

N° 44

FÉVRIER 2025

setec

m a g a z i n e



Entretenir et valoriser l'existant, concevoir le patrimoine de demain

à la une - p.4

**Derrière la renaissance
de Notre-Dame, une incroyable
aventure humaine**

c'est à vous - p.15

**Préserver, moderniser ou
transformer le patrimoine
historique**



Édito

Qu'il soit historique, classé, industriel ou encore moderne, le patrimoine nous entoure, prend de multiples formes et entraîne différentes interrogations. Conscients de notre responsabilité en qualité d'acteur de la chaîne de la construction et résolument engagés dans la lutte contre le changement climatique, nous avons pour usage chez **setec** de fréquemment remettre en question nos méthodes. Dans cette optique, nous avons lancé en 2022 un concours interne sur les variantes bas carbone alternatives à nos projets de construction. Les résultats ont dévoilé que l'impact carbone d'une déconstruction-reconstruction est deux à trois fois plus important que celui d'une réhabilitation. Cette volonté de réhabiliter, maintenir, rénover, est au cœur de notre réflexion sur le patrimoine. Quels sont les enjeux ? Faut-il développer l'étude des matériaux, penser plutôt en amont les nouvelles constructions en termes de réemploi, de transformation d'usage, se focaliser sur la maintenance des ouvrages historiques ? Pour évoquer les enjeux et le rôle de l'ingénierie dans cet engagement patrimonial, nous avons invité l'historien, architecte et ingénieur Bertrand Lemoine à échanger avec nos experts maison sur ce sujet. Que ce soit en France, avec la réhabilitation du viaduc des rochers noirs ou à l'international avec la réouverture du Musée d'Ipiranga, haut lieu culturel brésilien, le patrimoine est clé pour l'histoire d'un pays, son identité, sa culture et son dynamisme économique. Les succès rencontrés chaque année par les Journées du Patrimoine en témoignent. 2024 restera l'année de la renaissance de la cathédrale Notre-Dame de Paris. Le 8 décembre dernier, après des années d'un chantier de restauration hors-norme, ce joyau architectural a pu littéralement renaître de ses cendres. Nos équipes se sont mobilisées sur ce projet d'exception avec cœur et engagement, à la hauteur du symbole. Protéger le patrimoine, c'est contribuer à la transmission de notre héritage, et contribuer à la mémoire collective. Cela s'inscrit également dans une démarche responsable et durable. Des notions chères à notre ingénierie, que nous souhaitons engagée pour un monde meilleur.

Bonne lecture,
Anne-Marie Choho, Michel Kahan



Partie 1

LE PATRIMOINE HISTORIQUE

Une thématique au cœur de nos enjeux.



... ENTRETIEN

Bernard QUÉNÉE
Directeur de la préservation
du patrimoine
setec consultants

Depuis les grands projets historiques sur des infrastructures majeures comme le Musée d'Orsay ou la Fondation Pinault, **setec** a toujours été impliqué dans la conservation et la valorisation du patrimoine. Bernard Quénée, directeur de la préservation du patrimoine chez **setec consultants**, fait le point sur l'importance de cette thématique dans l'histoire de **setec** et face aux enjeux actuels.

Pouvez-vous nous présenter votre parcours ainsi que votre mission actuelle chez setec ?

Géologue de formation, j'ai achevé mon parcours académique par un doctorat avec EDF. Après cinq années en bureau d'études géotechniques à Paris, j'ai rejoint le **lerm**, le laboratoire d'essais et de conseil en matériaux de construction de **setec**. Une belle aventure de près de trente années et vingt-cinq à la direction générale. Ma mission actuelle s'inscrit dans une démarche transversale de fédération des sociétés du groupe impliquées dans la préservation du patrimoine bâti, commercialement et techniquement. J'interviens également en tant qu'expert matériaux sur certains dossiers, par exemple à Boukhara, lors du classement au patrimoine mondial de l'Unesco d'une centaine de monuments ouzbeks. J'anime également différents groupes de travail nationaux, dont la commission Histoire & Patrimoine du génie civil au sein de l'AFGC (Association Française de Génie Civil).

Quelle place représente le patrimoine dans l'histoire du groupe ?

Le patrimoine occupe une place immense dans notre histoire. **setec** s'est illustré depuis sa création dans des grands projets structurants pour le territoire mais également dans des opérations de réhabilitation emblématiques, telles que les gares d'Orsay et de Saint Jean de Bordeaux ou l'ancienne bourse du commerce de Paris. L'ADN du groupe est donc particulièrement marqué par le patrimoine, avec un quotidien émaillé d'ouvrages, de bâtiments et sites anciens.

En quoi cette thématique est-elle liée à nos problématiques et enjeux actuels ?

La préservation du patrimoine historique bâti est intrinsèquement liée à l'étude et la préservation de nos ressources naturelles. L'économie des ressources, telles que les sables, graviers, roches, sols, biodiversité et aquifères que nous devons intégrer dans les études de préservation d'édifices anciens

ou d'ouvrages récents, est un enjeu majeur. Le bilan environnemental de nos projets, notamment le bilan carbone des opérations d'entretien, est crucial pour éviter des travaux lourds de réparation ou de démolition/reconstruction. Pour préserver ce patrimoine, nous recherchons et adaptons les matériaux du futur, jusqu'aux bétons bas carbone et matériaux biosourcés, tout en redécouvrant des matériaux traditionnels comme le bois, la pierre et la terre crue.

Peut-on citer quelques missions emblématiques liées à des interventions sur le bâti ancien ? Et les projets à venir ?

Dans les missions emblématiques nous pouvons citer Jérusalem avec le Tombeau des Rois et la grotte du Pater... Deux sites propriétés de l'état français ! Une partie de l'œuvre de Le Corbusier : Unité d'habitation de Firminy, Cité radieuse à Marseille, péniche de l'Armée du Salut à Paris ou plus récemment la restauration de Notre-Dame de Paris.

La liste des projets en cours ou à venir est longue et variée, allant de la restauration d'édifices anciens comme des ponts abandonnés, des châteaux et fortifications, des églises et cathédrales, à la transformation de bâtiments historiques en bibliothèques ou musées etc.

Comment exercez-vous votre mission ?

J'anime un groupe transversal entre sociétés : « préservation du patrimoine », dans le but essentiel de favoriser les échanges et le partage d'informations entre sociétés **setec**, et fédérer les énergies sur ce sujet. La recherche de ces projets et des innovations associées fait maintenant partie intégrante de notre approche de l'ingénierie dans un monde en pleine évolution. Le respect du patrimoine bâti, l'économie de ressources naturelles, la durabilité des projets et la préservation de l'environnement naturel sont des enjeux cruciaux pour les générations futures. Protéger ce patrimoine historique, c'est aussi s'engager dans une mission de transmission d'héritage.

+ ZOOM SUR

L'inscription au titre des Monuments Historiques concerne un ouvrage qui présente un intérêt d'histoire ou d'art suffisant pour en rendre désirable la préservation. Il fait alors l'objet d'un arrêté du préfet de région pris après avis de la Commission Régionale du Patrimoine et des sites (CRPS)

Le Classement, qui est une notion « supérieure », concerne un ouvrage dont la conservation présente du point de vue de l'histoire ou de l'art, un intérêt public. L'ouvrage fait alors l'objet d'un arrêté du Ministère de la Culture.

LEXIQUE

Le label ACR (Architecture Contemporaine Remarquable) : instauré par la loi de 2016, vise à signaler des édifices ou constructions de moins de 100 ans, non protégés au titre des Monuments Historiques, afin d'en souligner la valeur patrimoniale et de créer un lien avec le patrimoine plus ancien et la production contemporaine.

Les acteurs de la conservation des Monuments Historiques : sont inclus l'Unesco, l'ICOMOS*, le Ministère de la Culture, les DRAC, les CRMH, les ACMH, les ABF, les AP, le LRMH, le C2RMF et les entreprises spécialisées représentées par le GMH. Ces acteurs jouent un rôle crucial dans la protection, la restauration et la valorisation du patrimoine bâti.

Le guide technique de la FFB (Fédération Française du Bâtiment) sur la restauration des bétons du patrimoine : rédigé sous la direction de Bernard Quénée, cet ouvrage collectif cible toute la profession, des entreprises aux architectes en passant par les étudiants et enseignants.

***ICOMOS** : Conseil International des Monuments et des Sites. **DRAC** : Direction Régionale des Affaires Culturelles. **CRMH** : Conservation Régionale des Monuments Historiques. **ACMH** : Architectes en Chef des Monuments Historiques. **ABF** : Architecte des Bâtiments de France. **AP** : Architectes du Patrimoine. **LRMH** : Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques. **C2RMF** : Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France. **GMH** : Groupement des entreprises de restauration des monuments historiques

à la une

NOTRE-DAME DE PARIS

Derrière la renaissance de Notre-Dame, une incroyable aventure humaine

En avril 2019, l'incendie de Notre-Dame de Paris a frappé le monde entier. Ravagé par les flammes, ce joyau de l'architecture gothique a suscité une mobilisation exceptionnelle, soutenue par la création d'un établissement public dédié, présidé par le général Georgelin puis par Philippe Jost, maître d'ouvrage. Derrière les prouesses techniques nécessaires à sa restauration, une aventure humaine unique s'est déployée pour redonner vie à la cathédrale en un temps record.

Philippe Mouton, Directeur de projet chez **setec opency**, résume l'esprit de cette aventure, qui a transcendé les simples enjeux de restauration : « Relever un défi de cette ampleur, c'est vivre l'imprévu au quotidien, tout en gardant une vision claire de l'objectif final, qui est d'honorer la

mémoire de ce lieu emblématique, connu à travers le monde entier, tout en respectant les délais fixés par le Président de la République ». Chargée de l'organisation, de la planification des travaux, de la logistique et de la coordination des différents chantiers, l'équipe déployée par **setec** a affronté des défis hors norme durant ces 5 années de travaux intensifs. Mais au-delà des aspects techniques, ce sont les liens tissés avec les différents intervenants tout au long de ce projet titanesque qui marquent les esprits. Il faut dire que la coordination des interventions des 250 entreprises retenues et des 500 compagnons, artisans d'art, architectes ou partenaires institutionnels présents en moyenne chaque jour sur le chantier, demandait une écoute et une adaptabilité permanentes. « Ce projet allait

bien au-delà d'une simple mission de reconstruction. Il représentait un engagement profond, porté par le respect et la fierté de contribuer à la renaissance d'un lieu historique iconique », confie Philippe Mouton, évoquant l'importance de maintenir une harmonie au sein de cette équipe hétérogène, unie par la même volonté de bien faire.

Un engagement collectif fort pour faire renaître un emblème du patrimoine français

Les anecdotes ne manquent pas pour illustrer l'ampleur de la mission à réaliser et les aléas qui l'accompagnaient inévitablement. En plein milieu des travaux, il n'était effectivement pas rare que des ajustements se révèlent nécessaires au dernier moment. « Chaque jour, il fallait composer avec les attentes des différentes parties prenantes, du diocèse à la DRAC (Direction Régionale des Affaires Culturelles), en respectant strictement les impératifs de sécurité et les normes patrimoniales, tout en répondant aux demandes spécifiques de chacun », ajoute Philippe Mouton.

Les interactions et la gestion de la coactivité entre les différents corps de métier sur le site ont constitué un autre défi important, dans un contexte où chacun contribuait de manière significative à la restauration de la cathédrale. Yvan Rouard, Directeur de l'Agence Ile-de-France chez **setec opency**, se souvient : « Chaque artisan, chaque entreprise voulait laisser son empreinte sur ce chantier historique. C'était un projet où l'engagement de chacun se ressentait dans la moindre décision ». Cette passion collective a souvent alimenté des débats animés sur le choix des matériaux ou la disposition des éléments architecturaux.



« À travers les discussions et les compromis, un esprit de solidarité et de collaboration s'est créé, chacun trouvant sa place et mettant son savoir-faire au service de Notre-Dame », complète-t-il. Passer 5 ans sur un même chantier crée forcément des liens. « Au fil du temps, nous avons développé un véritable esprit de famille. Il régnait sur le chantier une ambiance de village, qui a renforcé cette cohésion indispensable pour mener à bien un projet d'une telle ampleur, même dans les instants de tension ».

