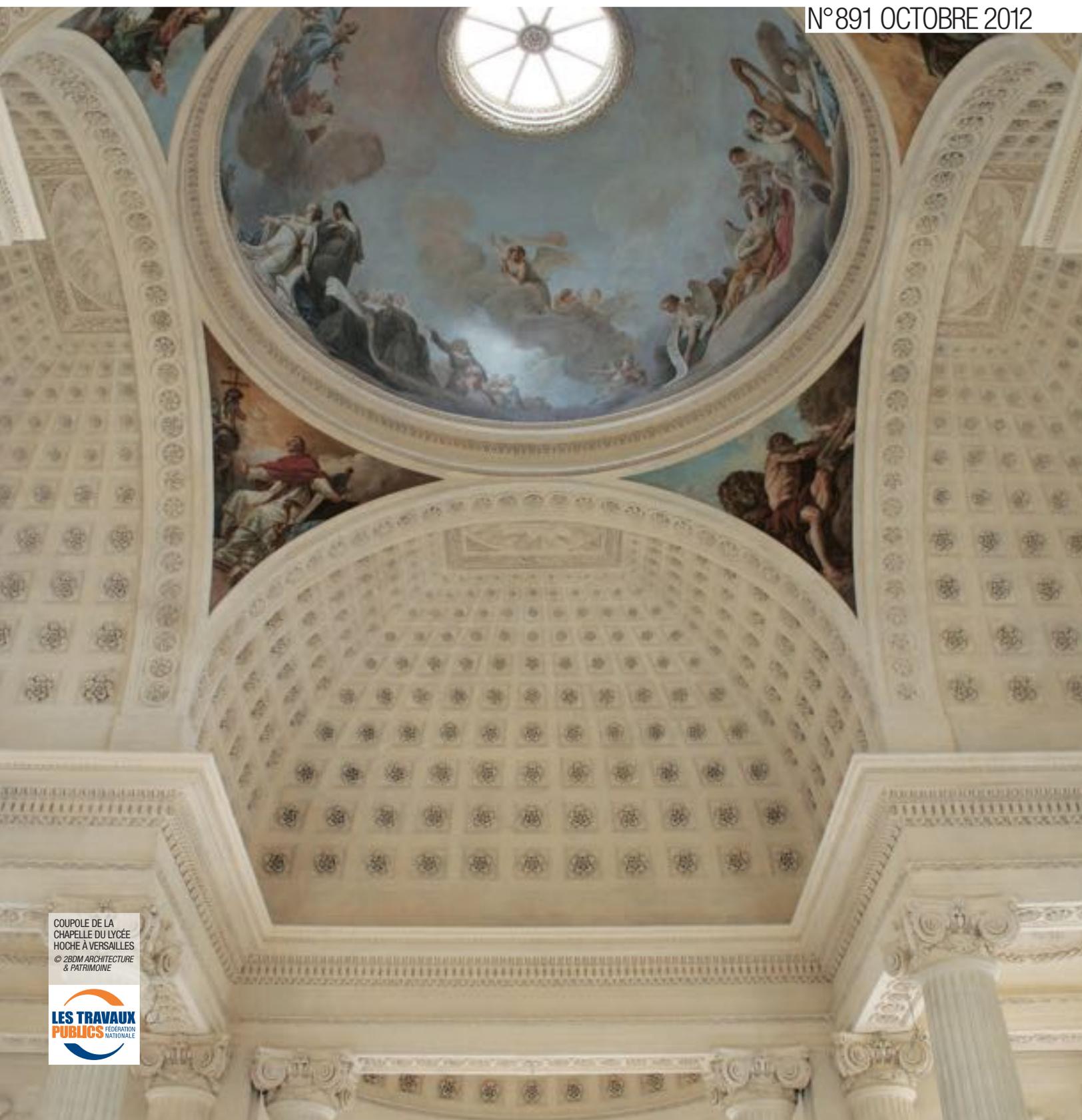


# TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

**PATRIMOINE & REHABILITATION. CHATEAU DE VERSAILLES. INNOVATION ET SAVOIR-FAIRE AU SERVICE D'UN GRAND CRU MEDOCAIN. LE LOUXOR : RENAISSANCE D'UN CINEMA. ADAPTER LA TECHNIQUE DE LA PARI MOULEE A LA PRESERVATION DU PATRIMOINE. REHABILITATION DES DIGUES FLUVIALES ET MARITIMES. LES ENTREPOTS MACDONALD. RENFORCEMENT ET ELARGISSEMENT DU PONT NATIONAL SUR LA SEINE. LA DEUXIEME VIE DES PONTS D'EDEA**

N°891 OCTOBRE 2012



COUPOLE DE LA  
CHAPELLE DU LYCÉE  
HOCHÉ A VERSAILLES  
© 280M ARCHITECTURE  
& PATRIMOINE

**LES TRAVAUX**  
**PUBLICS** FEDERATION  
NATIONALE

# L'ingénierie au service du patrimoine

*ARCADIS est un groupe international  
fournissant des prestations de conseil,  
de conception, d'ingénierie, d'aménagement  
du territoire et de gestion de projet  
dans les domaines de l'infrastructure,  
de l'eau, de l'environnement et du bâtiment.*

Département des Arts de l'Islam, musée du Louvre, Paris  
architectes Rudy Ricciotti et Mario Bellini  
G11: Étude géotechnique préliminaire de site  
G12: Étude géotechnique d'avant-projet  
G4: Supervision géotechnique d'exécution  
G5: Diagnostic géotechnique sur ouvrage en cours d'exécution

Retrouvez les coordonnées de nos 12 agences en France  
[www.arcadis-fr.com](http://www.arcadis-fr.com)

Imagine the result

 **ARCADIS**

Infrastructure · Eau · Environnement · Bâtiment

**Directeur de la publication**  
Patrick Bernasconi**Directeur délégué**  
**Rédacteur en chef**  
Michel Morgenthaler  
3, rue de Berri - 75008 Paris  
Tél. : +33 (0)1 44 13 31 03  
Email : morgenthalerm@fnfp.fr**Comité de rédaction**  
Laurent Boutillon (Vinci Construction  
Grands Projets), Jean-Bernard Detry  
(Setec TPI), Stéphane Monleau  
(Solétanche Bachy), Louis Marracci  
(Bouygues), Jacques Robert (Arcadis  
ESG), Anne-Sophie Royer (Vinci  
Construction Grands Projets),  
Claude Servant (Eiffage TP), Philippe  
Vion (Systra), Jean-Marc Tanis (Egis),  
Michel Duviard (Egis), Florent Imberty  
(Razel), Michel Morgenthaler (FNTP)**Ont collaboré à ce numéro**  
**Rédaction**  
Monique Trancart, Marc Montagnon**Service Abonnement et Vente**  
Com et Com  
**Service Abonnement TRAVAUX**  
Bât. Copernic - 20 av. Édouard Herriot  
92350 Le Plessis-Robinson  
Tél. : +33 (0)1 40 94 22 22  
Fax : +33 (0)1 40 94 22 32  
Email : revue-travaux@cometcom.frFrance (10 numéros) : 190 € TTC  
International (10 numéros) : 240 €  
Enseignants (10 numéros) : 75 €  
Étudiants (10 numéros) : 50 €  
Prix du numéro : 25 € (+ frais de port)  
Multi-abonnement : prix dégressifs  
(nous consulter)**Publicité**  
Emmanuelle Hammaoui  
9, rue de Berri  
75008 Paris  
Tél. : +33 (0)1 44 13 31 41  
Email : ehammaoui@fnfp.fr**Site internet : www.revue-travaux.com****Réalisation et impression**  
Com'1 évidence  
Immeuble Louis Vuitton  
101, avenue des Champs-Élysées  
75008 PARIS  
Tél. : +33 (0)1 82 50 95 50  
Email : contact@com1evidence.comLa revue Travaux s'attache, pour l'information  
de ses lecteurs, à permettre l'expression de  
toutes les opinions scientifiques et techniques.  
Mais les articles sont publiés sous la  
responsabilité de leurs auteurs. L'éditeur se  
réserve le droit de refuser toute insertion, jugée  
contraire aux intérêts de la publication.Tous droits de reproduction, adaptation, totale  
ou partielle, France et étranger, sous quelque  
forme que ce soit, sont expressément réservés  
(copyright by Travaux). Ouvrage protégé ;  
photocopie interdite, même partielle  
(loi du 11 mars 1957, qui constituerait  
contrefaçon (code pénal, article 425).Editions Science et Industrie SAS  
3, rue de Berri - 75008 Paris  
Commission paritaire n°0116 T 80259  
ISSN 0041-1906

## DE LA NÉCESSITÉ DU PATRIMOINE



© BR

**E**n ces temps de crise, où sonne pour la puissance publique l'heure de choix parfois douloureux, la question incontournable à se poser est celle du nécessaire et du superflu.

Disons-le crûment, dans quelle catégorie ranger le patrimoine ? Serait-ce, comme le laissait entendre un récent article publié dans le Monde, une vieille lune synonyme de repli et d'immobilisme, bridant la création et l'inventivité, aussi coûteuse qu'inutile ?

Même s'il peut paraître oiseux de rouvrir un débat que l'on croyait clos depuis quelques décennies, tant le vent de l'histoire semblait avoir balayé ces réticences, il n'est pas mauvais de revenir aux fondamentaux pour avoir les idées claires.

Tout d'abord, inutile de réveiller une querelle stérile des anciens et des modernes : ces derniers ont gagné, il suffit de comparer les masses en jeu. Que pèsent les 44 000 monuments protégés en France, les quelques milliers de sites répertoriés ou la petite centaine de secteurs sauvegardés face à l'urbanisme conquérant des villes en perpétuel mouvement ? Le rapport est d'un à cent, et le débat n'a pas lieu d'être. Que les tenants inconditionnels de la modernité se rassurent, les espaces de création sont encore immenses, et sont loin d'avoir atteint leurs limites, même s'il y a des garde-fous à cette liberté.

Pour être dans l'air du temps, examinons maintenant le patrimoine sous deux angles : le « développement durable » et l'économie.

Nul ne peut nier que le patrimoine s'inscrit par essence dans la durée, dans la mesure où sa survie à travers les années ou les siècles est déjà le fruit d'une sélection. Ses modes de constructions, qui font appel, avant l'ère industrielle, à l'exploitation des ressources locales dans un circuit court, anticipent largement nos réflexions actuelles, tandis qu'ils sont mis en œuvre dans un évident souci de transmission intergénérationnelle, et non dans une optique consumériste. Parallèlement, ce patrimoine est vecteur d'utilité sociale : les maisons sont toujours habitées, les édifices publics ont pu varier dans leur vocation, mais rares sont ceux qui ne trouvent pas d'usage, et il ne saurait être question de transformer en musée chaque monument.

Plus prosaïquement, dans une société qui affiche sa vertu en triant ses poubelles, le premier réflexe doit être d'éviter de les remplir inutilement : commençons simplement à regarder nos besoins collectifs ou individuels d'un côté, le parc immobilier disponible de l'autre, parmi lequel le bâti ancien, sans les opposer mais en faisant l'effort intellectuel d'une dialectique ouverte entre l'existant et le programme : sans s'interdire de créer, nous éviterons bien des ruines conduisant à des démolitions aussi stupides que dispendieuses.

L'économie du patrimoine est à la fois directe, à travers les emplois et les compétences attachées à sa pérennisation, et indirecte, à travers le tourisme qui s'attache aux lieux patrimoniaux, mais aussi,

et cela est rarement analysé, à travers l'attractivité globale d'un territoire, fixant une population sédentaire.

Les métiers de la restauration, qui sont avant tout ceux du bâtiment mais vont jusqu'aux métiers d'art, ont pour point commun de constituer des prestations à forte densité de main d'œuvre, au point que les études menées sur ce sujet font ressortir un rapport qui est pratiquement d'un à trois par rapport au BTP moderne. En ces temps où l'emploi est une priorité nationale, nous avons un gisement qui mérite que l'on s'y attache, d'autant plus que celui-ci est par essence non délocalisable !

Quant aux retombées annexes, imagine-t-on que notre pays, en voie de désindustrialisation, puisse se passer des ressources que lui procurent son statut de première destination touristique européenne, voire mondiale ? Nous bénéficions certes de paysages naturels, de côtes et de montagnes attractives, mais comment serions-nous considérés sans Le Louvre, Versailles, le Mont-Saint-Michel ou les châteaux de la Loire, pour ne citer que les « stars » ? Que serait la Bretagne sans ses chapelles gothiques, la Bourgogne ou le Roussillon sans leurs églises romanes ?

Méfions-nous à ce propos que notre statut de vedette ne nous fasse oublier qu'il doit se mériter et nous crée des obligations. Il n'est que de voyager en Europe par exemple pour mesurer la concurrence, qui doit être comprise comme une saine émulation. J'étais cet été en Croatie, visitant Split et Dubrovnik où j'étais loin d'être seul, et c'est tant mieux lorsqu'il s'agit de partager la beauté : le patrimoine a fait ici l'objet de soins si attentifs que l'on oublierait que le pays étant en guerre il y a encore un peu plus de quinze ans, et que Dubrovnik assiégé était en feu, il y a à peine 20 ans... Qui peut nier qu'en restaurant son patrimoine, le pays a fait un choix stratégique qui porte des fruits, tant sur le plan économique que sur le plan du « vivre ensemble ». Car c'est une dimension que l'on oublie, celle des villes ou des bourgs qui préservent leur patrimoine en tant qu'attractivité pour leur population. Ainsi Versailles, qui n'est guère une ville touristique si l'on excepte le château, est une ville où il fait bon vivre et qui ne cesse d'attirer une population sans cesse renouvelée, séduite par une qualité évidente de l'espace, une intelligence de l'urbanisme à l'échelle humaine.

Enfin, parmi les valeurs attachées au patrimoine, la plus intime est certainement l'humanisme. Chaque création, chaque lieu qui nous a été légué par l'histoire témoigne avant tout de l'intelligence et de la fertilité de l'esprit humain, aussi bien dans sa quotidienneté, exprimée par l'humble lavoir de campagne, que dans le dépassement de soi illustré par les grandes cathédrales ou les palais les plus démesurés. On y trouve à la fois le geste de l'artisan que le souffle de l'esprit des plus grands créateurs, mais c'est bien l'humain qui nous y côtoie et nous émeut. Et puis, nous touchons aussi à l'un des vieux mythes de l'humanité, ce désir d'être les maîtres du temps, de parvenir, par un don d'ubiquité, à être à la fois soi-même au XXI<sup>e</sup> siècle, et ailleurs, l'espace d'un instant.

Que l'on se projette en anticipation ou dans le passé, c'est en définitive cette part du rêve qui nous aide à vivre le présent en l'enrichissant d'autres expériences vécues, sans tomber dans une vaine nostalgie.

Voilà pourquoi, que l'on se place du côté du cœur ou de la raison, le patrimoine est plus que jamais nécessaire et doit être considéré comme un atout, un compagnon de route qui ne saurait être laissé au bord du chemin.

**FRÉDÉRIC DIDIER**  
ARCHITECTE EN CHEF DES MONUMENTS HISTORIQUES**LISTE DES ANNONCEURS : ARCADIS, 2<sup>e</sup> DE COUVERTURE - PRO BTP, P.19 - SMA BTP, P.39 - STRRES, P.45 - SOLETANCHE BACHY, 3<sup>e</sup> DE COUVERTURE - MATIERE, 4<sup>e</sup> DE COUVERTURE**Photo couverture : Coupole de la chapelle du lycée Hoche à Versailles. Chef d'œuvre de l'architecture de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, la chapelle du couvent de la Reine, construite entre 1770 et 1774 sous la direction de Richard Mique, architecte de Marie Leszczyńska, a été restaurée entre 2008 et 2011 sous la direction de Frédéric Didier, architecte en chef des Monuments Historiques.

# PATRIMOINE



# RÉHABILITATION

INSPECTER, ENTRETENIR,  
RÉPARER

BARRAGE DE L'ILLISÉE EN SUISSE © GERICHELISLY POUR SOLETANCHE BACHY



04 ALBUM

08 ACTUALITÉ



16

**ENTRETIEN AVEC  
BERTRAND LEMOINE**  
UNE NOUVELLE NOTION  
DU PATRIMOINE

**20 CHAPELLE ET CIE.**  
DIVERSITÉ DE COMPÉTENCES  
DANS LE NEUF ET DANS L'ANCIEN



24

**CHÂTEAU  
DE VERSAILLES**  
Quand le passé  
se conjugue au présent



30

**INNOVATION  
ET SAVOIR-FAIRE**  
au service d'un grand cru  
médocain



34

**LE LOUXOR**  
ou la renaissance  
d'un cinéma  
des années 20



40

**THE NATIONAL ART  
GALLERY, SINGAPORE**  
Adapter la technique  
de la paroi moulée à la  
préservation du Patrimoine



46

**RÉHABILITATION  
DES DIGUES FLUVIALES  
ET MARITIMES**  
Lutte contre l'érosion interne par  
mise en place d'une paroi étanche



52

**LES ENTREPÔTS  
MACDONALD**  
ou comment réutiliser  
des fondations existantes



58

**PONT NATIONAL  
SUR LA SEINE À PARIS**  
Renforcement et élargissement,  
dans le cadre du prolongement  
vers l'Est du tramway T3



66

**LA DEUXIÈME VIE  
DES PONTS D'EDÉA**  
au Cameroun





## NANTES PONTS DE LA VENDÉE

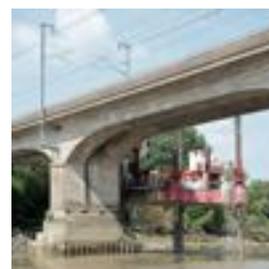
**LORS** de la création de la ligne Nantes - Saintes en 1865, le franchissement des bras de la Loire a été assuré par la construction de trois ponts en maçonnerie : les ponts de la Vendée. Deux de ces ouvrages, fondés sur des caissons métalliques fonnés sous air comprimé, ont été partiellement détruits pendant la seconde guerre mondiale.

Ils ont été reconstruits en béton armé en 1949, certaines piles nécessitant la mise en place de caissons perdus complémentaires, afin d'assurer une bonne stabilité à l'ouvrage.

Les derniers levés topographiques ont révélé une légère évolution des tassements des ouvrages, ce qui impose d'envisager un traitement des piles des ponts.

Riche de son expérience de 1998 sur le pont de Pornic à Nantes, Soletanche Bachy s'est vu attribuer le confortement des fondations de 13 piles des ponts de la Vendée.

Les 5 000 m de forage et d'injection prévus au marché sont effectués depuis un ponton auto-élevateur (jack-up) se déplaçant sur la Loire de pile en pile.







## SUISSE BARRAGE DE L'ILLSEE

**DANS** le cadre de la mise aux normes sismiques des barrages suisses, l'ouvrage de l'Illsee, construit en 1923, subit actuellement d'importants travaux de réhabilitation.

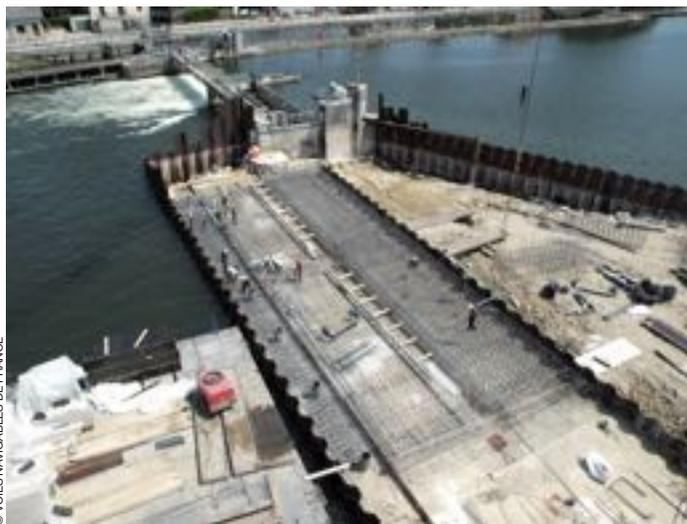
Le chantier se trouve dans le canton du Valais, à 2 500 m d'altitude et les seules possibilités d'accès sont un blondin (téléphérique de chantier), l'hélicoptère ou encore la marche (près d'une heure). Les conditions climatiques imposent des interruptions hivernales entre octobre et mai, raison pour laquelle les travaux s'étendent sur plusieurs années.

Sif Groutbor, filiale suisse de Soletanche Bachy, est chargée de réaliser tous les travaux spéciaux sur ce chantier alpin : en particulier, 62 tirants verticaux (2 000 m de forage) forés depuis le couronnement du barrage (capacité à la rupture dépassant 7 000 kN pour les plus importants). Les câbles, d'une longueur variant entre 20 et 40 m, et pouvant comporter jusqu'à 27 torons, sont mis en place à l'aide d'un hélicoptère.



# LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE CHAMBOULE LES BARRAGES

**Les barrages, qu'ils servent à réguler le débit d'une rivière ou à produire de l'électricité, doivent dorénavant laisser passer les poissons. À cela s'ajoutent, vu leur grand âge pour nombre d'entre eux, des travaux de réhabilitation voire de reconstruction.**



Ferraillage du radier du barrage de Villeneuve-sur-Yonne qui date de 1860.

La restauration de la continuité écologique figure au programme de presque tous les travaux sur les barrages. La modernisation de celui de Villeneuve-sur-Yonne (Yonne), qui va durer deux ans, comprend une passe à poissons. L'ouvrage est un des 19 que Voies navigables de France (VNF) prévoit d'améliorer, notamment parce qu'ils fonctionnent encore en partie manuellement. Ce barrage date de 1860 et a été modernisé partiellement en 1992 côté rive droite. En 2014, l'ouvrage - un des 24 sur l'Yonne en aval d'Auxerre - et son écluse seront pilotés à distance, d'où la construction d'un local de commande. Les piles de l'ouvrage sont reconstruites en rive gauche et, entre

ces piles, sont installés trois nouveaux clapets permettant une gestion automatisée de la retenue d'eau. Le radier, très dégradé de ce côté, est conforté (photo). L'opération coûte 7 millions d'euros (financement État-VNF, Région et Conseil général). ISL-HYL en est le maître d'œuvre. Les travaux sont confiés à un groupe réunissant Eiffage Travaux maritimes et fluviaux, Eiffage TP, Eiffage Énergie et Asten. Conformément à la loi sur l'eau du 30 décembre 2006, la continuité écologique s'impose à tous les exploitants de barrages, petits ou grands. La Fédération Électricité autonome française (EAF) qui regroupe des exploitants de production hydroélectrique de petite et moyenne puissances (inférieures à 2 000 kW), connaît exactement ce qui attend ses 500 membres actifs<sup>(1)</sup> depuis la parution de l'arrêté du 10 août 2012. Ce texte définit le programme d'investissement qui conditionne le renouvellement des contrats de rachat par EDF de l'électricité qu'ils produisent. Cet arrêté intervient au moment où ces contrats de quinze ans entre le distributeur et les exploitants arrivent à échéance<sup>(2)</sup>. Les exploitants ont huit ans pour réaliser des travaux d'amélioration

des performances énergétiques et d'insertion environnementale, à hauteur de 550 euros par kilowatt installé si la centrale fait moins de 100 kW et 750 euros si elle est supérieure à 300 kW, les valeurs intermédiaires étant calculées par interpolation.

## → Ouvrages à démanteler

L'obligation de continuité écologique se concrétise principalement par la création de passes à poissons afin que les retenues d'eau ne fassent plus obstacle aux migrations. Dans certains cas, l'État refuse qu'elles soient installées et opte pour la suppression de la retenue d'eau. Par exemple, EDF qui exploite les barrages de Vezins et la Roche-qui-boit dans la Manche, s'est vu notifiée en 2009 et confirmé en 2012 par le ministère de l'Écologie, le non-renouvellement de ses titres d'exploitation hydroélectrique. Ces deux

ouvrages se situent sur la Sélune, 3<sup>e</sup> rivière à saumons de France également empruntée par d'autres migrateurs comme l'anguille. « Les deux barrages de Vezins et de la Roche-qui-boit, d'une hauteur de 35 et 15 m, noient plus de 30 % des frayères et bloquent totalement l'accès aux deux tiers des 91 km du fleuve, » écrit le ministère de l'Écologie. Aucune autre solution que le démantèlement n'ayant été trouvée, la Sélune deviendra totalement libre d'obstacles transversaux, une rareté en France. L'État et EDF conduiront les travaux qui devraient prendre fin en 2017. ■

<sup>(1)</sup> EAF regroupe 500 exploitants de 1 700 centrales et 1 500 membres associés (constructeurs, entrepreneurs, bureaux d'études, etc.).

<sup>(2)</sup> Arrêté du 10 août 2012 (JO 5 septembre) définissant le programme d'investissement des installations de production hydroélectrique prévu à l'article L.314-2 du code de l'énergie.



Vue simulée du barrage de Chatou reconstruit à 50 m de l'ancien.

## RECONSTRUCTION COMPLÈTE SUR LA SEINE

**La transformation du barrage de Chatou (Yvelines) en un ouvrage de plus de 100 m de large coûtera 55 millions d'euros. Il s'agit de la reconstruction complète d'une retenue d'eau de 1933 visant à réguler le débit de la Seine sur laquelle transitent 20 millions de tonnes de marchandises par an. Le bâti en béton a vieilli, les pièces mécaniques sont usées et les fonds, érodés. Seules les deux piles d'extrémité sont conservées à d'autres fins techniques et esthétiques.**

**La construction du nouveau barrage à 50 m de l'ancien a débuté en 2009 et sera achevée fin 2013. Voies navigables de France, maître d'ouvrage, a opté pour un ouvrage discret proposé par Luc Weizmann architecte (LWA). L'inévitable passe à poissons sera insérée entre une pile ancienne arasée et la culée rive gauche du nouvel ouvrage. Les conditions d'exploitation et de maintenance seront facilitées. La passerelle, outil indispensable à l'accès et au contrôle de l'ouvrage, sera reconstruite. Sa prolongation au-dessus de l'écluse existante et son ouverture au public n'ont pas encore été décidées.**

**Les deux piles du barrage et les culées ont été dessinées dans une logique de compacité maximum avec une implantation en creux des escaliers, des réseaux et des organes de commande proches des équipements. En revanche, les vérins, les dispositifs d'ancrage sont bien visibles afin d'évoquer l'importance des énergies en jeu, selon LWA. La chute d'eau sera illuminée et les abords feront l'objet d'un aménagement paysager.**



Le barrage de la Roche-qui-Boit dans la Manche va disparaître afin de laisser passer saumons et anguilles.

## RTE PRÉVOIT DES TENSIONS SUR SON RÉSEAU



© PHILIPPE GROLIER/RTE

Travaux de rehausse d'une ligne à 400 KV en Corrèze.

La production d'électricité par les énergies nouvelles renouvelables (ENR) exige une adaptation du réseau de transport d'électricité très haute et haute tensions, celui de Réseau de transport d'électricité (RTE), conçu pour de grosses centrales. « *Les projets, qu'ils soient éoliens ou photovoltaïques se réalisent en moyenne en quelques années alors que les procédures administratives auxquelles RTE est soumis peuvent durer plus de dix ans,* » regrette RTE dans l'édition 2012 de son bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France. Ces délais d'ordre administratif ne sont pas spécifiques à la France et pourraient être réduits à trois ans selon la Commission européenne dans son "paquet infrastructures".

L'accueil de la production d'ENR n'est pas le seul paramètre que doit prendre en compte RTE dans ses prévisions. Son rôle étant d'assurer l'équilibre entre offre et demande d'électricité, il s'appuie sur les puissances de production disponibles en France qu'il complète par des interconnexions aux réseaux de pays limitrophes. En février 2012, la rupture a été évitée grâce au recours à une puissance extérieure de plus de 9 GW.

