

La halle sportive est ceinturée d'une succession de fins poteaux d'acier qui supportent une charpente en bois BLC en forme de méga résille, couverte d'une membrane tendue et sérigraphiée en ETFE.

© Michel Denancé

Lieu
Vanves [92]

Maitrise d'ouvrage
Région Île-de-France, IDF Construction Durable [maitrise d'ouvrage déléguée]

Maitrise d'œuvre
Explorations Architecture, Benoît Le Thierry d'Ennequin, architecte, Base [paysagiste], EVP [BET structure], CBS [BET structure bois]

Entreprise générale
CBS-Lifteam, Taiyo Europe [sous-traitant couverture membrane ETFE]

Coût des travaux
7,8 m €, dont 2,2 m € [lot bois]

Coiffes aériennes à géométrie variable

Au lycée Michelet de Vanves, deux équipements sportifs aux structures distinctes sont recouverts d'une charpente en bois BLC similaire, en poutres galbées formant une résille d'envergure.

Le lycée Michelet de Vanves (92) fait partie d'un site historique: implanté à la place d'une ancienne seigneurie de la ville datant du XIV^e siècle, il occupe des bâtiments dont certains sont classés. Et il s'inscrit au cœur d'un parc (classé lui aussi) de 17 hectares lié au château du XVII^e siècle bâti par Jules-Hardouin-Mansart, architecte de Louis XIV. Cette vaste cité scolaire accueille chaque année 2300 collégiens, lycéens et élèves de classes préparatoires. Afin d'inciter la pratique sportive en milieu scolaire, le lycée a fait l'objet d'une restructuration de ses équipements existants qui, situés au sud-ouest du jardin et le long du boulevard du Lycée, sont désormais mutualisés et accessibles aux habitants. Réalisé en 2022 par l'agence Explorations Architecture, le projet porte sur la rénovation de la piste d'athlétisme, de terrains de football et de l'aire de lancer. Deux bâtiments ont été également construits: un pavillon de 17,50 m de large, 22,90 m de long et 4,80 m de haut regroupant l'accueil, la loge du gardien et des vestiaires, et une halle sportive ouverte – de 42 m de large, 55 m de long et de 7 à 10 m de haut –, qui protège des intempéries les terrains de handball et de basket, un local de rangement venant en supplément. Ces entités coiffées de bois s'intègrent discrètement au sein du site paysager.

Structure mixte en acier et bois

« Cette architecture s'insère dans des "chambres vertes" entourées d'alignements d'arbres majestueux, véritable architecture végétale. Les deux constructions, halle et pavillon, en sont un prolongement tramé afin de constituer des sortes de canopées artificielles, flottant parmi les arbres », indique Benoît Le Thierry d'Ennequin, architecte cofondateur de l'agence Explorations. Menée par l'entreprise générale CBS-Lifteam, la pose de la halle sportive a débuté par le coulage des fondations, et la mise en place de pré-scellements placés en têtes des pieux. En périphérie de l'ouvrage, ont été alors boulonnés, sur ces pré-scellements et tous les 5 m, 36 fins poteaux préfabriqués en acier (ø 219 mm) de 10 m de haut maximum et dotés de platines soudées: douze d'entre eux intégrant une descente d'eaux pluviales. Puis en partie haute de ces points porteurs et dans un premier angle, ont été apposés et fixés deux chéneaux constitués de profilés acier standard pourvus de platines servant à ceinturer et rigidifier l'ensemble. À partir