Des événements inoubliables

Un moment emblématique de cette aventure reste la découverte inattendue de sarcophages sous l'échafaudage de la flèche, un épisode particulièrement marquant et émouvant pour toute l'équipe. Comme le précise Yvan Rouard, « Cette découverte nous a rappelé l'importance historique de chaque élément du site. Cela nous a permis de mesurer l'impact de notre travail sur l'histoire même de Notre-Dame ». Philippe Mouton confie également que la disparition en août 2023 du général Jean-Louis Georgelin, représentant spécial du président de la République, président de l'établissement public Rebuild Notre-Dame de Paris depuis sa création, en 2019, a laissé une empreinte particulière dans le cœur des équipes. « Ce projet, c'était aussi pour lui que nous

le faisons. Tout le monde voulait honorer sa mémoire, et cela a soudé les liens encore plus profondément », explique-t-il, visiblement ému.

La stèle érigée sur le site en son hommage rappelle ce lien humain indéfectible tissé tout au long du chantier.

Le projet a été ponctué de nombreux événements qui témoignent de l'engagement profond des équipes pour redonner vie à la vieille Dame. Parmi eux, les Jeux Olympiques de Paris ont constitué un jalon symbolique, avec un objectif de taille : rendre visible au monde entier la flèche reconstruite à l'identique selon les plans d'Eugène Viollet-le-Duc, tel un symbole fort des avancées du chantier.

Lors du Village du chantier organisé par l'établissement public sur le parvis de la cathédrale dans le cadre des Journées européennes du patrimoine, l'équipe de **setec** a ainsi eu l'opportunité de présenter son savoir-faire et sa contribution au chantier de restauration aux plus de 41 000 visiteurs accueillis à cette occasion, dont des touristes venus de tous horizons pour comprendre les défis de cette restauration hors du commun.

Pour les hommes de l'ombre travaillant chaque jour sur le chantier de Notre-Dame, ces rencontres ont offert un supplément d'énergie et ont renforcé leur détermination à achever les travaux dans les délais. Pour Philippe Mouton et son équipe, la satisfaction d'avoir contribué à cette

aventure humaine est immense, bien au-delà de la dimension purement professionnelle. « Chaque pierre, chaque planche de Notre-Dame a une histoire, et chaque personne qui a œuvré sur ce chantier pourra dire qu'elle y a laissé une part d'elle-même », conclut-il.



Au fil du temps, nous avons développé un véritable esprit de famille, une cohésion indispensable pour mener à bien un projet d'une telle ampleur, même dans les instants de tension

Philippe MOUTON
Directeur de projets
setec opency





projet d'envergure. Nous avons fonctionné ensemble comme si **setec** faisait partie intégrante de l'établissement public, avec confiance, proximité et un engagement sans faille. Les équipes de **setec** ont su tout le long de cette aventure hors du commun, remplir leur mission au meilleur niveau d'engagement et de compétence, et ainsi garantir la réussite du défi des cinq ans.

les intervenants. Nous sommes particulièrement fiers et heureux qu'aucun accident grave n'ait été recensé durant l'ensemble des travaux.

Notre-Dame est un monument chargé d'histoire et d'émotion pour les Français. Comment avez-vous géré le fait de devoir rester fidèle à l'édifice tout en apportant des solutions modernes ?

Philippe Jost : L'équilibre s'est construit avec harmonie. Nous avons privilégié l'authenticité des matériaux – le bois de chêne massif pour la flèche et les charpentes, le plomb pour la couverture – ainsi que des savoir-faire traditionnels, en reconstruisant notamment la flèche et les charpentes selon les techniques et méthodes du XIX^e et du XIII^e siècle. En parallèle, nous avons pleinement utilisé les technologies modernes, comme un modèle numérique 3D de la cathédrale et des logiciels de simulation, pour vérifier la solidité des structures et garantir leur fiabilité. Enfin, des innovations contemporaines ont été déployées, notamment un système de brumisation pour la protection incendie, alliant technologie et respect du monument.

Pouvez-vous partager une anecdote ou un moment marquant du chantier qui vous a particulièrement touché ou inspiré ?

Philippe Jost : Les moments marquants ont été nombreux. Je pense notamment à la pose de la dernière pierre de la voûte de la croisée du transept ou aux bouquets

déposés par les charpentiers une fois les charpentes de la flèche, du chœur et de la nef achevées. Ce sont des instants où l'émotion collective était palpable, où chacun a ressenti la fierté d'avoir contribué à quelque chose d'exceptionnel. Mais ce que je retiens surtout, c'est l'unité qui a régné tout au long de cette aventure, marquée par une solidarité et une proximité rares entre les compagnons, les artisans d'art, les architectes, ingénieurs, nos équipes et tous les partenaires impliqués. Je me souviens également de l'instant où les cloches ont sonné pour la première fois après avoir été reposées, ou encore lorsque le grand orgue a retrouvé sa voix. Plus récemment, le grand pot de chantier, où 1 500 compagnons se sont réunis, a été un moment fort, symbolisant cette unité et cette fraternité qui nous ont soudés. Cette unité, cette solidarité et cette passion partagée sont des éléments clés de notre réussite collective.

Que retenez-vous de votre expérience hors du commun ?

Philippe Jost : Cette restauration restera une aventure humaine et professionnelle exceptionnelle. Elle nous rappelle que la France possède des savoir-faire uniques et qu'elle est capable de réaliser de grandes choses. En cette période marquée par le doute, la renaissance de Notre-Dame est à mon sens un symbole d'espoir, d'optimisme et de confiance en l'avenir. Je souhaite que cette expérience donne à chacun l'élan nécessaire pour croire en notre potentiel collectif, pour s'engager et avancer avec énergie et détermination.

+ ENTRETIEN



R. Toussaint © Rebâtir Notre-Dame de Paris

Philippe JOST

Président de l'établissement public
Rebâtir Notre-Dame de Paris

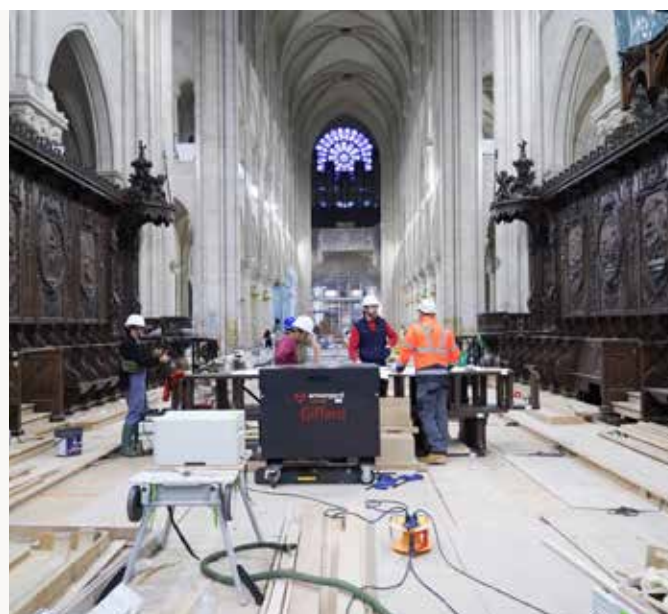
Quel a été votre premier ressenti en rejoignant un projet aussi symbolique que la restauration de Notre-Dame ?

Philippe Jost : Dès le début, j'ai été profondément convaincu de l'urgence et de la grandeur de la tâche. Le drame de l'incendie m'a personnellement touché : je suis né à Paris et ai toujours vécu en Ile-de-France, je suis catholique, cette cathédrale

est donc « ma » cathédrale. J'ai toujours eu un intérêt particulier pour le patrimoine, en témoigne mon parcours à l'École du Louvre en parallèle de mes études d'ingénieur. Contribuer à la renaissance de Notre-Dame de Paris m'a paru une évidence, renforcée par la désignation du général Georgelin, avec qui j'avais déjà eu l'occasion de travailler et que j'ai rejoint dans les tout premiers jours qui ont suivi l'incendie.

Pouvez-vous nous dire quelques mots sur la collaboration avec le groupe setec dans la gestion de ce chantier ?

Philippe Jost : La collaboration avec **setec** a été exemplaire à tous les égards. Dès le départ, la planification, le pilotage et la coordination couplés à une gestion rigoureuse de la logistique du chantier, ont été déterminants pour mener à bien ce





”

Nous avons conçu une fondation superficielle par radier provisoire, afin d'assurer la stabilité de l'échafaudage tout en respectant l'histoire de l'édifice

Marie TARGOSZ

Chef de projets - **terrasol**

La renaissance de Notre-Dame : un véritable défi technique

La reconstruction de cet emblème fort de l'histoire de Paris et de la France a exigé une coordination rigoureuse et le respect de normes strictes. Avec un objectif de cinq ans défini comme impératif, le projet a bénéficié d'une organisation sans précédent. Retenu par l'établissement public pour assurer la mission d'OPC (Ordonnancement, Pilotage et Coordination) sur le chantier de la cathédrale, **setec** a aussi eu pour charge la mission logistique. Pour ce faire, **setec** a mobilisé une équipe d'une quinzaine de personnes et a adopté des méthodes de management de projet innovantes, conformément à la découpe du chantier en sept sous-projets spécifiques pour traiter chaque aspect, de la flèche et de la charpente au nettoyage intérieur et au traitement de la pollution au plomb. « La reconstruction de Notre-Dame a exigé une organisation méthodique et adaptée », explique Philippe Mouton, Directeur de projet chez **setec opency**. « Cette approche a permis de coordonner de façon optimale les différents corps de métier, tout en respectant les



exigences patrimoniales de l'édifice ».

À la suite de l'incendie, **setec lerm**, société d'ingénierie matériaux du groupe **setec**, a été sollicitée pour réaliser notamment des auscultations non destructives sur les pierres des murs gouttereaux de la nef et du transept, des pignons, ainsi qu'une partie des voûtes et des piliers de la cathédrale. Un vrai challenge compte tenu des conditions d'accès restreintes et des délais serrés pour la remise des résultats. Grâce à un radar géophysique miniaturisé monté sur un rover télécommandé, **setec lerm** a réalisé un diagnostic précis sur ces zones fragilisées, sous la direction des architectes en chef des monuments historiques et en collaboration avec le LRMH (Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques).

La situation de la cathédrale au cœur de Paris, et plus précisément sur l'île de la Cité avec une unique entrée et sortie, a également exigé une gestion minutieuse des accès et des flux autour du chantier. Comme le précise Philippe Mouton, « La logistique devait être orchestrée pour ne pas perturber l'activité environnante, ce qui impliquait une organisation méthodique et une adaptation constante aux exigences urbaines. Avec notre cotraitant SICA Logistique, nous avons su coordonner, anticiper et réguler tous les flux du chantier ».

Les contraintes sanitaires liées à la gestion des poussières de plomb ont par ailleurs imposé des mesures de sécurité strictes. Chaque intervention exigeait un protocole de décontamination rigoureux pour garantir la sécurité de tous, un élément fondamental dans la gestion d'un tel chantier d'exception. Parallèlement, **setec** a assuré des reportings multi-niveaux réguliers sur

les avancées réalisées, afin de répondre aux besoins de chaque instance de l'établissement public, maître d'ouvrage, du comité d'audit à la direction des opérations. « Chaque étape devait être documentée avec précision pour garantir la transparence, assurer l'information et maintenir la confiance des parties prenantes », explique Philippe Mouton, soulignant l'importance de cette communication continue pour le bon déroulement du projet. L'un des volets techniques majeurs consistait en outre à assurer les fondations du nouvel échafaudage de la flèche, culminant à près de 100 mètres et pesant environ 700 tonnes, une tâche confiée à **terrasol**, filiale spécialisée en géotechnique de **setec**.

Marie Targosz, cheffe de projet et ingénieure géotechnicienne, explique : « Nous avons conçu une fondation superficielle par radier provisoire, afin d'assurer la stabilité de l'échafaudage tout en respectant l'histoire de l'édifice ». Ce choix technique a permis de préserver les vestiges historiques découverts sous l'édifice et d'assurer une solidité compatible avec les exigences modernes de sécurité, sans compromettre l'intégrité des structures existantes.

Quant au respect du calendrier, aucune flexibilité n'a été permise : « Le planning n'était pas une variable d'ajustement », souligne Philippe Mouton. Des procédures spéciales ont notamment été mises en place pour assurer l'avancement continu des travaux, afin de respecter l'échéance présidentielle de réouverture en décembre 2024. Cette exigence, associée aux impératifs techniques, a orienté chaque décision opérationnelle, en intégrant notamment des solutions novatrices pour respecter les délais.

Flèches d'Alavoine et Saint-Michel : la restauration de deux joyaux du patrimoine

Depuis 2014, **setec** contribue à la restauration de la flèche Alavoine de la cathédrale Notre-Dame de Rouen, chef-d'œuvre néogothique du XIX^e siècle.

Marquée par des cassures et une corrosion avancée, cette structure en fonte de 151 m, l'une des plus hautes d'Europe, nécessite des interventions spécialisées.

