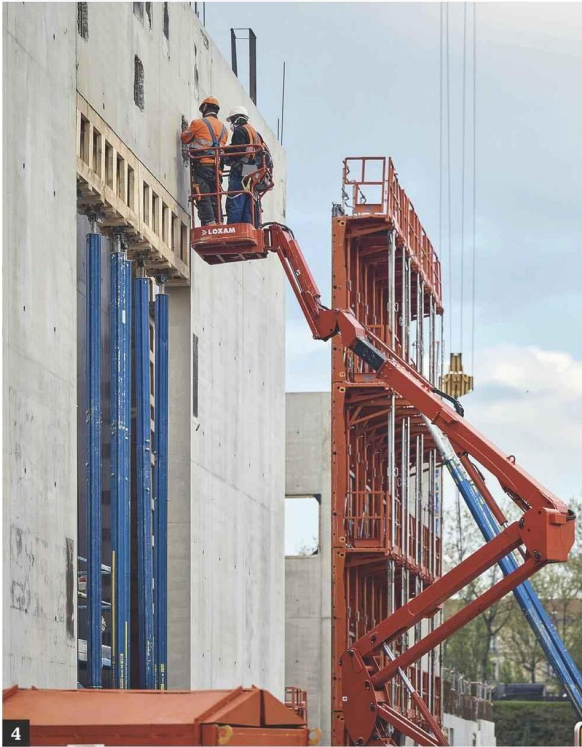


Mehdi Moeket, responsable des travaux pour Bouygues Bâtiment Ile-de-France. Aujourd'hui, le radier est en place et les principaux voiles sont déjà visibles. « Nous avons coulé 11 000 m³ de béton à moindre impact carbone (130 kg eq. CO₂/m³) sur les 30 000 m³ prévus au total », précise le responsable des travaux, données de leur centrale à béton foraine à l'appui.

Pour ce qui est de la salle qui accueillera événements sportifs et spectacles, la principale difficulté concerne la réalisation et la pose des 90 poutres crémaillères qui porteront les 5 km de gradins. « Une dizaine d'entre elles sont coulées en place car leur pose fait partie intégrante du gros œuvre, poursuit Mehdi Moeket. L'une vient couronner un voile de 7 m de haut qui participe au contreventement. D'autres doivent être préfabriquées in situ pour intégrer des nœuds complexes, avec parfois six éléments à claver au même endroit. » Certaines armatures resteront même en attente pour le montage de la charpente métallique qui doit intervenir en fin d'année (*lire encadré p. 49*). Cette dernière jouera un rôle clé pour soutenir à la fois un épais complexe acoustique et une toiture végétalisée (*lire encadré p. 48*).

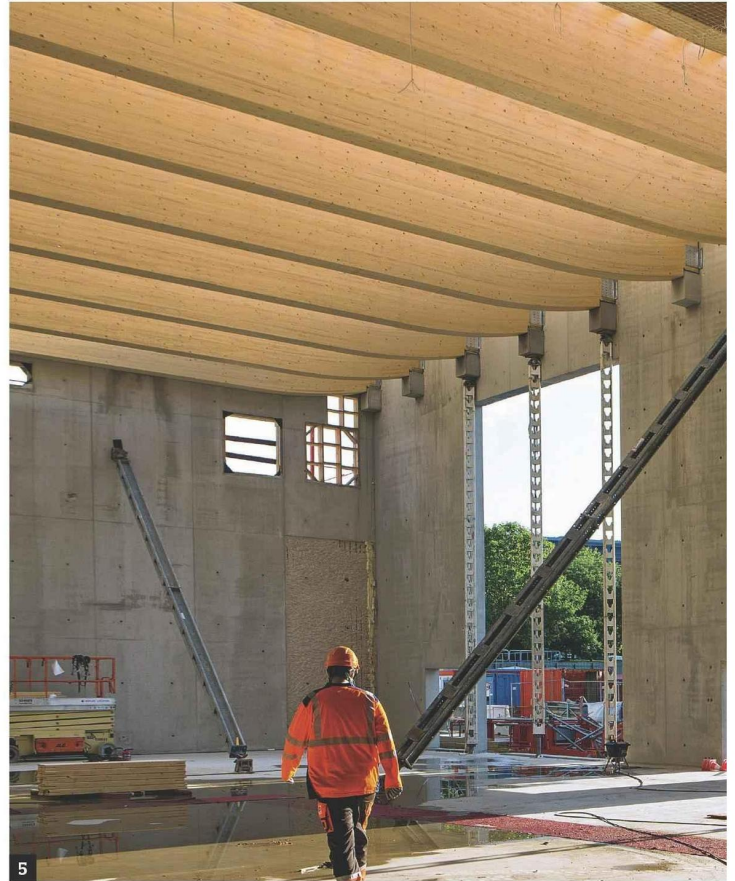
Armatures préfabriquées au sol. Du côté des gymnases aux volumes rectangulaires, les 140 m linéaires de grands voiles périphériques ont tous été coulés en place. Pour les réaliser, les équipes ont préfabriqué les armatures au sol en deux parties. Ils ont ensuite empilé des banches aux dimensions (*suite p. 49*)





FOTODOCUMENTAIRE/STYBREKOLLOUIS/PHOTOGUESBÂTIMENTILEDEFRANCE

4 - Côté gymnases, les 140 m linéaires de grands voiles périphériques de 11,60 m de haut pour 7,20 m de long ont été coulés d'un seul tenant. **5** - La charpente en bois du premier gymnase soutiendra le plancher mixte bois-béton du second.

