

## Entreprises

S'auto-assurer pour  
moins dépenser p. 8

## Loi EnR

Les nouveaux territoires  
du photovoltaïque p. 54

## Génie civil

Les immenses puits  
du Lyon-Turin p. 46

Confort thermique, normes incendie...

# Un Grand Palais pour le XXI<sup>e</sup> siècle

p.40





## Rénovation

### Retour vers le futur pour le Grand Palais

Entre restauration et remise aux normes, l'équipement culturel connaît des travaux d'une ampleur inédite.

Fléuron de l'Exposition universelle de 1900, le Grand Palais (Paris VIII<sup>e</sup>) n'avait jamais connu de rénovation globale. Seule la verrière de la nef avait été restaurée et ses fondations renforcées au début des années 2000. Face aux aménagements successifs, les espaces qui formaient jusqu'alors un ensemble cohérent se sont retrouvés morcelés, cloisonnés, entresolés.

De larges surfaces restaient délaissées et inexploitées et de nombreuses zones fermées au public faute de conformité aux normes de sécurité. En plus de décors dégradés par l'usure du temps, le monument a également fini par être affecté de graves désordres techniques. Doté d'équipements obsolètes, compliquant ses conditions d'exploitation, le bâtiment ne répondait pas non plus aux actuelles exigences de performance énergétique.

C'est l'architecte en chef des monuments historiques François Châtillon, sous la maîtrise d'ouvrage de la Réunion des musées nationaux-Grand Palais (RMN-GP), qui s'est vu confier l'immense chantier de restauration de l'œuvre collective de 72 000 m<sup>2</sup> imaginée par Henri Deglane, Louis-Albert Louvet, Albert Thomas et Charles Giraud puis complétée dans les années 1960 par Pierre Vivien. Démarrés en mars 2021, les travaux en cours visent à retrouver les volumes, les perspectives et la transparence qui ont marqué la Belle Époque. « Ils offrent aussi, et surtout, l'occasion de remettre l'édifice aux normes et d'améliorer le confort des visiteurs », expose Daniel Sancho, directeur du projet de restauration pour la RMN-GP.

**Plus grande capacité d'accueil.** Les interventions les plus spectaculaires se déroulent dans la nef, cet espace d'exposition emblématique de 13 500 m<sup>2</sup> entouré de grandes galeries sur deux niveaux, le tout surmonté d'une verrière et de sa coupole qui culmine à 45 m. L'enjeu consiste d'abord à porter sa capacité d'accueil de 6 000 à 9 000 personnes. La mise aux normes des conditions de sécurité incendie était (suite p. 42)



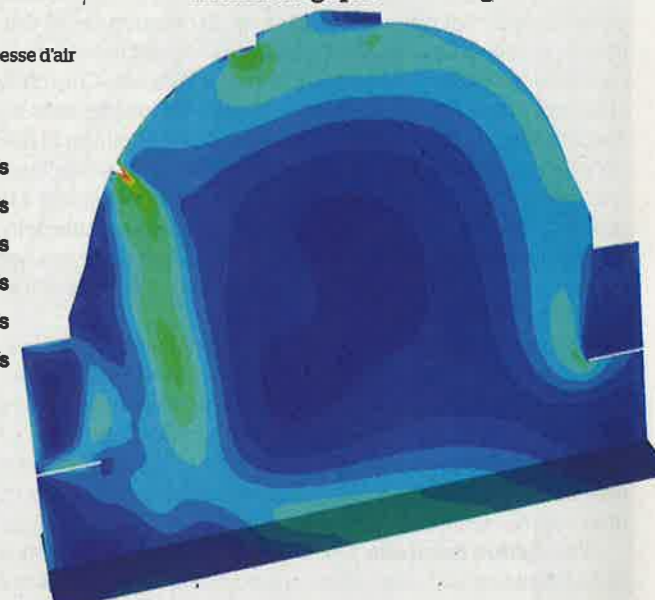
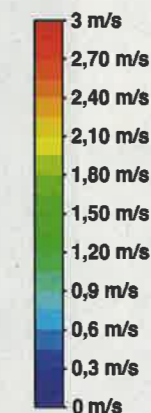
### Dalle active La nef garde les pieds au chaud

