

Extension Greffe d'acier sur une tour de béton

A Lyon, une structure métallique accolée à l'ancienne tour EDF réhabilitée doit donner naissance à un nouvel IGH baptisé Silex 2.

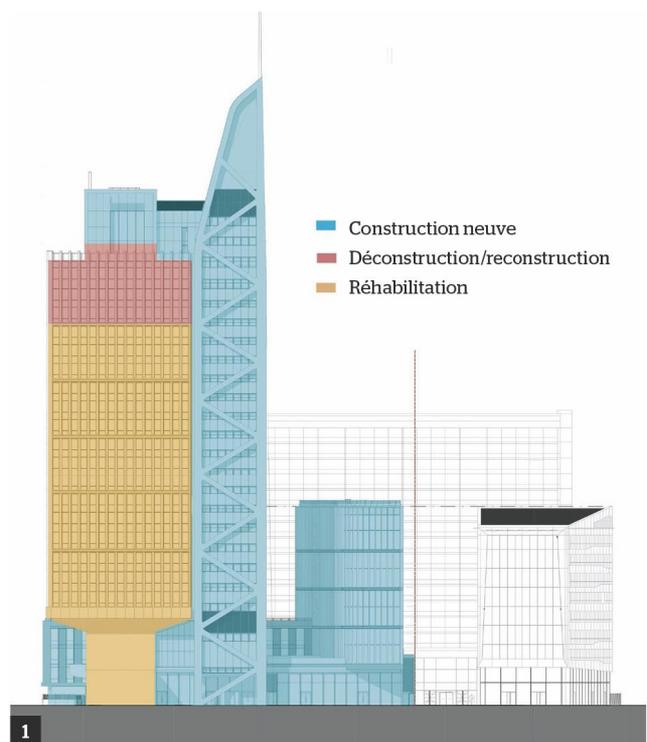
Démolir ou rénover la tour EDF de Lyon ? Ce dilemme s'est longtemps posé aux concepteurs du bâtiment Silex 2, chargé de lui succéder en juin prochain au cœur du quartier de la Part-Dieu. C'est finalement par une restructuration couplée à une extension que se tournera la page de l'ancien siège régional de l'énergéticien, un ouvrage en béton scandé d'épais trumeaux signé notamment de l'architecte Jean Zumbrunnen.



Livré en 1977, l'immeuble de grande hauteur (IGH) ne correspondait plus quarante ans plus tard aux attentes des utilisateurs d'édifices tertiaires. « Non seulement les équipements techniques s'avéraient obsolètes et l'immeuble n'était plus aux normes, mais ses plateaux de seulement 600 m² étaient trop exigus pour être commercialisables, explique Antoine Durand, architecte de l'agence Má en charge du projet. Quand aux circulations verticales, elles se trouvaient en surcapacité. » Il a donc été décidé d'ériger une seconde tour, sans noyau, accolée à la première, ajoutant ainsi 400 m² à chacun de ses 23 étages.

Structure porteuse façon exosquelette. « La restructuration lourde a commencé par des travaux de curage et de désamiantage réalisés avant notre arrivée sur site. De juillet 2018 à février 2019, nous nous sommes concentrés sur les opérations de démolition, de terrassement, de soutènement au moyen de parois berlinoises, et sur la réalisation des fondations profondes par micropieux », détaille Thierry Brossard, directeur de projet chez Eiffage Construction. Autant d'étapes préalables à la réalisation de l'extension au début de l'année 2019 et de sa charpente métallique dès l'été.

Accolée à la façade nord de l'édifice existant et surmontée d'un mât signal de 16 m, cette greffe mesure 12,50 par 34,70 m de côté pour 115 m de haut. Elle permettra à l'ouvrage, une fois



1 - Rebaptisée Silex 2, l'ancienne tour EDF verra sa surface passer de 16 000 à 31 000 m² une fois rénovée. **2 -** L'ensemble tertiaire comprendra l'ancienne tour de béton, une extension métallique accolée le long de sa façade nord, et un ERP de huit niveaux en pied.

finalisé, d'abriter une vingtaine de niveaux de bureaux, tandis que platelages et passerelles techniques seront dissimulés sous les 25 m de sa coiffe (*lire encadré en haut de la p. 44*). Sa structure porteuse, placée en extérieur tel un exosquelette, assure le contreventement. Elle se compose de quatre grandes poutres reconstituées soudées (PRS) verticales de 111 m de haut et de 4 x 1,10 m de large en pied, lacées de diagonales en tubes carées de 40 cm de section.