Sous la maîtrise d'œuvre de l'Architecte en Chef des Monuments Historiques (ACMH) et la maîtrise d'ouvrage de la DRAC Normandie, **setec** apporte un soutien technique essentiel pour renforcer l'édifice. « Ce chantier exige une grande rigueur pour que les méthodes et matériaux choisis respectent pleinement la structure

historique, tout en lui garantissant sa solidité », explique Sylvie Ezran, Directrice d'études chez **setec tpi**. La modélisation de la structure interne en acier Corten ajoutée dans les années 1970 et réalisée par **setec** permet de vérifier chaque phase de restauration avec précision. Sur la partie basse récemment repeinte, la flèche retrouve déjà son éclat d'origine, suscitant l'émotion de l'équipe. « Voir la structure restaurée, repeinte et mise en valeur a été un moment fort pour tous les intervenants de cette opération », confie Charles Bimier, ingénieur en génie civil chez **setec tpi**.

Actuellement, les travaux se concentrent sur la partie haute, avec une fin de chantier

prévue en 2026. En parallèle, à Bordeaux, **setec organisation** assure une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage et de conduite d'opération pour la restauration de la flèche Saint-Michel, tour-clocher du XV^e siècle de 114 m. L'église Saint-Michel, à laquelle est rattaché le campanile, objet de la restauration, a été classée Monument Historique dès 1846 et est inscrite sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1998 au titre des chemins de Saint-Jacques-de-Compostelle. Depuis 2021, sous la supervision de l'ACMH, ce projet vise à réparer fissures et éléments endommagés par le temps. La fin de cette première partie du chantier est prévue pour 2026.

Une nouvelle ère pour le Viaduc des Rochers Noirs



Construit en 1913 au cœur de la haute Corrèze, le viaduc des Rochers Noirs est une prouesse d'ingénierie.

Suspendu à 80 m au-dessus d'une gorge encaissée, l'ouvrage est rigidifié grâce à un système de type Gisclard à câbles entrecroisés, ce qui permettait autrefois le passage de petits tramways.

Classé Monument Historique en 2000, il a été fermé pendant près de 20 ans avant de reprendre vie grâce à un vaste projet de réhabilitation. Ce chantier, mené par **setec** avec le cabinet d'architectes RL&A, avait pour but de redonner au viaduc son éclat d'origine tout en l'adaptant aux usages modernes. Le défi était de taille : respecter

les contraintes patrimoniales, gérer un accès difficile et des délais serrés. « Ce qui a marqué ce chantier, c'est la nécessité de mobiliser des compétences très spécifiques, tout en assurant une parfaite synchronisation entre les différentes équipes », explique Mathieu Cardin, directeur de l'agence **diadès** Sud-Ouest.

« Nous avons conservé autant que possible les matériaux d'origine, en collaborant avec des artisans spécialisés, pour garantir la préservation de l'authenticité de l'ouvrage », affirme Etienne Combescure, directeur de projet chez **setec tpi**. L'ouvrage remis à neuf a été inauguré selon les délais fixés, lors des Journées du Patrimoine de 2024.

Le pont de Mallemort, un autre symbole de préservation architecturale

Ce pont suspendu multi-travées de 1846 classé aux Monuments Historiques se distingue par son tablier en bois, ses suspentes en fer forgé et ses câbles de briquet. Menée par **tpi** et **diadès** avec le cabinet RL&A, la mission englobe le diagnostic de l'ouvrage et le projet de réhabilitation complète pour le réouvrir aux circulations douces tout en respectant son caractère historique. **terrasol**, **hydratec**, et **setec international** apportent leur expertise pour garantir la stabilité géo-

technique et la sécurité hydraulique du pont, en tenant compte des contraintes liées aux crues de la Durance et aux espèces présentes sur le site. Des analyses approfondies ont notamment permis de déterminer qu'un appui spécifique doit faire l'objet de renforcements ciblés pour assurer la stabilité de l'ouvrage. La mise en valeur de l'ouvrage réhabilité a également fait l'objet d'une mission spécifique de programmation confiée à **setec organisation**.

Ces projets ont permis de développer une méthodologie spécifique d'intervention sur des ouvrages d'art classés Monuments Historiques. Le croisement de l'analyse patrimoniale et de l'analyse sanitaire et technique a orienté les propositions d'intervention élément par élément, de façon à concilier sécurisation des ouvrages et conservation de leur authenticité.

Sixte DOUSSAU, Architecte du Patrimoine, RL&A Architectes

La Fondation Pinault, entre héritage historique et innovation

La transformation de la Bourse de Commerce en musée pour la Fondation Pinault a exigé une coordination précise pour valoriser les structures historiques tout en intégrant des infrastructures modernes. « Ce fut un défi de garantir la stabilité des fondations, d'autant que nous avons dû excaver sous la structure pour permettre l'ajout de niveaux souterrains, en limitant les risques de tassement », explique Antoine Abboud, Directeur du Développement International chez **terrasol**. Lors des travaux de curage, une découverte inattendue a surpris les équipes : une fresque ancienne, cachée derrière des installations techniques a apporté une nouvelle dimension au projet. La forme circulaire du bâtiment a, quant-à-elle, constitué un défi pour la maîtrise d'œuvre, qui a dû réfléchir à une intégration esthétique de la technique, en accord avec la géométrie de l'ouvrage. Parmi les challenges

relevés, l'ajout d'un voile béton au cœur de la structure a répondu à la vision de l'architecte Tadao Ando, en charge de la conception des éléments contemporains du projet, tout en garantissant une réversibilité future. « Nous devons aussi intégrer des éléments de sécurité modernes, tels que les systèmes de désenfumage, tout en les rendant invisibles », ajoute Camille Bertin, chef de projet chez **setec bâtiment**.

Au-delà des aspects techniques, la synergie entre les parties prenantes a également été déterminante. « La communication fluide et l'esprit d'équipe ont permis d'harmoniser les exigences contemporaines, mises en œuvre par l'agence NeM, et patrimoniales en respectant la vision de Pierre-Antoine Gatie, architecte des Monuments Historiques », conclut Romain Doucet, Directeur de Travaux chez **setec bâtiment**.



Conserver sans altérer : l'exemple de l'amphithéâtre d'Arles

À deux pas du lerm, l'amphithéâtre d'Arles illustre parfaitement les défis que setec relève pour préserver le patrimoine. Le lerm a ainsi joué un rôle clé dans la réhabilitation de ce joyau construit au 1er siècle après J.-C., qui reste un lieu vivant, accueillant divers événements culturels. La démarche globale du projet avait pour objectif de "cristalliser l'édifice", selon le concept d'Alain-Charles Perrot, ACMH*, en charge du projet de restauration. Les travaux visaient notamment à garder le monument dans sa configuration actuelle, stopper ou ralentir les processus d'altération, restituer une partie de la galerie antique et restaurer les gradins. Les équipes ont d'abord participé à l'étude préalable pour caractériser les matériaux en œuvre, en identifier les pathologies, puis définir et préconiser les solutions de restauration adaptées : nettoyage, formulation de mortier de réparation ou remplacement par des pierres de substitution. Elles ont également accompagné l'ACMH dans la rédaction des pièces techniques, la validation des protocoles des entreprises de restauration (dessalement, hydrogommage...) et le contrôle des pierres de la carrière de Fontvieille, sélectionnées pour leurs caractéristiques proches de celles d'origine, en remplacement des éléments trop abîmés.



La BnF Richelieu, une rénovation longue et minutieuse

Au terme de 12 ans de projet, le site Richelieu de la BnF a retrouvé sa splendeur d'antan. Longue et minutieuse, la restauration s'est déroulée en maintenant en permanence des activités de l'établissement sur le site. Pour nos équipes, l'enjeu résidait dans l'ordonnancement, le pilotage, la coordination des études et travaux en plusieurs phases, ainsi que la gestion des dépenses communes de chantier. Chaque étape présentait des défis techniques, notamment le déplombage des anciens revêtements et l'adaptation des infrastructures à des technologies modernes, tout en préservant l'authenticité du lieu, classé Monument Historique. Les équipes ont également dû concevoir des installations temporaires pour assurer la continuité des activités pendant les travaux. Un subtil équilibre entre respect du patrimoine et intégration des nouvelles technologies a permis de moderniser les infrastructures en conservant l'aspect historique du site. Au fil du temps, la légende selon laquelle la momie de Cléopâtre serait enfouie sous l'une des cours de la BnF a refait surface. Bien que largement démenti, ce mythe a apporté une touche de mystère à cette aventure patrimoniale et éveillé la curiosité des équipes et des visiteurs tout au long du chantier.



*Architecte en Chef des Monuments Historiques

La transformation du Louvre des Antiquaires en Fondation Cartier



À quelques pas du Palais Royal, le Louvre des Antiquaires, bâtiment emblématique de Paris, se métamorphose pour devenir les futurs espaces de la Fondation Cartier pour l'art contemporain. Sous la direction de l'architecte Jean Nouvel, ce projet ambitieux vise à créer un espace modulable, où l'art et la technologie coexistent harmonieusement.

La mission initiale de **setec** sur ce projet colossal consistait à concevoir les structures et les systèmes de fluides du bâtiment. Cependant en cours de projet, **setec** a été sollicité pour un autre défi technique majeur : la conception de la motorisation des plateformes mobiles. Couvrant un total de

1200 m², ces cinq plateformes ont pour vocation de se déplacer à différentes hauteurs allant jusqu'à 11 m, pour permettre de multiples configurations adaptées aux expositions et autres événements culturels. « Ces planchers peuvent se moduler à l'infini, offrant ainsi une flexibilité essentielle pour répondre aux besoins variés des événements et des artistes », souligne Daniel Abittan, Directeur chez **setec bâtiment**. Pour réaliser cette prouesse, **setec** a mobilisé son expertise technique à travers sa filiale ISM, spécialisée dans les systèmes mécaniques d'éléments mobiles

Un des défis majeurs résidait également dans la gestion du comportement vibratoire des plateformes, soumises à des mouvements de foule importants lors de grands événements comme les concerts.

« Ce point a exigé des études rigoureuses afin de garantir la stabilité et la sécurité des structures », précise Daniel. Cet enjeu a également donné lieu à une thèse universitaire menée par Vincent Baumann, ingénieur chez **setec bâtiment**, en collaboration avec la Fondation Cartier.

Cette recherche visait à mieux comprendre les phénomènes vibratoires impliquant une foule sautant ou se balançant en rythme sur

un plancher relativement souple car élané. Concernant les fluides, il faut également noter le caractère exceptionnel des installations de ventilation et de désenfumage pour traiter l'ensemble de la coque en un unique volume ouvert et faisant appel à l'ingénierie de désenfumage. Au-delà des aspects techniques, ce projet témoigne d'une longue relation de confiance entre **setec** et la Fondation Cartier, issue de plusieurs collaborations fructueuses par le passé.

« Nous entretenons un lien de confiance avec le client, et ce projet en est une continuité naturelle »

confie **Daniel Abittan,**
Directeur - **setec bâtiment**.

Ce nouveau siège incarne un véritable tournant pour la Fondation Cartier. En conjuguant audace architecturale et respect du patrimoine, il ouvre un nouveau chapitre où l'art contemporain pourra s'exprimer dans un espace flexible et innovant, tout en perpétuant l'héritage culturel du lieu.

La livraison du bâtiment est prévue pour mars 2025, avec une ouverture complète de la Fondation fin 2025.

Château de Villers-Cotterêts : du Monument Historique à la Cité de la Langue Française



La restauration du château de Villers-Cotterêts représente une étape marquante dans la préservation du patrimoine français.

Après quatre années de travaux, ce lieu historique a été transformé en Cité internationale de la langue française, un projet qui allie la valorisation du patrimoine à la création d'un espace culturel vivant.

setec, à travers sa filiale **setec opency**, a été mandaté aux côtés d'Olivier Weets ACMH pour assurer l'OPC (Ordonnancement, Pilotage et Coordination) de la phase finale des travaux. Intervenant en renfort au cours des derniers mois du chantier, l'équipe a en effet supervisé cette phase cruciale pour garantir le bon déroulement des travaux et le respect

des délais de livraison.

Grâce à une méthode rigoureuse, incluant notamment le lean construction, l'équipe a pu assurer la coordination des entreprises sur site. Ce travail a notamment porté sur la mise en place des dispositifs nécessaires à l'ouverture du parcours interactif, avec 15 salles et 62 installations numériques destinées à accueillir les premiers visiteurs. Ce projet n'avait pas seulement pour objectif de restaurer un monument historique, mais aussi de le transformer en un lieu d'échanges culturels. La Cité de Villers-Cotterêts, avec son programme varié d'expositions et de spectacles, incarne désormais un point de rencontre entre histoire et modernité.





