

PALAIS D'ÉNA

Dupliquer les bétons Perret

La restauration des façades du palais d'Éna, à Paris, a donné lieu à une réflexion approfondie sur les méthodes et les matériaux à mettre en œuvre pour intervenir sur les parties dégradées, tout en respectant l'esprit architectural. En outre, ce bâtiment servira de test pour des capteurs de corrosion prototypes et des hydrofuges.

« Le béton était bien fait, constate Didier Happe, directeur du développement de Pierre Noël, l'entreprise choisie pour la restauration du palais d'Éna, mandataire d'un groupement avec Freyssinet. L'entreprise Freyssinet nous a apporté son expertise en matière de béton et d'armature. » En effet, des interventions étaient nécessaires au niveau des façades Sud et Nord de l'aile Sud du palais d'Éna, dans le XVI^e arrondissement de Paris, ainsi que de l'aile Est (au dos de la rotonde d'entrée), réalisées entre 1936 et 1948, par Auguste Perret. « Avec le béton, on est dans un cercle vicieux, explique Elisabeth Marie-Victoire, responsable du pôle béton du Laboratoire de recherche des Monuments Historiques (LRMH). Plus on attend pour le réparer et plus il y a d'éléments à revoir. Au palais d'Éna, on était encore en position de conserver un maximum du béton d'origine. »

Des dégradations très réparties. Une expertise, avec la réalisation de carottes (10 cm de diamètre et jusqu'à 80 cm de longueur) par le bureau d'études In Situ, a permis d'établir un diagnostic de l'ouvrage. « Le bâtiment a connu des phénomènes de carbonatation, avec la corrosion des armatures, qui lui est associée. De plus, la pollution atmosphérique avait provoqué la formation de croûtes noires et entraîné la présence de sulfates », indique Elisabeth Marie-Victoire. Et Hugo Pflaum, conducteur de travaux chez Pierre Noël, de poursuivre : « L'enrobage des aciers était bon, avec 3 à 4 cm au minimum. »

« Les dégradations étaient très réparties, sur 25 % des parois. In fine, les travaux ont porté sur 10 % de la surface totale, mais il y avait des zones privilégiées, reprend Didier Happe. D'abord, les parties en saillie, les plus exposées à l'eau et donc aux désordres. En revanche, aucun élément structurel n'était concerné. Le chantier a fait apparaître une fissure horizontale sur la corniche de la façade



Les colonnes avec des parties bouchardées et des parties lisses ont nécessité un travail précis de restauration.

Sud et sur la façade Nord. Mais nous nous sommes rendu compte qu'il s'agissait d'une reprise de bétonnage d'origine. Il a été décidé de ne pas intervenir. »

Un ciment résistant aux sulfates. « Il fallait choisir le matériau pour remplacer les parties manquantes. La méthode de construction utilisée par Auguste Perret, avec un béton bouchardé, afin de faire apparaître les granulats sur une part importante de la surface des façades, a conduit à opter pour une technique équivalente, soit le coulage d'un béton – et non d'un mortier comme souvent pour la restauration des ouvrages en béton, explique Elisabeth Marie-Victoire. Les études en laboratoire ont permis de retrouver les formules de départ. Mais il fallait, à l'opposé du liant d'origine, trouver un ciment résistant aux sulfates. » Suite à la collaboration du LRMH, d'In Situ et de l'ingénieur béton de l'entreprise Pierre Noël, ce sera un ciment prise mer fourni par RSI (Route Service Industrie). « Problème, souligne Hugo Pflaum, ce ciment n'existe qu'en blanc et en gris. Mais la couleur du ciment de Perret – non teinté sur la majeure partie du bâtiment, à l'exception des claustras de la façade Sud – a évolué. Il a donc fallu y ajouter des pigments. » Finalement, il n'a pas été compliqué de trouver des granulats équivalents de ceux de Perret. Et l'entreprise Pierre Noël a incorporé de la brique réfractaire, comme d'origine, pour la restauration des claustras.

La première phase des travaux a porté sur le nettoyage intégral des façades. « A la demande de la Direction régionale des affaires culturelles d'Ile-de-France et de l'architecte en chef des Monuments Historiques, nous avons évalué des méthodes alternatives sélectionnées et mises en œuvre par l'entreprise Pierre Noël, explique Elisabeth Marie-Victoire. Nous avons éliminé celles, qui mettaient en œuvre des compresses pelables, du latex... Ces procédés ne nettoyaient pas assez

REPÈRE

Maître d'ouvrage : Conseil économique, social et environnemental (Cese)

Maître d'ouvrage délégué : Opérateur du patrimoine et des projets immobiliers de la culture (Oppic)

Architecte : Arnaud de Saint-Jouan, architecte en chef des Monuments Historiques

Expertise : Laboratoire de recherche des Monuments Historiques (LRMH)

Bureau d'études de la maîtrise d'ouvrage : Michel Bancon

Bureau d'études des entreprises : In Situ

Groupement : Freyssinet et Pierre Noël



Une fois les armatures dégagées et/ou remplacées, on peut passer à la phase de réparation des bétons.