« Cette structure devait être en mesure de résister au vent comme à d'éventuels séismes. Cette résilience, seul l'acier pouvait la fournir, mais le choix de ce matériau supposait de traiter le problème de son comportement dynamique différencié de celui du béton », relate Antoine Durand (*lire encadré en bas de la p. 44*). Pour résoudre cette équation, il a donc été décidé de conserver les deux structures indépendantes en les séparant par un joint de dilatation afin d'absorber les mouvements différentiels. Ce joint « inter-tours » a ensuite pris de l'épaisseur, devenant une bande technique large de 1,40 m qui intègre désormais l'ensemble des nouveaux réseaux de fluides.

Terrasses végétalisées. Pour la mise en œuvre, « des études et des relevés précis par des géomètres à chaque niveau ont dû être menés en vue d'appréhender le tassement de l'existant et d'ajuster au millimètre près ses paliers avec ceux de la partie réhabilitée », précise Alain Regnault, conducteur de travaux pour l'entreprise de charpente métallique SMB. Les monteurs ont ensuite assemblé les poutres treillis et les solives (*suite p. 44*)



2

GUILLAUME DROUULT/PHOTOC/EIFPAGE

↳ **Maitrise d'ouvrage:** Covivio, Greenaffair (AMO environnement). **Maitrise d'œuvre:** Má Architectes et Arte Charpentier (architectes associés), Builders & Partners (exécution). **BET :** Terrell Group (structure), AVLS (acoustique), Barbanel (fluides), Arcora (façades). **Entreprise générale:** Eiffage Construction Confluences. **Charpente métallique:** SMB Constructions Métalliques. **Bureau de contrôle:** Socotec. **Certifications:** HQE Excellent et Bream Excellent. **Montant de l'opération:** 166 M€, dont 95 M€ HT de travaux.



préfabriquées à la grue, jusqu'au vingt-troisième niveau, au rythme d'un étage par semaine en moyenne.

« Pour la réalisation de la coiffe, les contraintes de hauteur et le manque de place ont imposé de pré-assembler les éléments à 80 m de hauteur avant que ces sous-ensembles soient levés à l'aide d'une grue perchée sur la toiture de la tour existante et appuyée sur son noyau en béton », précise-t-il. La structure a ensuite été floquée, ce qui lui confèrera des propriétés coupe-feu pendant deux heures, puis recouverte d'un habillage en tôle d'aluminium. En pied, l'immeuble de grande hauteur communique avec un troisième bâtiment : un établissement recevant du public (ERP) en R + 8 en béton, et dont la pointe en porte-à-faux sur 17 m est en acier.

Sylvie Levallois, architecte chez Arte Charpentier, ajoute que « les 3500 occupants attendus dans cette tour augmentée et l'ERP attenante auront également accès à 1700 m² de terrasses aménagées et végétalisées, dont 600 m² dédiées à l'agriculture urbaine ». Les 31000 m² de ce programme tertiaire représentent un budget de 166 millions d'euros pour Covivio, le maître d'ouvrage. ● Amélie Luquain



La coiffe de la tour métallique est en cours de pose grâce à une grue installée sur la toiture de la tour de béton

Acoustique

Des prototypes à l'échelle 1 testés en soufflerie

La charpente métallique de la tour Silex 2 est surmontée d'une coiffe de 25 m de haut. Celle-ci est habillée d'une mantille de tubes à bords biseautés, « susceptibles de transmettre d'importantes vibrations audibles aux étages inférieurs sous l'effet du vent du fait de l'apparition de détachements tourbillonnaires », explique Florent Jacquemin, responsable du pôle acoustique du bureau d'étude AVLS.