Maître d'ouvrage :
Clermont Auvergne Métropole

Architectes :
Stanton Williams Limited
(mandataire), Marcillon Thuilier
Architectes, Covalence, architectes
du patrimoine

Galerie des donateurs et ses voûtes renforcées le temps des travaux préparatoires – avant interventions principales. © Maxime Dionnet - Chef de projet setec organisation

La métamorphose d'un emblème de l'Histoire clermontoise

Au cœur de Clermont-Ferrand, l'Hôtel-Dieu se prépare à une nouvelle vie. Cet ancien hôpital bien connu des Clermontois deviendra une bibliothèque métropolitaine en 2026. Un projet piloté en Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) par setec organisation, en étroite collaboration avec Clermont Auvergne Métropole.

« Il s'agit d'un lieu emblématique, chaque Clermontois a un lien personnel avec cet endroit », explique Julia Hysen, Directrice de mission chez **setec organisation**.

Mêlant réhabilitation et construction neuve, cette transformation s'annonce ambitieuse. Préserver le patrimoine tout en intégrant des espaces modernes représente un défi de taille.

« Nous devons constamment trouver un équilibre entre les exigences architecturales de l'ancien bâtiment et les contraintes techniques de la nouvelle extension », explique Julia. « Cela nécessite une coordination étroite entre les architectes du patrimoine, les équipes de chantier et les

autorités locales, avec une implication constante de la Drac dès les premières étapes pour assurer le respect des exigences liées à la préservation patrimoniale ». Des fouilles archéologiques, incontournables sur ce site chargé d'histoire, ont notamment révélé des vestiges gallo-romains. « Tomber sur des trésors archéologiques fait aussi partie de la richesse du projet », note Julia.

En raison de la présence de sols volcaniques et des cavités souterraines, le chantier a nécessité des solutions techniques innovantes, comme l'intervention de spéléologues pour cartographier et sécuriser ces cavités. « C'est un projet titanesque, mais l'équipe est soudée et engagée depuis le début, et cela fait toute la différence », insiste Julia.

Alors que l'ancien hôpital poursuit sa transformation, **setec** se mobilise pleinement pour assurer la réussite de cette métamorphose. L'Hôtel-Dieu deviendra bien plus qu'une simple bibliothèque, le site accueillera un jardin, des espaces d'exposition ainsi que des pôles thématiques et d'accueil des publics. Un véritable espace vivant, où patrimoine et modernité s'uniront pour le plaisir des Clermontois.

Rénover le Musée de la Marine en alliant technique et esprit d'équipe

Situé au cœur de Paris, le Musée de la Marine a fait l'objet d'une profonde rénovation pour moderniser ses espaces d'exposition tout en respectant son héritage historique. Ce chantier a mobilisé des expertises variées au sein de setec. À chaque étape, écoute et coordination ont permis de relever les nombreux défis que comportait ce projet d'envergure.

Les premières interventions ont été confiées à **terrasol**, chargé d'évaluer la capacité des fondations historiques à supporter les nouvelles charges. « Travailler sur un bâtiment aussi ancien exige de prendre des précautions particulières. Nous avons dû croiser nos analyses avec des données d'archives pour limiter les interventions et éviter les mauvaises surprises liées aux sols », explique Olivier Payant, Responsable d'équipe. Ce diagnostic a permis de vérifier la stabilité des fondations avant d'enclencher les autres opérations.

setec organisation a ensuite été mandaté pour auditer le projet et planifier la réinstallation des collections. « Notre approche a autant reposé sur la pédagogie que sur l'écoute des besoins spécifiques de chaque acteur », souligne Agathe Ségard, chef de projet. Au-delà des enjeux techniques, l'aspect humain a effectivement été primordial pour maintenir une dynamique positive entre les intervenants.

Enfin dans les phases finales, **setec opency** a pris en charge la coordination des sous-opérations, assurant ainsi une gestion fluide de l'avancement des travaux jusqu'à la réouverture du musée. À chaque étape, les équipes ont apporté leur expertise spécifique et relevé les défis techniques tout en veillant à une collaboration harmonieuse. Cette orchestration, à la fois précise et attentive, permet aujourd'hui au Musée de la Marine de poursuivre son histoire en accueillant à nouveau des visiteurs depuis fin 2023.



Boukhara : un master plan pour préserver l'héritage de la ville

En Ouzbékistan, la ville historique de Boukhara, inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO, fait face à un défi majeur : préserver son riche patrimoine et réactiver son centre historique tout en modernisant ses infrastructures. setec participe à l'élaboration du master plan de la ville, un projet visant à harmoniser conservation et développement.

Le master plan de Boukhara a pour objectif de garantir la préservation des monuments historiques, tout en veillant à ce que la ville ancienne reste attractive pour ses habitants. Ce plan prend en compte des enjeux aussi divers que l'attractivité touristique, la programmation urbaine, le paysage, et

la rénovation des espaces publics et des infrastructures urbaines (transports et mobilité, réseaux techniques). Boukhara, avec son centre médiéval quasi intact, est un véritable joyau. « Ce projet permet de réactiver la ville à travers une stratégie d'aménagement et de modernisation des infrastructures », explique Bernard Quénée, directeur de la préservation du patrimoine chez **setec consultants**.

L'enjeu principal de ce master plan est d'éviter que Boukhara ne se transforme en un simple musée pour touristes. « Nous voulons préserver un centre-ville patrimonial vivant. Il est essentiel qu'il reste habité et dynamique », précise Karim Aït-Ali, directeur de département chez **setec**

organisation. Le projet s'articule autour de plusieurs objectifs clés : protéger le centre historique, assurer une cohérence fonctionnelle et paysagère entre les quartiers modernes et historiques et renforcer les infrastructures tout en intégrant des solutions durables.

setec, aux côtés des agences Wilmotte, Deloitte, IPR, RCH et d'autres, est par ailleurs chargée d'apporter son expertise matériaux pour le diagnostic d'état des 136 monuments classés au patrimoine mondial par l'Unesco, notamment sur leur valeur patrimoniale et leur état de conservation. Le projet a également un impact direct sur l'environnement et la qualité de vie des habitants. « Nous cherchons à réduire la dépendance à la voiture, source de pollution mais également de ségrégation entre le centre médiéval et la ville moderne, en favorisant les transports en commun et les mobilités douces », souligne Karim Aït-Ali. Le système hydraulique de canaux et bassins historiques est réactivé ou remis en valeur, améliorant ainsi la gestion de l'eau et créant des espaces de fraîcheur indispensables dans cette région aride. En facilitant l'accès au centre, en réactivant les équipements et en encourageant les activités artisanales, le projet ambitionne de maintenir une connexion forte entre les quartiers modernes et historiques de Boukhara. Le master plan de Boukhara est bien plus qu'un simple projet de conservation.

Il s'agit d'une véritable stratégie de transformation urbaine qui vise à garantir un équilibre entre la ville du quotidien et la ville-patrimoine, en améliorant la qualité de vie des habitants et en valorisant l'histoire de la ville.



Le musée d'Ipiranga, restauration d'un bâtiment historique symbolique

Le musée Paulista, plus connu sous le nom de musée d'Ipiranga, a été inauguré le 7 septembre 1895, à l'occasion de l'anniversaire de l'indépendance du Brésil. Il s'agit du premier musée public de l'État de São Paulo et quatrième musée le plus ancien du Brésil, dont la collection est inscrite au patrimoine fédéral brésilien depuis avril 1938. L'ensemble du parc de l'Indépendance, la place des monuments, les jardins, les bois et le musée ont également été classés comme sites du patrimoine fédéral en 1999.

Le musée a fermé ses portes pendant neuf ans. Il a réouvert le 7 septembre 2022, pour commémorer le bicentenaire de l'indépendance brésilienne. Les équipes de **setec** ont été chargées par la FUSP (Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo) de gérer la modernisation et restauration du bâtiment historique. La surface totale du projet est de 16 260 m², dont 8 351 m² restaurés et 7 908 m² agrandis.



L'objectif était notamment que le bâtiment historique réponde aux normes actuelles d'accessibilité, peu répandues encore au Brésil. Un auditorium de 200 places ainsi que des salles de classe ont été installées, le musée étant également une institution universitaire, ainsi que de nouveaux espaces d'exposition pour accueillir la collection unique au Brésil de plus de 125 000 pièces. La réouverture et rénovation du Musée d'Ipiranga était un véritable défi pour le

pays. L'expansion urbaine incontrôlée, la bureaucratie liée à l'obtention des permis de restauration, les catastrophes environnementales et les incendies, comme celui du Musée national en 2018, restent des obstacles à la préservation du patrimoine historique au Brésil, qui a besoin de toute urgence d'une plus grande priorité politique, d'investissements et d'une participation active de la société. Ce projet a néanmoins revitalisé le tourisme culturel de São Paulo et de tout le pays.

Le musée national de Rio renaît de ses cendres

Le Paço de São Cristóvão (Palais de Saint-Christophe), siège des empires portugais (1808 à 1821) et brésilien (1822 à 1889), abrite depuis 1892 le Musée national de Rio. Premier musée du Brésil et plus ancienne institution de recherche et d'enseignement des sciences naturelles et de l'anthropologie, le musée a subi un incendie majeur en septembre 2018, qui, en plus de causer de graves dommages a détruit une grande partie de la collection. Le bâtiment fut également très endommagé ; le retentissement de cet incident dans le pays et à l'étranger fut immense, en raison de l'importance culturelle du Musée. La restauration du musée a rencontré différents obstacles. La pandémie mondiale de 2020, la complexité des relations institutionnelles et des restrictions en matière d'obtention et de gestion des ressources au Brésil sont autant d'obstacles qui ont freiné l'avancée de ce projet clé pour le patrimoine et l'histoire du pays.

Le chantier de reconstruction a démarré en 2021, avec pour objectif une réouverture partielle courant 2026 et l'achèvement complet des travaux en 2028. L'objectif est de restaurer et moderniser le Musée, afin de répondre aux normes actuelles de sécurité, confort et accessibilité. Le défi pour les équipes de **setec**, chargées de gérer les projets architecturaux et complémentaires (44 projets et consultations) était de consolider au plus vite les vestiges les plus fragiles, et réunir les nombreuses équipes chargées de résoudre les questions conceptuelles, patrimoniales, environnementales, juridiques et techniques. L'incendie a certes détruit le bâtiment, mais a également révélé des informations sur sa construction initiale. Au terme de la restauration, les futurs visiteurs pourront découvrir un musée plus moderne et sécurisé mais dans lequel la trace du passé a été préservée, afin de conserver la valeur patrimoniale de ce lieu culturel majeur en Amérique Latine.

Partie 2

PRÉSERVER, MODERNISER OU TRANSFORMER

LE PATRIMOINE HISTORIQUE

... TABLE RONDE

Bertrand Lemoine
Architecte, ingénieur,
historien

Michel Kahan
Président
setec

Etienne Combescure
Ingénieur
setec tpi

Matteo Banchi
Directeur du développement
et de la communication
setec bâtiment

Mélanie Beaugelin
Directrice générale
setec lerm

Sylvie Ezran
Directrice de projets
Génie Civil
setec tpi

Christophe Raulet
Directeur général
setec diadès

Bernard Quénée
Directeur de la préservation
du patrimoine
setec consultants



Les enjeux de l'ingénierie

Bertrand Lemoine est architecte, ingénieur et historien, spécialiste de l'histoire et l'actualité de l'architecture, de la ville et de la construction. Nos experts des sujets patrimoniaux, accompagnés par notre Président Michel Kahan, ont pu échanger avec lui lors d'une table ronde sur les différentes questions liées à l'étude, l'importance et la préservation du patrimoine bâti. Un débat riche, qui touche à de nombreuses thématiques, telles que l'usage des matériaux, la transformation d'usage ou encore l'écoconception... Compte-rendu.

Le Patrimoine, une réflexion à plusieurs dimensions

Michel Kahan : « Entretenir et valoriser l'existant, concevoir le patrimoine de demain » : telle est la thématique que nous avons décidé d'explorer dans ce nouveau Magazine **setec**. S'interroger sur le patrimoine ouvre trois axes : étudier les éléments essentiels du patrimoine historique passé, préserver ou transformer l'usage de ce patrimoine ancien et enfin y insérer une certaine forme de modernité, pour préparer l'avenir. Lorsque nous avons commencé à travailler sur les Gares du Grand Paris, la Ministre de la Culture de l'époque avait fait cette allocution : « Vous êtes en train de construire des gares pour 100, 120, 150 ans. Dans 150 ans, vous ne serez peut-être pas

nommément mentionnés, mais les bâtiments, eux, seront toujours là. » Comment préparer ce patrimoine du futur ? Ce qui est considéré aujourd'hui comme une évidente modernité sera-t-il apte à résister à l'usure du temps et à l'évolution des normes d'exigence ? Autant de sujets sur lesquels nous vous proposons d'échanger ce jour.