« Comme il était impensable de chauffer l'ensemble du volume de la nef de 450 000 m<sup>3</sup>, le principe retenu consiste à réguler la température sur les deux premiers mètres de hauteur grâce à une dalle active », explique Philippe Le Portz, directeur de projet structure chez Ingérop. Des simulations en mécanique des fluides numériques ont validé le principe : la température minimale ne descendra pas en deçà de 10 °C, même avec des vents forts et -5 °C dehors.

La première étape a consisté, dès mars 2022, à démolir l'ancienne dalle en béton coulée en 1960. Les compagnons ont alors remis en forme et comprimé le terrain sur ses 200 m de long pour 50 m de large, avant d'y installer un isolant

### Simulation de conditions météorologiques dans la grande nef

Echelle de vitesse d'air de 0 à 3 m/s



thermique en polystyrène incompressible de 10 cm d'épaisseur. C'est ensuite dans 46 km de tubes caloporteurs, répartis sur 7 100 m<sup>2</sup>, que circulera un fluide à 50 °C maximum en hiver et 15 °C en été. Le dispositif est raccordé aux réseaux CPCU et Fraîcheur de Paris.

**Joints de fractionnement.** Par-dessus, un ferrailage (70 kg/m<sup>2</sup>) a été mis en œuvre. « Il est dimensionné pour reprendre la dilatation et le gradient thermique, sans quoi la mise en chauffe pourrait avoir tendance à dilater, comprimer ou soulever la dalle », explique Philippe Le Portz. Mi-avril, en une semaine, le béton C35/45 en CEM III/A (150 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) a enfin été coulé sur 25 cm d'épaisseur sur la partie sud. Si la dalle ne comporte pas de joint de dilatation pour limiter les tassements différentiels, comme les risques d'épauprure, elle intègre des joints de fractionnement tous les 12 m. Sur le pourtour, des joints de dilatation autorisent des jeux de 1 à 3 cm. Les prochains coulages devraient intervenir en ce mois de mai pour la partie centrale, et au début de l'été pour la partie nord.

**1 -** Dans la nef, une dalle de béton chauffante régulera la température à hauteur d'homme. En blanc, les tubes caloporteurs. **2 -** Le béton de la dalle a commencé à être coulé mi-avril. Sa teinte ocre rappellera la terre battue des concours hippiques du début du XX<sup>e</sup> siècle. **3 -** Cette vue en coupe correspond à des conditions de vent moyen de 4 m/s et à une température extérieure de +5 °C. Elle montre une mise en mouvement de l'air intérieur grâce aux ouvertures laissées en toiture.



(suite de la p. 40) donc indispensable. Le nombre d'issues de secours devait être augmenté, avec la création de 30 unités de passage. « Une dizaine d'ouvertures seront créées sur la façade, dont celles donnant sur l'avenue Winston-Churchill, ainsi que plusieurs escaliers partant de la nef jusque dans les soubassements, dont la largeur totale cumulée atteindra 18 m », précise Daniel Sancho. Les 4 000 m<sup>2</sup> de balcons, jusqu'alors inaccessibles, seront de nouveau ouverts au public grâce à la protection au feu de leurs structures métalliques par une peinture intumescente, appliquée sur les huit premiers mètres des poteaux. Pour assurer le désenfumage, des ventelles équipent la verrière.

Deuxième défi d'envergure au sein de la nef : améliorer la thermie de ce volume de 450 000 m<sup>3</sup>. La dalle de ciment coulée en 1960 sur le sol en terre battue - où se tenait un concours hippique de 1901 à 1939 - sera démolie au profit d'une dalle active. « Elle participera, été comme hiver, à réguler la température à hauteur d'homme » (lire p. 41), précise Philippe Le Portz, directeur de projet structure pour le bureau d'études Ingérop.