En vue d'éviter cet écueil, les réseaux de tubes et les trames types de la coiffe ont d'abord été modélisés afin d'analyser leur comportement dynamique et d'identifier les paramètres influant sur le phénomène, tels que les dimensions et la nature des matériaux (acier, aluminium...). « Il s'agissait de déterminer la fréquence propre des tubes. Les résultats ont montré que l'effet aéro-acoustique ne se produit qu'au-delà de 124 m/s de vitesse du vent. Un constat rassurant puisque dans le Rhône, la vitesse de vent moyenne calculée à 130 m de hauteur ne dépasse pas les 30 m/s », détaille Florent Jacquemin.

Afin de mettre à l'épreuve ces calculs théoriques, l'équipe de maîtrise d'œuvre a soumis trois prototypes à des essais en soufflerie. Sur ces ventelles, ce sont les espacements entre les tubes qui ont été testés. Sur un modèle ils étaient réguliers, sur un autre progressifs, tandis que le troisième comportait en sus une tôle ondulée perforée. « Nous avons fait varier la vitesse du vent et l'orientation des prototypes pour identifier d'éventuelles

Séismes

Des modèles de calculs pour évaluer les risques

La tour Silex 2 se situe en zone sismique de niveau 2, c'est-à-dire à risque faible. L'Eurocode 8 relatif au calcul des structures pour leur résistance aux séismes impose aux travaux neufs de ne pas aggraver la situation de l'existant. Autre impératif dans le cas présent, la charpente devait reprendre les efforts liés aux vents. Des contraintes auxquelles l'acier sait répondre, mais le choix de ce matériau impliquait de prendre en compte les mouvements différenciés avec la tour de béton.

« Une dizaine de modèles de calcul ont été nécessaires pour évaluer la répartition des efforts sismiques entre les deux matériaux », indique Clément Fréconon, ingénieur structure pour le bureau d'études Terrell. Le paramètre qui a guidé la réflexion est le « rapport de raideur », où l'élément le plus raide doit absorber la plus grande partie des efforts. Il a donc fallu modéliser le degré de fissuration du béton armé du socle, comme la raideur des fondations. Du côté de la résistance aux vents, des essais sur un logiciel de soufflerie



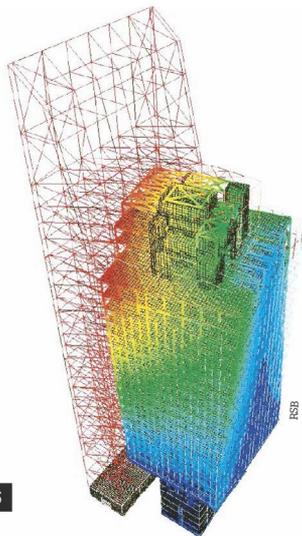
MA ARCHITECTES

émergences sonores», relate l'ingénieur. Si aucun effet tourbillonnaire n'a été mis en évidence, ces essais ont révélé un autre problème: «un sifflement était audible au-delà de 10 m/s, dû au soudage par points des tôles qui forment les tubes et à la présence d'interstices entre ces points», précise-t-il. C'est pourquoi les tubes de la coiffe seront finalement extrudés.

3 - Ces ventelles ont été soumises à des essais dans la soufflerie Eiffel du CSTB, à Paris. **4** - Une mantille de tubes à bords biseautés habillera la coiffe haute de 25 m qui surmonte la tour métallique.



GUILAUME DROUILLE/PHOTOCREAFACE



FSB

5 - Une dizaine de modèles de calcul ont permis d'évaluer la répartition des efforts sismiques. Ici, la tour de béton est soumise à des efforts de flexion et de torsion. **6** - La tour préexistante en béton (à gauche) et la nouvelle tour métallique (à droite) sont séparées par une bande technique de 1,40 m qui accueillera les gaines ainsi qu'un joint de dilatation de 10 cm.

numérique ont permis de quantifier les efforts réels que pouvait reprendre l'IGH.

In fine, l'extension s'appuie de façon ponctuelle sur la tour existante. Les charges horizontales sont reprises par le noyau en béton, et l'exosquelette métallique complète le contreventement. Le point clé de l'ensemble réside dans un



SME

joint de dilatation de 10 cm entre les deux tours qui absorbe les mouvements différentiels entre acier et béton. Indépendantes verticalement, les deux tours ne sont reliées horizontalement qu'au 20^e niveau. Autre moyen de ne pas aggraver la condition de la tour existante, ses trois derniers niveaux ont été démolis et reconstruits en acier de façon à alléger son sommet.