Bertrand Lemoine : Le patrimoine est un vaste sujet. Il y a même une certaine contradiction dans cette notion, car elle évoque souvent le passé, or le patrimoine se construit aussi maintenant et pour plus tard. Les ingénieurs sont dans l'action de concevoir, de construire, de transformer, ils ont donc une vision plus immédiate, voire un peu prospective. Lorsqu'un ouvrage d'art est conçu, il n'est pas pensé comme



”

Le patrimoine mérite d'être reconsidéré comme quelque chose dont on a hérité, que l'on possède et qui sera encore là dans 100 ans. Cela court donc sur l'ensemble de la chronologie. En ce sens, tout est patrimoine.

Bertrand LEMOINE
Architecte, historien,
ingénieur

« patrimoine », mais comme une construction qui va avoir une certaine utilité. Néanmoins, ces ouvrages d'art s'inscrivent dans une dimension de pérennité qui rejoint la dimension de durée associée au patrimoine. Je trouve très intéressant que **setec** s'intéresse à ces questions de patrimoine, qui sont très actuelles aujourd'hui au 21^{ème} siècle, avec cette tendance du développement durable, qui induit la notion de faire exister, faire durer. La notion de patrimoine commence à être mieux appréciée aujourd'hui, notamment celle des ouvrages d'art, grâce au contexte intellectuel et au patrimoine mondial classé à l'Unesco.

De patrimoine bâti à patrimoine mondial classé par l'Unesco

Michel Kahan : Qu'est-ce que cela implique de déclarer un bâtiment patrimoine mondial classé à l'Unesco ?

Bertrand Lemoine : Il y a à peu près 1230 sites classés, dans différentes catégories. Pour cela, le site doit répondre à ces critères : posséder une valeur universelle et exceptionnelle, qui doit être démontrée. La procédure prend 10 ans et doit être portée par un pays, avant d'être proposée à l'Unesco. Cela apporte une reconnaissance pour les territoires concernés et un bénéfice touristique, assortis de garanties pour protéger sur la durée le patrimoine classé et faire en sorte qu'il ne soit pas dénaturé.

Le patrimoine, une notion globale

Bertrand Lemoine : Il faudrait selon moi ajouter l'histoire de la valeur patrimoniale dans la formation des ingénieurs, pour mieux appréhender les méthodes de conception initiale. Le patrimoine a une dimension multiple : il n'est pas seulement esthétique, il est social, technique, culturel, économique... il s'agit d'une entité globale. C'est la compréhension de la valeur d'un objet maintenant et de la valeur qu'il pourra avoir plus tard. Au 21^{ème} siècle, nous pensons plus à la revalorisation, à la réadaptation de ce qui existe. Comprendre l'histoire d'une construction permet d'en connaître ses limites. Cela n'est pas encore totalement répandu dans nos cultures.

Matteo Banchi : Je pense qu'il y a quand même une contrainte supplémentaire, qui est la préservation des ressources ou le bilan carbone de l'opération. Aujourd'hui chez **setec**, on nous demande plus de rénover, transformer que de raser et reconstruire. Nous ne faisons quasiment plus de constructions neuves.

Bertrand Lemoine : Effectivement la bonne philosophie à adopter est : que faire avec l'existant, comment l'adapter ? Mais cette finesse d'approche n'est pas encore automatique. De nouvelles questions surgissent sur l'utilisation des matériaux, mais assez lentement. Nous n'avons pas encore les outils, y compris à l'échelle de l'aménagement des territoires. Une

certaine réglementation a besoin de plus de souplesse et de compréhension des mécanismes sous-jacents dans la construction. Mais cela évolue et la valeur patrimoniale des grands bâtiments commence à être perçue.

Michel Kahan : Pensez-vous que c'est une question de modèle économique ou de volonté politique, de philosophie de l'organisme ?

Bertrand Lemoine : Ces deux raisons s'entremêlent. Aujourd'hui, les promoteurs veulent avoir de grandes opérations, pensant que cela leur apportera une économie d'échelle ; or dans le domaine du bâtiment, c'est faux. Certains bâtiments commencent à être conçus en pensant directement à leur transformation d'usage, comme une partie du Village des athlètes pour les Jeux Olympiques. Prévoir le changement d'usage en amont rejoint la question patrimoniale, c'est prévoir que ce bâtiment va s'inscrire dans une durée. Il va pouvoir acquérir cette valeur patrimoniale que lui confère aussi le temps.

Les matériaux et la maintenance, éléments clefs de la durabilité des ouvrages

Mélanie Beaugelin : Mais combien de temps ? Car lorsque nous avons contribué à la construction du pont Vasco de Gama, par exemple, nous devons accompagner la formulation des bétons, afin que l'ouvrage serve 120 ans. Ce pont fait partie du patrimoine, en tous cas il s'inscrit dans le paysage de Lisbonne. Le pont Vasco de Gama a été un des premiers à essayer de se projeter sur une aussi longue durée. Mais cette durée de vie est prévue dans un certain cadre d'exploitation et ne veut pas dire que l'ouvrage ne peut pas continuer à servir après 120 ans.

Christophe Raulet : Sur des ouvrages comme celui-ci, sur lequel une approche matériau a été prévue à la conception et pour lequel un suivi durabilité est engagé, il s'agit forcément d'une conception plus durable. Peut-on dire qu'on prépare mieux le patrimoine de demain de cette façon ?

Bertrand Lemoine : Anticiper la sphère de la durée longue n'est pas complètement nouveau. Un règlement sur la construction métallique concernant les ponts existe depuis 1906 et prévoyait une durée de 100 ans pour les ouvrages ferroviaires métalliques. Pourtant, un certain nombre sont toujours en service. Il y a donc bien une notion de durée prise en compte

dès le départ, même si elle est implicite pour les bâtiments, conçus dans une perspective d'exploitation avec des contraintes. De fait, nous nous apercevons que beaucoup de choses durent plus longtemps que la durée prévue initialement. Les durées d'anticipation actuelles, par exemple 100 ans pour les ouvrages d'art, nous savons qu'elles seront probablement dépassées à condition, évidemment, qu'il y ait une maintenance effective.

Bernard Quénée : Je l'ai constaté sur le site de Boukhara, lors de l'expertise des monuments classés par l'Unesco. Nous nous sommes retrouvés face à des bâtiments qui avaient plusieurs siècles, et qui étaient toujours en bon état. Le matériau utilisé n'était pas très durable en soi, il s'agit de briques vraiment très communes, mais la coutume avait été prise de renouveler au fil du temps les briques endommagées. Cela coûtait moins cher, et en consolidant et renforçant ainsi les monuments au fur et à mesure, ils sont restés conformes à l'image initiale, tout en s'actualisant grâce aux matériaux. Il y a un glissement progressif, mais finalement, c'est le matériau qui devient le fusible.

Bertrand Lemoine : C'est un bon exemple, la notion de continuité est importante dans la



Prolonger les ouvrages au-delà de la durée initialement prévue rejoint la notion de temps associée à la valeur patrimoniale.

Christophe RAULET
Directeur général
setec diadès

+ BIOGRAPHIE

Bertrand Lemoine est architecte DPLG, ingénieur diplômé de l'École polytechnique et de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, et titulaire d'un doctorat de III^e cycle de l'Université de Paris-Sorbonne en Histoire de Paris.

Il est directeur de recherche honoraire au CNRS et a été directeur général de l'Atelier International du Grand Paris et président de l'Académie d'Architecture. C'est un spécialiste de l'histoire et de l'actualité de l'architecture, de la construction, des grands travaux, de la ville et du patrimoine aux 19^e et 20^e siècles, en particulier de Paris et du



Grand Paris. Il est l'auteur d'une quarantaine d'ouvrages sur ces thèmes (derniers parus : Une histoire des gares en France, Archibooks, 2022, Gustave Eiffel, une vie monumentale, Éditions du Signe, 2023, Charles Marville, 1813-1879, du pinceau à la chambre noire, Presses des Ponts, 2024). Il est actuellement consultant sur les questions architecturales, urbaines, numériques et énergétiques et président du comité Construction & Beaux-Arts de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.



L'écoconception n'est pas forcément uniquement liée à la frugalité des ressources dans la construction.

Mélanie BEAUGELIN
Directrice générale
setec lerm

thématique patrimoniale. On peut évoquer la tour Eiffel également. Beaucoup se demandent combien de temps ce monument va tenir à l'identique ? La bonne nouvelle est qu'il est possible de changer toutes les pièces une par une, sans modifier l'aspect global. Il suffira de remettre des rivets et non des boulons. Elle pourra donc être renforcée au fur et à mesure, sans changer d'aspect.

Sylvie Ezran : Il y a quand même un sujet de maintenance, sur la Tour Eiffel, comme sur d'autres ouvrages. Pour la décaper totalement, il faudra très certainement un jour la fermer au public, et cela pose un problème pour l'exploitation. Concernant la tour Eiffel, il existe un modèle de calcul réalisé par le Cetim, calibré avec des mesures, et avec lequel toute intervention sur la structure est vérifiée.

L'écoconception : comment préparer le patrimoine du futur

Etienne Combescure : Ce sujet pose également la question de la redondance. S'il est possible de remplacer les petites pièces de la Tour Eiffel une par une cela signifie que cette action ne nuit a priori pas à la stabilité d'ensemble et qu'il doit y avoir une certaine forme de redondance. Il y a certains ouvrages pour lesquels le

remplacement pièce par pièce n'est pas possible car la structure manque de redondance. Cela peut fragiliser la durabilité d'un ouvrage. J'anticipe un peu la question : « comment préparer le patrimoine du futur » : la réponse serait, peut-être en intégrant de la redondance dans les dimensions dès la phase de conception ?

Sylvie Ezran : Ce serait néanmoins contradictoire avec l'écoconception, qui prône la diminution des quantités et leur optimisation.

Mélanie Beaugelin : Tout dépend ce que l'on entend par l'écoconception. Est-ce que le concevoir durable concerne uniquement la quantité ou le type de matériaux utilisés ?

Est-ce uniquement limiter l'utilisation des ressources ou est-ce aussi s'assurer que l'on préserve la durabilité dans le temps ? Puisque plus un ouvrage, quel qu'il soit, bâtiment ou autre, peut être exploité dans le temps et plus finalement, nous préservons des ressources, est-ce qu'il ne vaudrait pas mieux, parfois, en utiliser un peu plus au début pour en utiliser moins plus tard ?

Christophe Raulet : Ne peut-on pas considérer que la redondance est une hypothèse de base dans l'écoconception, comme il y aura forcément une nécessité de changement dans le temps ? Si les 100 ans de durée de vie sont de la théorie et qu'il est possible d'aller plus loin dans une notion de durabilité extrême, l'écoconception peut être le postulat de base.

La transformation d'usage, une des clés pour penser la ville autrement ?

Matteo Banchi : Oui bien sûr et dans le domaine du bâtiment la clé consiste à éviter l'hyper spécialisation des espaces. Si la transformation d'usage n'est pas admise dès la conception, les bâtiments auront une durabilité moindre. Dans les bâtiments haussmanniens par exemple, la trame et la profondeur des corps bâtis permettent l'adaptation des pièces à différentes fonctions. Dans beaucoup de bâtiments modernes, chaque chose a une fonction et une place prédéfinie, on ne peut pas les transformer. Mais les changements des styles de vie, notamment avec le télétravail, font qu'on se pose de plus en plus la question de l'évolution d'usage et on voit que les bureaux prennent une ambiance de plus en plus « domestique » et inversement.

Bertrand Lemoine : L'immeuble haussmannien est un très bon exemple de résilience, au niveau



de l'adaptabilité des structures et même au niveau thermique. Tout le confort moderne a pu s'inscrire dans ces immeubles pourtant construits il y a 150 ans, sans les dénaturer, en conservant leur valeur patrimoniale, d'usage et financière.

Aujourd'hui, nous avons une échelle de temps beaucoup plus large, des exigences qui viennent parfois en contradiction avec les impératifs de durabilité, de transformabilité, au sens de développement durable et d'écoconception. Il faut créer une pensée de la ville différente et proposer des types de construction dans une perspective de résilience intrinsèque. Peut-être que **setec**, avec sa capacité d'innovation et d'expertise dans des domaines variés, pourrait infléchir ceci, dans la manière de concevoir. Il faut expérimenter, proposer.