**Ventilation naturelle.** Quant à la verrière, des problèmes d'étanchéité subsistaient après sa rénovation. Des closoirs ont donc été ajoutés, ce qui permet de préserver 150 m<sup>2</sup> d'ouverture entre les verres afin d'assurer la ventilation naturelle et d'éviter la condensation sur les parois. Des filtres solaires, dont la mise au point fait l'objet d'un dialogue compétitif, sont aussi prévus.

En soubassement, les espaces dissimulés seront rendus au public, avec notamment la création de la Galerie des enfants et d'une zone logistique afin d'améliorer l'exploitation de l'édifice.



Pour ce faire, les compagnons ont mené d'importantes reprises en sous-œuvre et créé des mezzanines à partir d'éléments préfabriqués. Elles serviront à la fois à augmenter les surfaces disponibles et à protéger les locaux techniques des inondations. Des noyaux de circulations verticales - dont la mise en place d'une quarantaine d'ascenseurs complètent l'ensemble.

Enfin, des travaux de restauration d'envergure de l'ensemble des décors sont menés en parallèle de ces opérations. Le kilomètre de façades voit ses ornements et sculptures retrouver leur lustre, tandis qu'à l'intérieur, les artisans s'attellent à la réfection de l'escalier d'honneur de la nef, des voûtains en plâtre et des 1 000 m<sup>2</sup> de sols en mosaïque (lire ci-contre). Au plus fort du chantier, plus de 700 compagnons de 42 entreprises auront œuvré pour accomplir l'intégralité des travaux afin d'accueillir, dès 2024, les épreuves de taekwondo et d'escrime des JO.

● Amélie Luquain

**4 -** A côté des escaliers créés par Pierre Vivien, des noyaux de circulation toute hauteur sont créés, laissant des vides immenses durant le chantier. **5 -** La Place centrale, rendue accessible par un décloisonnement, permettra de retrouver les perspectives d'antan. Ici entre la grande nef et le Palais de la découverte.



➔ **Maîtrise d'ouvrage :** Réunion des musées nationaux-Grand Palais. **Partenaire :** établissement public Universcience (Palais de la découverte). **Maîtrise d'œuvre :** François Châtillon (architecte en chef des monuments historiques), Ingérop (BET TCE). **Entreprises :** Chevalier (gros œuvre), Socra (mosaïque), Baudin Chateaufort (métal)... **Coût global des travaux :** 466 M€.



**6 -** Plus de 1 000 m<sup>2</sup> de mosaïques sont actuellement restaurés. Ici, les balcons de la nef. **7 -** Pour combler les vides, les tesselles sont récupérées sur les sols démolis.

## Sols Les mosaïques retrouvent leur lustre

« L'ampleur des travaux de restauration du Grand Palais est inédite », s'exclame Daniel Sancho, directeur du projet de restauration pour la RMN-GP, maître d'ouvrage. De fait, ils concernent aussi bien les plafonds et leurs voûtures en plâtre que les sols revêtus de mosaïques. « Au début des travaux, nous avons commencé par un curage complet qui comprenait la dépose de toutes les dalles et moquettes. Cela nous a permis de redécouvrir les 1 000 m<sup>2</sup> en mosaïque des sols des galeries de la nef, du salon Seine, ou encore celles en grès cérame qui ornent la rotonde du Palais de la découverte, selon un dessin du peintre décorateur Louis Hista », poursuit Daniel Sancho.

**Reprise des lacunes.** Pour rendre aux mosaïques leur éclat d'origine, une dizaine de compagnons s'affairent depuis le début de l'année 2022. Les vestiges ont d'abord été entièrement stabilisés et conservés. Quant aux imperfections et aux lacunes (pièces manquantes), liées au mouvement du bâtiment et à l'usure, elles ont été patiemment reprises. « Pour combler les vides, les sols démolis pour laisser passer les trémies ont servi de "carrières" de tesselles », explique le directeur de projet.

PHOTOS: INTEROCK/TOURNAISE/FRANÇOIS CHÂTILLON