Près de 8 000 m² d'échafaudages ont été nécessaires pour intervenir sur 25 % des surfaces de trois des façades du palais d'Éna...



A l'issue des travaux, les parties saines et celles, qui ont été réparées, se confondent.



Zone ayant bénéficié, pour partie, d'une réparation.



Les coffrages, réalisés sur le chantier, ont pris appui sur l'échafaudage quand c'était nécessaire.



Pour retrouver la couleur de l'actuel béton d'Auguste Perret, l'entreprise Pierre Noël a procédé de nombreux essais, dont certains avec des pigments réalisés par des artistes.

et/ou laissaient des résidus dans la porosité du béton. Aussi, c'est la projection d'eau chaude (85 °C) à basse pression (2,5 bar), qui a été retenue, avec, de manière ponctuelle pour les encroutements les plus importants, une projection d'abrasifs fins par voie sèche. »

Coffrer en saillie. Le nettoyage a été suivi d'une phase de purge des zones à restaurer. « Nous sommes allés jusqu'aux parties saines, explique Hugo Pflaum. Derrière les aciers corrodés et de 5 à 10 cm de chaque côté de ces armatures. Ceux qui n'étaient que partiellement atteints ont été sablés et broyés. Ensuite, ils ont été passivés par application de ciment, afin de combler tous les vides. » Dans les zones les plus dégradées, les aciers ont été remplacés et liaisonnés aux parties existantes. Ce sont des coffrages en contreplaqué, plans et courbes pour les colonnes, réalisés sur le chantier, qui ont été mis en

œuvre pour le remplacement des parties absentes ou purgées. « Particularité de ce chantier, les coffrages ont été placés 2 cm en avant de la construction, commente Hugo Pflaum. Ceci, afin que la surface définitive se raccorde, après bouchardage, à l'existant. La décision de boucharder intervenant après un examen journalier des surfaces remplacées. Il fallait que le matériau ne soit ni trop frais, ni trop dur. En moyenne une semaine après décoffrage. » Les plus grandes surfaces à coffrer, surtout les colonnes, ont atteint 5 m à 6 m sur 1 m de largeur.

Le chantier du palais d'Iéna a nécessité un gros travail de phasage et de méthodes. « Nous avons dû travailler dans un site occupé. Le Conseil économique, social et environnemental, qui occupe aujourd'hui les lieux, nous a imposé un calendrier de non-intervention, à la semaine, notamment pour ne pas nuire aux séances plénières », conclut Didier Happe.

Michel Roche

Un labo grandeur nature pour le LRMH

« Nous nous sommes interrogés sur la protection des parties non restaurées du palais d'Iéna, qui seront fatalement sujettes, un jour ou l'autre, à la carbonatation », explique Elisabeth Marie-Victoire, responsable du pôle béton du Laboratoire de recherche des Monuments Historiques (LRMH). Les techniques de réalcanalisation, d'une durabilité limitée, et les inhibiteurs de corrosion, incompatibles avec la présence de sulfates, ayant été éliminés, restait la pose d'un hydrofuge. « C'est une solution intéressante sur le papier, mais qui n'offre pas la réversibilité. » Il fallait donc vérifier que les hydrofuges marchaient bien sur le bâtiment. Au rez-de-cour (façade Nord de l'aile Sud du palais), 7 zones ont été

traitées avec différents produits et une laissée comme témoin. Elles ont toutes été munies de capteurs d'humidité et de température. En plus de ces tests, le LRMH a profité de ce laboratoire à ciel ouvert pour faire l'essai de capteurs de corrosion prototypes, dans le cadre du projet européen "Redmonest" (Réseau de monitoring dynamique des structures existantes du patrimoine culturel en béton). Les uns mis en contact avec les armatures et reliés à une centrale d'acquisition météo ont été positionnés en surface en zone témoin et en zone hydrofugée. Les autres, constitués de lames de fer pur, ont été installés à différentes profondeurs d'une partie restaurée¹ en zone témoin et en zone



Au rez-de-cour, 7 zones ont été traitées avec différents produits et une laissée comme témoin.

hydrofugée. Après chauffage par induction, en fonction de la carbonatation, on pourra constater la progression de la corrosion – qui entraînera la disparition échelonnée des lames – au moyen d'une caméra thermique.

¹Capteur "à lames orphelines" (brevet Bouygues)



Sand Blocker Solutions MasterSuna SBS



Notre contribution à une valorisation durable des sables de carrière.

Connectez-vous sur : www.master-builders-solutions.basf.com