Les matériaux, du passé au futur, une valeur indéniable

Bernard Quénée : J'aimerais revenir sur la question des matériaux, et leur importance dans la pérennité des constructions. Les bâtis anciens nous apprennent aussi qu'à l'époque on construisait avec des matériaux locaux. Dans les montagnes, on construisait des chalets ; dans les régions sans forêt, on construisait en pierre. Il est important de revenir au bon

matériau dans sa bonne région. Cela peut tourner à l'hérésie de construire avec des matériaux d'origine trop lointaine.

Mélanie Beaugelin : Il faut prendre la réflexion dans sa globalité et à l'échelle du projet, du territoire. Certains matériaux conviennent à un endroit, comme la terre crue, mais dans d'autres localisations, elle ne sera pas pertinente. Cette réflexion s'est un peu perdue alors que dans certaines régions du monde, elle est restée.

Matteo Banchi : Paradoxalement les matériaux du futur dans le bâtiment sont le bois, la terre crue et la pierre qui ont fait l'objet de beaucoup de réflexions ces dernières années.

Bertrand Lemoine : La pierre et la terre crue sont intéressantes mais dans des conditions d'exploitation locales, sinon cela n'a pas beaucoup de sens. La réflexion sur le patrimoine ne nous mène pas uniquement à des questions sur la préservation, mais également à des questions très concrètes sur le matériau, la construction...

Créer, concevoir en prenant en compte la future valeur patrimoniale met ainsi en jeu de nombreuses autres questions, mais notamment le fait de s'inscrire dans une perspective plus durable et plus éco-compatible.

Le drame de l'incendie de Notre-Dame de Paris a eu au moins le mérite de nous faire prendre conscience collectivement de la valeur de notre patrimoine bâti et des savoir-faire associés

Bernard QUÉNÉE
Directeur de la préservation
du patrimoine
setec consultants

Le patrimoine ferroviaire et industriel qu'on réhabilite, valorise ou transforme

La transformation du patrimoine ferroviaire ou industriel constitue une aventure riche en défis, où l'histoire et la modernité se rencontrent. À Bordeaux, Paris ou Arles, des lieux emblématiques comme la Grande Halle de la gare Saint-Jean, les anciens entrepôts Mac Donald ou encore les anciens ateliers ferroviaires de la SNCF, métamorphosés en Fondation Luma, illustrent la volonté de **setec** de conjuguer préservation patrimoniale et adaptation aux besoins contemporains.

La Grande Halle de la gare de Bordeaux



Imposante structure métallique classée au patrimoine, la Grande Halle Voyageurs de Bordeaux Saint-Jean a fait l'objet d'une rénovation ambitieuse, visant à préserver sa valeur historique tout en assurant la continuité de son usage.

Construite en 1898, cette halle de 300 m de longueur est la plus grande verrière ferroviaire d'Europe et joue un rôle clé dans le fonctionnement de la gare, en accueillant des millions de voyageurs par an. Entre 2012 et 2018, le groupement **setec tpi** mandataire et **setec ferroviaire** cotraitant a piloté la coordination et l'exécution des travaux, qui ont inclus la restauration de la charpente, la mise à jour des accès et la rénovation de la toiture, tout en préservant les caractéristiques architecturales emblématiques de la structure. Dans un contexte technique particulièrement exigeant, les équipes ont fait face aux contraintes du plomb présent dans les peintures et de l'amiante présente dans les mastics des vitrages. Pour éviter tout risque de contamination, un confinement strict a été mis en place, avec des zones de travail totalement cloisonnées. L'installation d'un échafaudage couvrant l'intégralité de la halle a permis de mener les opérations sans interrompre le trafic ferroviaire, un véritable défi dans une gare maintenue en exploitation. Entre les besoins de renforcement structurel, de remplacement de la couverture et d'actualisation des systèmes de protection, cette réhabilitation s'est aussi attachée à préserver l'esthétique et l'authenticité de l'ouvrage, pour valoriser la beauté de cet emblème bordelais.

Les anciens entrepôts Macdonald

Édifiés en 1970 dans le 19^e arrondissement de Paris, les entrepôts Macdonald s'étendent sur 617 m de long et 80 m de large. Leur reconversion en un complexe mixte, intégrant logements, bureaux, commerces et équipements publics a représenté un défi d'ingénierie majeur, tant sur le plan technique qu'organisationnel. Igor Mantoux, Directeur de projets chez **setec bâtiment**, résume : « L'un des principaux défis a été d'adapter l'ancienne structure pour qu'elle puisse supporter de nouvelles constructions ».

Les équipes de **setec** ont d'abord entrepris des renforcements massifs des fondations et infrastructures existantes, créant des niveaux intermédiaires dédiés aux parkings souterrains. Une méthode d'observation innovante a également été mise en œuvre pour surveiller la stabilité de la structure, avec des capteurs de déformations avancées installés pour un contrôle en temps réel tout au long des travaux.

De nouveaux noyaux techniques verticaux et un plancher complexe de transfert permettent de supporter et d'irriguer les nouveaux programmes de construction. « Travailler sur un ouvrage de cette envergure, avec une telle densité d'intervenants, demande une vigilance constante et une communication irréprochable », ajoute Igor. Pour répondre à ce défi, **setec** a orchestré la coordination entre les différents partenaires, des architectes aux bureaux de contrôle, assurant ainsi une collaboration efficace et une sécurité optimale sur un site en pleine transformation urbaine.



Fondation Luma : un chantier entre art et architecture

À Arles, la Fondation Luma incarne une vision audacieuse du patrimoine, alliant une architecture avant-gardiste et des espaces dédiés à l'art contemporain.

Ce chantier d'envergure, pris en charge par **setec bâtiment** afin d'assurer la direction de l'exécution des travaux, a représenté un défi exceptionnel, nécessitant flexibilité et précision. Dans un contexte de création en constante évolution, **setec** a supervisé les travaux avec rigueur, en coordonnant de nombreux intervenants et en intégrant les œuvres d'artistes contemporains de renom comme Philippe Parreno ou Olafur Eliasson,

dont les installations ont été conçues progressivement, au fil de l'avancée du chantier. Ce projet imposait des ajustements permanents pour adapter les espaces à des créations artistiques inédites, tout en respectant des choix architecturaux uniques, comme la tour dont la façade est composée de 11 000 blocs en acier inoxydable. Trouver un équilibre entre les besoins évolutifs des artistes et les contraintes techniques relevait d'une ingénierie de haute précision. Aujourd'hui, l'édifice s'impose comme un repère emblématique dans le paysage d'Arles, au carrefour de l'innovation artistique et patrimoniale.



Zoom sur... setec et le Programme National Ponts



Les catastrophes survenues ces dernières années et « l'abandon » progressif de la gestion des ouvrages communaux ont révélé la vulnérabilité de certaines infrastructures, incitant l'État à lancer le Programme National Ponts.

Ce programme ambitieux vise à soutenir, sur la base du volontariat, les communes françaises à faible potentiel fiscal, souvent dépourvues de ressources, dans le recensement et l'entretien de leurs ouvrages d'art. Mandaté par le CEREMA, **diadès** a mobilisé ses équipes pour cette mission en Auvergne-Rhône-Alpes et en région PACA. « Coordonner nos équipes sur un territoire aussi vaste, avec des délais serrés, a été un véritable challenge », confie Aurélien Berthier, responsable du pôle « inspections & diagnostics » de l'agence Rhône Alpes.

Sur les deux campagnes de recensement réalisées respectivement en 2021 et 2023, 3 550 ouvrages d'art ont été recensés, dont 2000 ponts et 1550 murs de soutènement. Les ouvrages les plus critiques ou aux dimensions importantes ont nécessité des inspections détaillées, entraînant de nouveaux défis liés à l'accès difficile de certains sites. Jonathan Rible, responsable du pôle « inspections & diagnostics » de l'agence Sud-Est, ajoute : « Il a fallu collaborer étroitement avec les communes pour identifier et mieux comprendre l'état des ouvrages dont ils ont réellement la responsabilité ». Ce travail de terrain a non seulement permis de sécuriser les infrastructures, mais aussi d'éveiller les consciences sur l'importance de préserver ce patrimoine commun, essentiel à la vie locale, et parfois doté d'une véritable valeur historique.

La sauvegarde de la sucrerie d'Eppeville



Bâtie en 1922 par l'architecte Georges Lisch, le bâtiment principal de la sucrerie d'Eppeville a été inscrit aux Monuments Historiques en 2021, le sauvant ainsi de la démolition.

Ce bâtiment alliant fermes métalliques et remplissages en briques en façade se distingue en effet par son architecture Art-déco. Sous la direction de l'Architecte en Chef des Monuments Historiques (ACMH), **setec tpi** a réalisé un diagnostic du bâtiment pour étudier sa restauration. Le projet a exigé une gestion habile des divergences d'intérêts entre l'entreprise Saint-Louis Sucre, propriétaire du site, qui n'était pas en faveur de la conservation du bâtiment, et les autorités locales, qui souhaitaient le préserver pour sa valeur patrimoniale. **setec tpi** ainsi a dû gérer les urgences structurelles dans ce contexte, en déterminant les réparations et stabilisations d'urgence du bâtiment, pour assurer la préservation de son intégrité architecturale.

La coordination avec l'ACMH, les cordistes ou encore les laboratoires a été cruciale pour adapter les interventions en fonction des conditions du site. Cette initiative de préservation a non seulement garanti la sécurité du bâtiment mais a également jeté les bases pour son utilisation et son appréciation futures, en assurant que la sucrerie puisse témoigner de la richesse de notre patrimoine industriel.



Christophe Raulet,
Directeur général, diadès

Le patrimoine bâti et nos ouvrages d'art représentent bien plus qu'une « accumulation de structures » rendant les services attendus. Chaque ouvrage d'art, qu'il s'agisse de ponts, de viaducs, de tunnels ou de barrages, est un témoin précieux de l'ingéniosité humaine. Ces infrastructures ne sont pas seulement fonctionnelles; elles racontent une histoire, celle des territoires qu'elles relient et des époques qu'elles traversent. Lorsqu'un ouvrage d'art reflète des qualités d'authenticité, de rareté et d'exemplarité, il devient bien plus qu'une simple construction. C'est alors qu'il accède au rang de patrimoine, un symbole à préserver. Notre travail au sein de la commission Histoire & Patrimoine de l'AFGC* s'inscrit dans cette démarche : sensibiliser sur l'importance de ces ouvrages pour permettre leur protection et leur réhabilitation. En valorisant ces structures, nous assurons la transmission d'un savoir-faire et d'un héritage unique aux générations futures.

Prendre soin des ouvrages d'art : comment un ouvrage d'art devient-il patrimoine ?

La remise en conformité du Pont de Tancarville



Inauguré en 1959, le Pont de Tancarville est une prouesse d'ingénierie qui va faire l'objet d'une rénovation d'envergure pour répondre aux normes environnementales et de sécurité contemporaines.

Menée par **setec tpi**, avec le support de **setec diadès** pour le contrôle externe des études et le suivi des travaux, ainsi que **setec opency** pour l'organisation, le pilotage et la coordination (OPC), cette mission nécessite une approche technique et une coordination rigoureuse. Sylvie Ezran, Directrice d'études chez **setec tpi**, explique : « Notre mission consiste à renouveler la peinture tout en éliminant les substances nocives comme le plomb et l'amiante, sans interrompre le trafic ». Le projet comprend plusieurs phases, de la mise en place des moyens d'accès et du confinement rigoureux pour la protection de l'environnement et des opérateurs, au décapage de la peinture existante par projection d'abrasifs, et à l'application de nouveaux revêtements. Thomas Julien, Ingénieur ouvrages d'art chez **setec tpi** et chef de projet de l'opération, souligne les défis logistiques en lien avec la mission : « Les travaux se déroulent au-dessus de la Seine, avec une route portée en exploitation, et

nécessitent donc des structures d'accès innovantes et une planification minutieuse pour ne pas perturber la circulation ». Adrien Sicaud, Ingénieur attaché d'études ACQPA/FROSIO chez **diadès**, a quant à lui supervisé le contrôle externe des études de diagnostic, et celles de l'avant-projet. La supervision des travaux sera également assurée par **diadès**. « Sur un projet de cette ampleur, une présence constante est indispensable pour garantir le respect des exigences de sécurité et de qualité », explique-t-il.