### → Moins 13 GW d'ici à 2017

La filiale du groupe EDF doit faire face à une puissance appelée en période de

pointe qui ne cesse d'augmenter. Ceci malgré la plus grande efficacité énergétique des matériels et à cause des consommations des appareils de télécommunication et numériques. Le 8 février 2012, les Français ont appelé 101,7 GW, record encore jamais atteint. En 2011, ils ont consommé 485 TWh (moins qu'en 2010) contre 470 en 2006.

Selon les scénarios de RTE, la consommation en 2017 pourrait se situer entre celle de 2006 ou monter à 510 TWh. La puissance de pointe du scénario dit de référence serait de 102,3 GW. RTE estime qu'il maîtrise la situation jusqu'en 2015, notamment par la mise en service de centrales à cycle combiné à gaz.

À l'horizon 2016, il s'inquiète de la perte de puissance de près de 11 GW due à la fermeture de 15 groupes à charbon (-3,9 GW), 6 au fioul (-3,8 GW) conformément à la réglementation européenne et de groupes en cogénération (-3 GW).

À cela s'ajoute, l'arrêt de la centrale nucléaire de Fessenheim (1,8 GW en 2017). Le distributeur envisage d'accroître les moyens d'effacement - décalage dans le temps d'appels de puissance - ou de reporter la fermeture de vieilles centrales à combustible fossile.

### → Plus de capacité de transport en 2030

Pour 2030, il imagine quatre scénarios selon l'intensité de la consommation électrique. « *L'accueil des énergies renouvelables mais également le développement de nouveaux usages - comme le véhicule électrique - nécessiteront plus que jamais l'accroissement des capacités de transport d'électricité,* en conclut RTE dans son bilan prévisionnel. *Le réseau peut s'adapter (...) à condition que les choix de politique énergétique soient suffisamment anticipés.* »

En savoir plus sur : [www.rte-france.com](http://www.rte-france.com).

## FONDATION PATRIMOINE À BELFORT

La Ville de Belfort crée une fondation afin d'accroître les financements pour préserver et mettre en valeur son patrimoine immobilier, mobilier et naturel.

Jusqu'à présent, la collectivité et des partenaires publics s'en chargeaient. Dorénavant, des particuliers et des entreprises pourront venir abonder les fonds dont une partie sera dédiée à la mise en accessibilité pour les personnes à mobilité réduite.



Le Lion de Belfort, statue emblématique de la ville.

© VILLE DE BELFORT

## CLAUSES TYPES POUR CPE

Afin de diffuser les contrats de performance énergétique (CPE), le ministère de l'Écologie propose un ensemble de clauses types spécifiques à destination des collectivités territoriales. Ces clauses se déclinent selon le type de marché public. Elles ne se substituent pas à une assistance dont les collectivités ont tout intérêt à s'entourer, rappelle le ministère.

## 10 MILLIARDS D'INVESTISSEMENT D'ICI À 2020

Pour Réseau de transport d'électricité, l'insertion de l'éolien terrestre - puissance installée de 19 GW en 2020 - représente 1 milliard d'euros d'investissement d'ici à 2020, tout comme l'éolien maritime - prévision de l'appel d'offres : 3 GW. C'est donc 20% des 10 milliards d'euros que la SA, filiale du groupe EDF, a prévu d'injecter dans ses infrastructures. À son programme également : le renforcement des réseaux en Bretagne et en Provence/Alpes/Côte-d'Azur.

La baisse de la production nucléaire entraînerait le doublement en vingt ans des capacités d'interconnexion, soit 350 millions d'euros à investir chaque année d'ici à 2030.

## L'ÉNERGIE DES VILLES PORTUAIRES

Le Centre d'études techniques maritimes et fluviales (Cetmef) et l'Université de technologie de Compiègne (Oise) ont créé une équipe de recherche sur la modélisation physique et la cartographie appliquées à la gestion durable des villes portuaires et fluviales, baptisée Phebus.

Selon les deux partenaires, ces villes sont une piste privilégiée pour faciliter l'implantation des énergies renouvelables d'origine solaire et hydraulique avec, en corollaire, la proximité production-consommation qui en accroît le rendement. Le port du futur, l'harmonisation des outils de planification urbaine et la maîtrise des risques liés au changement climatique figurent parmi les thèmes de recherche de Phebus, dieu grec de la lumière.

## LIVRE BLANC DE L'ARCHÉOLOGIE

Le ministère de la Culture réunit une commission en vue de publier un livre blanc de l'archéologie préventive l'année prochaine.

Il évaluera notamment le cadre législatif des années 2000 et la répartition des interventions entre acteurs dont le privé.

## L'EAU EN RÉGIE S'ORGANISE EN RÉSEAU



© SYDEC/DÉPARTEMENT DES LANDES

Les collectivités territoriales peuvent amortir leurs travaux sur des durées plus longues que le privé.

Des collectivités territoriales expriment clairement leur volonté de se dégarer de la gestion privée de l'eau et de l'assainissement. Dans le Sud-Ouest, quatorze d'entre elles dont le Conseil général des Landes, ont créé France eau publique (FEP), en juillet. Ce réseau des gestionnaires publics de l'eau a été rattaché à la Fédération nationale des collectivités concédantes

et régies (FNCCR). Il a pour rôle de favoriser une coopération technique entre les acteurs de la gestion publique de l'eau et de l'assainissement, de les représenter auprès des institutions et de promouvoir ce modèle. Peuvent en être membres les autorités organisatrices de ces services et les opérateurs publics ou sous contrôle public, exclusivement.

Les collectivités qui veulent adhérer au réseau adoptent une charte après vote de leur assemblée délibérante. Ce document se fonde sur les principes fondateurs suivants : « *l'eau est un bien commun, l'accès à l'eau de tous constitue un droit humain inaliénable et la nécessaire performance de sa gestion doit être mise au service exclusif de l'intérêt général. (...) La gestion de ce bien public et vital ne peut être soumise à des intérêts privés.* »

Des collectivités témoignent de pressions pour sortir d'une gestion privée.

Selon Henri Emmanuelli, président du Conseil général des Landes, l'eau en régie revient moins cher, notamment parce que les durées d'amortissement des travaux peuvent atteindre soixante ans contre vingt dans le privé.

### → Transparence des données

Les membres de France eau publique s'engagent autour de valeurs fortes comme la transparence des données, accessibles aux gestionnaires et au grand public.

Ils contestent la commercialisation d'un bien commun susceptible de générer un enrichissement privé et placent la solidarité au-dessus de tout. Les excédents d'exploitation et les gains de productivité seront réinvestis au profit du service et des usagers.

Ils s'inscrivent dans une logique de développement économique local, avec maintien de l'emploi de proximité dont un des avantages est de favoriser le contact humain direct entre régie et utilisateurs des réseaux.

France eau publique se rapproche d'organisations similaires en Europe et affirme sa solidarité au niveau international en prenant part à des programmes de renforcement de l'accès à l'eau et à l'assainissement, et à la création de services publics performants. ■

## GARANTIES POUR LES SITES EN FIN D'EXPLOITATION

Cinq mille entreprises sont concernées par l'obligation de garanties financières pour la mise en sécurité en fin d'exploitation de sites classés, selon le ministère de l'Écologie.

En effet, les exploitants sont tenus de s'en préoccuper avant leur départ. Depuis le 1<sup>er</sup> juillet, en cas de défaillance des exploitants à cause

d'une liquidation judiciaire par exemple, les pouvoirs publics pourront se tourner vers les établissements garants pour obtenir les sommes nécessaires à l'élimination des risques d'incendie, d'explosion, de pollution des sols et des eaux, à l'évacuation de déchets, à la clôture des lieux et à leur gardiennage, autant de mesures qui pesaient sur l'État et les collecti-

tivités quand les fonds manquaient. Les garanties financières pourront être apportées par la Caisse des dépôts et consignations, ou par une banque, une compagnie d'assurances, ou un fonds mutualisé, voire par la maison mère de l'entreprise exploitante qui se serait portée garante. L'administration entend ainsi renforcer son corpus de textes législatifs afin

de mieux encadrer la remise en état de sites industriels dans le respect de la responsabilité première des exploitants.

L'obligation s'applique depuis le 1<sup>er</sup> juillet aux nouvelles installations classées et progressivement jusqu'en 2019, aux autres sauf aux plus dangereuses qui doivent se munir de garanties en 2014. ■

## RESTITUTION DE SALONS ANCIENS ET MODERNISATION D'UN HÔTEL PARTICULIER

Spie et Spie Batignolles viennent de moderniser deux immeubles parisiens, l'un du XVIII<sup>e</sup> siècle sur les Grands boulevards, l'autre au cœur du XVI<sup>e</sup> arrondissement (voir en pied de page), plus calme.

La façade de l'ancien hôtel particulier Mercy-Argenteau se fonde dans l'alignement des Grands boulevards de Paris (16 bd Montmartre, 9<sup>e</sup> arrondissement). Sa beauté est intérieure. Construit dans sa première version en 1778 et maintes fois remanié, il recèle toujours des salons d'apparat dont deux inscrits à l'inventaire supplémentaire des monuments historiques : le Grand salon de 5,40 m sous plafond dont le décor date du XVIII<sup>e</sup> siècle et celui où est intervenu Charles Garnier, architecte du XIX<sup>e</sup>, de 6,90 m sous plafond et de style Napoléon III.

L'harmonie de ces intérieurs a été préservée et restaurée avec grand soin lors des travaux engagés par la foncière Gecina propriétaire des lieux depuis 1999.

Avec le maître d'œuvre DTACC, ils ont rassemblé autour de ce joyau des architectes spécialisés, la commission du Vieux Paris, les services instructeurs de la capitale, l'architecte des bâtiments de France, la conservation régionale des monuments historiques et l'entreprise



Spie, elle-même entourée d'artisans du patrimoine. Ces experts se sont joints au chantier chaque fois que nécessaire. Bonnes et mauvaises rencontres se sont succédé : champignons, parasites, plancher en mauvais état, revêtement en résine ne laissant pas respirer la façade mais aussi décors cachés sous la peinture ou du papier peint, boiseries, bas-reliefs, moulures, grande verrière, vitraux, etc.

→ **Mettre aux normes ERP**

Le chantier qui s'est terminé cet été aura duré trois ans. Le sous-sol a été agrandi pour abriter les installations

de chauffage et climatisation (réseaux urbains). Malgré le caractère historique des lieux, ils ont été équipés de tous les réseaux nécessaires au fonctionnement des 6 000 m<sup>2</sup> comprenant deux commerces en rez-de-chaussée, sept salons (1 000 m<sup>2</sup> au 1<sup>er</sup> étage), des bureaux (1 140 m<sup>2</sup> aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> étages), ainsi que 22 logements dont 6 sociaux, et qui, pour la plupart, se situent sous la toiture en zinc galbé à plusieurs niveaux. De plus, l'étage des salons doit répondre aux exigences de la réglementation des établissements recevant du public. ■

### 10<sup>e</sup> PRIX DE L'AMÉNAGEMENT URBAIN

La 10<sup>e</sup> édition des prix de l'aménagement urbain (Groupe Moniteur) a distingué trois collectivités locales qui recevront leurs trophées au Salon de l'immobilier d'entreprise, le 6 décembre à Paris. Le Grand Nancy (Meurthe-et-Moselle) est récompensé pour la rénovation urbaine du plateau de Haye, quartier de logements sociaux, où est intervenu Alexandre Chemetoff, architecte, paysagiste et urbaniste.

Deux petites collectivités remportent le second prix : Yèvre-le-Châtel avec Yèvre-la-Ville (Loiret) pour l'aménagement « modeste mais juste » de l'église Saint-Lubin, et Ambérieux-d'Arzergues (Rhône) pour la recomposition de son centre-bourg.

### BOUYGUES CONSTRUIT EN THAÏLANDE

Bouygues Thai construit trois tours de 14, 47 et 52 étages et un immeuble de bureaux de 3 étages à Bangkok (Thaïlande) pour Noble Development, promoteur local. La filiale de Bouygues Construction y travaille pendant trois ans et demi. Les 157 000 m<sup>2</sup> du projet abriteront 1 450 logements et des bureaux. Le contrat se monte à près de 100 millions d'euros.

## UN BÂTIMENT XIX<sup>e</sup> AUX PERFORMANCES DU XXI<sup>e</sup> SIÈCLE

Il n'a fallu qu'une petite année pour rénover cet immeuble du XIX<sup>e</sup> siècle à Paris (16<sup>e</sup> arrondissement). Spie Batignolles et ses filiales ont travaillé de juillet 2011 (phase études) à juin 2012 pour restructurer les 6 500 m<sup>2</sup> et rehausser les performances énergétiques et acoustiques du bâtiment appartenant au groupe AG2R la Mondiale.

Il n'était pas possible d'intervenir sur la façade extérieure de ces deux immeubles de 1886 réunis en un seul en 1996-1998. L'isolation intérieure existante en doublage des murs a été conservée. En plus, la toiture a reçu 20 cm de laine de verre, et les murs mitoyens, 8 cm de mousse de polyuréthane. Les nouvelles fenêtres en bois sont dorénavant à double vitrage.

Le chauffage et la climatisation sont fournis par des pompes à chaleur, et distribués par poutres climatiques et ventilo-convecteurs selon les étages. Des centrales de traitement d'air apportent l'air neuf aux occupants. Des mesures acoustiques en extérieur ayant révélé une émergence trop élevée du bruit du système de climatisation par rapport au bruit de fond dans le quartier, les locaux techniques ont dû être reconfigurés, le nombre d'unités réduit et celles-ci réalisées sur mesure, et des pièges à son, posés.

AG2R a déposé des demandes de label BBC-Effinergie<sup>(1)</sup> en rénovation et de certification Haute qualité environnementale en exploitation. Les hypothèses de consommations d'énergie seront donc confrontées aux réelles. ■

<sup>(1)</sup> Performance énergétique supérieure à la réglementation thermique de 2005.



## BASE AÉRIENNE RECONVERTIE EN CENTRALE SOLAIRE

Plus d'un million de modules photovoltaïques couvrent l'ancienne base aérienne de Toul-Rosières (Meurthe-et-Moselle). Avant d'implanter cette centrale de 115-135 MWc, il a fallu exporter 8 000 tonnes de terres polluées, enlever des cuves de stockage d'hydrocarbures, désamianter 170 bâtiments, en détruire 280, et débarrasser le sol des réseaux et revêtements en goudron. Certains secteurs restent inoccupés pour préserver la faune et la flore. EDF EN a signé un bail emphytéotique de trente ans avec l'État et exploite la centrale pendant vingt ans au moins. Après quoi, les installations pourront être démontées et le site, être affecté à un autre usage. Restent à construire un Conservatoire de la base aérienne et une Maison de l'énergie photovoltaïque.

## PONT CHILIEN SUSPENDU

Le ministre chilien des Travaux publics a relancé l'appel d'offres du pont Chacao, celui de 2006 n'ayant pas abouti. Il s'agit d'un ouvrage suspendu de 2,6 km reliant le continent à une île touristique. Des entreprises se sont pré-qualifiées pour ce chantier de 587 millions d'euros mais devront attendre 2014 pour savoir qui a été choisi.

## RENNES MÉTROPOLÉ : ÉCOQUARTIER SUR FRICHE MILITAIRE



© TERRITOIRES & DÉVELOPPEMENT

Le nouveau quartier conserve l'aspect vert de l'ancienne friche militaire.

La Zac de la Courrouze a sorti son premier journal à la rentrée. Nous y lisons que ce quartier, situé à Saint-Jacques-de-la-Lande, à vingt minutes à pied du centre de Rennes (Ille-et-Vilaine), abrite désormais 500 logements et des petits commerces, et que 800 habitations sont en chantier. En 2013, sera aménagé le centre baptisé pôle là où le métro arrivera en 2019. L'aménagement de ces 115 hectares situés au Sud-Ouest de l'agglomération

rennaise, à l'intérieur de la rocade, a démarré en 2003 et devrait être fini dans une dizaine d'années. Le marché de définition avait été confié à l'équipe d'urbanistes Secchi-Vigano avec Charles Dard, paysagiste, et le bureau d'études VRD Amco. L'agglomération a désigné Territoires & Développement (société d'économie mixte) maître d'ouvrage aménageur par concession<sup>(1)</sup>. Le site, à l'abandon quand Rennes Métropole décide d'en tirer parti, a eu

une vocation militaire et industrielle de l'armement pendant deux cents ans. La pollution était partout. L'opération s'inscrit dans une démarche de développement durable avec douze cibles établies par l'agglomération et la maîtrise d'œuvre urbaine. Par exemple, les produits de démolition sont réutilisés en sous-couche de chaussée. Les produits pollués sont confinés sur place. Des matériaux excavés contenant des métaux (chrome, plomb, antimoine) ont été utilisés pour élever un merlon protecteur du bruit de la rocade et planté. Certaines terres ont quand même été évacuées hors du site. À terme, la Zac pourra accueillir 10 000 habitants dans 5 000 logements (la moitié en privé) et 3 000 emplois, le tout sur près de 600 000 m<sup>2</sup>.

Les espaces verts couvrent une fois et demie la surface bâtie, conservant ainsi les qualités végétales de l'ancien site. Les économies d'énergie sont au programme. Les parkings sont communs à plusieurs immeubles. Les qualités de la Zac lui ont valu de recevoir le prix Nature en ville du palmarès écoquartier du ministère de l'Écologie en 2011. ■

<sup>(1)</sup> Territoires & Développement a expliqué la démarche de cet aménagement au colloque Reconversion des friches urbaines polluées, 11-12 octobre 2011, Ademe/ministère de l'Écologie.

## UNE CITÉ ADMINISTRATIVE SOBRE EN ÉNERGIE

La cité administrative d'Istres (Bouches-du-Rhône) dont la première pierre a été posée cet été, sera achevée à la fin de l'été prochain. Le chantier du bâtiment qui offrira 6 300 m<sup>2</sup> dont un auditorium, une salle de conseil et

une des mariages, a d'abord commencé par des démolitions. En effet, la cité est implantée en bordure de l'Étang de l'Olivier à la place d'un gymnase, de courts de tennis et d'une halte-garderie. À ces suppressions, ont succédé des fouilles archéologiques pendant six mois pour mettre au jour des vestiges de l'époque gallo-romaine et du XIII<sup>e</sup> siècle. Le soin apporté au chantier - limitation des nuisances et des pollutions, niveau acoustique maintenu à 80 dB(A) au maximum - vaut à l'opération d'avoir reçu le label argent de l'association Bâtiments durables méditerranéens. Autre qualité récompensée : la faible consommation prévisible d'énergie malgré une orientation Est-Ouest du bâtiment et une façade largement vitrée. Cela est obtenu par le cumul

de plusieurs dispositifs. La toiture végétalisée rafraîchit l'ambiance intérieure et reçoit la climatisation solaire par pompe à absorption (production de froid par récupération d'énergie). Les fenêtres sont dotées de protections au rayonnement solaire direct d'été. Une pompe à chaleur hydrothermique fournit de l'air chaud. Sous le parvis, une nappe de puits assure la totalité des besoins en renouvellement d'air frais, l'été. Enfin, la double façade, côté ouest, évacue l'air chaud à la belle saison et retient la chaleur solaire, l'hiver. Le Syndicat d'agglomération nouvelle Ouest Provence (6 communes dont Istres et Fos-sur-Mer) est maître d'œuvre de la construction et la finance (25,5 millions d'euros TTC). ■



© OUEST PROVENCE

Le soin apporté au chantier a été reconnu officiellement.

# PROTOTYPE D'HABITAT AUTONOME SOLAIRE



© SOLAR DECATHLON EUROPE

Prototype du dernier étage d'une tour tel qu'exposé à la compétition à Madrid, en septembre.

Canopea, ainsi s'appelle le prototype d'habitat écologique qui a valu à l'équipe Rhône-Alpes de remporter le Solar Decathlon à Madrid (Espagne) en septembre. Le nom évoque la canopée, étage supérieur d'une forêt captant 95 % de l'énergie solaire et laissant filtrer la lumière à travers le feuillage. Il s'agit donc de tours d'habitation, baptisées nanotours par leurs concepteurs, constituant un quartier qui répond aux idées directrices suivantes : économiser du territoire (densifier), permettre les interactions, le refus de l'automobile, l'accès aux transports en commun, la performance énergétique globale par mutualisation, un mode de vie à faible impact sur l'environnement. Les tours de 10 étages au maximum sont conçues comme une superposition de maisons. Chaque logement occupe un étage entier avec vue de tous les côtés. Mais elles ne sont pas qu'un empilement d'habitations individuelles. Le dernier étage, celui représenté dans le prototype du concours, abrite une buanderie, une cuisine d'été, un grand écran, etc. Son toit porte des capteurs solaires thermiques (production d'eau chaude) et des modules photovoltaïques (production d'électricité). L'étage fait office d'espace tampon thermique pour le niveau situé au-dessous. Au rez-de-chaussée, d'autres services : magasins, crèche, borne de recharge

pour voitures électriques, jeux pour les enfants, etc.

Les logements sont ceinturés d'une coursive dont la structure indépendante de celle du bâtiment supporte les volets roulants, sert à porter les panneaux en toiture et contribue à la résistance sismique et aux vents.

Les productions et récupérations de l'énergie ainsi que sa distribution sont assez complexes, les interactions étant nombreuses et combinant des dispositifs collectifs et individuels. Citons-en quelques uns. Les kilowattheures produits par les panneaux solaires sont consommés sur place. Une partie est stockée dans une batterie afin d'y puiser aux heures de forte consommation.

La batterie sert aussi à la charge des voitures.

#### → Plaques de polycarbonate remplies d'eau

Le ballon d'eau chaude sanitaire collectif récupère des calories sur les eaux grises rejetées par les habitants. Son eau monte en température sur l'échangeur de la pompe à chaleur eau/eau puis sur celui de la pompe à chaleur air/air sur ventilation à chaque étage. Les capteurs solaires apportent leur part d'eau chaude.

Autre dispositif inhabituel : le refroidissement de nuit en été. Des plaques de polycarbonate remplies d'eau et formant les parois d'un conduit de ventilation, captent la fraîcheur la nuit et la restituent progressivement de jour (déphasage de douze heures). ■

## SOLAR DECATHLON EUROPE EN 2014 À VERSAILLES

**Solar Decathlon Europe, concours que l'équipe de Rhône-Alpes a gagné cette année en Espagne, sera organisé à Versailles (Yvelines) en 2014. Ce sera la 3<sup>e</sup> édition européenne de cette compétition universitaire créée aux États-Unis en 2002 par le ministère de l'Énergie. La fabrication d'un prototype d'habitat solaire autonome forme les étudiants à la conception de l'habitat et de la ville de demain. Les experts jugent les projets sur dix critères, dont les plus importants sont l'architecture, le bilan de l'énergie électrique, le confort, l'efficacité énergétique et la durabilité. Comme aux États-Unis, l'énergie solaire y est privilégiée.**

**À Madrid, début septembre, 500 participants de 20 équipes ont passé deux semaines à reconstruire leur prototype et à le présenter. L'équipe Rhône-Alpes est née en 2009 d'un partenariat entre l'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble et ses Grands ateliers de l'Isle-d'Abeau, et l'Institut national de l'énergie solaire qui va accueillir le prototype français en 2013. L'ont rejointe pour le Solar Decathlon à partir de 2011 des établissements supérieurs de Rhône-Alpes, écoles d'ingénieurs, IUT, ainsi que suisses. Les sponsors financiers et matériels sont très nombreux.**

**En savoir plus sur [www.solardecathlon.fr](http://www.solardecathlon.fr).**

## ÉOLIENNE FLOTTANTE

*L'éolienne flottante expérimentée par l'École centrale de Nantes a fait l'objet d'une deuxième série d'essais en octobre afin de compléter ceux menés avant l'été.*

*Le Laboratoire d'hydrodynamique énergétique et environnement atmosphérique de l'École s'intéresse à cette technologie car les éoliennes en mer ne peuvent être ancrées que jusqu'à 30 m de profondeur.*

*Or, « les sites aujourd'hui disponibles se situent majoritairement à des profondeurs beaucoup plus importantes, » écrit l'École. Le laboratoire dispose d'un bassin dit océanique où sont gérés simultanément la houle et le vent.*

*La maquette de l'éolienne est soumise à des vagues de 20 cm représentant celles de 10 m en pleine mer.*

*Les chercheurs observent son comportement et ses performances.*

*La recherche fait l'objet d'une thèse et est financée par la Région des Pays-de-la-Loire.*



La maquette de l'éolienne flottant dans son bassin océanique.

© ÉCOLE CENTRALE DE NANTES

## COMPACTEUR SUR PNEUS

Ce compacteur sur pneus est doté d'une cabine entièrement vitrée à deux postes de conduite, commode pour bien voir le travail en cours. L'élasticité des pneus rend permanents le compactage et l'écroutissage (résistance à la déformation), selon son fabricant, Amman (Suisse). L'AP240 peut recevoir un ballast de 10 à 24 tonnes avec, en option, la possibilité de le remplacer par de l'eau. En standard, il possède une bonne maniabilité grâce à un entraînement hydrodynamique et se comporte bien en pente. La suspension isostatique de l'essieu avant autorise une élévation de +/- 100 mm et une oscillation de 5°, ce qui garantit un contact permanent avec le matériau à tasser. Le fabricant a conçu l'engin pour que les interventions de maintenance soient très espacées. Le moteur et les points de service sont très accessibles.



Le ballast peut varier de 10 à 24 tonnes et même être de l'eau.

© AMMAN GROUP

## CHAMP DE CAPTEURS DANS LA BEAUCE



© EDF ENERGIES NOUVELLES

Une centrale solaire de 60 MWc occupe 130 ha impropres à l'agriculture.

Un champ de capteurs solaires a fleuri au milieu de la Beauce. À Crucey (Eure-et-Loir), 130 ha supportent 741 150 modules solaires formant une centrale de 60 MWc. Ils font partie de la base militaire de l'Otan désaffectée depuis 1967<sup>(1)</sup>, un site pollué impropre à l'agriculture. Le Conseil général a saisi cette opportunité d'implanter des énergies nouvelles renouvelables sans consommer de surfaces cultivables.

EDF Énergies nouvelles a développé le projet à partir de 2009 et l'exploite maintenant pour vingt-huit ans. La mise en service a eu lieu progressivement de mai à septembre. La filiale d'EDF verse 20 millions d'euros au total au Conseil général d'Eure-et-Loir, propriétaire du terrain de 245 ha (une partie de la base). L'électricité produite par la centrale part directement dans le réseau de distribution et y apporte l'équivalent de la consommation annuelle de 28 000

habitants qui seraient chauffés à l'électricité. Les panneaux photovoltaïques sont du type en couches minces de First Solar, fabricant américain qui se prépare à investir dans une usine en Gironde. Des entreprises locales ont participé au projet à hauteur de 8 millions d'euros. Les travaux de dépollution devraient se poursuivre jusqu'en 2014. ■

<sup>(1)</sup> Otan : Organisation du traité de l'Atlantique Nord que la France a quittée en 1966.

## RÉFECTION DU FORT SAINT-JEAN À MARSEILLE

Le Fort Saint-Jean situé dans le port de Marseille, a été restauré dans le cadre de la création du Musée des civilisations de l'Europe et de la Méditerranée dont il abritera certaines expositions. Les travaux commencés en 2011, se sont terminés cet été. Le site, à l'abandon et partiellement en ruines mais classé monument historique depuis 1964, a eu ses heures de gloire. Au XIII<sup>e</sup> siècle, les Hospitaliers Saint-Jean de Jérusalem y construisent une église, un hôpital et le palais du commandeur. Aux XV<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles, plusieurs tours y sont érigées pour défendre le port.