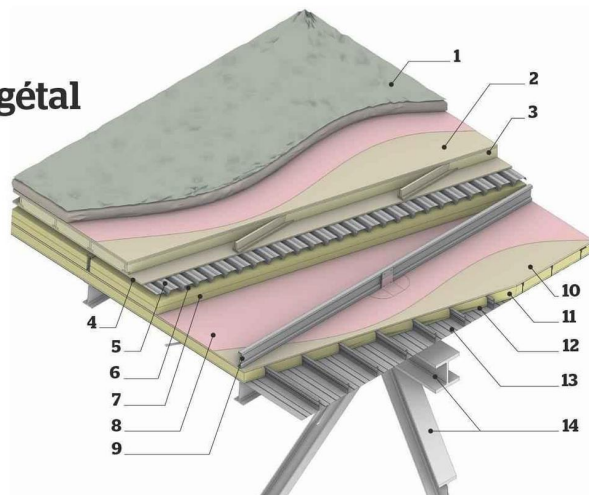


5

Couverture

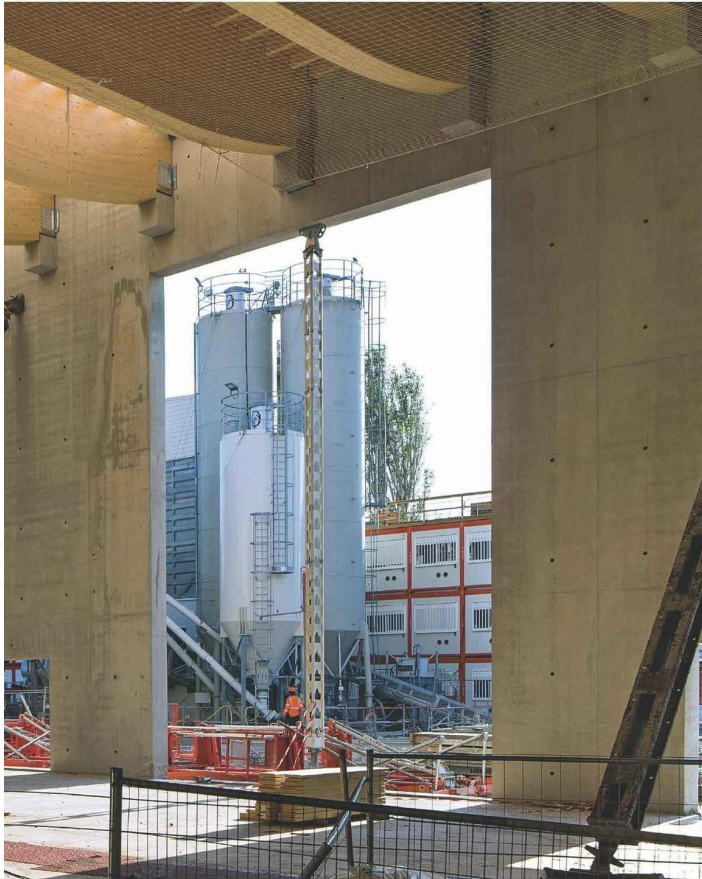
L'isolation phonique accueille le végétal

La couverture de l'Arena devra répondre à une exigence essentielle: obtenir un affaiblissement acoustique de 63 dB sur les basses fréquences. Une contrainte spécifique ici, car la salle de spectacles avoisinera un futur hôtel. Mais comment l'isoler phoniquement et végétaliser sa toiture tout en limitant les charges sur la charpente? Bouygues Bâtiment Ile-de-France a opté pour un complexe de 70 cm d'épaisseur comprenant un isolant acoustique Phonotech, « seule réponse possible à nos besoins », souligne Mehdi Moeket, responsable travaux sur l'Arena. Composé de mousse de polyuréthane et de matelas de coco, le produit crée un effet de masse-ressort-masse qui bloque la transmission des vibrations. Il permet d'atteindre à lui seul un abaissement acoustique de 70 dB et un R de 12,06 m².K/W pour un poids de 104 kg/m². Ce sandwich est couplé à de la laine de roche et à un panneau hydrofuge. Sa mise en œuvre sous une toiture végétalisée a nécessité l'obtention d'une Atex. Le poids total de la couverture atteindra 322 kg/m², dont 157 kg/m² pour la végétation répartie sur 6 300 m².