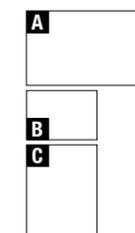
© 11h45



© Michel Denancé



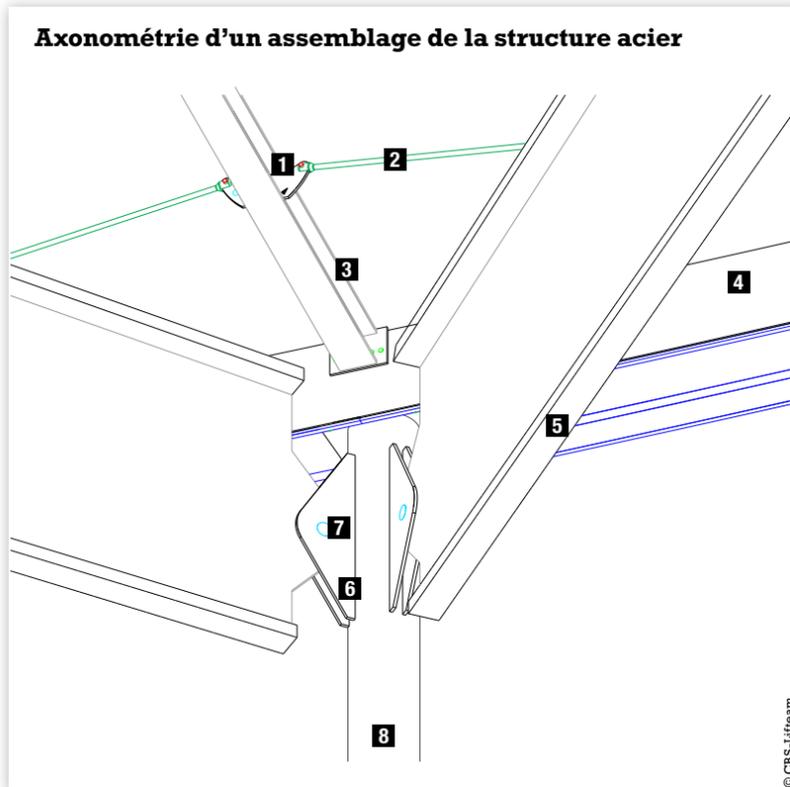
© CBS-Lifteam



A. Telle une pagode, le pavillon d'accueil comprend un soubassement en voiles béton qui supporte une toiture incurvée aérienne formée de onze poutres cintrées et d'entretoises dessinant une résille en porte-à-faux.

B. Couvrant un rectangle de 17,50 m par 22,90 m, la membrane légère, transparente et robuste en ETFE a été tendue et réglée, suivant plusieurs formes de pente adaptées qui assurent l'évacuation des eaux de pluie.

C. La mise en œuvre progressive de la charpente en bois s'est déroulée sur chacun des quatre angles, par la pose des poteaux acier et chéneaux respectifs, des poutres en BLC de la charpente, puis d'une poutre PRS refermant le triangle créé.



1. Gousset d'assemblage des câbles.
2. Câble de tension de la toile ETFE : entraxe 1,10 m.
3. Croix de support des tirants ETFE : profil HEB 120.
4. Profil acier du chéneau de ceinturage.
5. Poutre en acier PRS (profilé reconstitué soudé).
6. Platine d'assemblage par axe fixée en tête de poteau en acier.
7. Boulon d'axe : \varnothing 48 mm.
8. Fin poteau en acier : \varnothing 219 mm.

COUVERTURE

Fine membrane en ETFE sous ATEX

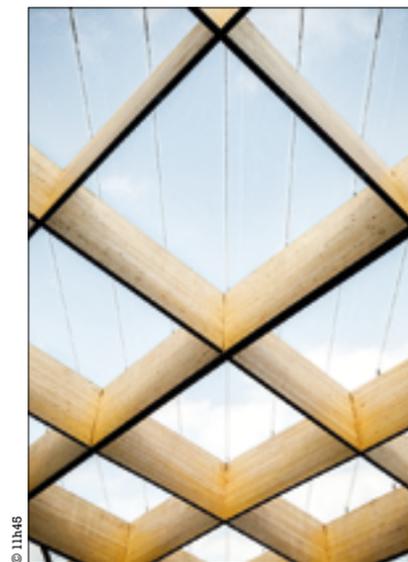
La couverture de la halle sportive en membrane ETFE (Ethylène tétrafluoroéthylène), choisie pour ses vertus de transparence, résistance et légèreté, a requis une Appréciation technique d'expérimentation délivrée par le CSTB. Cette ATEX de type B, gérée par l'entreprise Taiyo Europe qui a fabriqué et posé ce film, garantit l'absence de poches de rétention d'eau sur la toile tendue et sa résistance en cas de chutes de neige et de fortes pluies. Les calculs complexes réalisés ont défini le degré de tension à infliger à la toile et aux câbles la soutenant afin de créer des pentes aptes à évacuer les eaux. Pour poser ce film, des câbles provisoires de pré-tension ont été placés sous la résille pour la précontraindre, et en tête de poteaux du long pan, tous les 5 m, pour les tendre et déformer la structure. Laquelle, une fois déformée, a permis de poser dessus des câbles de support du film ETFE, tous les 1,10 m sur toute la longueur. La membrane ETFE a été fabriquée en usine en quatre lés (21 x 27,50 m) pliés et livrés in situ. Sur la résille, ont été fixés des profils aluminium en croix permettant d'y glisser les bourrelets des lés d'ETFE, puis de refermer ces pièces par des profils de serrage pincés. ■



■ ■ de cet angle, la pose de la charpente en bois lamellé-collé a commencé par la mise en place, dans les deux directions, de premières poutres de 1 m à 1,60 m de haut. Chacune d'elles a été boulonnée sur les deux platines en acier soudées en zone haute de chaque poteau, via un gousset métallique fixé à son extrémité, cet « assemblage rotulé » permettant d'assurer le fonctionnement statique prévu au calcul de la structure. Sachant que tous les composants en BLC ont été préfabriqués en usine, puis livrés sur site.