Puis Louis XIV y implante une citadelle qu'il commande à Vauban. Le fort conserve une vocation militaire jusqu'à la Révolution française avant d'être transformé en prison. Les bâtiments du cantonnement du Fort Saint-Jean étaient très endommagés. Il a fallu remplacer des moellons et des pierres de taille. L'entreprise Girard (Avignon) a été chargée de la restauration. Elle a cherché le matériau d'origine dans une carrière désaffectée près de Martigues et a obtenu l'autorisation de la rouvrir temporairement. Elle en a fait extraire les 150 m<sup>3</sup> nécessaires aux travaux et a vieilli les pierres afin qu'elles se

fondent dans la maçonnerie conservée. Les blocs ont été érodés au burin et à la massette, puis au pistolet à aiguilles et enfin sablés. Une patine constituée de chaux, d'ocres et d'eau a parachevé la ressemblance. Autre exemple de cette restauration : la réfection de la rampe à canon, tunnel de 75 m de long, de l'époque de Vauban. Après décapage, il a reçu un mélange de chaux et de pouzzolane, piège à sel, puis un enduit de finition. Lafarge a fourni les produits à base de chaux blanche du chantier, chacun étant différent selon le lieu de l'application. ■



Rampe à canon, tunnel de 75 m de long, après restauration.

© LAFARGE

## AGENDA

### ÉVÉNEMENTS

#### • 3 AU 5 DÉCEMBRE

**JST du Centre d'études techniques maritimes et fluviales**

Lieu : UIC-P (Paris 15<sup>e</sup>)

[www.colloques-cetmef.developpement-durable.gouv.fr](http://www.colloques-cetmef.developpement-durable.gouv.fr)

#### • 4 AU 7 DÉCEMBRE

**Expoprotection**

Lieu : Paris (Porte de Versailles)

[www.expoprotection.com](http://www.expoprotection.com)

#### • 5 AU 7 DÉCEMBRE

**Salon de l'immobilier d'entreprise**

Lieu : Paris (Palais des congrès)

[www.salonsimi.com](http://www.salonsimi.com)

#### • 5 AU 7 DÉCEMBRE

**Energaia**

(salon énergies renouvelables)

Lieu : Montpellier

[www.energaia-expo.com](http://www.energaia-expo.com)

#### • 12 DÉCEMBRE

**Quelles perspectives pour l'aménagement numérique de la France en très haut débit ?**

Lieu : Paris

[www.fnccr.asso.fr](http://www.fnccr.asso.fr)

### FORMATIONS

#### • 3 ET 4 DÉCEMBRE

**Bases et pratique de la formulation des bétons**

Lieu : Paris

[www.ponts-formation-conseil.fr](http://www.ponts-formation-conseil.fr)

#### • 10 AU 14 DÉCEMBRE

**Gestion du patrimoine : renouvellement et réhabilitation des réseaux d'eau**

Lieu : Limoges (Haute-Vienne)

[www.oieau.org/cnrfme](http://www.oieau.org/cnrfme)

#### • 11 ET 12 DÉCEMBRE

**Auscultation, gestion et entretien des chaussées**

Lieu : Paris

[www.ponts-formation-conseil.fr](http://www.ponts-formation-conseil.fr)

#### • 12 AU 14 DÉCEMBRE

**Diagnostic d'inspection des ouvrages d'art**

Lieu : Paris

[www.ponts-formation-conseil.fr](http://www.ponts-formation-conseil.fr)

### NOMINATIONS

#### ÉCOLOGIE (MINISTÈRE) :

**Cédric Grail a été nommé conseiller budgétaire et du développement économique**

auprès du ministre des transports, de la mer et de la pêche, Frédéric Cuvillier.

#### ÉGALITÉ DES TERRITOIRES :

**Alexis Masse est conseiller pour la ville et l'égalité des territoires au cabinet de Cécile Duflot, ministre de l'Égalité des territoires et du Logement.**

#### EGIS :

**Nicolas Jachiet, directeur général, devient PDG.**

#### EIFPAGE :

**Pierre Berger remplace François Roverato, PDG du groupe, parti en retraite.**

#### ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES :

**L'ENPC est dirigée depuis août par Armel de la Bourdonnaye.**

#### FIEC :

**Thomas Schleicher a été élu président pour deux ans de la Fédération de l'industrie européenne de la construction en remplacement de Luisa Todini.**

#### LAFARGE :

**Carlos Espina vient d'être nommé directeur de la recherche et du développement du groupe.**

#### SOLÉTANCHE BACHY :

**Bruno Dupety, PDG, est remplacé par Jérôme Stubler.**

**Il reste dans le groupe Vinci puisqu'il assure dorénavant la direction générale déléguée de Vinci Construction.**

#### SPIE BATIGNOLLES :

**Laurent Grall est nommé président et Jean-Charles Robin, vice-président du nouveau directoire. Changement également à la présidence du nouveau conseil de surveillance avec l'arrivée de François-Xavier Cledat.**

#### VINCI ENERGIES :

**Yves Meignié est le nouveau PDG après le départ en retraite de Jean-Yves Le Brouster. M. Meignié était déjà directeur général délégué du pôle énergies du groupe.**

## MOBILITÉ : CE QUE NOUS APPRENNENT LES ANNÉES 2000

Les années 2000-2010 auront vu la mobilité évoluer sérieusement. L'usage de la voiture dans les grandes agglomérations a reculé. Mais ce constat ne doit pas cacher la situation dans le reste des territoires, là où la mobilité discrimine la population dans l'accès à l'emploi, aux services et aux loisirs. L'ouvrage sur la mobilité urbaine

en France publié par le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, décrit et nuance les évolutions des comportements des utilisateurs de transport sur cette décennie et en tire des enseignements. Malgré les progrès en matière de dispositifs anti-pollution et le recours à des modes doux de

transport, la question environnementale n'est pas résolue, tant en matière de qualité de l'air que de réchauffement climatique. L'acheminement des marchandises en ville, une question parfois oubliée, complexifie l'organisation des déplacements.

[www.certu.fr](http://www.certu.fr) ■



## CARRIÈRES DE ROCHES MASSIVES ET ÉCOLOGIE

Le guide de bonnes pratiques pour la biodiversité intitulé *Gestion et aménagement écologiques des carrières de roches massives* vient d'être publié par trois organisations professionnelles : l'Union nationale des producteurs de granulats, le Syndicat français de l'industrie cimentière et l'Union des producteurs de chaux.

L'ouvrage s'adresse aux exploitants et au personnel de carrières, concernés au jour le jour par la gestion écologique de leur site. Il ne parle que des milieux et espèces qui colonisent naturellement les carrières. Il apporte sa contribution à un réaménagement qui favorise l'apparition et le maintien de milieux favorables qui s'y développent.

Le CD-rom qui accompagne l'ouvrage rassemble les trois volets d'un programme de recherche sur les interactions entre biodiversité et carrières de roches massives, une bibliographie et les inventaires écologiques de 35 sites.

[www.unpgp.fr](http://www.unpgp.fr) ■



# UNE NOUVELLE NOTION DU PATRIMOINE

LE PATRIMOINE EST UNE NOTION DONT LE SENS S'EST ÉLARGI RÉCEMMENT POUR CONCERNER DES DOMAINES CONSIDÉRÉS JUSQUE-LÀ COMME « OUBLIABLES » TELS QUE DES BÂTIMENTS INDUSTRIELS, DES CONSTRUCTIONS RÉCENTES, VOIRE DES QUARTIERS OU MÊME DES PAYSAGES.

**ENTRETIEN AVEC BERTRAND LEMOINE, DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'ATELIER INTERNATIONAL DU GRAND PARIS.** PROPOS RECUEILLIS PAR MARC MONTAGNON



DÉSORMAIS, LE PATRIMOINE PREND EN COMPTE LA VALEUR POTENTIELLE D'USAGE, ALORS QU'HISTORIQUEMENT, LE PATRIMOINE CULTUREL SE DÉFINISSAIT DE FAÇON UN PEU RESTRICTIVE COMME L'ENSEMBLE DES BIENS, MATÉRIELS OU IMMATÉRIELS, AYANT UNE IMPORTANCE ARTISTIQUE OU HISTORIQUE CERTAINE ET QUI APPARTIENNENT SOIT À UNE ENTITÉ PRIVÉE, SOIT À UNE ENTITÉ PUBLIQUE (COMMUNE, DÉPARTEMENT, RÉGION, PAYS...).

**La question est vaste mais, peut-être, pouvez-vous y apporter une réponse synthétique. Qu'entend-on aujourd'hui par patrimoine ?**

Le sens du mot s'est considérablement élargi parce que la notion même de patrimoine, c'est-à-dire les éléments historiques qui ont fait l'objet d'une reconnaissance

progressive au 19<sup>e</sup> siècle, à partir de 1830, concrétisée par la loi de 1913 sur les monuments historiques, s'applique aujourd'hui à des domaines qui en étaient complètement exclus jusque-là. Cette notion qui a conduit au classement ou à l'inscription en France de 42 000 sites s'est confortée en même temps qu'elle devenait progressivement moins restrictive

pour incorporer de nouveaux types de patrimoine, soit datant du 20<sup>e</sup> siècle, donc récents, tels que les ouvrages d'art et les bâtiments industriels, soit concernant des constructions plus ordinaires, moins prestigieuses en allant même jusqu'à inclure la notion d'ensembles et de quartiers qui font désormais l'objet d'une protection globale. À telle

enseigne que l'on dispose aujourd'hui d'un arsenal important d'éléments protégés ainsi que d'un « corpus » qui s'inscrit presque au niveau personnel, beaucoup plus large et concerne l'existant, c'est-à-dire le fruit du travail des générations précédentes. Il fonde un ensemble constitué aussi bien de bâtiments de toute nature que d'infrastructures et d'aménagements.



**Quels exemples concrets et significatifs pouvez-vous donner de l'émergence de cette notion élargie ?**

Une grande partie du territoire français est cultivée et on considère aujourd'hui, au sens élargi du patrimoine, que le socle agricole de la France constitue un patrimoine productif et représente un domaine « cultivé » au sens propre du terme. Le réseau des villes et des villages, l'armature urbaine dans laquelle vit maintenant la majorité de nos concitoyens et, d'ailleurs, de l'ensemble des habitants de la planète, est considéré non seulement comme un patrimoine avec des monuments historiques mais aussi avec des immeubles, des maisons, des équipements, des rues, des réseaux. Cette notion a émergé progressivement au fil des années pour prendre une réelle ampleur à partir du 19<sup>e</sup> siècle. Si on l'applique au Grand Paris, même si la fondation de la cité remonte à l'époque romaine, voire à une époque antérieure, ce qui constitue aujourd'hui son patrimoine bâti « *intra muros* » date, pour l'essentiel, des 18<sup>e</sup>, 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècles, avec seulement quelques monuments plus anciens. Le tissu ordinaire des immeubles et des rues est assez récent et les traces de la structure moyenâgeuse de la capitale ne perdurent que ponctuellement, de façon éparse.

**En 2012, la notion de patrimoine est ainsi nettement plus large que lors de son apparition d'origine.**

**Quels sont les éléments qu'elle prend désormais en compte de façon plus systématique?**

Dans les années 70 à 80, elle a été élargie à des constructions plus récentes : on a fait entrer, par exemple, dans la dimension patrimoniale, l'architecture du 19<sup>e</sup> siècle, voire du 20<sup>e</sup> siècle.



3

**1- Première gare française créée en 1837, la gare de Paris Saint-Lazare, d'inspiration classique, n'avait connu aucune rénovation importante.**

**2- La nouvelle salle des pas perdus de la gare Saint-Lazare.**

**3- Le projet de reconstruction/rénovation de la halle de la rue Pajol à Paris XVIII<sup>e</sup> prévoit la création d'un jardin couvert.**

**4- Les Grands Moulins de Paris, à Pantin : un exemple réussi de réappropriation d'une architecture industrielle.**

**5- La rénovation de la halle de la rue Pajol inclut l'installation d'une centrale solaire de 3 500 m<sup>2</sup> ; composée de 2 000 panneaux photovoltaïques.**

Déjà, dans les années 60, la loi Malraux du 4 août 1962 a permis de protéger un secteur urbain caractéristique lorsqu'il présente « un caractère historique, esthétique ou de nature à justifier la conservation, la restauration ou la mise en valeur de tout ou une partie d'un ensemble d'immeubles bâtis ou non ».

Cette loi incluait - et la démarche était nouvelle - l'idée de quartiers historiques, c'est-à-dire de bâtiments dits d'accompagnement reliant entre eux les bâtiments considérés comme « phares », précédemment identifiés comme tels.

Aujourd'hui, dans la perspective d'une réflexion sur la ville durable, la démarche va plus loin : elle prend conscience que le patrimoine au sens plus large peut concerner tout l'existant, y compris les infrastructures et les réseaux qui constituent une valeur assurant le socle de production au quotidien.

Cette notion est d'ailleurs parfois mal interprétée. La caricature serait de dire : « tout est patrimoine » donc tout est sacralisé et la « patrimonisation » généralisée à l'ensemble du territoire interdirait toute construction nouvelle, toute transformation, toute évolution. C'est un écueil qu'il faut éviter, l'autre écueil étant de raser de façon systématique tout ce qui n'est pas considéré comme monument historique au sens restreint du terme, ce qui était la position de Le Corbusier dans les années 20.

Aujourd'hui, on gère mieux, d'une part, la valeur symbolique du patrimoine au sens de création de lien social et, tout simplement, on mesure mieux la valeur d'usage, même si les outils dont nous disposons ne sont pas encore suffisants pour l'adapter et la transformer.

La démarche actuelle prend également conscience qu'il s'agit d'une valeur lentement renouvelable : lorsqu'un quartier est rasé, il faut de nombreuses années avant que ses habitants se le réapproprient dans sa forme nouvelle.

De ce fait, la prise en compte du patrimoine constitue l'un des enjeux de la ville durable car l'idée qui s'impose désormais est celle du « recyclage » par opposition à celle de la « consommation à outrance », d'espaces périphériques ou périurbains.

**Quelle est désormais la démarche pour aller au-delà de l'idée de consommation qui était de règle il n'y a pas si longtemps encore ?**

Le problème est de passer d'une économie urbaine de la consommation et de l'extension, d'une ressource non renouvelable - entre autres la terre agricole -, à une stratégie de recyclage de la ville sur elle-même. Il ne s'agit pas de refaire Venise mais plutôt de mettre à profit l'idée que la ville a une capacité à se régénérer sur elle-même, à se transformer, à s'adapter, à trouver de nouveaux usages. ▷



4



5

Cette préoccupation accompagne d'ailleurs la nouvelle modélisation économique qui est passée d'une économie industrielle à une économie tertiaire et de service : l'activité industrielle ne représente plus que 14 % de l'activité économique de la France. Elle s'inscrit parfaitement dans l'idée du Grand Paris tant sur le plan économique que démographique : toutes les statistiques s'accordent sur le fait que le rythme d'augmentation de la population parisienne se situe autour de 50 000 habitant/an.

### Le caractère prospectif de la nouvelle notion de patrimoine a-t-il déjà donné lieu à des réalisations récentes « remarquables » au sens propre du terme ?

Le classement au patrimoine mondial de l'humanité du bassin minier du Nord - Pas-de-Calais par l'Unesco est l'aboutissement d'une démarche extrêmement intéressante. Non seulement, il apporte une reconnaissance internationale à cette région, mais encore il confère à ses habitants une fierté constituant un hommage à l'héritage industriel proprement dit du bassin minier ainsi qu'à son environnement : les corons, les équipements publics, les paysages de terrils, de lacs...

Autour de ce projet, c'est une région tout entière, très sinistrée sur le plan économique, qui s'est d'ailleurs mobilisée en dépit du fait que, dans un passé encore proche, de très nombreux sites industriels ont été rasés volontairement par les municipalités après leur fermeture, comme si l'on voulait effacer la trace d'un passé parfois douloureux pour partir sur de nouvelles bases.

La démarche de mise en valeur du bassin minier, intervenue longtemps après que l'on a détruit de nombreux vestiges du passé industriel - notamment les chevalements de mines



6

dont il ne reste qu'une trentaine sur les 400 qui existaient à l'origine - me paraît très intéressante : la tendance est désormais inversée car elle s'interroge sur les atouts que peut présenter ce patrimoine pour l'avenir économique, social et identitaire de cette région.

Elle devrait aboutir à la création de sites touristiques très fréquentés qui en constituent le socle identitaire et rappellent le passé trans-ethnique de la région, dans laquelle travaillaient à côté des Français, des Italiens, des Polonais, des Marocains...

Il en émerge une démarche qui me semble exemplaire de l'évolution de la notion de patrimoine qui n'aurait sans doute pas été possible il y a 20 ans où l'idée prédominante n'était pas de classer les corons au patrimoine mondial de l'humanité mais plutôt de les faire disparaître.

### Cette évolution s'appliquera-t-elle également à la genèse du Grand Paris ?

Deux idées se conjuguent dans l'idée du Grand Paris : d'abord celle d'un développement renforcé au niveau des infrastructures de transport et de leur mise à niveau, essentiellement en souterrain, afin de créer des interconnexions avec les gares existantes de surface ; ensuite celle de favoriser le développement de la ville en la reconstruisant sur elle-même, c'est-à-dire en faisant de l'intensification urbaine, tout en préservant l'espace

naturel des parcs, des jardins, des bois ainsi que l'espace agricole d'Ile de France, l'un des plus fertiles au monde avec celui de l'Ukraine.

### Cela n'est-il pas contradictoire avec ce que vous évoquiez précédemment qui tendait à prendre en compte la dimension patrimoniale de l'existant ?

Nous voulons à la fois conserver la qualité patrimoniale de la ville au sens

large et, en même temps, trouver des opportunités pour permettre à la ville de se régénérer. Une telle démarche fait évoluer la notion de patrimoine dans deux directions : elle prend en compte l'ensemble de l'existant, mais sans le sacrifier c'est-à-dire en y incluant des architectures contemporaines diversifiées en verre, en acier, en pierre, tout en conservant une structure urbaine de ville dense, dont on sait qu'elle est la seule à fonctionner correctement.

La contradiction à laquelle vous faites allusion peut être résolue aisément et des exemples sont déjà là pour le confirmer, notamment dans le cadre de la création de centres culturels et de loisirs.

Prenons celui de la scène nationale du Channel à Calais. Cet espace comporte trois salles de spectacles, une librairie, un restaurant, des activités associatives. Or, il est installé dans les anciens abattoirs de la ville.

De l'avis même de ses gestionnaires, le développement des activités culturelles qu'il abrite ne se serait pas fait de la même manière dans un bâtiment neuf.

À Calais, l'architecture existante, qui a été globalement respectée, a produit une autre manière de concevoir un centre culturel même si de nombreux volumes ont été transformés, aménagés, adaptés aux exigences techniques de leur destination.

Il n'en demeure pas moins qu'il subsiste un lien entre la mémoire des abattoirs et un nouveau type d'espaces que l'on n'aurait jamais pu construire *ex-nihilo*.

Cet exemple à petite échelle montre que l'utilisation de l'existant, y compris en respectant sa dimension patrimoniale, n'est pas contradictoire avec de nouveaux usages mais permet, au contraire, de générer une autre forme de créativité à plus grande échelle, lorsqu'elle s'applique à une ville. □

**6- Les Halles du Boulingrin à Reims : le travail de rénovation de l'architecte François Chatillon a été d'apporter des réponses architecturales et techniques sans jamais dénaturer l'œuvre de Maigrot et Freyssinet.**

**7 & 8- L'extension d'acier et de verre, d'une extrême transparence, de la gare TGV de Strasbourg n'altère en rien la vision du bâtiment historique conçu en 1883 par l'architecte allemand Jacobstahl.**



7



8



## ON SE COMPREND MIEUX QUAND ON EST DE LA MÊME FAMILLE



PRO BTP,  
groupe paritaire  
de protection  
sociale à but  
non lucratif,  
est né de la  
famille du BTP  
pour mieux  
la protéger.

RETRAITE

PRÉVOYANCE

SANTÉ

ÉPARGNE



ASSURANCES

ACTION SOCIALE

VACANCES



1

© PHOTOtheque CHAPELLE

# CHAPELLE ET CIE

## DIVERSITÉ DE COMPÉTENCES DANS LE NEUF ET DANS L'ANCIEN

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

LE LYCÉE HOCHÉ ET LA COUR DES SENTEURS À VERSAILLES, LES RAMPES DE L'OPÉRA GARNIER À PARIS, LA CASERNE TOURNON DE LA GARDE RÉPUBLICAINE DANS LE 6<sup>e</sup> ARRONDISSEMENT, CES RÉFÉRENCES RÉCENTES PERMETTENT DE SITUER DEUX DES DOMAINES PRIVILÉGIÉS D'INTERVENTION DE CHAPELLE ET CIE : LA RÉHABILITATION DE BÂTIMENTS ANCIENS ET LA RESTAURATION DE MONUMENTS HISTORIQUES. CHAPELLE EXERCE ÉGALEMENT UNE PART IMPORTANTE DE SON ACTIVITÉ EN TANT QU'ENTREPRISE GÉNÉRALE SUR DES CHANTIERS DE CONSTRUCTION NEUVE ET DE VRD. PATRICK JOSSELIN, DIRECTEUR DE CHAPELLE ET CIE RETRACE L'HISTOIRE DE CETTE ENTREPRISE ET FAIT LE POINT SUR SON ACTUALITÉ.

Dans le cadre de la restauration de monuments historiques, elle est, en Île-de-France, l'une des dix ou douze entreprises spécialisées dans ce type d'activité requérant une qualification et des compétences élevées.

### VERSAILLES L'A ADOPTÉE

L'entreprise a été créée en 1889 à Paris mais elle s'est rapidement déplacée rue Sainte Adélaïde au cœur du vieux Versailles, où elle est toujours basée, après avoir obtenu un marché de travaux d'entretien du Château de

Versailles. Versailles l'a adoptée dès sa création et elle a adopté Versailles. Elle dispose également d'un atelier de taille de pierre à Buc, dans les Yvelines. Dans un premier temps, Chapelle et Cie a exercé son activité essentiellement à Versailles puis elle l'a

élargie aux Yvelines avant d'intégrer le groupe Léon Grosse en 1959, à l'initiative de Léon Grosse. L'entreprise Chapelle emploie actuellement 72 collaborateurs, réalise un chiffre d'affaires moyen de 11 millions d'euros et intervient dans quatre métiers :



© PHOTO THÉQUE CHAPPELLE

2

3

- La réhabilitation de bâtiments anciens,
- La restauration de monuments historiques, avec la taille de pierre,
- Des travaux neufs dans le domaine du bâtiment,
- Des travaux publics essentiellement dans le cadre de chantiers de VRD : remplacement de canalisations, branchements d'adduction d'eau potable, curage de bassins, enrobés dans le domaine privé...

« Les chantiers de réhabilitation représentent près de 50% de notre chiffre d'affaires, indique Patrick Josselin, son directeur, tandis que les activités de restauration et de travaux neufs se situent entre 10% et 15% et que le secteur des travaux publics évolue entre 25% et 30% ».

**1 à 3- Le lycée Hoche, à Versailles, Chapelle a réalisé les ravalements en pierre et enduit.**

Les travaux neufs concernent des constructions de bonne facture constituées, par exemple, de modules isolants porteurs préfabriqués en usine, manuyportables, incluant du polystyrène extrudé. Ces blocs de forte épaisseur totale (40 cm) permettent d'obtenir un niveau d'isolation thermique très performant. « L'un des chantiers récents

de ce type est actuellement en cours à Saint-Germain en Laye, précise Patrick Josselin : il concerne un immeuble de bureaux dont les occupants sont particulièrement satisfaits car le complexe béton armé/polystyrène/vide d'air mis en œuvre assure une excellente régulation thermique tant en hiver qu'en été ».

**DÉVELOPPEMENT PAR LA DIVERSIFICATION**

La pluralité de compétences et d'activité est nécessaire au bon développement de Chapelle et Cie parce que, même dans la région Île-de-France où les bâtiments anciens sont nombreux, la réhabilitation de bâtiments anciens et la restauration de monuments historiques ne peuvent assurer à elles seules la croissance, voire la pérennité d'une

entreprise, bien que la redécouverte de l'importance du patrimoine historique soit incontestablement l'un des grands faits de notre société dans laquelle chacun cherche les racines de son identité et de sa vie. Les travaux de pavage sont l'un de ses domaines de prédilection car elle dispose de compagnons formés pour cette activité bien particulière. Ainsi, peut-on citer 2 000 m<sup>2</sup> de pavés de grès pour l'allée de Bailly au château de Versailles, une rampe latérale de l'opéra Garnier à Paris, la cour de la caserne Tournon de la Garde républicaine, la Cour des Senteurs en bordure du Palais des Congrès de Versailles à deux pas du château où la ville créé un nouvel aménagement dédié aux parfums (voir l'encadré spécifique sur ce sujet).



**PATRICK JOSSELIN**  
DIRECTEUR DE CHAPPELLE ET CIE

© PHOTO THÉQUE CHAPPELLE

**DES RÉFÉRENCES « HISTORIQUES » ET CONTEMPORAINES**

Quelques références mettent en lumière la diversité de compétences de l'entreprise Chapelle dans la rénovation, la restauration et la réhabilitation du patrimoine :

- Ravalement en pierre et enduits des façades du lycée Hoche, à Versailles,
- Travaux réguliers d'entretien pour le château de Versailles et pour le Sénat, à Paris,
- Travaux réguliers de VRD pour différents clients privés,
- Prieuré de Chevreuse dans la vallée de Chevreuse.



## LA COUR DES SENTEURS

Versailles est le lieu emblématique de l'histoire du parfum et le siège de l'Institut supérieur international du parfum (ISIPCA).

La Ville crée un nouvel espace commercial et culturel rue de la Chancellerie, tout près de l'entrée du château, qui ouvrira au printemps 2013.

S'y installeront de grandes enseignes d'excellence : les parfumeurs Guerlain et Dyptique, le gantier Fabre (historiquement la ganterie était associée à la parfumerie), le traiteur Lenôtre. On y trouvera aussi une Maison des parfums et un Jardin des senteurs, pour découvrir des essences rares.

Ce lieu était une ruine au départ.

Il est en cours de réhabilitation et de transformation avec un nouveau passage vers le jardin des Récollets et deviendra un lieu de promenade et de shopping ouvrant un passage entre le château et le quartier Saint-Louis.



## TAILLEUR DE PIERRE : REGAIN D'INTÉRÊT

Les pierres utilisées pour les divers chantiers de restauration et de réhabilitation sont débitées et taillées dans l'atelier de Buc où des compagnons qualifiés sont affectés en fonction des besoins.

Cet atelier dispose d'équipements à commande numérique pour la préparation mécanique des pierres mais rien

ne remplace ensuite le coup de main des tailleurs de pierre expérimentés pour la taille proprement dite.

« Contrairement à ce que l'on pourrait penser, précise à ce sujet Patrick Josselin, ce métier intéresse tout autant des cadres soucieux de changer d'orientation - nous en avons eu des exemples - que des jeunes femmes qui n'hésitent pas aborder une activité qui demeure malgré tout assez physique

4 à 6- La Cour des Senteurs, à Versailles (voir encadré).

7- Domaine du château de Versailles, allée de Bailly.

en dépit des progrès des moyens de lavage et de maintenance. Car la pierre reste la pierre ».

## LA FORMATION, INDISPENSABLE

Sur chantier, lors des opérations de réhabilitation et de restauration, une très grande importance est accordée par l'entreprise au respect intégral de l'existant, tant dans l'esprit que dans la forme.