1 - Support de végétalisation. **2** - Etanchéité bi-couche. **3** - Isolant acoustique Phonotech 162 mm. **4** - Panneau bois aggloméré 22 mm. **5** - Bac acier. **6** - lame d'air 30 mm. **7** - Double isolant thermique 100 mm. **8** - Pare-vapeur. **9** - Pannes acier. **10** - Panneau bois aggloméré 22 mm. **11** - Isolant acoustique 150 mm. **12** - Isolant acoustique avec membrane collée 20 mm. **13** - Plateau acier. **14** - Charpente acier.

BOLLINGER ET CROHMANN



CHRISTOPHE BOUCA / LE MONITEUR

(suite de la p. 47) imposantes - 7,20 m de large sur 2,90 m de haut - afin d'y couler d'un seul tenant un béton autoplaçant sur 11,60 m de haut et 40 cm d'épaisseur. Des cheminées de coulage dispersaient le béton à tous les niveaux, avec des cadences longues pour limiter la pression.

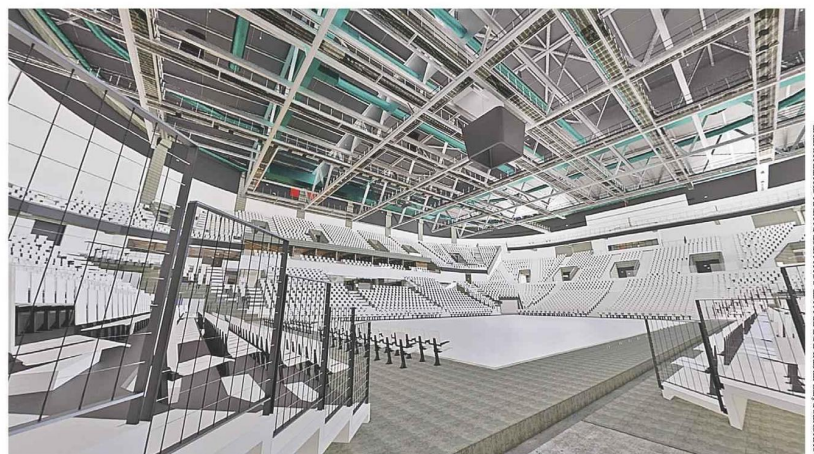
Une fois ces murs réalisés, les compagnons de l'entreprise **Mathis** se sont attelés à la pose des 17 poutres de la charpente bois en lamellé-collé d'une portée de 24 m. Elles soutiennent le plancher mixte bois-béton du second gymnase, qui prendra place au-dessus. La charpente bois de celui-ci reposera sur une mégapoutre treillis métallique de 44 m de portée. Sur tout le pourtour du bâtiment, une grande terrasse sera en porte-à-faux sur 3,50 m. Pour Mehdi Moeket, « tout cela n'aurait pas été possible sans le recours au Building Information Modeling (BIM), puisque le modèle numérique comporte des calculs aux éléments finis et 14 maquettes différentes ». ● Amélie Luquain

➔ **Maîtrise d'ouvrage** : Ville de Paris. **Maîtrise d'œuvre** : NP2F (architectes), SCAU (architectes), Franck Boutté Consultants (BET environnement), Bollinger + Grohmann (BET structure, façade), Ingérop (ingénierie technique), Peutz (acoustique), Philippe Almon (éclairagiste), Scenevolution (équipement scénique), Grau (urbaniste), Djao-Rakitine (paysagiste), Atelier Aino (matériaux biosourcés et BTC), CET Ingénierie (VRD), Egis Industries (centrale), StratéGéo (BET géothermie). **Entreprises principales** : Bouygues Bâtiment Ile-de-France (mandataire), Bouygues Energies & Services (corps d'état technique, maintenance sur dix ans), Mathis (construction bois), Baudin Chateaufort (charpente métallique), Dalkia (raccordement), Phonotech (panneaux acoustiques). **Certifications** : NF HQE Equipements sportifs - Salles multisports de décembre 2010, niveau Excellent. Label Bâtiment biosourcé niveau B2. **Livraison** : été 2023. **Budget travaux** : N. C.

Charpente Des poutres à double emploi

Les poutres de 80 m de portée de la charpente métallique de la grande salle participeront au contreventement des façades qui couronneront l'enceinte. « Vu leur élanement de 16 m de haut, et malgré le fait que les voiles soient raidis par des poteaux et les poutres des gradins, il a fallu répartir des efforts horizontaux au niveau des appuis de la charpente », souligne Mehdi Moeket. Ainsi, sept grandes poutres treillis, de 7 m de hauteur aux appuis et 10 m au faitage, seront assemblées sur le parterre de la salle.

Pour leur mise en œuvre, elles seront divisées en trois éléments



BOUYGUES BÂTIMENT ILE-DE-FRANCE, SCAU/PEUTZ, BAUDIN CHATEAUFORT

levés par une grue à tour mobile de 300 t. Pour leur pose, des étaielements provisoires reprendront jusqu'à 90 t par appui. La réalisation des tribunes

basses ne pourra débuter qu'à partir du moment où la pose de ces mégapoutres sera achevée et l'espace au sol dégagé, soit pas avant le début 2023.