Cette rénovation du Pont de Tancarville s'inscrit dans la continuité des grands projets menés par **setec** pour préserver les ouvrages d'art français. Dans les années 90, le groupe avait déjà démontré son expertise sur le Pont de Normandie, en contribuant à garantir sa stabilité face aux vents, un enjeu crucial pour ce pont à haubans qui détenait alors la plus longue travée de son genre au monde.

Comme pour le Pont de Normandie, ce projet ne se contente pas de prolonger l'usage de l'ouvrage. Il vise à préserver un héritage vivant, témoin de l'histoire des lieux et de l'ingéniosité de ceux qui l'ont érigé.



La réhabilitation de l'emblématique Corniche Kennedy

Emblématique boulevard de Marseille, la Corniche Kennedy a fait l'objet d'une réhabilitation à laquelle setec tpi, setec organisation et diadès ont contribué, sous la maîtrise d'ouvrage de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Exposée depuis plus de 60 ans à l'agressivité marine, cette structure de 1,7 kilomètres, célèbre pour son « banc le plus long du monde », nécessitait des réparations importantes pour renforcer sa durabilité tout en respectant son caractère patrimonial. L'un des principaux défis consistait à traiter la corrosion avancée des armatures. « La Corniche a subi des années d'exposition aux embruns salins, causant des éclatements de béton », explique Tancrede de Folleville, Directeur de projet chez **setec tpi**. Les réparations ont nécessité l'utilisation de bétons spécifiques, dont du BFUHP, un béton fibré à ultra-haute performance, pour les éléments non structurels comme les bancs et parapets. Ces matériaux ont permis de renforcer la durabilité de l'ouvrage tout en préservant son aspect esthétique d'origine. Lorian Pace, Ingénieure chargée d'affaires chez **diadès**, souligne également l'adoption d'une solution innovante : « La protection cathodique par courant imposé a été une première pour nous. Elle assure la protection continue des armatures contre la corrosion ». Un autre enjeu majeur a été la contrainte imposée par le calendrier touristique marseillais. Les travaux ont ainsi dû être segmentés sur plusieurs années pour ne pas perturber la circulation durant les mois estivaux. Malgré les défis liés aux conditions environnementales, à la logistique et à la proximité du Marégraphe, Monument Historique classé, la coordination entre les différentes équipes, combinée à l'expertise de l'architecte du patrimoine, a permis d'achever les travaux en 2022, offrant ainsi une tribune idéale pour les épreuves nautiques des Jeux Olympiques de 2024.

Les digues et barrages, un patrimoine souvent oublié

Lorsqu'on évoque la préservation du patrimoine, les esprits se tournent naturellement vers les monuments historiques ou les infrastructures industrielles emblématiques.

Pourtant, d'autres ouvrages moins visibles, comme les digues et les barrages, jouent un rôle fondamental dans la protection et la gestion de notre territoire.

Benoît Cortier, Directeur de l'activité fluviale et côtière de **setec hydratec**, insiste sur l'importance de ces ouvrages, souvent oubliés, mais essentiels pour la sécurité publique et la gestion de l'eau. « Nous intervenons sur des digues et barrages parfois

très anciens, construits dans des contextes géotechniques particuliers. Le défi est de les réhabiliter pour correspondre aux dernières normes techniques en matière de sécurité, en respectant les contraintes environnementales et réglementaires en constante évolution ». Des projets emblématiques comme la restauration des ouvrages de navigation sur le canal de la Sambre à l'Oise, ou celle du barrage en maçonnerie des Settons de près de 20 m de hauteur construit au 18^{ème} siècle, illustrent cette mission de préservation, alliant techniques modernes et respect du patrimoine. L'intervention de **setec** sur ces infrastructures ne se limite pas à des travaux techniques. Elle englobe



aussi des enjeux plus larges tels que la protection des territoires, le maintien des activités économiques et touristiques et la préservation d'un patrimoine fluvial unique, qui est parfois classé.

+
FOCUS

setec et ses partenaires récompensés aux ACI Excellence Awards 2022 à Dallas

setec a remporté le 1^{er} prix des ACI Excellence Awards 2022 aux côtés d'Eiffage, Freyssinet, Vinci et Ginger, pour la rénovation de la Corniche Kennedy, à Marseille. Décernés par l'American Concrete Institute, ces prix célèbrent les innovations dans l'utilisation du béton à travers le monde. Chaque année, des projets exemplaires sont mis en lumière pour leur capacité à repousser les limites des technologies du béton. Le projet marseillais, réalisé pour le compte de Marseille Provence Métropole, s'est distingué dans la catégorie « Réparation et Restauration » grâce à l'emploi de techniques de pointe, telles que le béton fibré à ultra-hautes performances (BFUP), combiné à des méthodes innovantes de protection cathodique, pour préserver de façon durable cet ouvrage emblématique face aux conditions climatiques.



* L'Association Française de Génie Civil est une organisation professionnelle dédiée à la promotion et au développement du génie civil en France. Elle regroupe des ingénieurs, des experts et des entreprises du secteur de la construction et des infrastructures. Elle joue également un rôle important dans la préservation du patrimoine bâti, notamment à travers sa commission Histoire & Patrimoine, qui se concentre sur la sauvegarde des ouvrages d'art menacés et la sensibilisation à l'importance de ces structures historiques.

Réinventer le patrimoine urbain

Dans un contexte où le paysage urbain se transforme pour répondre aux enjeux actuels, les tours emblématiques de La Défense, Montparnasse, et le quartier Michelet incarnent la capacité des villes à évoluer tout en réinventant leur patrimoine bâti existant. Au-delà de leur simple apparence, c'est le mode de transformation de ces lieux, portée par l'expertise de **setec**, qui attire l'attention.

Le renouveau des tours de La Défense et Montparnasse

« À La Défense, plus de la moitié des projets sur lesquels nous intervenons concernent des réhabilitations », explique François Lebrun, Directeur d'activité chez **setec tpi**. « Prenez la tour Aurore, construite dans les années 1970 et laissée à l'abandon. Plutôt que de la démolir, le maître d'ouvrage a choisi de lui redonner vie, et nous avons accompagné cette transformation en assurant la gestion du projet structure et les interfaces avec les différents acteurs impliqués. Cela a permis de moderniser l'édifice tout en préservant sa structure d'origine, une solution durable et efficace ».

François insiste sur la dimension citoyenne de cette approche : « Réhabiliter plutôt que démolir s'inscrit dans une démarche responsable. Cela évite le gaspillage des ressources et permet une meilleure intégration des projets dans leur environnement urbain, en respectant les besoins des villes ». Ce savoir-faire, **setec** l'applique également à un autre projet phare : la réhabilitation de la tour Montparnasse. Pauline Bleicher, Directrice de projets chez **setec bâtiment**, détaille les enjeux de cette mission : « Construite dans les années 1970, la tour doit être modernisée sans compromettre sa stabilité. La surélévation de l'édifice et la création de nouveaux espaces, comme un hôtel et un observatoire, réinventeront les usages du bâtiment ». Cette approche permettra en effet de redonner vie à cet édifice majeur tout en respectant les normes environnementales actuelles. Hervé Tourlet, Directeur de projets chez **setec tpi**, ajoute : « Le tunnel de la ligne 6 du métro passe directement sous la tour, ce qui nous oblige à des ajustements constants pour ne pas perturber l'infrastructure existante ». La gestion de la copropriété, qui regroupe de nombreux acteurs, rend également le projet plus exigeant en termes de coordination. « Nous devons adapter nos décisions pour satisfaire les copropriétaires tout en restant fidèles à la vision du concours. Cela exige une grande flexibilité et une approche minutieuse », conclut-il.

Projection de la Tour Aurore (en vert, les structures neuves ajoutées – en gris, les structures existantes) – © setec tpi / Aer2



La transformation profonde du Quartier Michelet



© Agence TVK

En lien avec les opérations immobilières, le quartier Michelet, à Paris la Défense, construit dans les années 1970, se transforme pour répondre aux exigences modernes d'urbanisme et d'usages.

setec assure la maîtrise d'œuvre complète de ce projet, en collaboration avec l'agence TVK (mandataire) et les paysagistes de l'atelier Roberta. L'enjeu est clair : donner une nouvelle perception de l'espace public, en transformant les circulations servant des bâtiments pour qu'elles deviennent des espaces de convivialité offrant diverses fonctionnalités.

En qualifiant ces transitions entre les différents niveaux, comme le long du bâtiment The Link, nouvelle tour emblématique du quartier, les circulations favorisent une accessibilité lisible et inclusive du quartier Michelet depuis les voies tranquillisées du sol naturel.

En utilisant au maximum les volumes sous dalle, la création d'espaces généreusement végétalisés et des bassins de régulation d'eau contribuent à une gestion environnementale plus efficace et à un confort bioclimatique accru.

« Notre objectif est de conserver au maximum les structures en place en les justifiant ou en les renforçant lorsque nécessaire, pour éviter leur démolition complète », explique Laurent Berger, Directeur de projets chez **setec tpi**. « Cette approche permet de réduire significativement les rotations et nuisances de chantier et de minimiser ainsi l'impact carbone, objectifs phares du pôle AMUR ».

Partie 3

ENTREtenir LE PATRIMOINE

Pourquoi et comment l'ingénierie a-t-elle un rôle à jouer ?

... INTERVIEW



Mélanine BEAUGELIN
Directrice générale du **lerm**



Christophe RAULET
Directeur général de **diadès**

Quel est l'apport de l'ingénierie dans la préservation du patrimoine ?

C. R. : L'ingénierie est primordiale pour garantir la pérennité des ouvrages. Nous intervenons dès leur mise en service avec la mise en place des politiques de maintenance, des inspections détaillées et une surveillance régulière, pour détecter les premiers signes de dégradation, anticiper les réparations et assurer ainsi la durabilité de tout type de structures.

M. B. : L'ingénierie joue un rôle aussi dès la conception, par un choix pertinent et éclairé des matériaux. Nous avons par exemple travaillé sur l'approche performancielle des bétons, pour formuler des matériaux avec indicateurs de durabilité répondant à des contraintes spécifiques, pour prolonger la vie des structures et limiter les réparations lourdes.

Préserver le patrimoine bâti ancien ou récent ne se limite pas à des réparations. L'ingénierie, présente à chaque étape de la vie d'un ouvrage, en garantit la durabilité grâce à des expertises et des solutions techniques adaptées. Christophe Raulet, Directeur de **diadès**, et Mélanie Beaugelin, Directrice du **lerm**, nous expliquent leur rôle clé dans ces missions.

Comment contribuez-vous concrètement à la préservation des ouvrages patrimoniaux ?

C. R. : Nous nous concentrons sur les diagnostics structurels des ouvrages en service. Grâce à nos analyses, nous proposons les solutions de réparation ou de renforcement les plus appropriées, pour garantir leur sécurité et leur longévité.

M. B. : Pour les ouvrages anciens, il faut souvent mener des investigations poussées sur les matériaux, car les données techniques sont parfois manquantes. Nous réalisons donc des auscultations et des analyses pour caractériser les matériaux et proposer des solutions adaptées aux contraintes patrimoniales.

Comment vos expertises se complètent-elles ?

C. R. : Les expertises de **diadès** et du **lerm** s'articulent et se complètent tout au long de la chaîne du diagnostic. **diadès** intervient comme un médecin généraliste, en amont et en aval du **lerm**. Par exemple, sur des viaducs touchés par des pathologies internes comme le gonflement du béton, **diadès** réalise les analyses documentaires et les inspections pour préconiser des analyses plus poussées.

M. B. : Le **lerm** intervient ensuite pour ausculter les ouvrages, que ce soit d'un point de vue comportement structurel ou

caractérisation des matériaux, pour réaliser des analyses en laboratoires et enfin confirmer le diagnostic posé, après des essais de vieillissement accéléré et des modélisations de durée de vie des bétons.

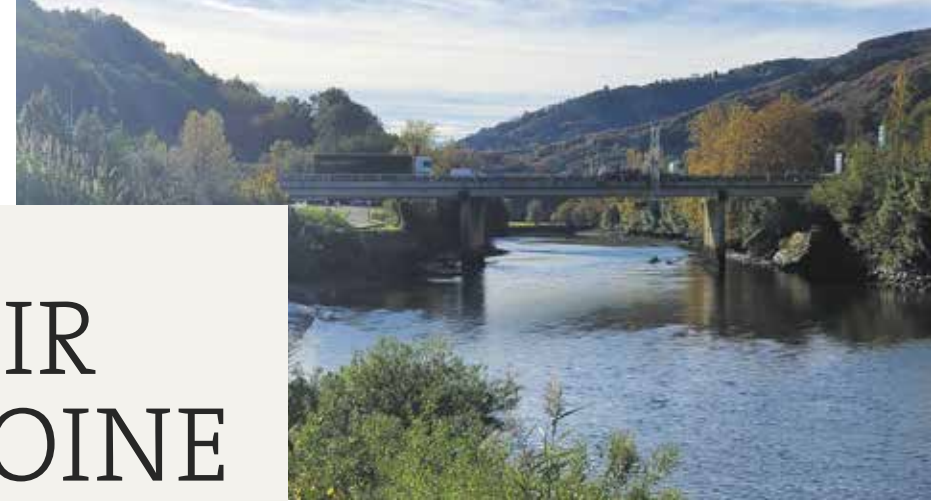
C. R. : **diadès** peut ensuite exploiter l'ensemble de ces données dans ces modèles de calculs prédictifs puis dans des missions de MOE, pour définir puis suivre la bonne réalisation des meilleures solutions de réparation.