## UN PARC DE MATÉRIEL ADAPTÉ

Pour réaliser les travaux dont fait état Patrick Josselin et répondre à leur diversité, l'entreprise dispose d'un parc de matériels bien adaptés aux interventions en sites urbains, donc souvent restreints : quatre minipelles Volvo et Bobcat de 1,5 t, 2,5 t, 3,5 t, une pelle sur pneus Mecalac 714 MW de 14 t, un dumper sur chenilles Takeuchi de 9 t, un dumper sur pneus Ausa de 2 t, une chargeuse-pelleteuse JCB 3CX auxquels s'ajoute une flotte de cinq camions équipés de grues pour mettre en œuvre les matériaux : 26 t avec grue de 18 m, 19 t avec grue de 12 m, 19 t avec grue de 7,50 m, 10 t avec grue de 4,50 m, 10 t sans grue. Sans oublier les échafaudages.



8



9



10

**8 & 9- Caserne de Croÿ, à Versailles, pavage de la rotonde.**

**10- Prieuré de Chevreuse, reconstruction en pierre des arcatures de l'entrée principale.**

**11 & 12- Atelier de taille de pierre de Chapelle à Buc, avec machine de découpage à commande numérique.**

D'où l'importance d'un recrutement de maçons, de tailleurs de pierre, de compagnons déjà formés ou qui seront formés dans l'entreprise.

« Pour restaurer des monuments historiques, il faut que nos compagnons acquièrent une sensibilité propre à ce type d'activité, ce qui est indispensable pour découvrir et s'approprier les techniques mises en œuvre par le passé et à les reproduire le plus fidèlement possible. Ceci ne peut s'obtenir qu'après de longues années de pratique ».

Restaurer, rénover, réhabiliter les monuments qui sont le témoignage de notre histoire commune mais aussi réaliser des travaux neufs qui sont celui de notre présent est aujourd'hui l'une des tâches les plus gratifiantes proposées aux entreprises de bâtiment travaillant dans les règles de l'art.

Elles savent à la fois retrouver le geste ancestral du tailleur de pierre sur les monuments historiques et l'accompagner des techniques les plus modernes lors de constructions neuves. L'entreprise Chapelle est de celles-là. □



11



12



© THIERRY DUVIER, PHOTOTHÈQUE VINCI ET FILIALES

# CHÂTEAU DE VERSAILLES : QUAND LE PASSÉ SE CONJUGUE AU PRÉSENT

AUTEURS : DIDIER MICALEF, DIRECTEUR DE BOURGEOIS - LIONEL GARIN, CHEF DE CENTRE BOURGEOIS - LAURENCE EHRMANN, DIRECTRICE DE LA COMMUNICATION, VINCI CONSTRUCTION FRANCE, DIRECTION DÉLÉGUÉE RHÔNE-ALPES SUD, AUVERGNE, BOURGOGNE, FRANCHE-COMTÉ

QUELLE ENTREPRISE NE RÊVE PAS DE SE METTRE AU SERVICE DU CHÂTEAU DE VERSAILLES ? LA SÉLECTION EST IMPITOYABLE. À LA CLÉ, UNE RÉFÉRENCE PRESTIGIEUSE AUTANT, POURRAIT-ON DIRE, QU'UN HONNEUR. MAIS C'EST UNE ANGOISSE AUSSI, TANT L'ILLUSTRE OBJET QUE L'ON SOIGNE EST DÉLICAT ET SON ARCHITECTE EXIGEANT. L'ENTREPRISE BOURGEOIS, SPÉCIALISÉE DANS LES TOITURES ET LES TRAVAUX D'ART, NOUS RACONTE ICI LA BELLE AVENTURE DE LA RESTAURATION DES COUVERTURES AU-DESSUS DE L'ANCIEN ESCALIER DES AMBASSADEURS.

Dans ce genre d'exercice, non seulement le savoir-faire doit être irréprochable mais encore faut-il y ajouter respect, obéissance et passion. On découvrira aussi qu'il faut maîtriser la sécurité des personnes et des biens ainsi que la prévention des risques d'incendie et d'intrusion malfaisante. Également, BOURGEOIS est soucieuse de la transmission du métier par les anciens aux jeunes, dans la pure tradition du compagnonnage.

Cet article est aussi un savoureux florilège lexical où les termes de métier séculaires voisinent avec téflon et résine.



© THIERRY DUVIER, PHOTOTHÈQUE VINCI ET FILIALES

1- L'équipe travaux de BOURGEOIS vue du toit du château de Versailles.

2- Le château de Versailles en travaux.

1- The BOURGEOIS work team seen from the roof of Versailles Castle.

2- Versailles Castle during the works.

3a- Croquis de principe de la modification des couvertures au-dessus de l'appartement Maurepas (extrait du DCE) document de l'architecte AVANT.

3b- Plan d'exécution de modification de charpente avec zoom sur l'enchevêtrement réalisé à partir du croquis de l'architecte (en bleu la partie en bois modifiée).

4a- Croquis de principe de la modification des couvertures au-dessus de l'appartement Maurepas (extrait DCE) document de l'architecte APRÈS.

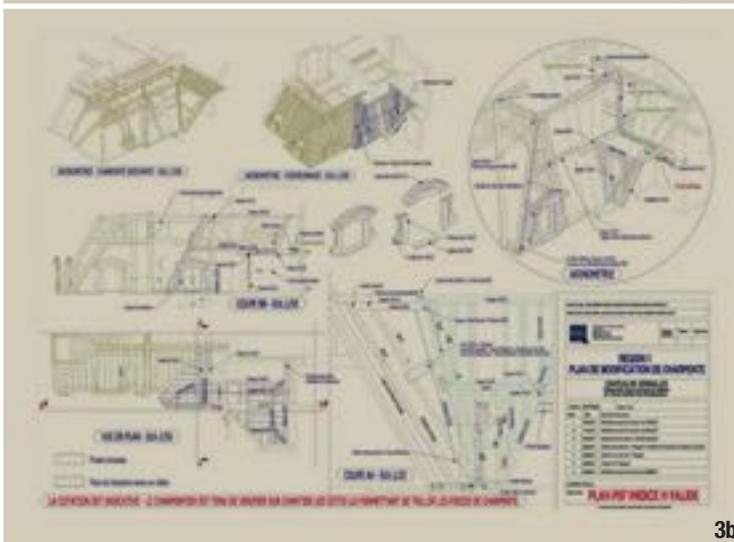
4b- Plan d'exécution de modification de charpente réalisé à partir du croquis de l'architecte.

3a- Schematic sketch of the alteration to the roof coverings above the Maurepas apartment (excerpt from the tender documents): architect's document BEFORE.

3b- Working drawing for alterations to the framework with close-up view of overlapping produced based on the architect's sketch (altered wooden part in blue).

4a- Schematic sketch of the alteration to the roof coverings above the Maurepas apartment (excerpt from the tender documents): architect's document AFTER.

4b- Working drawing for alterations to the framework produced based on the architect's sketch.



## LE MARCHÉ

BOURGEOIS, filiale de VINCI Construction France, a restauré les couvertures du château de Versailles au-dessus de l'ancien escalier des Ambassadeurs. Spécialisée dans la conception et la réalisation de toitures de toute nature et de travaux d'art, l'entreprise est intervenue en tant que mandataire d'un groupement en charge de l'installation de chantier, les échafaudages, la charpente, la couverture, le paratonnerre.

L'opération de rénovation, située au niveau de l'ancien escalier des Ambassadeurs a concerné, en partie nord, les couvertures du corps central du château de Versailles. À cette opération d'envergure s'ajoutent deux interventions de mise en sécurité, sur des zones situées en partie sud du corps central, attenant à la cour de la Reine (figure 2).

Le projet de restauration comprenait plusieurs aspects majeurs :

→ Tout d'abord, la restauration des couvertures et ouvrages en plomb et ardoises présentant aujourd'hui des dégradations significatives ;

→ Mais aussi la restitution des couvertures d'origine présentant une surélévation au-dessus des appartements Maurepas ;

→ Enfin, la rénovation des ornements des couvertures et des façades hautes permettant leur mise en valeur esthétique et architecturale.

À partir de l'esquisse de l'architecte, le raccordement de l'ancienne charpente à la nouvelle a été traduit et défini par les équipes travaux sur le plan d'exécution (figures 3 et 4).

## LES CONTRAINTES DU SITE

Le château de Versailles abritant des chefs d'œuvre inestimables : tentures, peintures, etc. une partie de l'installation de chantier a consisté à sécuriser l'échafaudage et les façades pour prévenir les risques d'intrusion : pose de barreaudage, plexiglas aux fenêtres, barbelés, condamnation des cheminées, installation de vingt caméras dans l'enceinte du chantier ainsi que d'alarmes et un contrôle d'accès personnalisé par badge.

La sécurité incendie a été une grosse préoccupation avec la présence d'un pompier en permanence sur le toit, un permis feu quotidien, le stockage de produit inflammable dans l'aire de chantier à 8 mètres de la façade.

Le dispositif incendie a été mis en place en concertation avec les pompiers.

Le château de Versailles, restant ouvert au public, ainsi qu'aux tournages de films et reportages pendant les travaux, ▷



5



6

© THIERRY DUVVIER, PHOTO THÉÂTRE VINCI ET FILIALES

une attention particulière a été portée à la sécurité des personnes. Des cheminements particuliers ont été dessinés afin d'accéder aux zones de travail, aux zones de livraison, en perturbant au minimum la visite du public. BOURGEOIS, à ce titre, ne cesse d'œu-

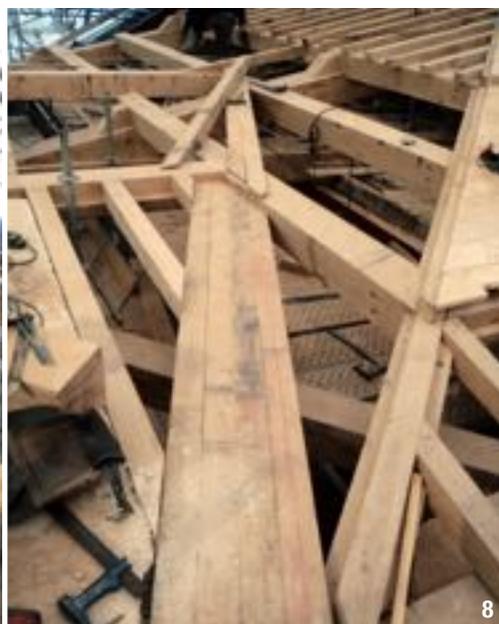
vrer pour améliorer les conditions de travail de ses compagnons, en développant en permanence des procédures pour l'amélioration des postes de travail et en protégeant ainsi l'intégrité physique de ses collaborateurs. Lors de la démolition de la charpente située au-dessus des

appartements Maurepas, un des problèmes a été de protéger les plafonds de ces appartements en évitant que le mouvement et le soulèvement, après le déchargement des pièces de charpente adossées à ces derniers, ne provoquent des fissures sur les moulures en staff,

les corniches en plâtre et le plafond peint. Pour l'ensemble du chantier, une plateforme a été mise en œuvre qui a servi d'aire de stockage et de façonnage de charpente, afin de limiter au maximum nos interventions sur les plafonds et pour éviter la trépidation.



7



8

© THIERRY DUVVIER, PHOTO THÉÂTRE VINCI ET FILIALES



9

## QUELQUES CHIFFRES

Environ **35** tonnes de plomb (800 m<sup>2</sup>).

Environ **12 600** ardoises (250 m<sup>2</sup>).

Environ **120** m<sup>2</sup> de cuivre.

Environ **30** m<sup>3</sup> de chêne.

Environ **15 000** heures.

**5- Reprise de charpente.**

**6- Charpente - Investigations.**

**7- Raccordement charpente neuve/charpente ancienne pour redressement du bris.**

**8- Charpente - création de noue et modification de ferme (en arrière-plan).**

**9- Charpente - création de poutre triangulée avec liaison à la charpente ancienne.**

**5- Reworking of the framework.**

**6- Framework - Investigations.**

**7- New framework/old framework connection for straightening the mansard roof.**

**8- Framework - creation of valley tile and truss alteration (in the background).**

**9- Framework - creation of triangulated beam with link to the old framework.**



10



11

## LES MOTIFS D'UNE LUCARNE

### CATALOGUE SCULPTURES EXTÉRIURES

Vdse 18 (1-30) trophées et guirlandes des grandes lucarnes, exécutées en 1679-1680.

Vdse 18 a(1-30)  
Trophée

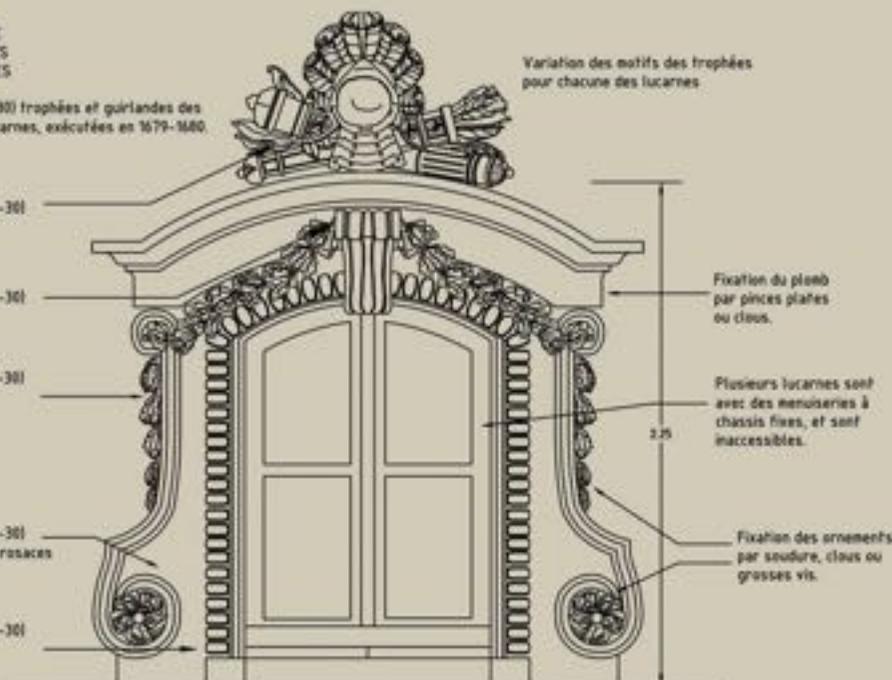
Vdse 18 b(1-30)  
Agrafe

Vdse 18 c(1-30)  
Guirlande

Vdse 18 d(1-30)  
Consoles à rosaces

Vdse 18 e(1-30)  
Oves

Variation des motifs des trophées pour chacune des lucarnes



12

### LES TRAVAUX DE CHARPENTE

Les métiers des Monuments Historiques sont attachés à l'histoire et sont les conservatoires des traditions du compagnonnage.

Une étroite collaboration est entretenue avec des écoles et en particulier les Compagnons du Tour de France.

Ainsi les savoir-faire techniques maîtrisés par les anciens sont enseignés aux plus jeunes sur les chantiers.

À ce titre, associer les jeunes en formation sur un chantier tel que le château de Versailles a été une expérience majeure pour la transmission de la passion du métier d'art.

Sous la direction de Frédéric Didier, architecte en chef des Monuments

**10- La couverture du bris en ardoise et lucarne sculptée.**

**11- Vue d'une lucarne avant travaux.**

**12- Les motifs d'une lucarne.**

**10- Roof covering of the slate mansard roof and sculptured dormer window.**

**11- View of a dormer window before works.**

**12- Patterns on a dormer window.**

Historiques, les travaux ont été conduits dans le dessein de retrouver la construction originelle. Certains ont parlé d'archéologie ! Les empreintes des pièces de charpente en bois, d'anciens assemblages et marques de charpente ont été réalisées et analysées pour concevoir un projet le plus fidèle possible à la construction d'origine. Il a fallu se baser sur la moindre trace, comprendre toutes les entailles existantes et identifier les éléments qui n'étaient pas à leur place. Les travaux initiaux ont alors évolué au fur et à mesure des découvertes. Par exemple, la découverte de la trace d'un escalier inconnu jusqu'alors nous a contraints à modifier totalement la conception

du raccordement entre deux versants de toiture et à repenser la reprise de charges de la noue et de l'arêtier (figure 5).

Un diagnostic préalable de la charpente a été effectué afin de savoir quelles pièces conserver ou non (figure 6).

Le plus grand soin a été porté à l'ensemble des opérations de dépose afin de ne pas endommager les ouvrages maçonnés existants ainsi que le bois en bon état de conservation, en vue d'une utilisation ultérieure. Ce choix étant validé par l'architecte en chef des Monuments Historiques. Le bois a été démonté, retallé si nécessaire. BOURGEOIS a également utilisé du vieux bois stocké dans son atelier, ayant les mêmes caractéristiques que celui constituant la charpente du château de Versailles (figure 7).

Les pièces les plus anciennes ont été conservées et renforcées à l'aide de techniques modernes, comme la résine. Les dessins en 3D, des épures au sol et le travail au cordeau ont permis de modéliser la charpente afin de la reconstituer de façon fidèle (figure 8). Des travaux de fourniture, taille, pose de bois de charpente en chêne neuf et ancien, à entailles simples et doubles ont été réalisés afin que tous les éléments rapportés et remplacés viennent se fondre naturellement dans la charpente originelle.

Une poutre triangulée, avec un assemblage boulonné, a été créée afin de soulager les murs et plafonds historiques de la charge (figure 9).

Différentes phases se sont ainsi enchaînées : prises de cotes, traçage des empochements, manutentions, calages, façonnage des assemblages à entailles simples et doubles (trait de Jupiter, coupes droites, coupes à sifflets, coupes d'empannons, tenons et mortaises, mi-bois, embrèvement), débardement des pièces d'arêtier ou de noue, protection des abouts encastres (feutre d'interposition ou ardoise) et sujétions de manutentions des bois adjacents.

Dans le cadre des opérations de reprise de charpente, un scellement des sablières a été réalisé permettant la liaison entre les maçonneries et la charpente. Pour cela, des fixations transversales de type « boulons à queue de carpe » en acier inoxydable traité neutre pris dans les maçonneries par scellement au mortier ont été utilisées. Ont suivi le scellement des chevrons et le moisage de fermes pour garantir une stabilité structurelle, en conservant un maximum de bois historiques. ▷

Les lucarnes existantes en chêne ont été restaurées en partie, resculptées et pour certaines recrées, afin d'obtenir des lignes et du relief. Tous les éléments de la lucarne, linteaux, bois de rives aussi bien qu'appuis et jouées, ont fait l'objet de retouches plus ou moins importantes. L'ensemble des bois conservés a été brossé à la brosse métallique ; les parties malsaines ont été grattées et purgées. Des greffes ont parfois dû être réalisées en remplacement des éléments manquants ou dégradés (figures 10 et 11).

### LES TRAVAUX DE COUVERTURE

Si les travaux d'ardoise restent assez

classiques en ardoise d'Angers, la couverture au plomb a fait l'objet d'un soin particulier.

Les travaux de couverture ont nécessité la mise en œuvre de plomb en bande de couvertures et emboutis pour les ornements. Un chauffage au chalumeau permet de rendre le plomb plus malléable. Il est ensuite mis en forme à l'aide d'une batte en buis, en téflon ou caoutchouc qui permet de lui donner la forme souhaitée sur les différents supports : trophée, agrafe, guirlande (figure 12).

L'objectif est de faire épouser les éléments en plomb sur le support en évitant de marquer les pièces qui viendront

recevoir la dorure (figures 13 à 15). À la demande du ministère de la Culture en charge des Monuments Historiques français, la société LE PLOMB FRANÇAIS a développé un alliage spécifique baptisé SMH (Spécial Monument Historique).

Le processus a consisté à faire renaître par un alliage maintenu secret un plomb dont les qualités sont équivalentes à celui utilisé sur les grands édifices au travers des siècles, dont une meilleure stabilité à la dilatation. Ses caractéristiques mécaniques supérieures lui donnent un avantage conséquent par rapport aux autres plombs utilisés en couverture car elles

permettent de diminuer l'épaisseur et d'augmenter les dimensions des tables (figure 16). C'est ce plomb aux caractéristiques singulières qui a été mis en œuvre sur le château de Versailles : couverture sur versants, corniche, balustrade, lucarne, protection de massifs en pierre ont été habillés avec du plomb SMH. Un effort particulier a été fait pour assurer l'étanchéité en maintenant les libres dilatations afin d'éviter les risques de déchirure nuisant à la pérennité de l'ouvrage. Sur certaines parties de la toiture (membres, jouées de lucarnes et ornements), le plomb a dû être sablé pour générer une accroche indispensable à l'application de feuilles d'or.



13

**13- Montage d'une noue fer-mée en ardoises.**

**14- Détail de l'ardoise : membrons et ornements avant dorure.**

**15- Réalisation à la batte d'un arêtier en plomb.**

**13- Closed slate valley tile assembly.**

**14- Detail of the slate: curbs and ornamentation before gilding.**

**15- Execution of a lead hip bead with a beater.**



14



15

© THIERRY DUVIER, PHOTO THÉÂTRE VINCI ET FILIALES



16



17

**16- Noue en plomb avec ressaut.**  
**17- Travaux sous parapluie.**

**16- Lead valley tile with projection.**  
**17- Work under rain barrier.**

été rendues difficile en raison de l'impossibilité de prendre appui sur l'édifice. Pour parer à cela, la technique du lestage en périphérie de l'échafaudage a été adoptée.

De l'épure au sol tracée au cordeau au dessin en 3D, du trait de Jupiter à l'injection de résine, de la batte en bois à la batte en téflon, du plomb coulé sur sable au plomb SMH laminé, cette aventure révèle une fois de plus que la restauration de ce patrimoine historique et technique exceptionnel nécessite le mariage de savoir-faire ancestraux et modernes. Toute l'équipe BOURGEOIS est fière d'avoir contribué à la restauration de cet élément majeur du patrimoine historique mondial en ayant assuré le passage de témoin du savoir-faire aux générations futures. □

#### LE PARAPLUIE

Dans un souci de protection impératif du patrimoine existant, la nécessité de mise en œuvre d'un parapluie s'est imposée (figure 17). La conception et l'installation du parapluie compte tenu de sa portée d'environ 35 mètres, ont

## INTERVENANTS, MONTANT ET DÉLAIS

### LE GROUPEMENT :

- BOURGEOIS : mandataire du groupement, a réalisé les travaux de charpente et couverture (qualibat 2393-3194),
- ULMA échafaudages a réalisé les échafaudages (qualibat 1413),
- FORSOND / INDELEC a effectué les prestations relatives aux travaux de paratonnerre (qualibat 5822 et Qualifoudre).

**MAÎTRE D'OUVRAGE :** établissement public du musée et du domaine national de Versailles / Direction du patrimoine et des jardins.

### MAÎTRES D'ŒUVRE :

- 2BDM Architecture et patrimoine : Frédéric Didier, architecte en chef des Monuments Historiques.

**LE MONTANT DES TRAVAUX :** 1,2 M€ pour le groupement dont BOURGEOIS est mandataire.

**LES DÉLAIS :** février 2011 à septembre 2012.

## ABSTRACT

### VERSAILLES CASTLE: WHEN PAST AND PRESENT MEET

DIDIER MICALÉF, BOURGEOIS - LIONEL GARIN, BOURGEOIS - LAURENCE EHRMANN, VINCI

#### What company would not dream of working for Versailles Castle?

*Selection is ruthless. Such a project is not only a prestigious commercial reference but also, you might say, an honour. But it's also anguishing, because the illustrious object being treated is very difficult and its architect is very demanding. BOURGEOIS, a company specialised in roofing and art work, tells us in this article about the great adventure of restoration of the roof coverings above the former Ambassadors' Stairway. This type of exercise requires not only impeccable know-how but also respect, obedience and passionate enthusiasm. We'll also discover that it is necessary to manage the safety of personnel and equipment and the prevention of fire risks and risks of malevolent intrusion. BOURGEOIS also strives to have older workers pass the trade on to the young, in the pure tradition of the journeyman system. This article is also rich in terminology, with secular trade expressions appearing alongside words such as Teflon and resin. □*

### CASTILLO DE VERSALLES: CUANDO EL PASADO SE COMBINA CON EL PRESENTE

DIDIER MICALÉF, BOURGEOIS - LIONEL GARIN, BOURGEOIS - LAURENCE EHRMANN, VINCI

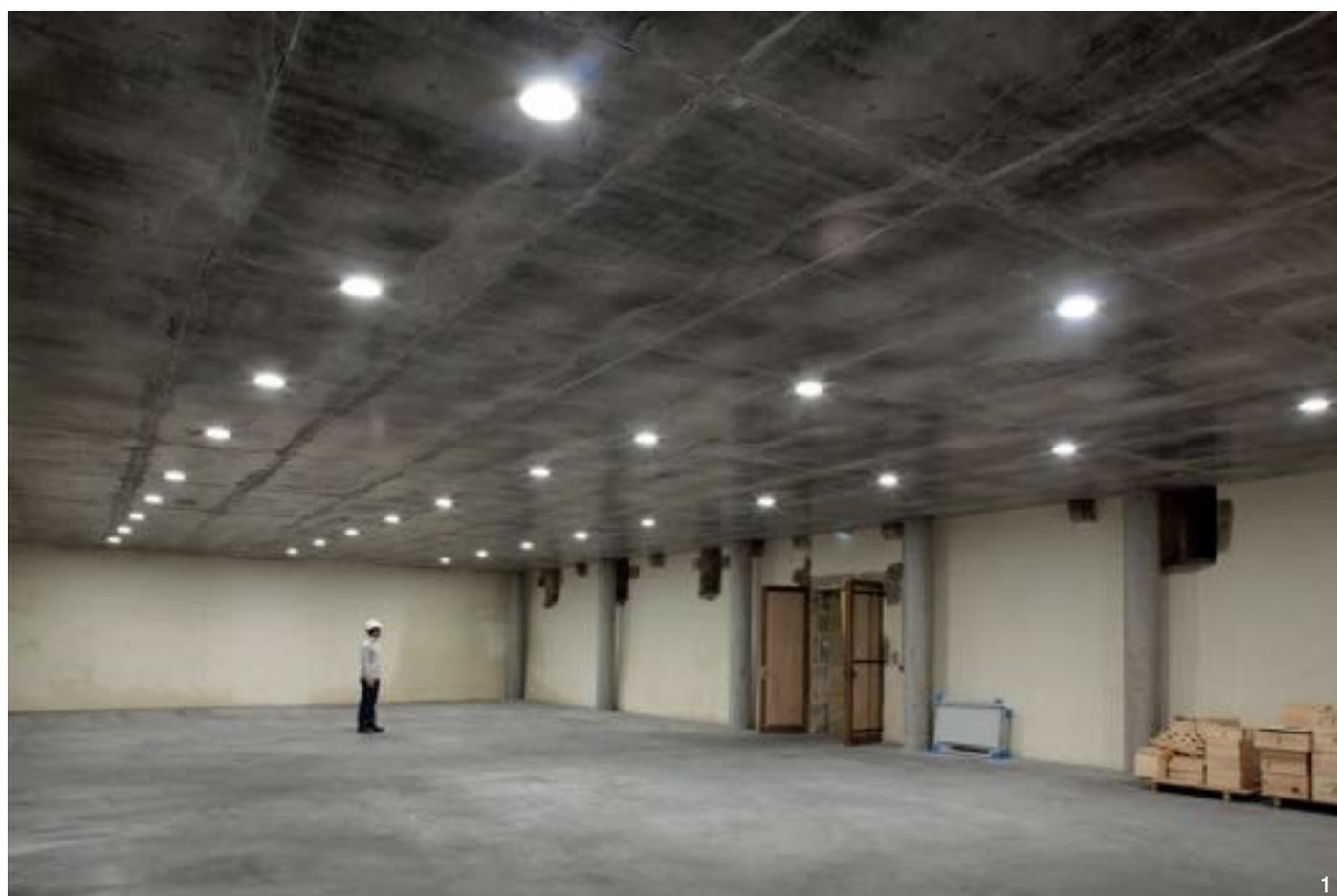
#### ¿Qué empresa no sueña con ponerse al servicio del castillo de Versailles?

