

Carré Michelet, un rehaussement avec porte-à-faux

Cet immeuble de bureaux du quartier de la Défense a été lourdement restructuré avec un rehaussement de trois niveaux dont deux en attique avec planchers et façades suspendues. Livraison en avril 2019.

Le Carré Michelet fait partie d'un chapelet d'immeubles tertiaires non IGH construits en 1986 et implantés Cours Michelet dans le quartier de la Défense. Sa rénovation extension a été confiée par son propriétaire Gecina (ex Eurosic) aux agences Cro&Co et Architecture & Environnement. La géométrie complexe de l'ancien édifice a été simplifiée pour donner un volume homogène et indépendant et a été rehaussée sur trois niveaux. « Le projet s'est révélé difficile et très contraint avec un important travail de reprise de l'existant et la construction d'un rehaussement. Pourvu d'une vaste cour intérieure, l'immeuble a été isolé par rapport à ses voisins en créant de nouvelles liaisons urbaines entre Puteaux et la dalle de la Défense. À son sommet nous avons créé un étage supplémentaire en joint creux qui est dépourvu de porteurs en façades et un attique double hauteur avec des planchers et façades en porte-à-faux suspendus à la structure métallique », confie l'architecte Jean-Luc Crochon. Les travaux confiés à l'entreprise générale Eiffage Construction Grands Projets ont été conséquents. Le bâtiment a été désolidarisé de ses deux volumes mitoyens, la surface de bureaux disponibles est passé de moins de 30 000 à 37 500 m² et une surélévation de trois niveaux a été construite. Le travail de reprise de l'existant en structure poteaux poutres béton a nécessité un important travail de déconstruction et de reconstruction. L'attique est conçue avec une structure métallique complexe reprenant les efforts sur le noyau. Le porte-a-faux fait environ sept mètres. « Les planchers en encorbellement ainsi que ceux des bureaux en mezzanine sont en panneaux CLT d'environ 20 cm d'épaisseur. Nous avons été contraints par la hauteur de 3,10 mètres de dalle à dalle y compris pour la partie neuve. Les faux planchers ne font que 6 cm d'épaisseur mais les plafonds rayonnants dans les circulations réduisent la hauteur libre », complète l'architecte François Lafonta, de l'agence Architecture & Environnement.

Marquer avec un joint creux

L'architecte Jean-Luc Crochon souhaitait en haut du nouvel édifice marquer le couronnement avec un étage en joint creux au niveau 8. Cet effet joint creux est obtenu avec un retrait des façades simple peau ce qui a demandé de s'affranchir des porteurs en façades. Les plafonds en porte-à-faux sont suspendus sur les quatre côtés du bâtiment à l'ossature de la verrière. Floquées en sous-face, les poutres IFB (*Integrated Floor Beam*) du plafond soutiennent les panneaux en bois CLT. Avec l'absence de porteurs en façades et l'absence de retombée de poutres, une grande transparence des façades simple peau du niveau 8 aurait pu être obtenue. Mais il fallait prévoir une exploitation des plateaux de bureaux avec un cloisonnement à la demande. Du coup des menuiseries verticales ont été ajoutées en façades permettant en cas de cloisonnement de réduire la transmission phonique latérale. Les deux derniers niveaux abritent de vastes espaces de bureaux en double étage côté rue et des mezzanines côté cour. « Obtenir ce joint creux voulait dire suspendre la structure du couronnement. Pour le dessin de la structure métallique porteuse, la forme de grue s'imposait. L'acier comme matériau coulait de source, permettant à l'ouvrage en porte-à-faux de résister aux déformations avec un poids minimum », assure Jean-Marc Weill, DG de C&E Ingénierie, bureau d'études structure charpente métallique sur le projet.