Quelle est l'importance de l'innovation technologique dans cette mission de préservation ?

M. B. : C'est un levier crucial ! L'intelligence artificielle et l'internet des objets nous aident à anticiper le vieillissement des ouvrages, à planifier des interventions précises et réduire ainsi les réparations coûteuses.

C. R. : Elle est aussi très importante pour développer des outils de diagnostic toujours plus fiables et plus précis. Ces avancées améliorent notre compréhension des structures et nous aident à anticiper les interventions. Mais avant tout, l'innovation se manifeste dans notre façon de collaborer, un atout majeur de **setec**.

M. B. : L'innovation passe aussi par le développement de solutions bas carbone, pour répondre aux nouveaux défis posés par les maîtres d'ouvrage.

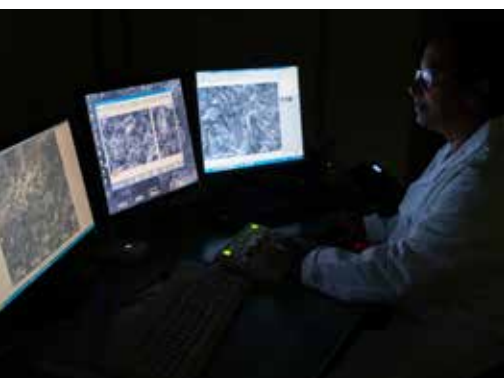


Les expertises de setec

setec mobilise un large panel de compétences pour préserver le patrimoine bâti. Grâce à ses savoir-faire pointus et pluridisciplinaires (matériaux, géotechnique, structures, environnement...), nous déployons des solutions adaptées pour concevoir durable et faire durer notre patrimoine. Gros plan sur ces expertises, essentielles pour anticiper et traiter les pathologies des infrastructures, et garantir leur pérennité.

Le lerm, notre Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur les Matériaux

Préserver le patrimoine bâti exige une connaissance profonde des matériaux, leurs propriétés et mécanismes de vieillissement et conditions de durabilité. Le **lerm**, ingénierie conseil intégrée à **setec**, joue un rôle clé dans cette mission. « Nous intervenons à toutes les étapes du cycle de vie des matériaux, depuis le diagnostic ressources jusqu'au réemploi », explique Mélanie Beaugelin, Directrice générale du **lerm**. Cette approche globale vise à allonger la durée de vie des ouvrages tout en minimisant leur impact environnemental. La durabilité est au cœur de cette démarche. « Elle concerne autant la longévité des matériaux que leur impact sur l'environnement », précise Mélanie. Le **lerm** met son expertise et ses moyens de laboratoires au service de la formulation de matériaux bas carbone et la valorisation des ressources issues par exemple de la déconstruction, contribuant ainsi à une utilisation plus responsable des matières premières et à la réduction des déchets. Le diagnostic est également fondamental dans la préservation du patrimoine. « Nous caractérisons l'état de santé des matériaux d'un ouvrage à l'appui de nos moyens propres d'auscultation et de laboratoires », ajoute-t-elle. Grâce à cette expertise, le **lerm** contribue à prolonger la durée de vie des ouvrages tout en évitant des interventions lourdes. Enfin, le **lerm** développe des outils d'aide à la décision pour optimiser la gestion des infrastructures. « Comprendre l'état des ouvrages est essentiel pour les préserver durablement », conclut Mélanie.



3 000 m²
de laboratoires
à Arles

**Des moyens
d'auscultation
et d'instrumentation
sur l'ensemble
du territoire français**

diadès, le spécialiste du diagnostic des structures



diadès est un acteur clé du diagnostic des structures existantes.

« À la manière d'un médecin généraliste, nous identifions les pathologies, prescrivons des examens et interprétons les résultats pour assurer la sécurité des ouvrages »

explique **Renaud Leconte**,
Directeur Technique & Innovation.

Ce diagnostic intervient à différents moments du cycle de vie d'un ouvrage, par exemple en cas de signes préoccupants constatés sur la structure ou dans le cadre d'un changement d'usage. L'objectif est toujours de dépasser les réparations superficielles. « Traiter uniquement les symptômes visibles, comme des fissures, sans s'attaquer à la cause profonde, risque de provoquer de nouvelles dégradations », insiste Renaud. La méthodologie utilisée est donc la suivante : après des analyses précises, **diadès** identifie la cause des défaillances, vérifie l'impact sur la structure et prescrit des réparations adaptées. Ces interventions incluent les analyses des résultats des méthodes non destructives, des prélèvements et des modélisations pour recalculer la capacité portante de l'ouvrage, par exemple. La mission menée sur le viaduc de Digoïn, ouvrage majeur de la Route Centre-Europe Atlantique (RCEA) franchissant la Loire, illustre bien cette expertise. Sur cet ouvrage de 486 m, **diadès** a notamment identifié des fissures et des pathologies avancées du béton. Sur la base de ses prescriptions, des essais poussés sur les matériaux ont été réalisés par le **lerm**, permettant ainsi à **diadès** de confirmer les bonnes hypothèses et de proposer des solutions adaptées pour un suivi rigoureux. Cette démarche incarne parfaitement l'approche de **diadès** et la complémentarité du diagnostic avec le **lerm** : allier technicité, expertise des matériaux et travail collaboratif, pour offrir des réponses sur-mesure, adaptées aux spécificités de chaque structure et à ses enjeux techniques.

terrasol, l'ingénierie géotechnique à forte valeur ajoutée

Dans un contexte de défis environnementaux importants, terrasol mobilise son expertise en géotechnique pour assurer la pérennité et la sécurité des infrastructures.

Charles Bernuy, Directeur Pôle Sobriété et Résilience, précise : « Nous étudions le comportement des sols et des fondations pour diagnostiquer la capacité des ouvrages à résister à des chargements plus importants et/ou aux effets des aléas climatiques ». À l'heure où sécheresses et montées des eaux menacent la stabilité de nombreuses structures, **terrasol** met effectivement en œuvre des méthodes avancées pour analyser leur état, évaluer les risques et proposer des solutions durables. Cette démarche prend par exemple tout son sens sur le viaduc de Remoulins, où des diagnostics minutieux permettent de statuer sur la réutilisation des structures

existantes. En se focalisant sur la résilience des fondations, **terrasol** évite des reconstructions coûteuses et favorise des interventions ciblées. « Certains projets nécessitent d'adopter des solutions qui vont au-delà des référentiels classiques, en se concentrant par exemple sur l'admissibilité des déformations. Cela nous permet de répondre de manière plus pertinente aux défis spécifiques de chaque ouvrage », insiste Charles. « Cette approche nécessite une collaboration étroite avec les maîtres d'ouvrage, pour anticiper les besoins futurs et intégrer des méthodes innovantes », ajoute-t-il. En incitant les clients à reconsidérer leurs critères de design et à remettre en question le réflexe habituel de démolir pour reconstruire, **terrasol** contribue à une gestion plus responsable des infrastructures, adaptée aux enjeux climatiques contemporains.



+ FOCUS

Notre rôle dans la construction du neuf qui deviendra le patrimoine de demain

Aujourd'hui, la manière de concevoir les bâtiments a profondément évolué. Il ne s'agit plus seulement de répondre aux besoins immédiats, mais d'anticiper les évolutions possibles des usages, en intégrant, dès la conception, des solutions pour garantir l'adaptabilité des ouvrages. « Nous ne concevons plus des bâtiments à usage unique », explique Bénédicte Danis, Directrice générale déléguée chez **setec bâtiment**. « Aujourd'hui, au-delà de l'intégration des principes d'économie circulaire dès les phases amont, nous ajoutons les notions de réversibilité et de

flexibilité d'usage ».

Chez **setec**, cette approche s'illustre à travers plusieurs projets, dont ceux liés aux grandes infrastructures des Jeux Olympiques de Paris 2024. Bien que construites pour un événement temporaire, elles ont en effet été pensées pour pouvoir évoluer après les Jeux.

Le village des athlètes, par exemple, sera transformé en quartier résidentiel, pour apporter une réponse durable aux besoins d'habitation dans la région. Cela illustre parfaitement la volonté de **setec** de concevoir des bâtiments pensés pour s'inscrire dans la durée.



La réversibilité et la flexibilité d'usage sont devenues des enjeux centraux. On ne pense plus le neuf comme il y a 20 ans. Dès la phase de conception, il est essentiel de prendre en compte les contraintes futures, tout en minimisant l'impact sur l'environnement. Tous ces éléments tels que la modularité, la démontabilité et le réemploi doivent permettre aux bâtiments de s'adapter aux usages à venir et de traverser les époques.

Bénédicte DANIS,
Directrice générale déléguée
setec bâtiment

Comment construire le patrimoine de demain ?

Construire un pont, c'est plus qu'unir deux rives : c'est créer un ouvrage qui s'inscrit dans le temps et devient patrimoine. Le 3^{ème} pont du Bosphore, le pont Vasco de Gama ou le pont Mohammed VI, en Turquie, au Portugal et au Maroc, illustrent cette quête de durabilité. Ils incarnent l'adaptation aux défis techniques et environnementaux tout en répondant aux besoins des sociétés modernes.

I LE PONT VASCO DE GAMA



Inauguré lors de l'exposition universelle de Lisbonne en 1998, le pont Vasco de Gama est un ouvrage de 17 km qui franchit le Tage.

setec a joué un rôle majeur dans la mise au point de la formulation des bétons pour garantir leur résistance aux conditions marines agressives et notamment au risque de corrosion des armatures. L'objectif fixé était ambitieux : garantir une durabilité de 120 ans pour l'ouvrage, un défi inédit à l'époque. Ce projet a été parmi les premiers à adopter une approche performancielle de la durabilité, basée sur l'optimisation d'indicateurs physiques du matériau et sur un modèle prédictif de la pénétration des ions chlorure dans le béton au fil du temps, développé par le **lerm** à l'occasion du projet. Les prévisions obtenues sont comparées aux résultats d'analyses d'échantillons prélevés par le **lerm** lors de campagnes d'investigation, pour vérifier la tendance quant à l'atteinte de la durée de vie escomptée et formuler au maître d'ouvrage des recommandations de suivi et de maintenance.

I LE 3^E PONT DU BOSPHORE



Le troisième pont du Bosphore, aussi appelé pont Yavuz Sultan Selim, s'étend sur 2 164 m, reliant les rives européenne et asiatique d'Istanbul.

Réalisé par le consortium Içtas-Astaldi, ce pont hybride mêlant suspension et haubanage constitue une véritable prouesse technique conçue pour durer et résister aux éléments. En tant que contrôleur indépendant, **setec** a apporté son expertise pour vérifier la stabilité des fondations rocheuses et valider les calculs structurels à l'aide de modélisations 3D avancées. Son expertise s'est également étendue aux systèmes mécaniques et électriques, ainsi qu'à la dynamique des câbles. Depuis son inauguration en 2016, un suivi rigoureux garantit en outre la pérennité de ce pont, désormais devenu un élément incontournable du paysage d'Istanbul.

I LE PONT MOHAMMED VI



Situé au Maroc sur le contournement autoroutier de Rabat, le pont Mohammed VI est un exemple remarquable de conception moderne et durable.

Ce pont haubané en béton a été conçu pour résister aux contraintes sismiques et climatiques de la région, avec un soin particulier porté au choix des matériaux et aux méthodes de construction.

Le béton, ressource disponible localement, a effectivement été privilégié pour sa durabilité et sa résistance aux conditions environnementales. **setec** a joué un rôle d'assistance à la maîtrise d'œuvre, en contribuant à la conception technique et architecturale du pont et en assurant le contrôle de la qualité des travaux. Aujourd'hui, **diadès** réalise des inspections régulières pour garantir la pérennité de l'ouvrage. Un suivi essentiel pour permettre à ce pont emblématique de traverser les générations.