*La selección es sumamente rigurosa. Implica una referencia de prestigio, podríamos decir un honor. Pero también es una gran responsabilidad, ya que el ilustre objeto que del que se trata es delicado y su arquitecto exigente. La empresa BOURGEOIS, especializada en tejados y estructuras, nos relata aquí la hermosa aventura de la restauración de las cubiertas situadas por encima de la antigua escalera de los Embajadores. En tareas como ésta, no sólo el saber hacer debe ser irreprochable, sino que hay que añadir respeto, obediencia y pasión. También descubriremos que se debe tener en cuenta la seguridad de las personas y los bienes, así como prevenir los riesgos de incendio y de intrusismo malintencionado. Asimismo, BOURGEOIS se ocupa de que los mayores enseñen el oficio a los jóvenes, siguiendo fielmente la tradición del gremio. Este artículo también es una exquisita antología léxica en la que los términos de las actividades seculares se codean con el teflón y la resina. □*

# INNOVATION ET SAVOIR-FAIRE AU SERVICE D'UN GRAND CRU MÉDOCAIN

AUTEUR : DANIEL BOUDIN, DIRECTEUR JUGLA MARTI (VINCI CONSTRUCTION)

DANS LE DOMAINE DU PRESTIGIEUX CHÂTEAU CALON-SÉGUR À SAINT-ESTÈPHE, IL S'AGISSAIT DE RÉHABILITER UN VIEUX BÂTIMENT EN PIERRE POUR CRÉER UN CHAI SEMI-ENTERRÉ SURMONTÉ D'UN ÉTAGE DE BUREAUX. CETTE OPÉRATION S'EST RÉVÉLÉE TRÈS TECHNIQUE PARCE QUE LE CHAI NE DEVAIT COMPORTER AUCUN POTEAU. JUGLA-MARTI, ENTREPRISE DE CONSTRUCTION SPÉCIALISÉE DANS LE SECTEUR VITICOLE, A EU RECOURS À UN PROCÉDÉ INNOVANT.



© VINCI ET FILIALES, RICHARD NOURRY

P our répondre à l'attente de son client, rénover deux niveaux au sein d'une construction en pierre d'un château réputé, l'entreprise a imaginé un nouveau procédé constructif.

« La mise en bouteille doit s'effectuer au mois de mai et pour cela j'ai besoin d'un chai de stockage à un coût modéré »

telle est l'exigence formulée, début janvier 2012, par le directeur d'une grande propriété viticole de Saint-Estèphe en Gironde.

Il a complété son propos en précisant que ce chai devait être réalisé au sein d'un vieux bâtiment en pierre, semi-enterré et qu'aucun poteau intermédiaire ne devait être construit.

**1- Sous-face du plancher réalisé avec les caissons.**

**1- Underside of the floor executed with box sections.**

La partie supérieure, quant à elle, serait aménagée en bureaux.

Des précisions considérables pour le propriétaire qui tient à optimiser le stockage des caisses palettes mais aussi pour les équipes études/travaux qui doivent alors imaginer un procédé constructif innovant. Cette belle propriété du 19<sup>e</sup> siècle est une des plus



**2a & 2b- Caissons PVC de section 56 x 52 x 40 mm au sein des armatures. La dalle béton a une épaisseur de 62 cm.**

**3- Vue du chai avec les jeunes bois conservés. Coffrage planche traditionnel. Mise en œuvre avec un chariot électrique. La dépose de l'étalement Brétignac. La peau du coffrage.**

**2a & 2b- PVC box sections of cross section 56 x 52 x 40 mm amidst the reinforcing bars. The concrete slab is 62 cm thick.**

**3- View of the wine warehouse with the preserved young wood. Traditional plank formwork. Placing with an electric truck. Removing the Brétignac stone propping. Surface of the formwork.**



majestueuses au sein du vignoble médocain. Les dizaines d'hectares qui l'entourent se mêlent à l'infini, au bord des eaux de la Gironde.

Dans ses eaux frétille les lamproies et aloses. Les saisons jouent avec les ceps de vigne.

Après quelques échanges avec le Maître d'Ouvrage et les Maîtres d'Œuvre, il est

décidé d'organiser les travaux en deux tranches distinctes :

- L'exécution du chai de stockage dans la partie inférieure du bâtiment ;
- L'aménagement de bureaux sur toute la surface supérieure comportant notamment de nombreuses ouvertures de baies avec des entourages en pierre.

#### UN MODE CONSTRUCTIF INNOVANT

Le travail débute par une étude du projet et un premier constat :

- Le bâtiment, d'une superficie de 340 m<sup>2</sup>, a une largeur variable entre ses murs de pierre (de 12,50 m à 13 m en portée) ;
- Les murs périphériques, d'une épaisseur de 60 cm, sont dans l'incapacité de reprendre les descentes de charge induites par le plancher dont la charge d'exploitation est de 500 kg/m<sup>2</sup>

et la charge permanente de 200 kg/m<sup>2</sup>. Rapidement, l'ingénieur d'étude de prix de JUGLA-MARTI et le service Méthodes de VINCI Construction France trouvent la solution : le plancher béton devra être coulé en place.

Pour élaborer le projet, des relevés altimétriques et périmétriques sont effectués.

Les éléments complémentaires suivants pris en compte :

- Pas de faux plafond en sous-face du plancher ;
- Amplitude de température très faible dans le stockage (~18°C) malgré les bureaux au-dessus ;
- Hauteur libre sous les fermes bois conservées très faible (~6,40 m) pour créer 2 niveaux ;
- Niveau bas maintenu absolument compte tenu de la présence d'un chai à proximité ;

→ Murs périphériques faiblement fondés par rapport à l'intérieur du chai. Le choix définitif de la conception se porte sur un plancher de marque « DALIFORM ».

Le caisson (figures 2a et 2b) est immergé dans le béton de la dalle, permettant d'obtenir une cliaie de poutres octogonales bidirectionnelles liaisonnées entre deux dalles de béton armé. Ce procédé innovant permet de réaliser des dalles de grandes portées, capables de reprendre des charges importantes sans avoir aucune retombée de poutre. Après modélisation et calculs d'un système isostatique, Étienne NICOLAS, ingénieur technique à Limoges, confirme ce type de plancher et son épaisseur : 62 cm brut. « *C'est l'épaisseur maximum pouvant être retenue compte tenu des impératifs fonctionnels de ce chai.* » précise-t-il. ▢

En mars 2012, après exécution de fondations par micro pieux, du coffrage du carton et des armatures des poteaux de section Ø 400 (14 unités) et de l'étalement à l'aide de tours échelles Retotub, la peau coffrante est réalisée avec des panneaux en contreplaqué filmé de 18 mm sur des sablières DOKA (figure 3).

Une contreflèche d'1 cm est respectée lors de la pose du contreplaqué. Quatre personnes posent ensuite les caissons en polypropylène recyclé de 56 x 52 x 40 cm de hauteur devant l'équipe de ferrailleurs. Des bandes noyées sur la longueur et largeur structurent ainsi les planchers.

Après un autocontrôle très strict, le bétonnage se déroule en 2 jours :

→ **1<sup>er</sup> jour** : bétonnage des poteaux et mise en œuvre d'une 1<sup>ère</sup> couche de béton sur 10 cm fixant ainsi les caissons PVC en leurs parties inférieures (60 m<sup>3</sup> de béton type C35/45XF1, cailloux 0/16 – Fluidité S4 avec un super plastifiant).

→ **2<sup>e</sup> jour** : mise en œuvre, par pompage, de la partie supérieure. 120 m<sup>3</sup> de béton avec la même formulation, 1 opérateur effectuant une vibration électrique (Ø 35 mm).

**4a & 4b- Intérieur du chai (dallage quartz pour la partie inférieure et dalle béton réalisée avec les caissons pour le plancher).**

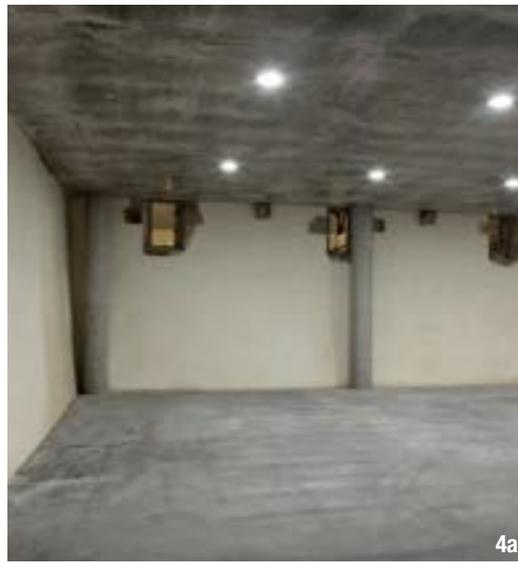
**5- Zone bureaux en cours de travaux depuis le plancher béton.**

**6- Baies en cours de création.**

**4a & 4b- Interior of the wine warehouse (quartz slabbing for the lower part and concrete slab executed with the box sections for the floor).**

**5- Office area being worked on from the concrete floor.**

**6- Apertures being created.**



4a



4b



5



6



**7- Pignon Ouest du chai servant d'accès aux travaux.**  
**8- Vue extérieure du chai en cours de rénovation.**

**7- West gable of the wine warehouse providing access to the works.**

**8- Exterior view of the wine warehouse undergoing renovation.**

L'ensemble du béton provient de la centrale CEMEX, située à 25 km du chantier.

Une semaine après, les résultats d'écrasement des éprouvettes (38 MPA à 7 jours) confirment la possibilité de commencer le désétalement.

Mi-mai après exécution du dallage quartz en partie inférieure le client peut, comme prévu, réceptionner son chai et stocker ses belles bouteilles de vin primeur (figures 1, 4a et 4b).

Les travaux se poursuivent sur la partie supérieure du chai, avec création de 12 baies dont l'entourage est réalisé avec de la pierre des carrières de Bretnignac en Charente (figures 5 à 8). □



## QUELQUES INFOS TECHNIQUES

**ACIER : 121 kg/m<sup>3</sup>**

**ACHAT CAISSON : 11,09 €/U**

**COÛT DE REVIENT**

**DU PLANCHER : 360,00 €/m<sup>3</sup> HT**

## JUGLA MARTI

- Entreprise générale de bâtiment spécialisée dans la rénovation et la restructuration des propriétés viticoles
- 100 salariés dont 5 apprentis
- Âge moyen : 36 ans
- CA 2011 : 18 M€

## ABSTRACT

### INNOVATION AND KNOW-HOW TO SERVE A GREAT VINTAGE IN THE MEDOC REGION

DANIEL BOUDIN, JUGLA MARTI (VINCI CONSTRUCTION)

**Jugla Marti has extensive experience of work** in the field of building construction and renovation in the winegrowing sector. It was commissioned by Château Calon-Ségur in Saint-Estèphe to construct a semi-underground wine warehouse in an old stone building, with the upper storey being fitted out as office space. The special feature of this project was that the wine warehouse had to be built without any intermediate columns. The answer proposed by the contractor was to pour a concrete floor in situ using an innovative construction process consisting of box sections immersed in the concrete slab. This process makes it possible to build slabs of large span length, capable of absorbing heavy loads, without any dropped girder. □

### INNOVACIÓN Y SABER HACER AL SERVICIO DE UN GRAND CRU DEL MÉDOC

DANIEL BOUDIN, JUGLA MARTI (VINCI CONSTRUCTION)

**JUGLA-MARTI tiene una larga experiencia** en el ámbito de la construcción y la reforma de edificios en el sector vitícola. El Château Calon-Ségur de Saint-Estèphe le ha encargado la realización de una bodega semienterrada en un antiguo edificio de piedra y el acondicionamiento en oficinas de la planta superior. Esta operación presenta la particularidad de construir la bodega sin ningún pilar intermedio. La propuesta de la empresa es colar in situ un piso de hormigón recurriendo a un innovador procedimiento de construcción que incluye cajones sumergidos en el forjado. Este procedimiento permite construir losas de grandes luces que pueden soportar cargas importantes, sin ningún arranque de viga. □

# LE LOUXOR, OU LA RENAISSANCE D'UN CINÉMA DES ANNÉES 20

AUTEUR : PATRICK PALEM, DIRECTEUR, ENTREPRISE SOGRA (VINCI CONSTRUCTION)

INAUGURÉ EN 1921, CE CINÉMA QUI COMPORTAIT UNE SALLE DE 1 195 PLACES À DEUX BALCONS EST, AVEC SA FAÇADE NÉO-ÉGYPTIENNE, UN MONUMENT REMARQUABLE DU QUARTIER BARBÈS. IL AURA TRAVERSÉ LE SIÈCLE EN SUBISSANT DES AFFECTATIONS DIVERSES. GRÂCE À L'ACTION ASSOCIATIVE, SA RÉHABILITATION EST EN COURS PAR LA MAIRIE DE PARIS ET IL DEVRAIT RECOUVRER BIENTÔT SA FONCTION ORIGINELLE DE SALLE DE CINÉMA. PRESCRITS PAR DE BRILLANTS ARCHITECTES, DES SOINS TRÈS ATTENTIFS ONT ÉTÉ PRODIGUÉS PAR L'ENTREPRISE SOGRA POUR RESTAURER SA FAÇADE PRÉCIEUSE ET BIEN PEU CONVENTIONNELLE.



1- Le cinéma  
Le Louxor  
en 1930.

1- The Louxor  
cinema in 1930.

Depuis le milieu du 19<sup>e</sup> siècle, l'espace urbain et l'architecture ont connu une véritable révolution. Paris, sous l'égide du baron Haussmann a été entièrement reconfigurée et adaptée à la modernité, celle introduite par le développement des transports par rail et par l'industrialisation. Organisée sur une trame de grandes avenues plantées et circulantes, la ville parisienne se dota également de lieux festifs répartis sur les grands boulevards nouvellement créés. Grands magasins, Opéra, théâtres, et au tournant du nouveau siècle, cinémas, s'implantèrent sur ces axes très fréquentés. Les architectes et leurs commanditaires rivalisèrent de créativité dans la forme, la technique et le décor pour émerveiller les utilisateurs. La création du cinéma du Louxor se situe à la fin de cette période d'innovation dont elle prolonge l'esprit. Créer une expression architecturale qui étonne et attire, telle est l'ambition de cet établissement.

En 1920, le commanditaire, Henry Silberberg, confie le projet de création d'un cinéma à l'angle du boulevard La Chapelle et du boulevard Magenta à Henri Zipcy, architecte, qui conçoit un bâtiment où se mêlent styles « néo-Égyptien » et « Art Déco ». Celui-ci s'associe au décorateur Amédée Tiberi et aux céramistes Gentil et Bourdet.

Afin de réaliser un décor coloré et durable, il utilise un matériau très en vogue à cette période : la mosaïque. Véritable peinture conçue pour l'éternité, elle révèle l'architecture de cette époque, occupant les espaces en creux, soulignant les lignes horizontales

© ART GRAPHIQUE ET PATRIMOINE, AGENCE PHILIPPE PUMAIN, ASSOCIATION LES AMIS DU LOUXOR



© ART GRAPHIQUE ET PATRIMOINE, AGENCE PHILIPPE PUMAIN, ASSOCIATION LES AMIS DU LOUXOR

et verticales en apportant, sous le soleil, des reflets lumineux. Pour équilibrer ce jeu de couleurs, elle est encadrée par un enduit neutre, un grès avec des agrégats allant du blanc au jaune.

Après un an de travaux et beaucoup d'acharnement pour obtenir le permis de construire, le propriétaire Henry Silberberg inaugure en 1921 ce palais du cinéma de 1 195 places. Mais suite à son décès très rapide, la salle est vendue en 1922 à la « société nouvelle du cinéma le Louxor », qui sera absorbée par la société Pathé en 1930 (figure 1).

Pendant cette période et jusqu'en 1964, le cinéma subit de nombreuses modifications afin de l'adapter aux nouvelles techniques cinématographiques et aux normes de sécurité. Même s'ils sont réalisés sans souci d'intégration esthétique sur les façades, ces travaux permettent la conservation et, grâce à l'acharnement de certaines asso-

**2- Projet du cinéma restauré en 2013.**

**3- Début des travaux de restauration de la façade d'angle du Louxor au décor riche de mosaïques multicolores.**

**2- Plan of the restored cinema in 2013.**

**3- Start of works for restoration of the angle facade of the Louxor with its rich decoration of multi-coloured mosaics.**

ciations, son inscription à l'Inventaire supplémentaire des Monuments Historiques en 1981. Les intérieurs ayant subi des altérations trop importantes, seules les façades et les toitures furent protégées. En 1985, la société Tati acquiert l'ancien cinéma pour le céder en 2003, après de longues négociations, à la Ville de Paris.

En 2008, la Ville de Paris confie à l'architecte Philippe Pumain la réhabilitation du Louxor (figure 2).

Le programme consiste rendre au bâtiment sa vocation initiale de cinéma complété par un café et une salle d'exposition tout en conservant les décors de qualité. Malgré la forte mobilisation des habitants en faveur du bâtiment qui les prédispose à une certaine tolérance, la réalisation du chantier dans ce milieu urbain très dense nécessite des précautions particulières en matière de prévention des nuisances par le bruit et la poussière. Les travaux commencent

en 2010, l'ouverture étant prévue en 2013 (figure 3).

Pour mener à bien ce projet, Philippe Laporte, architecte du patrimoine, est associé à l'opération pour s'occuper des parties du bâtiment protégées au titre de Monument Historique et plus particulièrement des façades.

Au terme d'un appel d'offres, SOCRA a été retenue pour restaurer les façades, la mosaïque, l'épiderme en grès et pour reconstituer les quatre mâts en bois signalant l'édifice, véritables totems qui avaient disparu.

La restauration de la mosaïque a nécessité dans un premier temps de retrouver les matériaux d'origine. Grâce à son expérience dans ce domaine, SOCRA a retrouvé les fournisseurs d'origine encore en activité et les trois types de produits qui sont associés :

→ **Le grès** de la société Winckelmans créé dans le nord de la France en 1894 ;

## CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DU CHANTIER

**Le projet de réhabilitation du Louxor vise à faire renaître cet équipement culturel sur la base d'une activité cinématographique, conformément à sa destination première, avec une programmation d'Art et d'Essai. Ce nouvel équipement sera exploité dans le cadre d'une délégation de service public de type affermage.**

**Le bâtiment est situé sur une parcelle de 577 m<sup>2</sup>. La SHON du projet est de 2240 m<sup>2</sup>. Le programme comporte trois salles de cinéma de 342, 140 et 74 places. D'autres espaces tels qu'un hall d'entrée, un salon, deux cabines d'expositions, un café-club, une terrasse, etc. font également partie intégrante du projet d'extension et de réhabilitation du cinéma.**

## LA DIMENSION PATRIMONIALE

**Extérieur du bâtiment :** restauration des façades (mosaïques, vitraux, menuiseries extérieures en bois, menuiseries extérieures métalliques et la métallerie).

**Intérieur du bâtiment :** pour des raisons structurelles et acoustiques, les décors du cinéma devront être occultés. De ce fait, un relevé complet des décors de la grande salle a été réalisé afin d'en comprendre les principes. Ce décor, datant de 1921, servira de décors de référence aux nouvelles parois de la salle. Un « chantier patrimonial » préalable aux travaux va ainsi permettre de compléter le dégagement d'une travée qui servira de modèle pour la restitution et qui servira également à consolider et protéger les décors déjà existants.



4



5

© ART GRAPHIQUE ET PATRIMOINE, AGENCE PHILIPPE PUMAIN, ASSOCIATION LES AMIS DU LOUXOR

→ **La pâte de verre**, et plus particulièrement celle recouverte de feuilles d'or, des établissements ORSONI, créée en 1888 à Venise ;

→ **Les émaux** de la manufacture de Briare créés en 1882 (date du début de la fabrication de carreaux).

Le subtil mélange de ces différents matériaux crée un jeu de lumière entre la brillance et la matité qui met en valeur le décor constitué de scarabées ailés, de lotus et de motifs graphiques du répertoire égyptien. La pose, elle aussi, est peu conventionnelle : la pose linéaire et traditionnelle est combinée avec une technique de pose aléatoire servant plus de remplissage que de décor. Le mortier de pose, très « romain », y est plus présent et donne à l'ensemble un caractère animé.

L'analyse de cette œuvre nous permet de mieux comprendre l'intention de l'artiste de ne pas en trahir l'esprit dans les opérations de restauration. Malgré sa grande résistance, la mosaïque, comme tout matériau, vieillit et s'altère plus ou moins rapidement en fonction de son exposition. La pollution urbaine favorise la fixation des suies noires et ce plus particulièrement dans les zones soumises à l'humidité. La dilatation différentielle entre le verre, les grès et le mortier, ainsi que les mouvements du bâtiment provoquent des fissures et le détachement des tesselles (figure 4). En complément de ces altérations mécaniques naturelles, la main de l'homme avait produit quelques dommages. Ainsi certaines surfaces de mosaïque avaient-elles été peintes dans le cadre de ravalements sommaires et le décor de la corniche supérieure sur le boulevard de la chapelle avait été entièrement pioché (figure 5). Le but est de réparer toutes ces altérations et de donner une nouvelle longévité à l'ouvrage.

## LE PROJET D'AMÉNAGEMENT

**Répartition spatiale du programme : le hall d'entrée, les 3 salles de cinéma, le café-club, les bureaux sont répartis sur 4 étages.**

**Prise en compte des contraintes acoustiques : l'isolement vis-à-vis des riverains mitoyens représente une contrainte majeure du fait de la conception même du bâtiment (en béton armé, sans aucune désolidarisation). Le principe alors adopté consiste à concevoir les trois salles comme des boîtes isolées sans aucune liaison avec les immeubles voisins.**

**Prise en compte des contraintes structurelles / l'intégration des équipements techniques.**

## DESCRIPTION DES TRAVAUX

### RESTAURATION DES MOSAÏQUES :

- Travaux de dépose,
- Dégagement, nettoyage des mosaïques,
- Restauration *in situ*,
- Restauration et repose des panneaux déposés,
- Études et travaux préparatoires à la restitution des mosaïques disparues,
- Création des panneaux de mosaïque.

### RESTITUTION DES MÂTS :

- Fourniture et façonnage des mâts,
- Façon de parement et traitement de surface,
- Transport et pose des mâts.

La première phase des travaux a consisté à refixer au support toutes les zones décollées du tapis de tesselles. Comme pour un malade, on a injecté à la seringue une résine acrylique dans l'interface enduit/tesselles. La cohésion du parement ayant été ainsi reconstituée, la surface de la mosaïque a été nettoyée. Pour les zones recouvertes de peinture on a utilisé des solvants pour ramollir la couche de peinture et permettre ainsi son enlèvement. Pour éliminer les salissures noires on a appliqué des compresses absorbantes en

méthylcellulose imprégnées d'une solution aqueuse à base de bicarbonates de soude et d'ammonium qui sont retirées environ 24h après ramollissement du dépôt noir. Celui-ci est alors éliminé par rinçage, sans perte de la brillance des pâtes de verre et des émaux (figure 7). Les fissures et les petites lacunes ont été reprises par remaillage. Dans un premier temps, elles ont été rebouchées avec un liant acrylique, souple capable d'absorber les retraits et dilatations. La couche de mortier de pose a été réalisée à l'aide d'un mélange de

chaux et de briques pilées, dans lequel ont été enfoncées les tesselles. Pour la réfection des surfaces disparues les plus importantes, comme le grand décor sous la corniche côté boulevard La Chapelle, d'une surface de plus de 60 m<sup>2</sup>, on a recouru à une autre technique, identique à celle développée par les artistes italiens du milieu du 19<sup>e</sup> siècle. Cette méthode dite « indirecte » consiste à réaliser le motif du décor sur un papier kraft puis à s'en servir comme support du décor de mosaïque. Une fois les tesselles posées

**4- État de conservation de la frise de mosaïque avant travaux marqué par un encrassement généralisé et fissurations.**

**5- État des lieux avant travaux : absence du décor mosaïque sur la corniche supérieure côté boulevard de La Chapelle.**

**4- State of preservation of the mosaic frieze panel before the works, marked by widespread dirtiness and crack formation.**

**5- Condition of the site before the works: absence of mosaic decoration on the upper cornice on the Boulevard de La Chapelle street side.**

**6- État du parement « granito » avant travaux.**

**7- Nettoyage en cours des décors mosaïque, partie droite du cliché.**

**8- Décor de mosaïque en cours de restitution d'après le modèle existant.**

**9- Décor « granito » restitué.**

**10- Granito restauré.**

**6- State of the "terrazzo" facing before works.**

**7- Cleaning in progress on the mosaic decorations, right-hand part of the picture.**

**8- Mosaic decoration undergoing restoration based on the existing model.**

**9- Restored "terrazzo" decoration.**

**10- Restored terrazzo.**



© ART GRAPHIQUE ET PATRIMOINE, AGENCE PHILIPPE PUMAIN, ASSOCIATION LES AMIS DU LOUXOR

sur ce patron, le décor est découpé en morceaux d'un mètre carré environ, qui sont collés sur un mortier frais à même la façade, comme les parties d'un puzzle. Une fois posé, le papier est mouillé pour être décollé sans altérer le décor. Ce procédé est rapide et permet d'obtenir un décor parfaitement plan, ce qui n'est pas le cas lorsque la pose est réalisée tesselle par tesselle à même le mortier.

Le décor a été restitué d'après le modèle qui subsistait sur la façade boulevard Magenta (figure 8). La technique

utilisée a permis de réduire le temps nécessaire pour tailler et poser 1 m<sup>2</sup> de mosaïque. Au total, c'est 60 m<sup>2</sup> de mosaïque.

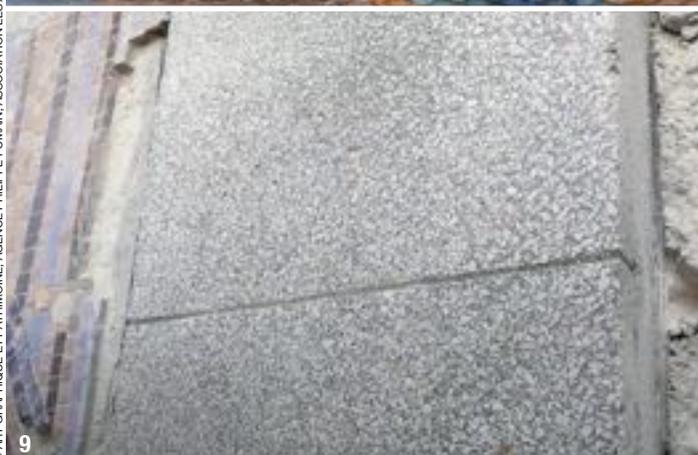
Si l'ensemble du décor en mosaïque représente une faible proportion de la surface des façades, il est incontestablement la signature de l'édifice qui capte tous les regards. Le reste du revêtement des façades, d'apparence modeste, est beaucoup plus sophistiqué qu'il n'y paraît. Là aussi, c'est un

traitement très novateur à l'époque de la construction qui a été utilisé.

Le « granito » inspiré du terrazzo romain, sous l'influence des mosaïstes italiens de Spilimbergo, quitte le sol et gagne les façades. C'est un peu la mosaïque du pauvre. Réalisé avec des rebuts de pierre et de marbre collés entre eux par un mélange de ciment et de sable, il est ensuite poli. Ce procédé donne aux façades de subtiles variations de teinte issues des nuances des matériaux qui les composent.

Les interventions ont consisté à reprendre avec discrétion les altérations de différentes natures qui avaient affecté les façades fissures, lacunes, modification des ouvertures d'origine (figure 6).