Ossature acier complexe

La surélévation devait s'aligner sur le volume existant et il fallait utiliser les points d'appuis verticaux de la structure béton sauf ceux des façades. Les fondations existantes ont été renforcées ainsi que les porteurs verticaux du noyau qui reprennent des efforts supplémentaires. Positionnée sur les poteaux verticaux en béton des niveaux inférieurs, l'ossature métallique de l'attique est constituée d'une double rangée de poteaux verticaux. Leur structure en forme de grue est composée de bracons et de tirants qui vont chercher la poutre de rive qui accroche avec des suspentes verticales les solives du plancher sur

lesquelles prennent appui les panneaux CLT. Les pannes de la verrière relient l'extrémité supérieure des poteaux aux consoles en rive sur lesquelles est suspendue l'ossature mixte acier/alu de la façade double peau. « Pour obtenir la stabilité au feu, les poteaux acier tubulaire verticaux sont remplis de béton, mais la méthode forfaitaire des Eurocodes 4 était limitative aussi nous avons travaillé avec le CTICM (*Centre Technique Industriel de la Construction métallique*) pour faire un calcul général plus réaliste et analyser la résistance au feu de la structure primaire », assure Jean-Marc Weill. Les bracons et tirants sont protégés avec de la peinture intumescente tandis que les éléments cachés de type solives et pannes sont protégés par flocage pâteux. La réalisation de la structure métallique de l'attique ainsi que celle des façades double peau ont été confiées à la société Gagne Construction. Présents sur le projet dès la phase APD en juin 2016 l'équipe de Gagne Construction a commencé à travailler sur site fin 2017. « Nous sommes demeurés fidèles au schéma statique fourni par le bureau d'études après l'appel d'offre. Le projet ne s'est pas fait en BIM mais nous avons créé avec le logiciel RSA (*Robot Structural Analysis*) d'Autodesk un modèle global 3D et avec Tekla la modélisation de la charpente pour les calculs. La simulation a en particulier permis de calculer les contre-flèches à donner aux différents éléments en porte-à-faux. Lors de la pose les planchers suspendus bougent en effet en fonction de leur chargement. L'étude permet de l'appréhender en prévoyant une contre-flèche initiale », détaille Guillaume Ranchin, chef de projet chez Gagne Construction.

Fabrication soignée

La réalisation de la charpente de 643 tonnes a demandé un beau travail de fabrication de laminés et de PRS (*Poutres reconstituées soudées*) avec des attaches réticulées qui stabilisent la structure. L'acier est standard type S355. « Pour répondre à l'appel d'offre nous avons mis en avant notre savoir-faire. Par exemple pour les poteaux d'angles qui sont en 460x460 mm, au lieu de faire quatre tôles assemblées, nous les avons fabriqués en deux tôles pliées à 90° et assemblées en deux fois. Nous gagnons en temps d'assemblage mais cela a aussi évité de faire un départ de bracon à la jonction de deux tôles de caisson. Les études ont aussi porté à rendre constructibles les assemblages », confie Guillaume Ranchin. Fabriquée dans l'atelier de Gagne en Haute-Loire, cette charpente a nécessité 13.500 heures de travail. « C'est une charpente architecturée, fabriquée comme un ouvrage d'art, avec des contraintes de fabrication, du contrôle qualité systématique sur les soudures et des tolérances d'exé plus grandes qu'à l'habituel. Les profilés sont quasi tous reconstitués, que ce soit pour les bracons, les poteaux ou les solives et la soudure doit être maîtrisée afin d'éviter de vriller et de déformer les poutres », poursuit Guillaume Ranchin.