Résille en poutres de bois BLC

Une poutre en PRS (profilé reconstitué soudé) légèrement courbe et fabriquée sur-mesure – de 1,60 m de haut, 32 m de long et 11 tonnes –, a été levée à la grue et fixée, en diagonale, sur deux poteaux acier pour fermer ce premier angle et limiter les déformations. Ces étapes ont été ensuite répétées sur les trois autres angles. « Ces poutres métalliques, qui servent de support au squelette des poutres principales en bois dessinant une résille, permettent de fermer le vide central », précise Ivan Bloch, ingénieur au BET CBS-Lifteam. Ce principe de triangle contraint permet de régler la question de la tolérance sur de grandes portées, qui est de l'ordre du millimètre près, sans jeu possible. Après la mise en place de la résille en BLC, la pose a continué par le remplissage des vides de ce quadrillage, avec des entretoises de 4 m de long, fixées sur les poutres porteuses, à l'aide de ferrures préalablement boulonnées dessus, dans le but de former une structure régulière. Plusieurs



tours d'étaie ont été montées pour pouvoir installer des câbles sous la résille bois, au niveau du long pan et tous les deux poteaux. « Les câbles servent à régler et contrôler la poussée inhérente à la résille légèrement bombée et à l'effet de voûte venant pousser sur les rives », ajoute Ivan Bloch. Le comportement de la structure a été surveillé durant toute la pose, à l'aide d'un monitoring opérant des relevés sur des points définis pour vérifier que les déformations concordaient avec celles estimées.

Des toitures en lévitation

Ces câbles ont permis de relâcher ou resserrer la structure, selon une position de référence. Une fois la structure réalisée, l'opération délicate de la pose de la membrane en ETFE a pu débuter (voir encadré). Quant au pavillon d'accueil, en forme de pagode, son ossature a été montée avec des voiles, poteaux et poutres en béton coulé en place qui ont ensuite été revêtus de bois. Le charpentier bois est intervenu au-dessus de ce socle béton, en positionnant onze poutres porteuses en bois BLC galbées, dans le sens transversal, qui, espacées de 1,40 m, mesurent 17,50 m de portée, incluant un porte-à-faux de 5,60 m. Elles ont été fixées sur les murs, par le biais de ferrures ancrées dessus, et boulonnées sur les pièces en bois. Puis les entretoises ont été fixées entre ces poutres pour créer un quadrillage. La difficulté de cet ouvrage tient à son porte-à-faux bidirectionnel qui a nécessité la mise en place, dans le sens longitudinal, d'autres poutres greffées sur les poutres porteuses dans leur continuité, via des plats de liaison. Pour



pouvoir suspendre les poutres d'angle du porte-à-faux et relier l'ensemble, un profil HEB 320 a été apposé sur le pourtour des poutres principales. Puis un panneau bois triplis d'habillage a été posé sous ce profilé acier – contenu dans l'épaisseur de l'isolation du toit – pour le dissimuler. Sur les panneaux en bois couvrant le toit, l'étanchéité de l'édifice a été alors réalisée, par la pose d'un pare-vapeur et d'une membrane PVC.

Carol Maillard

UN PRODUIT SPÉCIFIQUE

Toile ETFE Nowoflon Nowofol

Le film monocouche en ETFE (ép./300 μ) couvrant la halle sportive est fin, léger, résistant et recyclable. Posée par lés sur la résille bois et tendu par des câbles, cette toile transparente a été sérigraphiée avec de petits ronds afin de filtrer la lumière du jour. ■



A. Après la mise en place de la résille en BLC, la pose a continué par le remplissage des vides de ce quadrillage, avec des entretoises de 4 m de long, fixées sur les poutres porteuses, à l'aide de ferrures boulonnées dessus.

B. Au-dessus de la résille en BLC, se déploie la membrane en ETFE, selon quatre lés de 21 m par 27,50 m. Chaque lé compte des bandes de 2 m de large ressoudées entre elles en usine et posées sur des câbles de tension.

C. Sur le socle en murs, poutres et poteaux de béton coulé du pavillon d'accueil, est ancrée une charpente en BLC formée de onze poutres galbées dont la portée de 17,50 m inclut les amples porte-à-faux.