Pour ce faire, toutes les parties dont l'adhérence au support était fragile ont été purgées. Après avoir identifié les matériaux pierreux qui composent le granito, il a fallu chercher à reconstituer la teinte et le grain du parement et retrouver le geste nécessaire au polissage du mortier. Cette dernière étape est loin d'être anodine : elle montre à quel point les décors anciens, même les plus simples, nécessitaient autant de technicité dans la mise en œuvre que dans la composition des matériaux. ▷



Les conditions climatiques et environnementales actuelles ont justifié un traitement hydrofuge pour assurer la longévité de l'aspect des parements (figures 9 et 10).

Le cinéma Le Louxor, comme son nom l'indique, a été traité dans un style inspiré de l'Égypte antique, stylisé et interprété dans l'esprit Art Déco. Pour marquer la présence de ce lieu de spectacle dans l'espace urbain, ses façades étaient marquées de différents signaux tels que l'avent métallique protégeant l'entrée et les grands mâts surmontés de disques solaires sur les façades. Ces mâts avaient disparu depuis de longues années (figure 11). Les mâts tronconiques de 15 m de haut seront reconstruits en sapin du Nord et surmontés de disques solaires lumineux (figure 12).

Le sauvetage de cet élément original du patrimoine parisien est dû à la mobilisation persévérante de plusieurs associations. Restaurer et réaffecter plutôt que démolir, c'est l'idée saine qui a sauvé le Louxor. L'exemple mérite d'être suivi. Cet immeuble insolite et coloré apporte une agréable fantaisie dans les alignements un peu ternes des boulevards.

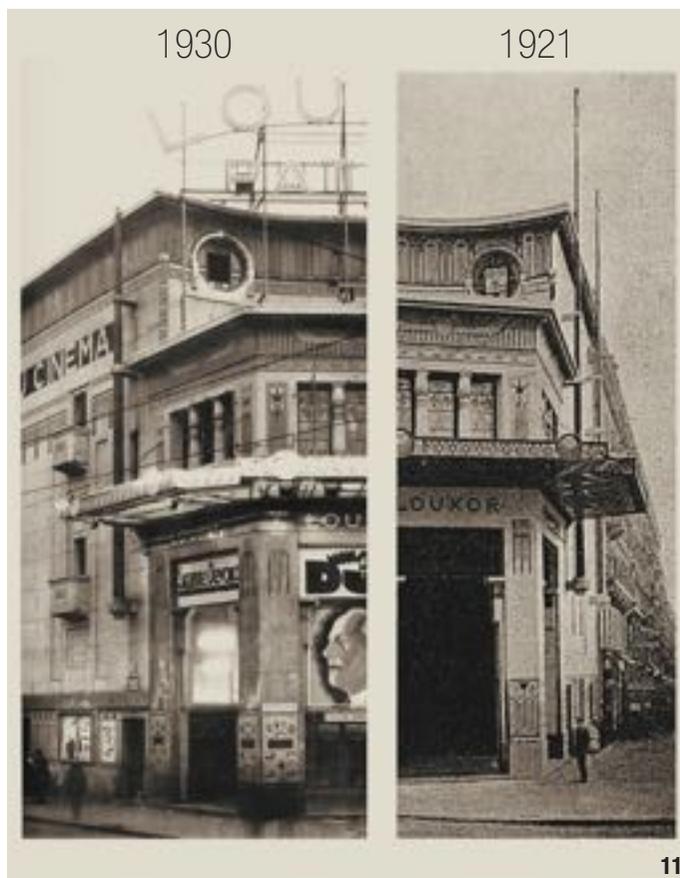
Également il témoigne du génie créateur et de l'audace des bâtisseurs des années 20, dans l'élan du mouvement « Art and Crafts » né en Angleterre à la fin de l'ère victorienne, puis de toutes les expressions de ce qu'on a appelé « Art Nouveau » et ensuite « Art déco » avec ses grands courants développés notamment en France, en Allemagne, en Belgique, en Italie, en Espagne et en Autriche, où l'art et l'artisanat se mêlent pour orner les bâtiments. □

**11- En 1930 les mâts ont été arasés - à droite les mâts en 1921.**

**12- L'un des mâts en cours de fabrication.**

**11- In 1930 the masts were cut off - on the right, the masts in 1921.**

**12- One of the masts undergoing manufacturing.**



© ART GRAPHIQUE ET PATRIMOINE, AGENCE PHILIPPE PUMAIN, ASSOCIATION LES AMIS DU LOUXOR

## INTERVENANTS PRINCIPAUX

**MAÎTRISE D'OUVRAGE :** Secrétariat général de la Ville de Paris, Mission cinéma

**CONDUITE D'OPÉRATION :** Direction du Patrimoine et de l'Architecture

**ASSISTANCE MAÎTRISE D'OUVRAGE :** ALGOE et SETEC Bâtiment

**MAÎTRISE D'ŒUVRE :**

- Agence PH. PUMAIN
- Agence Fabre / Speller
- Agence Christian Laporte

**ENTREPRISES :**

- Lot 01 : Gros œuvre, LAINE DELAU
- Lot 02 : Restauration de façades, SOCRA
- Lot 03 : Mosaïques, SOCRA



## ABSTRACT

### LE LOUXOR, OR THE RENAISSANCE OF A CINEMA DATING FROM THE 1920s

PATRICK PALEM, SOCRA (VINCI CONSTRUCTION)

**The monumental and architectural heritage of Paris is world-renowned.** All eras are represented in the city. The Louxor cinema dates from 1921. With its neo-Egyptian facade, it is testimony to the creativity of the Art Nouveau and derived movements. Saved from destruction by volunteer organisations for its safeguard, in early 2013 it will regain its former role as a cinema theatre. On this exemplary project which was the expression of real teamwork between designers and contractors, SOCRA treated the decorated facades and mosaics, making use of forgotten know-how. □

### EL LOUXOR O EL RENACIMIENTO DE UN CINE DE LOS AÑOS 20

PATRICK PALEM, SOCRA (VINCI CONSTRUCTION)

**El patrimonio monumental y arquitectónico de París es mundialmente conocido y en él están representadas todas las épocas.** El cine Louxor data de 1921 y su fachada neogipcia es un testimonio de la creatividad de los movimientos Art Nouveau y derivados. Salvado de la destrucción por asociaciones de defensa, a comienzos de 2013 recuperará su vocación original de sala de cine. En esta obra ejemplar en la que se ha expresado un auténtico trabajo de equipo entre diseñadores y empresas, SOCRA se ha encargado del tratamiento de las fachadas decoradas y de los mosaicos, recuperando oficios olvidados. □

# Bâtis-moi une retraite sereine



Pour percevoir une rente complémentaire une fois à la retraite, c'est aujourd'hui qu'il faut agir. Avec la gamme de contrats **BATIRETRAITE Initiative** dédiés aux professionnels indépendants, vous pouvez bâtir à votre rythme une épargne-retraite et profitez dès à présent de réductions d'impôts dans le cadre de la loi Madelin. **BATIRETRAITE Initiative** c'est, pour les indépendants, une solution souple, sûre et fiscalement avantageuse. Parlez-en à votre conseiller de la SMAvie BTP et rejoignez les professionnels sociétaires de votre société d'assurance mutuelle.

**Pour découvrir l'offre de la SMAvie BTP prenez rendez-vous avec un conseiller :**

- par téléphone : 01 40 59 73 00
- ou sur [smabtp.fr](http://smabtp.fr), rubrique "votre conseiller"

# 92%\*

des sociétaires de la SMAvie BTP  
sont prêts à nous recommander  
auprès de leurs proches.

## 16,6 / 20\*

C'EST LA NOTE DE SATISFACTION  
ATTRIBUÉE À LA SMAvie BTP  
PAR SES SOCIÉTAIRES



# THE NATIONAL ART GALLERY, SINGAPORE. ADAPTER LA TECHNIQUE DE LA PAROI MOULÉE À LA PRÉSERVATION DU PATRIMOINE

AUTEUR : MARIE JOURDAN, PROJECT MANAGER, BACHY SOLETANCHE SINGAPORE PTE LTD

EN 2015, À L'OCCASION DU 50<sup>e</sup> ANNIVERSAIRE DE SA FONDATION, SINGAPOUR INAUGURERA SON MUSÉE NATIONAL ART GALLERY. CE PROJET DE 60 000 m<sup>2</sup> IMPLIQUE LA RÉNOVATION DE DEUX BÂTIMENTS DES ANNÉES 20 ET 30. LE BUDGET DE L'OPÉRATION EST DE 340 MILLIONS D'EUROS. L'ARCHITECTE, JEAN-FRANÇOIS MILOU, EST FRANÇAIS. LE BUREAU D'ÉTUDES, CPG CONSULTANTS, EST SINGAPOURIEN. D'IMPORTANTES TRAVAUX EN SOUS-CŒUVRE : MICRO-PIEUX, PIEUX ET PAROIS MOULÉES SONT CONFISÉS À BACHY SOLETANCHE SINGAPORE.

## DESCRIPTION DU PROJET

En 2015, Singapour inaugurerà pour son 50<sup>e</sup> anniversaire la nouvelle National Art Gallery, qui se donne pour objectif de constituer une collection d'art pictural du Sud Est asiatique couvrant la période des 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècles. Ce projet de 60 000 m<sup>2</sup>, qui deviendra le plus grand musée de Singapour, nécessite la rénovation de deux bâtiments adjacents, tous deux classés au patrimoine national de l'État de Singapour : City Hall et Former Supreme Court, situés dans le Civil District le

long du Padang, une pelouse de cricket. On aperçoit aussi l'hôtel Marina Bay Sands au fond de la baie (figure 1). City Hall fut construit de 1926 à 1929 par l'administration britannique. Plusieurs événements marquants de l'histoire de Singapour s'y déroulèrent, et notamment la reddition des Japonais le 12 Septembre 1945 après trois années d'occupation, ainsi que le discours de Lee Kuan Yew, fondateur de Singapour, proclamant l'indépendance à l'égard du Royaume Uni en 1963. Le second bâtiment à rénover date des années 30 et

**1- Vue depuis le fronton de City Hall : centrale de paroi moulée, pelouse du Padang et Marina Bay Sands à l'horizon.**

**1- View from the City Hall pediment: diaphragm wall concrete mixing plant, Padang lawn and Marina Bay Sands on the horizon.**

abrita la Court Suprême jusqu'en 2005. L'architecte français Jean-François Milou et le bureau d'études singapourien CPG Consultants ont remporté le concours international début 2008. Voici les points techniques majeurs du projet : la conservation des façades, dômes et colonnades existants, la construction d'un sous-sol de un à trois niveaux et une structure architecturale en verre pour lier les deux bâtiments. L'entreprise générale a été désignée en Décembre 2010 et les travaux ont débuté en Janvier 2011.

2- Vue du projet depuis Marina Bay Sands : Former Supreme Court à gauche, City Hall à droite, les travaux de paroi au milieu.

3- Vue en coupe de la réalisation d'un panneau Bridging sous une façade.

4- Réalisation du forage d'un panneau sous la façade de Former Supreme Court.

2- View of the project from Marina Bay Sands: Former Supreme Court on the left, City Hall on the right, works on the wall in the centre.

3- Cross-section view of the execution of a bridging panel under a facade.

4- Drilling for a panel under the facade of the former Supreme Court.



Elle regroupe une major japonaise du bâtiment Takenaka Corporation, et une entreprise singapourienne Singapore Piling au sein d'une Joint Venture. Les premiers travaux ont été réalisés sur le City Hall : les micropieux de reprise des façades, l'étalement de la façade, la démolition de la structure intérieure (y compris le toit), la réalisation des pieux de fondation et de la paroi moulée. Sur la Former Supreme Court, la structure existante est globalement préservée, sauf au rez-de-chaussée et au premier étage afin de créer de plus grands espaces et de pouvoir mettre en œuvre les travaux de fondation (micropieux, pieux, paroi moulée) sous hauteur limitée. Aucun de ces bâtiments ne comporte de sous-sol. City Hall est fondé sur des massifs carrés de 2 à 3 m de profondeur, Former Supreme Court sur des massifs et des pieux en béton armé jusqu'à 25 m de profondeur.

Elle regroupe une major japonaise du bâtiment Takenaka Corporation, et une entreprise singapourienne Singapore Piling au sein d'une Joint Venture. Les premiers travaux ont été réalisés sur le City Hall : les micropieux de reprise des façades, l'étalement de la façade, la démolition de la structure intérieure (y compris le toit), la réalisation des pieux de fondation et de la paroi moulée. Sur la Former Supreme Court, la structure existante est globalement préservée, sauf au rez-de-chaussée et au premier étage afin de créer de plus grands espaces et de pouvoir mettre en œuvre les travaux de fondation (micropieux, pieux, paroi moulée) sous hauteur limitée. Aucun de ces bâtiments ne comporte de sous-sol. City Hall est fondé sur des massifs carrés de 2 à 3 m de profondeur, Former Supreme Court sur des massifs et des pieux en béton armé jusqu'à 25 m de profondeur.

## TRAVAUX DE PAROI MOULÉE : CHIFFRES ET ENJEUX

Bachy Soletanche Singapore intervient en tant que sous-traitant spécialisé pour les travaux de paroi moulée de l'enceinte du sous-sol.

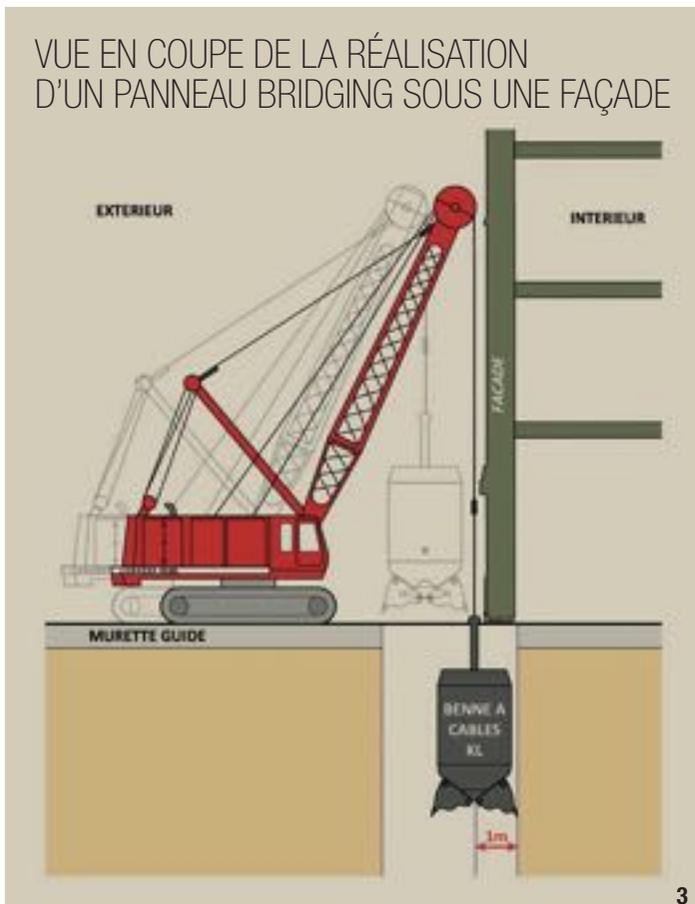
La paroi d'épaisseur 1 m à 1,2 m représente environ 16 000 m<sup>2</sup> d'excavation en 167 panneaux d'une profondeur de 22 à 33 m. Le ferrailage moyen est de 285 kg/m<sup>3</sup>, ce qui représente 4 500 t d'acier.

Les terrains à traverser consistent en des remblais sableux ou argilo-limoneux, en des argiles marines très plastiques de 1 à 20 m de hauteur (Kallang Formation) puis en du sable argileux très dense (« Jurong Formation »). La présence de blocs de grès non fracturés provenant de la formation FCBB (« Fort Canning Boulder Bed ») est également possible.

L'enjeu du projet n'est pas tant la géologie que les contraintes d'espace, liées d'abord à l'environnement : le chantier est situé dans un milieu urbain dense (figure 2).

Les rues avoisinantes se trouvent à quelques mètres des façades et le grand Prix de Formule 1 s'est déroulé au mois de septembre à deux mètres de la centrale à boue bentonitique ! ▶

## VUE EN COUPE DE LA RÉALISATION D'UN PANNEAU BRIDGING SOUS UNE FAÇADE





De plus, chaque espace de travail est affecté par la préservation de monuments historiques, qui nécessite la mise au point de modes opératoires particuliers :

→ Le tracé de la paroi moulée traverse les façades en quatre endroits : Bachy Soletanche a proposé une solution technique permettant la continuité de la paroi en béton.

→ Environ 25 % des travaux se dérouleront sous hauteur limitée de 5,3 à 6,2 m. Nos outils d'excavation à bennes câbles ont été modifiés, et la procédure d'équipement des cages d'armature totalement revue.

### ORGANISATION DU CHANTIER

En raison de la géologie et du planning de 13 mois, deux ateliers de paroi moulée sont déployés. Suivant les zones de travail, on utilise une grue avec une benne mécanique à câbles ou une benne hydraulique. La benne hydraulique a un excellent rendement dans les Marine Clay. L'avantage de la benne à câble est de pouvoir utiliser la grue tantôt en excavation, tantôt en grue de manutention pour l'équipement des cages d'armature. Cela est nécessaire pour les portions de paroi moulée à réaliser sur la voie publique, car la zone de travail y est exiguë et oblige à se restreindre à une plate-forme de 8 m de large.

La réalisation d'un panneau dure entre deux et trois jours. Voici la séquence classique :

- Excavation : 1 à 2 jours en fonction de la configuration du panneau et de la benne utilisée ;
- Dessablage, équipement des coffrages pour les joints Water Stop, installation des armatures en 15 à 20 heures ;

→ Bétonnage à la colonne sous boue bentonitique en 4 h environ (panneaux de 60 à 165 m<sup>3</sup>).

Les travaux ont été réalisés en un poste de 12 h de novembre à juin, puis en deux postes depuis juillet 2012.

### CONTINUITÉ DE LA PAROI MOULÉE SOUS LA FAÇADE

La paroi moulée croise les façades des bâtiments perpendiculairement en quatre endroits. Les façades sont conservées : la benne d'excavation doit donc se faufiler sous le mur. Cette technique est désignée localement par le terme de « bridging », puisqu'il s'agit de franchir un obstacle. La technique est régulièrement mise en œuvre par Bachy Soletanche Singapore pour passer sous des réseaux enterrés.

Un bridging sous une façade se distingue par une particularité : l'opérateur ne peut pas profiter de l'espace au-dessus

ni de l'autre côté de l'obstacle. Le calcul de stabilité de la tranchée sous boue limite la longueur d'un panneau à 4 m du fait des terrains sableux en tête. On doit donc se limiter à faire un premier panneau de la largeur de la benne à l'extérieur de la façade, puis on glisse la benne à câbles jusqu'à 1 m sous la façade (figure 3).

**5- Mise en place d'une cage d'armature dans un panneau bridging.**

**5- Placing a concrete reinforcing cage in a bridging panel.**

La benne est suspendue aux câbles de la grue, nullement guidée (figure 4). C'est le savoir-faire des opérateurs d'excavation qui permet de réaliser une telle prouesse.

Après l'excavation, on installe le coffrage Water Stop de l'autre côté de la façade à l'aide d'un portique muni de palans.

Ce type de panneau comporte en général deux cages d'armatures au lieu d'une. La première cage mesure environ 2 m de large ; on la glisse sous le mur en la levant avec des élingues déportées (figure 5).

Il faut noter qu'avant de commencer un bridging, il est fondamental de réaliser une purge, manuellement si besoin, des éventuelles fondations existant sous la façade. Tout obstacle doit être enlevé (brique, bois, dalle béton, ferraille, tuyau etc). La fouille est alors remplie avec un remblai de type grave ciment. Il s'agit d'éviter les travaux de trépanage qui peuvent être dommageables pour la façade et qui compliquent la bonne exécution du forage sous le mur.

### TRAVAILLER SOUS HAUTEUR LIMITÉE AVEC UN TAUX MOYEN D'ACIER DE 290 KG/M<sup>3</sup>

#### ENJEUX

Deux zones de travail ont des contraintes de hauteur :

- Former Supreme Court (40 panneaux jusqu'à 28 m de profondeur) : la conservation des dômes en toiture du bâtiment nécessite de conserver une grande partie de sa structure existante. Après terrassement de la plateforme, il y a en général 6 à 7 m de hauteur disponible au rez-de-chaussée. Pour dégager de l'espace, quatre poutres métalliques ont été installées afin de reporter les charges à l'extérieur





de l'emprise du futur sous-sol. Ces poutres sont situées à 5,3 m de hauteur (figure 6). La paroi sera terrassée sur 9 m.

→ City Hall (6 panneaux) : située au deuxième étage, la pièce où a été signée la reddition japonaise est conservée en l'état. La paroi moulée est excavée sous une hauteur de 5,8 m. La paroi sera terrassée sur 17 m.

Bachy Soletanche Singapore a plusieurs expériences de travaux sous hauteur limitée, notamment de nombreux travaux sous viaducs. Nous avons développé depuis plus de dix ans déjà des outillages de benne à câbles et benne hydraulique pouvant travailler sous 6,2 m.

Mais National Art Gallery sort du cadre habituel. D'une part ces outillages existants ne passent pas sous 5,30 m et d'autre part, la quantité d'armature sous l'ancienne Court Supreme est très importante : 220 à 410 kg par m<sup>3</sup> de béton suivant les panneaux (figure 7). De multiples conséquences en découlent :

→ Il faut réduire la taille des flèches des grues et la taille des bennes.

→ Il faut réduire la longueur des coffrages Water Stop.

Par ailleurs, le taux d'acier demande jusqu'à trois, voire quatre lits de barres de 40 mm, côté terre et côté fouille. Les barres verticales sont espacées de 150 à 200 mm et les cadres sont espacés de 200 mm et ont un diamètre de 20 ou 25 mm. La jonction des cages par recouvrement d'acier mesure 1,80 m de haut (45 fois le diamètre d'une barre de 40 mm). Pour une cage de 4 m de haut, seulement 400 mm de la cage ne sont pas affectés par le recouvrement. La qualité du béton est donc compromise par un tel taux d'acier. Lors du recouvrement, on peut sérieusement

**6- Vue de la zone de travail sous hauteur limitée dans Former Supreme Court.**

**7- Section type d'une cage d'armature de la zone Former Supreme Court.**

**6- View of the work area under a limited clearance height in the former Supreme Court.**  
**7- Typical cross section of a concrete reinforcing cage in the former Supreme Court area.**

douter que l'enrobage soit de bonne qualité.

Sans même considérer les contraintes de hauteur, le dimensionnement des cages d'armature constitue un enjeu en soi.

#### OUTILLAGE D'EXCAVATION

L'exiguïté de la zone de travail commence par les accès. Il n'est prévu qu'un seul accès de 4x4m et de nombreuses colonnes sont maintenues à l'intérieur de la zone d'évolution des grues. Nous avons choisi nos deux plus petites grues, des Liebherr 852. L'une sert à l'excavation, l'autre à l'équipement des cages (poids jusqu'à 35 t). Puisque nos flèches existantes sont prévues pour 6,2 m de plafond, le service matériel de Soletanche Bachy basé à Montereau (77) a conçu une nouvelle tête de flèche et a obtenu la certification de Liebherr (figure 8).

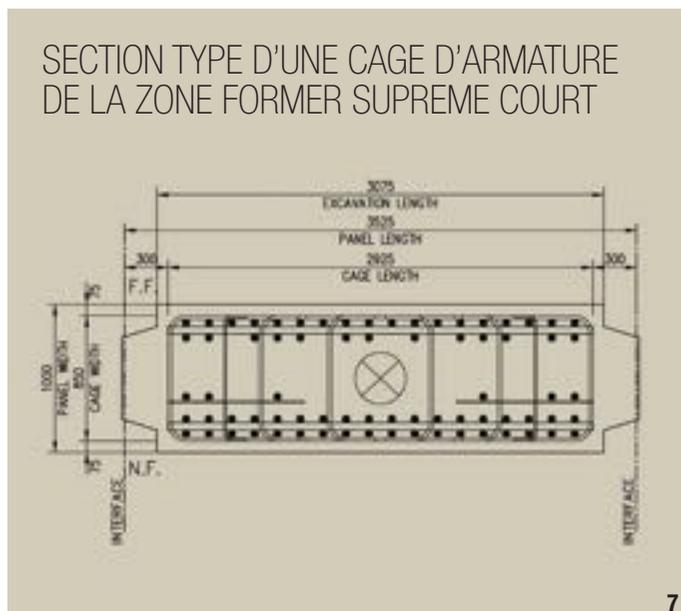
#### ASSEMBLAGE DES CAGES D'ARMATURE VERTICALEMENT « SUR LA TRANCHÉE »

Afin d'améliorer la mise en place du béton, nous avons augmenté le diamètre des barres à 50 mm afin d'en diminuer le nombre et garantir un espacement horizontal nu à nu de 100 mm. Ce type de barre n'est pas disponible sur le marché singapourien ; un approvisionnement spécifique a été organisé pour le chantier.

La hauteur utile pour les cages, tenant compte des moyens de levage utilisés (hauteur du moufle, élingues, poulies de la grue), est d'environ 4 m. La jonction des barres par recouvrement est dorénavant impossible, car deux longueurs de recouvrement sont plus longues que la cage (45 x 50 mm x 2 = 4,5 m). Les barres de 50 mm sont donc liaisonnées à l'aide de coupleurs.

Grâce aux barres de 50 mm, on peut se limiter à deux, voire trois lits de barres de 50 mm. L'espacement entre barres verticales ne permet cependant pas de glisser une main et une clé. Il a donc fallu les assembler sur place. Seule la première cage d'armature était préfabriquée.

Afin d'assembler ces cages verticalement, on prévoit une grue de maintenance Liebherr 852, une mini-grue de 3 t et deux plateformes de travail de 3,5 m de haut sur roulettes conçues spécifiquement. Il faut pouvoir accéder à 4 m de haut de part et d'autre de la cage. L'assemblage de la cage (figure 9) nécessite quatre postes de travail (48 h) en incluant une étape supplémentaire de retraitement rapide de la boue après avoir installé la cage. Le panneau est bétonné à la colonne, en privilégiant l'accès de toupies jusqu'au panneau pour n'utiliser la pompe à béton qu'en dernier recours.





### AUGMENTER LA SÉCURITÉ DU POSTE DE TRAVAIL DANS UNE ZONE EXIGÜE

Étant donné la présence de machines imposantes dans un espace aussi réduit, une attention particulière se porte sur la sécurité de cette zone de travail. Un responsable sécurité par poste est affecté à la supervision de ces travaux particuliers et il a en charge de briefier l'équipe chantier quotidiennement lors du démarrage du poste.

Les zones d'évolution des grues et de la pelle d'évacuation des déblais sont barricadées et signalées, et les poteaux existants sont peints en jaune et en noir pour augmenter leur visibilité. Les grues sont équipées de trois caméras avec écran dans la cabine du grutier et d'un capteur d'arrêt d'urgence en tête de flèche pour éviter de heurter le plafond. Deux plateformes mobiles de 3,5 m de haut équipées de garde-corps avec un palier intermédiaire ajustable ont été fabriquées spécialement pour l'assemblage des cages. Elles ont été mises au point après un essai grandeur nature, réalisé à l'extérieur du chantier avant le démarrage des travaux, ce qui nous a aussi permis de former les équipes à la nouvelle procédure d'équipement des cages.

Outre les équipements de protection individuelle obligatoires (casque, lunettes non teintées, gilet fluorescent, gants, ceinture de sécurité et chaussures), les ouvriers portent un harnais de sécurité lors du travail au-dessus du sol. Pour la manutention des barres d'acier, on privilégie l'usage des deux mini-grues et on utilise des gants en cuir pour éviter les blessures liées à l'utilisation du fil de fer pour ligaturer les barres.