Une pose sous contraintes

La pose de la charpente de l'attique s'est effectuée à environ quarante mètres de hauteur avec un montage pièce par pièce. L'interface avec le gros oeuvre béton devait être respectée. Les ancrages pour les poteaux et solives ont été incorporés au coulage du béton et scellés, leur géométrie vérifiée après coulage et réceptionnée. La pose a débuté par les quatre pylônes de stabilité qui reprennent les efforts au vent dans les angles. Le reste de l'ossature a ensuite été montée autour de ces pylônes, avec un couronnement horizontal sur chaque quart de plateau. Des palets verticaux ont été mobilisés pour poser les pannes et solives. Gagne Construction a développé un outil spécial afin de monter en une seule opération le système de deux pièces - tirant et bracon - en assurant un angle à 45°. Le réglage est plus simple qu'avec un bracon immobilisé sur un étau provisoire. « Une autre difficulté du projet résidait dans la logistique d'un chantier situé en bordure de la Défense, avec très peu de stockage disponible, ce qui nécessitait de travailler en flux tendu pour la livraison. En manutention, le levage était partagé avec le gros oeuvre et les autres corps d'état et l'accès au poste de travail double peau se faisait par l'extérieur avec un bi-mâts. La nécessité de manipuler des cadres vitrés de 1,50 mètres de largeur par 8,30 mètres de hauteur demandait de bien gérer la distance entre le bi-mâts et la façade », complète Guillaume Ranchin. Enfin les quatre joints de dilatation de la structure béton existante ont

été reportés sur la structure et les façades et deux joints de fractionnement ont été ajoutés à la charpente métallique afin de rendre indépendantes certaines zones et les stabiliser.

Planchers en CLT

Les planchers de l'attique sont sur une surface de 1480 m² en panneaux CLT correspondants aux encorbellements (niveau 9) et mezzanines (niveau 10) et sur une surface de 840 m² en bacs acier collaborants entre les structures primaires du noyau au niveau 9. La légèreté du bois aide à réduire la flèche en façade du plancher CLT sur lequel vient s'appuyer la façade double peau suspendue. La semelle inférieure plus large des solives en PRS des plafonds du niveau 8 vient supporter les pannaesaux en bois CLT fixés par connecteurs métalliques de type tire-fonds. Ce diaphragme hybride bois et métal sert au contreventement. Les efforts horizontaux au vent au droit des planchers sont repris vers l'arrière par les planchers en butée sur la structure béton. La position des solives des planchers ont été adaptées à la trame des suspentes qui suivent la trame des façades et ne sont pas systématiquement en face des grues.

Atex pour la Double peau

La façade de l'attique est une double peau ventilée suspendue pour laquelle une ATEEx du CSTB a été obtenue par Gagne Construction. « L'ATEEx a été demandée par le bureau de contrôle comme la double peau n'est pas sur toute la hauteur du bâtiment, il n'existe pas de texte réglementaire. De plus le vitrage de la paroi extérieure avec ses trois côtés parclosés et un quatrième bord pincé VEA (*Verre Extérieur attaché*) ne répond pas au DTU. Une spécificité de l'avis du CSTB était de demander l'intégration d'ouvrants pompier à deux vantaux », confie Guillaume Ranchin. La double peau est en ossature acier pour la peau intérieure et en cadre alu pour la peau extérieure en verre feuilleté 66.2 d'une surface totale de 2.280 m². La difficile accessibilité de la paroi extérieure justifiait le choix d'une structure alu pour la pérennité et par ailleurs les profils en alu extrudé reviennent moins chers qu'en acier soudé. Équipée d'un caillebotis en partie basse, la lame d'air est d'une largeur suffisante pour permettre le passage de la nacelle de nettoyage. « La double peau reprend les efforts du vent et se déforme. Aussi nous avons positionné dans la double peau des bracons à mi-hauteur reprenant les efforts des raidisseurs extérieurs, ce qui minimise la déformation d'un facteur 8. De plus la forte densité des montants du cadre extérieur a permis de réduire leur section pour tenir les efforts au vent », précise Jean-Marc Weill. Sur le projet, Gagne a développé une filière spéciale pour assembler et livrer en un seul tenant les panneaux verriers de dimensions 1,480 par 8,345 mètres.

Intervenants

Maître d'Ouvrage : Eurosic
Assistant Maître d'Ouvrage : Orféo Développement
Architectes : Crochon and Co – Architecture et Environnement
Bureau de contrôle : Socotec
Ingénierie Structure : Khephren (béton), CEI (charpente métallique)
Ingénierie fluides : Barbanel
Ingénierie façades : Façades Ingénierie, CEI
Entreprise générale : Eiffage Construction Grands Projets

Illustrations