### CONCLUSION

Dans le cas de la National Art Gallery de Singapour, Bachy Soletanche

Singapore a perfectionné des techniques déjà maîtrisées (*bridging* de réseaux enterrés, travaux sous hauteur limitée). L'assemblage des cages verticalement sur le panneau est une première qui a nécessité plusieurs mois de préparation en amont. La méthode est désormais efficace grâce au travail rigoureux des équipes sur le chantier. C'est une vraie réussite pour le projet, qui confirme que Bachy Soletanche sait adapter avec succès la technique de la paroi moulée à de multiples configurations de chantier, et notamment à la préservation de bâtiments historiques. □

**8- Grue d'excavation équipée d'une flèche spéciale pour travailler sous 5,3 m de plafond.**

**9- Assemblage des cages d'armature verticalement sur le panneau, barre après barre, cadre après cadre.**

**8- Excavation crane fitted with a special boom for working below a 5.3 m ceiling height.**

**9- Assembly of concrete reinforcing cages vertically on the panel, bar after bar, frame after frame.**

### INFORMATIONS PROJET

**DÉVELOPPEUR :** NATIONAL HERITAGE BOARD, Singapore

**ARCHITECTE :** STUDIO MILOU

**CONSULTANT :** CPG CONSULTANTS

**ENTREPRISE GÉNÉRALE :**

TAKENAKA CORPORATION – SINGAPORE PILING JOINT VENTURE

**SOUS-TRAITANT PAROI MOULÉE :**

BACHY SOLETANCHE SINGAPORE PTE LTD

**DATE DES TRAVAUX :** janvier 2010 – 2015

**MONTANT DE L'OPÉRATION :** S\$ 532 million (environ 340 M€)

### ABSTRACT

#### THE NATIONAL ART GALLERY, SINGAPORE. ADAPTING THE DIAPHRAGM WALL TECHNIQUE TO CONSERVATION OF THE CULTURAL HERITAGE

MARIE JOURDAN, BACHY SOLETANCHE SINGAPORE PTE LTD

In 2015, for the 50th anniversary of its founding, Singapore will inaugurate its National Art Gallery. This 60,000 m<sup>2</sup> project entails the renovation of two buildings dating from the 1920s and '30s. The project budget is 340 million euros. The architect, Jean-François Milou, is French. The engineering office, CPG Consultants, is from Singapore. Major underpinning works - micropiles, piles and diaphragm walls - have been entrusted to Bachy Soletanche Singapore. □

#### THE NATIONAL ART GALLERY, SINGAPUR. ADAPTER LA TÉCNICA DE LA PARED MOLDEADA A LA PRESERVACIÓN DEL PATRIMONIO

MARIE JOURDAN, BACHY SOLETANCHE SINGAPORE PTE LTD

En 2015, con motivo del 50º aniversario de su fundación, Singapur inaugurará su museo Nacional Art Gallery. Este proyecto de 60.000 m<sup>2</sup> implica la reforma de dos edificios de los años 20 y 30. El presupuesto de la operación es de 340 millones de euros. El arquitecto, Jean-François Milou, es francés y la oficina de proyectos, CPG Consultants, de Singapur. Se han confiado a Bachy Soletanche Singapore importantes trabajos de recalce: micropilotes, pilotes y paredes moldeadas. □



NOTRE TALENT  
DÉFIE LE TEMPS

STRRES

Le STRRES est le syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement des structures.

Il rassemble 60 entreprises qui exercent, à titre principal ou secondaire, une activité d'entretien, de réparation et de réhabilitation des structures de Génie civil.

Le STRRES est adhérent de la FNTF.

Retrouvez sur [www.strres.org](http://www.strres.org) :

Les guides



Pour mieux connaître et appliquer les règles de l'art en matière de réparation et de renforcement d'ouvrages, **consultez ou téléchargez gratuitement 12 guides techniques du STRRES.**

Les entreprises



Trouver une entreprise **par domaine d'activité, par région et/ou par identification professionnelle.**

SYNDICAT NATIONAL DES ENTREPRENEURS SPÉCIALISTES DE TRAVAUX  
DE RÉPARATION ET RENFORCEMENT DE STRUCTURES  
3 rue de Berri 75008 Paris • Tél. : 01 44 13 31 82 • Fax : 01 44 13 32 44 •  
[strres@strres.org](mailto:strres@strres.org) • [www.strres.org](http://www.strres.org)

ABS • ADS ouvrages d'art • AFGC • AGTP • ARREBA • ATS • AXIMUM • BASF CC France • BAUDIN-CHATEAUNEUF • BEC • BEKAERT France • BERTHOLD SA • BTPS • CHANTIERS MODERNES SUD • COFEX Ile-de-France • COFEX LITTORAL • COFEX REGIONS • COLAS RAIL • CTICM • CROBAM • DEMATHIEU ET BARD • ECM • EGM TNC • EIFFAGE TP/ Département GCN • EIFFEL CONSTRUCTION MÉTALLIQUE • ENTREPRISE BONNET • ETANDEX • ETPO • EUROVIA BÉTON • FAURE SILVA • FAYAT • HOLCIM • FREYSSINET France • FREYSSINET International & Cie • GAUTHIER • GTS/Département ELITE • LAFARGE • LETESSIER • MAPEI • MCCF • NOUVETRA • OUEST ACRO SA • PAGEL SAS • PAREXLENKO • PERRIER SAS • POA • RAZEL • RCA • RENOFORS • RESINA • RESIREP • SNC • RICHERT • SAINT GOBAIN WEBER France • SARL ROMOEUFF • SEFI-INTRAFOR • SIKA • SIRCO TRAVAUX SPÉCIAUX • SNCTP • SOFRARES • SOLETANCHE BACHY • SOTEM • SORREBA TECHNOLOGIE • SOTRAIB EAU • SPIE BATIGNOLLES TECHNOLOGIES • STPL • TEMSOL • TSV • VIA PONTIS • VINCI CONSTRUCTION France • VSL France

STRRES



NOTRE TALENT  
DÉFIE LE TEMPS

# RÉHABILITATION DES DIGUES FLUVIALES ET MARITIMES : LUTTE CONTRE L'ÉROSION INTERNE PAR MISE EN PLACE D'UNE PAROI ÉTANCHE

AUTEURS : STÉPHANE MONLEAU, DIRECTEUR COMMUNICATION ET MARKETING, SOLETANCHE BACHY FRANCE - FABRICE MATTHIEU, CHEF DE PROJET À LA DIRECTION TECHNIQUE DE SOLETANCHE BACHY – © PHOTOS : PHOTOTHÈQUE SOLETANCHE BACHY - CÉDRIC HELSLY - EMMANUEL GAFFARD

QUATRE MOIS APRÈS LA TEMPÊTE XYNTHIA QUI AVAIT FAIT 53 MORTS, LE GOUVERNEMENT AVAIT ANNONCÉ LA MISE EN PLACE D'UN "PLAN DIGUE" DESTINÉ À RENFORCER LES PROTECTIONS ET LES SYSTÈMES D'ALERTE. CE PLAN PRÉVOYAIT LE RENFORCEMENT DE 1 200 KILOMÈTRES DE DIGUES FLUVIALES ET MARITIMES. IL PRÉVOYAIT ÉGALEMENT DE METTRE L'ACCENT SUR LA PRÉVENTION, AVEC L'IDENTIFICATION DES ZONES À HAUTS RISQUES DE SUBMERSION. AUJOURD'HUI, UN GROS TRAVAIL A ÉTÉ ACCOMPLI POUR L'IDENTIFICATION DES DIGUES ET POUR LEUR CLASSEMENT EN 4 CATÉGORIES EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE L'OUVRAGE ET DE LA POPULATION PROTÉGÉE. CERTAINS TRAVAUX DEVRAIENT VOIR LE JOUR PROCHAINEMENT.



Cet article se propose de décrire les différentes techniques de parois d'étanchéité qui peuvent être mises en œuvre pour lutter, en particulier, contre l'érosion interne. La technique du Trenchmix®, application du soil mixing, sera décrite en détail à l'aide de plusieurs exemples.

## LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE RENFORCEMENT DES DIGUES

L'objectif de ces techniques consiste à prévenir le risque de rupture. Compte tenu de l'hétérogénéité des digues et de leur état, la rupture de ces dernières peut intervenir avant leur surverse,

**1- Barrage de la Ganguise (paroi en béton plastique).**

**1- Ganguise Dam (plastic concrete diaphragm wall).**

notamment à cause de l'érosion interne due à l'écoulement de l'eau à travers la levée. Les travaux qui visent à renforcer une digue sont essentiellement de deux sortes :

→ Le renforcement des pieds de digue, afin de lutter contre les phénomènes d'érosion externe et d'affouillement ;



→ Le renforcement des corps de digue, afin de lutter contre les phénomènes d'érosion interne et de glissement.

### LES RENFORCEMENTS EN CORPS DE DIGUE

L'objectif principal consiste à lutter contre les risques de brèches que provoque l'entraînement des matériaux dû à l'écoulement de l'eau à travers l'ouvrage.

Deux techniques sont employées selon les cas.

Dans le cas où un élargissement de la digue est possible, on cherchera à mettre en place, côté terre, un masque drainant. Ce masque sera constitué de matériaux sablo-graveleux.

Dans le cas fréquent où cet élargissement est impossible, on mettra en place, dans le corps de la digue une paroi dont le but sera d'assurer une étanchéité.

2- Barrage de Lower Carno au Royaume-Uni (paroi au coulis).

2- Lower Carno Dam in the United Kingdom (grout wall).

### LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES PERMETTANT D'ASSURER UNE ÉTANCHÉITÉ

Ces techniques appartiennent à deux grandes familles :

→ Les coupures positives réalisées avec la mise en place d'un nouveau matériau après extraction ou refoulement du sol ;

→ Les voiles injectées.

On examinera, dans un premier temps, l'ensemble des techniques disponibles, leurs avantages et leurs inconvénients (voir tableau 1).

#### COUPURES POSITIVES

→ Les palplanches : il s'agit de mettre en place par battage, vibration ou verinage, une palplanche métallique.

→ Les parois au coulis et les parois en béton plastique (figures 1 et 2) : ces techniques sont directement inspirées de la paroi moulée. Dans le cas de la paroi en béton plastique, on procède à l'excavation de la paroi sous boue bentonitique à l'aide d'un atelier de type benne à câbles, benne hydraulique ou hydrofraise. Une fois l'excavation terminée, le bétonnage s'effectue à l'aide d'un tube plongeur. Dans le cas de la paroi au coulis, on procède directement à l'excavation de la paroi sous coulis bentonite-ciment à l'aide d'un atelier de type benne à câbles, benne hydraulique ou pelle rétro. Il est possible de réincorporer une partie des matériaux excavés (selon leur nature) dans les panneaux réalisés précédemment.

Cela permet de diminuer le volume de coulis utilisé, ainsi que la quantité de déblais à évacuer.

→ L'écran mince (figures 3 et 4) : la construction d'une paroi mince s'effectue par le vibrofonçage d'un profilé métallique en forme de "H" équipé de tubes d'injection. Lors de la remontée du profilé, on procède à l'injection en pied du vide créé. L'empreinte du profilé en forme de "H" est comblée par le coulis qui forme un des panneaux de la paroi mince (figure 3). La répétition de ce processus forme un écran étanche continu. Dans certains terrains, il est possible de combiner le vibrofonçage avec un jet de coulis haute pression, afin de faciliter la descente du profilé (procédé Vibrojet®).

→ Le Trenchmix® : cette technique est décrite en détail dans le chapitre suivant ;

→ Le Geomix® : le Geomix® est un procédé de soil mixing, développé par Soletanche Bachy, qui consiste à utiliser le sol en place comme matériau de construction.

TABLEAU 1 : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES

PROCÉDÉS À BASE DE PAROIS OU ANALOGUES		
MÉTHODE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
PALPLANCHES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation rapide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vibrations et bruits à la mise en œuvre</li> <li>• Prix élevé</li> <li>• Étanchéité relative, fenêtres possibles</li> </ul>
PAROIS D'ÉTANCHÉITÉ ÉPAISSES (paroi au coulis, paroi béton plastique)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidité d'exécution</li> <li>• Possibilité d'ancrage dans du rocher</li> <li>• Profondeurs importantes (50 m et plus)</li> <li>• Étanchéité élevée (<math>\leq 10^{-7}</math> m/s)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déblais (sauf en cas de réincorporation dans la paroi)</li> </ul>
PAROIS MINCES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidité d'exécution et coût faible</li> <li>• Étanchéité élevée (<math>\leq 10^{-7}</math> m/s)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profondeur limitée à 25 m</li> <li>• Pas d'ancrage dans le rocher</li> </ul>
TRENCHMIX®	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidité d'exécution et coût faible</li> <li>• Peu de déblais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profondeur limitée à 10 m</li> <li>• Pas d'ancrage dans le rocher</li> </ul>
GEOMIX®	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidité d'exécution</li> <li>• Peu de déblais</li> <li>• Possibilité d'ancrage dans le rocher</li> </ul>	
PROCÉDÉS À BASE DE VOILES D'INJECTION		
MÉTHODE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
INJECTION D'IMPREGNATION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petite perforation</li> <li>• Souplesse, adaptabilité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitée aux sols <math>k \geq 10^{-6}</math></li> <li>• Résultat <math>&gt; 10^{-6} - 10^{-7}</math> m/s</li> </ul>
JET GROUTING	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petite perforation</li> <li>• Souplesse, adaptabilité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problème de déviations de forages</li> <li>• Rejets très importants</li> </ul>

Le sol est déstructuré lors de l'excavation et mélangé à un coulis de ciment. Le mélange obtenu constitue la paroi Geomix®.

Ce procédé est le résultat de l'alliance des techniques de soil mixing et de la technologie Hydrofraise.

On fusionne ainsi les avantages de chacun : la robustesse et l'expérience de l'Hydrofraise avec l'ingéniosité du soil mixing, qui consiste à mélanger le sol en place à un coulis bentonite/ciment. Un nouvel outil a été développé : le CSM (Cutter Soil Mixing), constitué de moteurs hydrauliques sur lesquels sont montées deux paires de tambours rotatifs qui assurent le forage et le malaxage sol/ciment.

Cet équipement est compatible avec de nombreux types de porteurs, ce qui apporte une grande souplesse d'utilisation (figures 5 à 7).

### VOILES INJECTÉS

→ L'injection classique : l'injection d'un coulis dans un sol, au travers de forages, permet d'étancher ce sol par remplissage des vides. Les techniques varient en fonction des objectifs recherchés et de la nature des terrains.

Une première distinction apparaît entre les terrains rocheux où l'injection pourra se faire "à trou ouvert", les parois du forage étant stables, et les terrains meubles où le forage sera équipé d'un tube à manchettes dans lequel sera descendu l'obturateur d'injection.

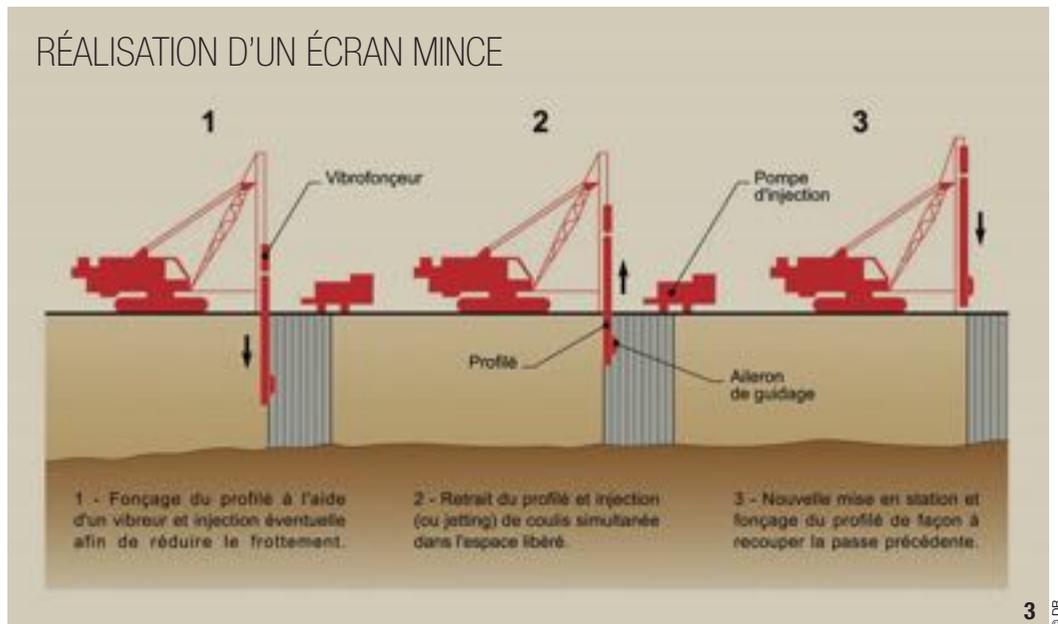
→ Le jet grouting : le procédé jet grouting consiste à déstructurer un sol en profondeur à l'aide d'un jet haute pression (classiquement de 20 à 40 MPa) dans un forage et à mélanger le sol érodé avec un coulis autoturcissant pour former des colonnes, panneaux et autres structures dans le terrain. Il est caractérisé par une substitution plus ou moins importante du sol en place, dépendant de la nature du sol, de la technique utilisée, et de l'objectif à atteindre (figure 8).

### TRENCHMIX® : DESCRIPTION ET EXEMPLES D'APPLICATION

Le Trenchmix® est un procédé d'amélioration des sols en place, conçu par Soletanche Bachy, dont l'utilisation en France a été validée par l'intermédiaire d'un cahier des charges techniques. Ce cahier des charges est approuvé par le Bureau Veritas depuis 2009.

Ce procédé permet de réaliser dans le terrain des inclusions semi-rigides, constituées d'éléments de sol traité en place par l'incorporation d'un liant.

## RÉALISATION D'UN ÉCRAN MINCE



3 ©

**3- Réalisation d'un écran mince.**

**4- Réalisation d'un écran mince sur les digues du Rhin.**

**5a & 5b- Réalisation d'une barrette en Geomix®.**

**3- Execution of a thin barrier.**

**4- Execution of a thin barrier on the dykes of the Rhine.**

**5a & 5b- Execution of a supporting wall unit in Geomix®.**

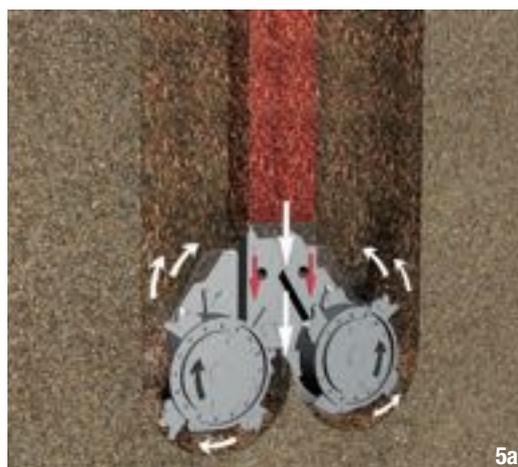


4 ©

Le matériau constituant ces inclusions présente des caractéristiques géomécaniques améliorées, à la fois en termes de résistance, de déformabilité et de perméabilité. Le procédé utilise une trancheuse sur chenilles dont la

lame a été spécialement adaptée pour le découpage et le malaxage du sol *in situ*.

Un fluide peut être incorporé au mélange à tout moment à l'aide de plusieurs buses d'injection disposées



5a



5b ©



sur la lame. Il est possible de déplacer l'ensemble verticalement dans le sol selon une course de plusieurs mètres, ce qui permet ainsi de faire varier la profondeur traitée sans changer de longueur d'outillage (figure 9).

Le dispositif s'accompagne d'un écran de contrôle où l'opérateur peut vérifier en temps réel les divers paramètres de malaxage : volumes incorporés, indice de malaxage, profondeur et verticalité de la lame, vitesse de déplacement de la machine.

L'incorporation du liant hydraulique peut être réalisée par voie sèche ou par voie humide :

→ En méthode sèche, comme indiqué sur la figure 10, le liant est mis en place dans une pré-tranchée sous forme

**6- Écran en Geomix® à Viège en Suisse.**

**7- Écran en Geomix® à Mielec en Pologne.**

**8- Réalisation du jet grouting.**

**6- Geomix® barrier at Viège in Switzerland.**

**7- Geomix® barrier at Mielec in Poland.**

**8- Execution of jet grouting.**

pulvérulente, puis est incorporé au sol par malaxage *in situ* ;

→ En méthode humide, la pré-tranchée sert uniquement à contrôler le foisonnement du mélange sol-liant. Un coulis (mélange d'eau et de liant) est préparé à la demande dans une unité de fabrication, puis pompé jusqu'à la machine où il est injecté le long de la lame pendant le malaxage.

Le procédé Trenchmix® est adapté au traitement d'une large gamme de sols, allant des sables et graviers jusqu'aux argiles plastiques. Une gamme classique de paramètres opératoires est donnée ci-après :

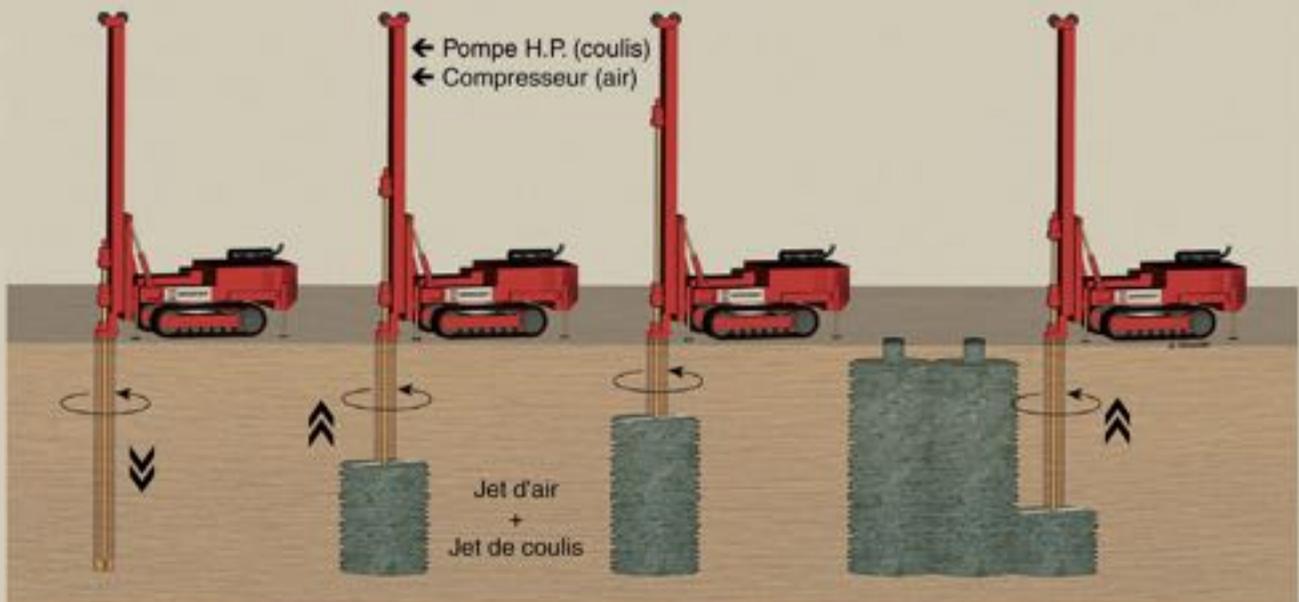
- Largeur de la tranchée : 400 à 500 mm ;
- Ciment incorporé : 150 à 300 kg

par m<sup>3</sup> de terrain naturel ;  
 → Vitesse de la lame : jusqu'à 4 m/s ;  
 → Profondeur : de 2,5 m à 10 m.  
 À condition que l'indice de malaxage soit respecté, le matériau sol-liant obtenu par le procédé Trenchmix® est sensiblement homogène sur toute la hauteur du traitement.

Les tranchées ainsi formées peuvent être utilisées pour construire des soutènements provisoires de moyenne profondeur ou pour améliorer les caractéristiques des sols en place.

Le traitement réalisé étant forcément continu, le procédé Trenchmix® s'avère très bien adapté à la réalisation d'écrans d'étanchéité, en particulier sur des digues, comme montré dans les exemples suivants. ▷

## RÉALISATION DU JET GROUTING



8

## CONFORTEMENT DE DIGUE SUR LE RHIN

Ces travaux ont été récemment menés par Soletanche Bachy sur une digue existante en Alsace, constituée d'un noyau en terre surmonté d'une recharge sablo-graveleuse en alluvions du Rhin.

Les travaux ont consisté à réaliser, depuis la crête de la digue, une tranchée de mélange sol-ciment par la méthode Trenchmix® dans le but de rehausser le noyau existant et de l'ancrer dans un horizon d'alluvions plus anciennes, représentant le terrain naturel.

La cinématique de la machine a permis de maintenir constante la profondeur d'ancrage en suivant le profil de la digue sur plusieurs kilomètres, selon une profondeur moyenne de 5 m.

Sur ce chantier, le procédé Trenchmix® a été appliqué selon la méthode sèche. Un ciment de laitier pulvérulent a été épanché dans une pré-excavation en crête de digue, puis a été mélangé au sol en place avec adjonction d'eau pompée à proximité dans le Rhin.

L'exécution des travaux s'est accompagnée de contrôles qualité réguliers permettant de vérifier l'homogénéité et les propriétés de l'écran d'étanchéité. Une perméabilité moyenne de  $7.10^{-8}$  m/s a été obtenue *in situ*, ainsi qu'une résistance à la compression supérieure à 2 MPa à 28 jours (figure 11).

## MISE EN SÉCURITÉ SUITE À UNE INONDATION EN POLOGNE

Ce second exemple a été réalisé en 2009-2010 par Soletanche Polska, filiale polonaise de Soletanche Bachy, sur des digues endommagées en raison d'une brusque montée des eaux d'un affluent de la rivière Wisla, à l'Est de la Pologne.

La circulation incontrôlée des eaux sous les digues avait provoqué l'apparition de plusieurs affouillements conduisant à une destruction partielle de l'ouvrage, avec pour conséquence l'inondation d'une zone de plusieurs kilomètres carrés.

Ces digues reposaient sur une couche de sables fins moyennement denses à denses, sur une profondeur de 5 à 16 m, qui présentaient par endroits des lentilles d'argile contenant parfois un peu de matière organique.

La principale circulation d'eau avait été identifiée dans une couche de sables très perméables ( $K=10^{-2}$  à  $10^{-4}$  m/s), située vers 4 m de profondeur.

Les travaux ont consisté à réaliser depuis le pied de la digue un écran

étanche continu sur plusieurs kilomètres sur une profondeur de 6 mètres. Les propriétés finales de l'écran ont été atteintes en incorporant le liant sous la forme d'un coulis préparé sur place (méthode humide), la quantité minimale à mélanger représentant 140 kg de ciment/m<sup>3</sup> de sol traité.

Plusieurs types de contrôles ont été réalisés sur place, incluant la prise d'échantillons de mélanges frais en profondeur dans la tranchée et le dégagement de 2 zones de 4 m de longueur à des fins d'inspection visuelle (figure 12).

## CONSTRUCTION D'UNE NOUVELLE DIGUE EN ANGLETERRE

Cet exemple, réalisé en 2010 en Angleterre par Bachy Soletanche Ltd, consistait à construire une digue destinée à protéger un village, ainsi qu'une voie ferrée en cas de débordement d'un plan d'eau. Sur ce site classé réserve naturelle ornithologique, les plus importants critères de choix étaient d'ordre environnemental : volume de déblais réduit, absence de perturbation de trafic ferroviaire et possibilité de mise en œuvre sur une plateforme étroite.



9- Outillage Trenchmix® sur le Rhin.

10- Trenchmix® par voie sèche.

11- Coupe des travaux - digue sur le Rhin.

9- Trenchmix® tool on the Rhine.

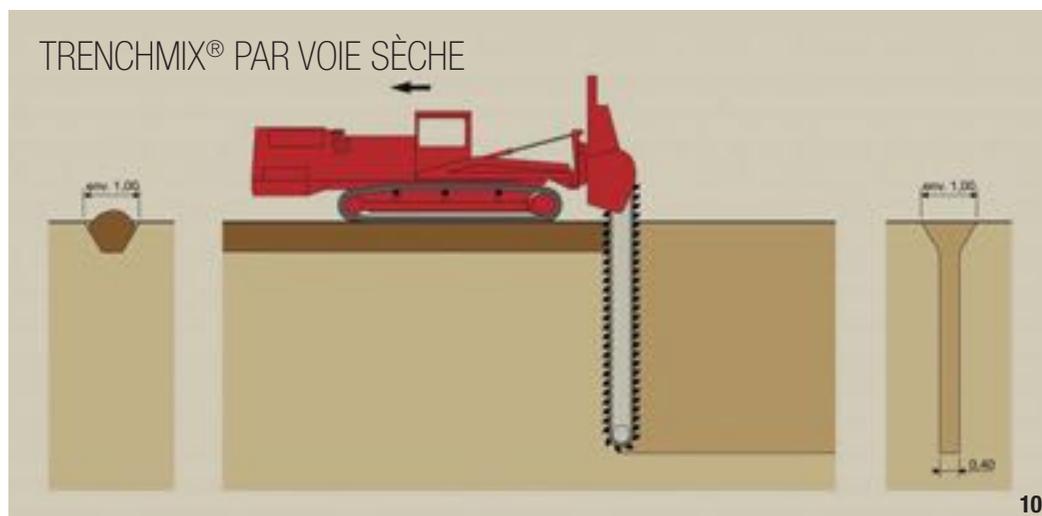
10- Trenchmix® by dry method.

11- Cross section of works - dyke on the Rhine.

Ainsi, deux écrans étanches ont été construits à 7 m de profondeur, de part et d'autre d'un pont et sur une longueur de 575 et 700 mètres.

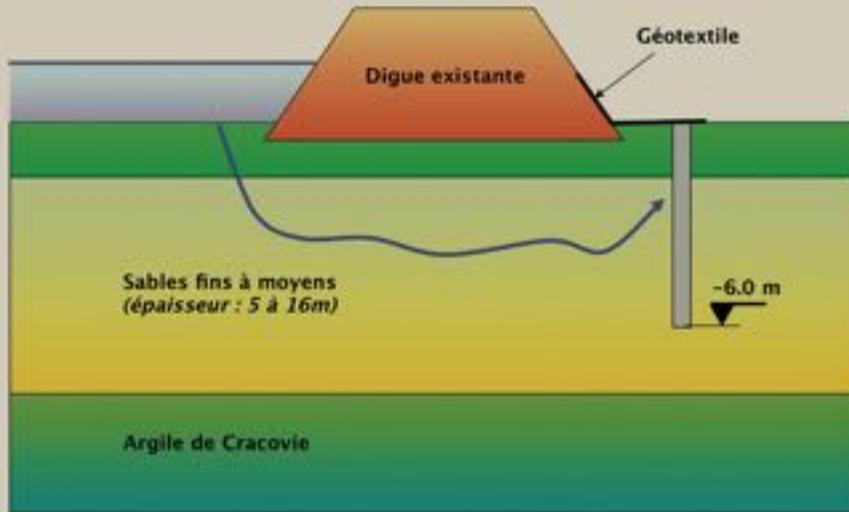
Les caractéristiques minimales demandées pour l'écran consistaient à atteindre une perméabilité de  $10^{-8}$  m/s, ainsi qu'une résistance à la compression à 28 jours de 0,5 MPa.

L'écran Trenchmix®, réalisé selon la méthode humide, traverse une couche de graviers sablo-limoneux perméable jusqu'à un horizon étanche d'argilite. Les paramètres opératoires ont été



## MISE EN SÉCURITÉ SUITE À UNE INONDATION EN POLOGNE

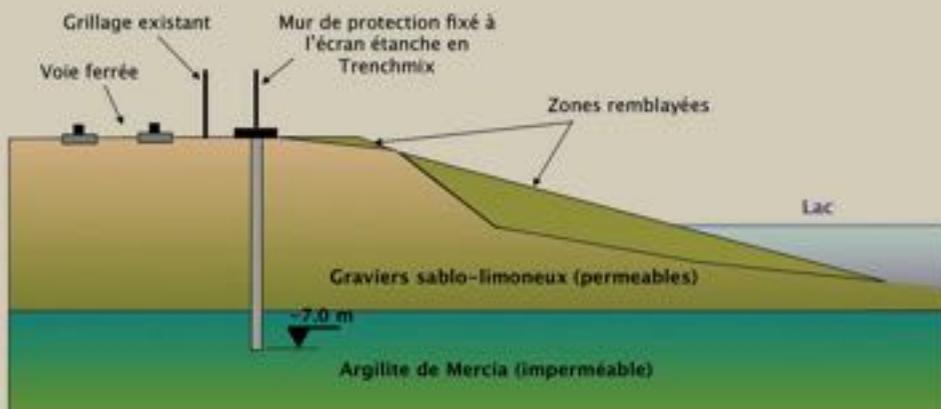
Coupe des travaux



12

## CONSTRUCTION D'UNE NOUVELLE DIGUE EN ANGLETERRE

Coupe des travaux



13

légèrement surévalués, de manière à contrecarrer l'effet d'inhibition de prise lié à la présence de lentilles de matière organique dans la couche de graviers sableux. Les contrôles sur éprouvettes confectionnées à partir d'échantillons de mélange frais ont permis de vérifier que l'objectif de perméabilité a bien été atteint. Ils ont montré une résistance à la compression moyenne proche de 3 MPa (figure 13). La technique du Trenchmix® a maintenant été utilisée sur plusieurs dizaines de chantiers en France, au Royaume-Uni, en Suisse et en Pologne. Elle s'avère particulièrement bien adaptée à la réalisation d'écrans d'étanchéité dans les digues. Son faible coût, sa rapidité d'exécution, sa sûreté (la paroi est continue) en font un procédé incontournable pour les parois de moins de 10 m.

Enfin, la faible largeur des digues rend souvent impossible le croisement des engins. La quasi-absence de déblais du Trenchmix® représente donc un atout supplémentaire. Atout qui, d'ailleurs, s'intègre parfaitement dans la politique développement durable de l'entreprise. □

12- Coupe des travaux - digue en Pologne.

13- Coupe des travaux - digue en Angleterre.

12- Cross section of works - dyke in Poland.

13- Cross section of works - dyke in England.

### ABSTRACT

#### RENOVATION OF RIVER AND SEA DYKES: CONTROL OF INTERNAL EROSION BY PUTTING IN PLACE A CUTOFF WALL

STÉPHANE MONLEAU, SOLETANCHE BACHY - FABRICE MATTHIEU, SOLETANCHE BACHY

Four months after the Xynthia storm which left 53 dead, the French government announced the implementation of a "dyke plan" to strengthen the protection and warning systems. This plan provided for the reinforcement of 1200 kilometres of river and sea dykes. It also planned to emphasise prevention, through the identification of areas with a high risk of submersion. At present, major work has been accomplished on the identification of dykes and their classification in four categories according to the height of the structure and the population protected. Certain works are due to be carried out shortly. This article describes the various cutoff wall techniques which can be used to combat internal erosion in particular. The Trenchmix® technique, an application of soil mixing, will be described in detail with several examples. □

#### REHABILITACIÓN DE DIQUES FLUVIALES Y MARÍTIMOS: LUCHA CONTRA LA EROSIÓN INTERNA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UN MURO PANTALLA

STÉPHANE MONLEAU, SOLETANCHE BACHY - FABRICE MATTHIEU, SOLETANCHE BACHY

Cuatro meses después de la tempestad Xynthia que causó 53 muertos, el gobierno anunció la puesta en marcha de un "plan dique" para reforzar las protecciones y los sistemas de alerta. Este plan preveía el refuerzo de 1.200 kilómetros de diques fluviales y marítimos y hacer hincapié en la prevención, con la identificación de las zonas de alto riesgo de inundación. Ya se ha realizado un gran trabajo para la identificación de los diques y su clasificación en 4 categorías en función de la altura de la estructura y de la población protegida. Algunas obras deberían salir pronto a la luz. Este artículo tiene como finalidad describir las diferentes técnicas de muros pantalla que pueden construirse para luchar, en particular, contra la erosión interna. La técnica de Trenchmix®, aplicación del soil mixing, se describirá detalladamente a través de varios ejemplos. □

# LES ENTREPÔTS MACDONALD, OU COMMENT RÉUTILISER DES FONDATIONS EXISTANTES

AUTEUR : GUILLAUME DOUHERET, RESPONSABLE DU SERVICE ÎLE-DE-FRANCE CONFORTEMENTS, SOLETANCHE BACHY FRANCE

LE PLUS LONG BÂTIMENT D'UN SEUL TENANT EN FRANCE, CONSTRUIT DANS LES ANNÉES 60, S'ÉTIRE SUR 660 M. SA RECONVERSION ENTRE DANS LE CADRE DU RÉAMÉNAGEMENT URBAIN DU NORD-EST DE PARIS, DONT IL DEVIENDRA, APRÈS SURÉLÉVATION, UN BÂTIMENT PHARE. LES FONDATIONS EXISTANTES ONT DÛ ÊTRE RENFORCÉES POUR RECEVOIR LES NOUVELLES CHARGES DE SERVICE. AINSI, LES 540 PIEUX DE GROS DIAMÈTRE D'ORIGINE ONT-ILS ÉTÉ TRAITÉS PAR 618 COLONNES DE JETGROUTING. DES ESSAIS DE CHARGEMENT ONT ÉTÉ EFFECTUÉS POUR DÉTERMINER LA CAPACITÉ PORTANTE DES PIEUX D'ORIGINE ET VÉRIFIER SON AMÉLIORATION APRÈS RENFORCEMENT.



## PRÉSENTATION DU CONTEXTE

### HISTORIQUE DES ENTREPÔTS

Les entrepôts Macdonald (ex-Calberson) sont situés en bordure du boulevard éponyme, dans le 19<sup>e</sup> arrondissement de Paris.

Ils ont été construits dans les années 1968/1969, et constituaient à l'époque le plus grand bâtiment d'un seul tenant en France : 660 m de long par 60 m de large environ.

Ils sont de type R+1 + terrasse (des mezzanines ont été construites en

**1- L'entrepôt  
Macdonald  
en 2006.**

**1- The  
Macdonald  
warehouse  
in 2006.**

rez-de-chaussée et au premier étage) - (figure 1).

D'après les Annales de l'Institut Technique du BTP, le bâtiment a été construit avec une hypothèse de surcharges de 2 t/m<sup>2</sup> pour les surfaces d'entrepôts, et de 350 kg/m<sup>2</sup> sur trois niveaux, en

tenant compte de la construction éventuelle de trois étages supplémentaires. Le bâtiment est fondé sur des pieux de gros diamètre (de ~1 300 à 1 600 mm).

Les pieux ont été réalisés suivant la technique du pieu foré simple, depuis une plate-forme située à la cote 38,20 NVP.

Les pieux ont été ancrés dans le calcaire de Ducy, vers 10 m de profondeur en moyenne suivant les plans de récolement.

Concernant le dimensionnement des pieux, comme cela est indiqué sur les attachements d'époque, ceux-ci ont été dimensionnés en tenant compte d'un taux de travail de 40 bars, avec un béton dosé à 350 kg/m<sup>3</sup>.

Les pieux existants sont situés sous l'ensemble du dallage du sous-sol du bâtiment dont le niveau fini se situe à une cote approximative de 38,75 NVP.

## DESCRIPTION DE L'OPÉRATION DE RECONVERSION

L'opération de reconversion de l'entrepôt Macdonald est une opération urbaine complexe, d'une durée prévisionnelle de 4 ans, qui vise à créer dans le bâtiment existant et en surélévation de ce dernier, les éléments suivants :

- **24 000 m<sup>2</sup>** de bureaux,
- **32 500 m<sup>2</sup>** de commerces,
- **16 200 m<sup>2</sup>** d'activités,
- **16 300 m<sup>2</sup>** d'équipements publics,
- **74 500 m<sup>2</sup>** de logements,
- **1 300 places** de parking.

Voici les objectifs de cette opération :

- Contribuer au rééquilibrage de la dynamique économique de Paris vers le Nord-Est ;
- Répondre à l'exigence du développement durable (bâtiment BBC) ;

**2- Chevalements métalliques.**

**3- Frettage des têtes de pieux.**

**4- Poteau sectionné et tête de pieu renforcée.**

**2- Steel shoring.**

**3- Pile cap hooping.**

**4- Severed column and strengthened pile cap.**



→ Favoriser une mise en relation et davantage de perméabilité entre Paris et sa banlieue ;

→ Créer une gamme de logements contemporains diversifiés et adaptés aux attentes actuelles.

Pour ce faire, la mairie de Paris, au travers de la SEMAVIP, s'est associée à la Caisse des Dépôts et Consignations et à sa filiale immobilière ICADE pour créer la SAS ParisNordEst qui assure la maîtrise d'ouvrage de l'ensemble de l'opération.

La maîtrise d'œuvre générale a été confiée à SETEC.

C'est dans ce cadre qu'un « Masterplan » a été établi en 2007 par l'agence OMA pour fixer les principes architecturaux et techniques du projet, et qu'un plan d'allocation des charges a été élaboré afin que le projet de reconversion soit conduit sans réaliser de nouvelles fondations. Ce plan d'allocation des charges a été déterminé par la mission de coordination technique du projet, assurée par SETEC, sur la base des éléments d'un rapport ENOMFRA de 2007. Cependant, lors de campagnes de reconnaissances complémentaires réalisées par Géotechnique Appliquée IDF en 2008 et 2009, une altération au niveau du Calcaire de Ducy et au toit des Sables de Beauchamp a été mise en évidence.

Il a donc été décidé de mener une campagne d'essais de chargements et, en parallèle, des plots d'essais de jetgrouting pour :

→ Déterminer la capacité portante réelle des pieux existants au moyen d'essais de chargements ;

→ Déterminer l'ensemble des moyens de traitement du sol par jetgrouting qui permettraient d'obtenir une capacité portante des fondations égale à celle du plan d'allocation de charge conforme aux hypothèses du « Masterplan » et de contrôler l'efficacité de l'amélioration par jetgrouting avec essais de chargements dynamiques.

Cet article s'attachera donc dans un premier temps à décrire cette campagne d'essais, qui s'est déroulée en 2010, avant de présenter les travaux d'amélioration qui en ont découlé et qui ont été réalisés en 2011.

## LA CAMPAGNE D'ESSAIS DE CHARGEMENT DES PIEUX EXISTANTS ET PLOTS D'ESSAIS DE JET GROUTING

La campagne d'essais, conçue et pilotée par le bureau d'études géotechniques BOTTE SONDAGES, comportait trois volets distincts :



5

→ Réalisation d'un essai de chargement statique et de deux essais de chargement dynamiques sur des pieux devant être supprimés dans le cadre du projet ;

→ Réalisation de six plots d'essais de jetgrouting au droit de pieux, dont deux pour lesquels les poteaux seront supprimés dans le cadre du projet ;

→ Réalisation de deux essais de chargement dynamique au droit de pieux qui ont fait l'objet d'un traitement par jetgrouting et pour lesquels les poteaux seront supprimés dans le cadre du projet.

Le principe des essais de chargement statique consiste à solliciter un pieu au moyen d'une charge statique croissante appliquée sur la tête de l'ouvrage.

Cette charge peut être mise en œuvre au moyen d'une masse (usuellement en béton ou en métal) posée directement sur l'ouvrage, ou être créée artificiellement par un dispositif de vérinage.

Dans le cas présent, avec des charges à tester voisines de 1 300 t, la solution du vérinage semblait de loin la plus appropriée, et il a donc été conçu un système composé d'un massif de réac-

tion en béton armé et de tirants d'ancrages scellés dans le terrain, couplé à des vérins.

Le principe des essais de chargement dynamique est d'évaluer la capacité portante d'un pieu au moyen d'une sollicitation dynamique (impact).

Pour cette opération, le bureau d'études RINCENT BTP avait préconisé de réaliser l'essai avec une masse de 8 t tombant d'une hauteur de 2 m environ.

#### TRAVAUX PRÉPARATOIRES

Comme les plots d'essais de chargement nécessitent de dégager les têtes de pieux, il a fallu, dans un premier temps, supprimer les poteaux en sous-sol, et donc procéder à la reprise des charges des étages supérieurs de la structure.

Pour ce faire, SOLETANCHE BACHY et le BET GI2S ont imaginé une reprise par butonnage au moyen de chevale-

ments métalliques selon le principe de la figure 2.

Ces opérations de butonnage ont été sous-traitées à la société TRADY, qui a assuré la confection des butons de 10,5 m environ, leur mise en place, et leur mise en tension par vérinage, afin de transférer les charges aux poteaux mitoyens et minimiser les déplacements au moment de la suppression des poteaux au sous-sol.



6

**5- Massif de réaction de l'essai de chargement statique.**

**6- Foreuse de jetgrouting en sous-sol.**

**5- Static loading test reaction block.**

**6- Jet grouting driller in the basement.**

La suite des travaux préparatoires consistait à sectionner les poteaux et à les démolir, puis à reprendre les têtes de pieux en vue des essais de chargement.

Pour les essais dynamiques, en vue de la chute de la masse, et afin d'éviter l'éclatement de la tête, il a fallu renforcer l'ouvrage au moyen d'un fretage en acier et enserrer l'ensemble de la

**7- Coupe de l'essai de chargement statique.**

**7- Cross section of static loading test.**

tête des pieux dans des viroles métalliques, comme on peut le voir sur les figures 3 et 4.

L'essai de chargement statique a nécessité beaucoup plus de préparation, puisqu'il a fallu réaliser un massif en béton armé de 27 m<sup>3</sup> capable de reprendre les efforts transmis par les 6 tirants 12T15.7, comme on peut le voir sur la figure 5.

**TRAVAUX DE JET GROUTING**

En parallèle à ces travaux préparatoires, SOLETANCHE BACHY a procédé à des travaux de jet grouting au droit de six pieux, afin de valider la faisabilité d'une amélioration substantielle des caractéristiques mécaniques des sols et donc des capacités portantes des pieux par cette technique.

Dans cette optique, deux des 6 pieux traités ont donc fait l'objet d'essais de chargement dynamique.

Il a été réalisé pour chaque plot une série de 4 colonnes de jet en périmétrie du pieu, de 15 m de profondeur, soit 2 m en contrebas de l'assise théorique des pieux les plus profonds.

Les colonnes ont été réalisées en alternance (entre plots), pour éviter tout risque de déchausser les pieux partiellement chargés par déstructuration du sol en périmétrie.

Les travaux, initialement prévus en jet double (air + eau) ont finalement été conduits en jet simple, à cause de la nature argileuse des marno-calcaires de St-Ouen.

Cependant, le diamètre requis n'a pu être atteint que par l'utilisation de moniteurs spécifiques de jetgrouting (outil comportant les buses) développés par SOLETANCHE BACHY.

Les paramètres de forages (pression sur l'outil, vitesse d'avancement, couple de rotation et profondeur) ont été enregistrés de façon à déceler les différentes couches et les éventuelles anomalies.

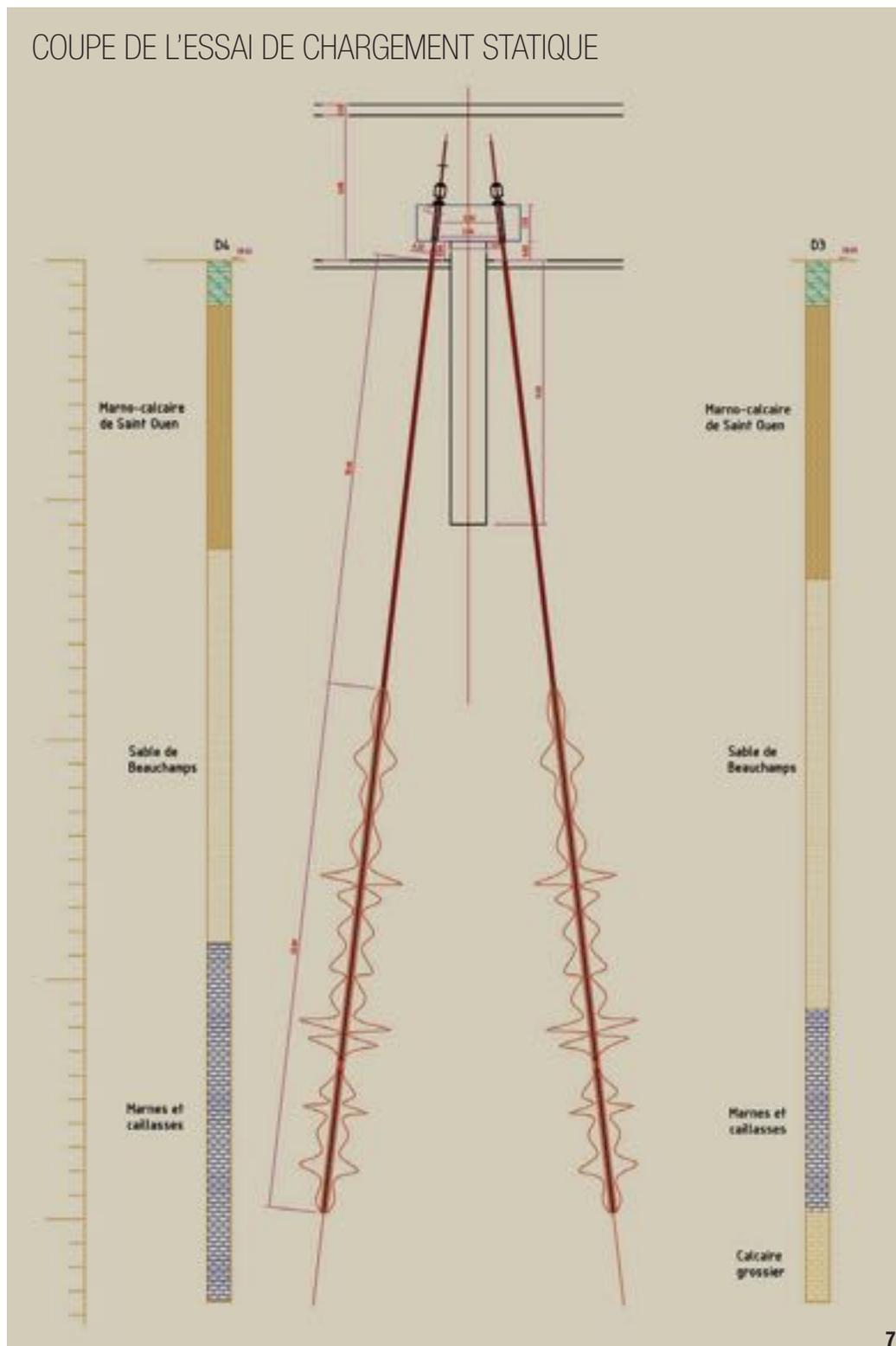
Il en a été de même pour les paramètres de traitement (vitesse de remontée, vitesse de rotation, pression d'injection, quantité injectée).

La figure 6 illustre cette phase de travaux.

Ces plots d'essais ont été contrôlés par la société BOTTE Sondages au moyen de forages pressiométriques (pour vérification des caractéristiques après traitement) et de sondages carottés (diamètre des colonnes et essais à la compression).

**ESSAI DE CHARGEMENT STATIQUE**

L'essai de chargement statique a été mené au droit d'un pieu situé dans la zone du futur passage du tramway. Il s'agit d'un pieu de 1,50 m de diamètre, dont la charge allouée est  $Q_a = 721$  t. L'essai de chargement statique a été réalisé suivant la norme NF P94-150-1 de décembre 1999, avec phases de chargement et déchargement du pieu par paliers.



Pour ce faire, il a été réalisé un massif de réaction en béton armé, coulé en place, associé à des tirants d'ancrages, dimensionnés selon les recommandations TA 95, et scellés dans les sables de Beauchamp et les marnes et caillasses à 40 m de profondeur, comme indiqué sur la figure 7.

Il est à noter que lors du forage du premier tirant, un vide important lié à la dissolution du gypse antéludien a été découvert et a stoppé les travaux. Ils n'ont pu reprendre qu'à l'issue du comblement de cette anomalie par injection de 157 m<sup>3</sup> de mortier de sable-ciment. L'essai de chargement statique a été dimensionné pour reprendre, au dernier palier, une charge de 1 373 t.

Le dispositif de mesure comprenait des capteurs de déplacement axial et de déplacement transversal qui ont permis de tracer au cours de l'essai la courbe de déplacement de la tête du pieu à la fin de chaque palier, en fonction de l'effort appliqué.

L'essai de chargement proprement dit a été effectué un samedi, afin que les travaux de démolition en cours sur le bâtiment n'aient pas d'incidence sur les mesures.

## ESSAIS DE CHARGEMENT DYNAMIQUE

4 essais dynamiques ont été réalisés sur le chantier :

- Deux au droit de pieux existants en l'état, ECD2 et ECD3 (ECD2 est un pieu de diamètre 1 400 mm et ECD3 un pieu de diamètre 1 500 mm) ;
- Deux sur des pieux ayant fait l'objet d'un traitement au jetgrouting, ECD4 et ECD5 (ECD4 est un pieu de diamètre 1 400 mm et ECD5 un pieu de diamètre 1 400 mm).

Les essais de chargement dynamique ont été réalisés suivant la norme NF P94-152 de décembre 1997 sur des pieux qui ne seront pas réutilisés dans le cadre du projet.

Le dispositif mis en œuvre par SOLETANCHE-BACHY et RINCENT-BTP comprenait tout l'appareillage nécessaire à la bonne exécution des essais de chargement dynamique axiaux et notamment :

- Une grue mobile à chenille de type LIEBHERR 841 de 42 t affectée à la manutention et au guidage de la masse en fonte de 8 tonnes nécessaire à la production de l'impact dans l'axe des pieux (on notera sur la figure 8 que le gabarit du sous-sol ne laissait que quelques centimètres pour manœuvrer la grue) ;



### 8- Essai de chargement statique.

### 8- Static loading test.

- Un système de mesure de l'accélération verticale adapté avec au moins deux accéléromètres ;

- Un dispositif de mesure du déplacement par rapport à un repère fixe placé hors zone d'influence ;

- Deux capteurs donnant la déformation axiale induite dans le pieu ;

- L'appareillage de saisie, de visualisation, d'enregistrement, de pré-traitement et restitution des signaux.

## CONCLUSIONS

La campagne qui vient d'être décrite a permis d'obtenir de nombreux résultats, en termes de connaissance des sols et des ouvrages existants, qui peuvent être résumés ainsi :

- La capacité portante réelle des pieux est insuffisante au regard de la charge allouée dans le projet de reconversion ;

→ Le traitement par jetgrouting permet d'améliorer sensiblement la capacité portante des pieux existants et d'atteindre la charge allouée.

Dès lors, il était logique de prendre la décision de conforter tous les pieux à leur base par jet grouting (540 u).

## LE CHANTIER DE JET GROUTING

### PRINCIPE DU CONFORTEMENT

Le bureau TERRASOL a alors été missionné pour effectuer la synthèse des différentes campagnes de reconnaissance et pour élaborer un DCE permettant d'augmenter la capacité portante des pieux.

En effet, des essais réalisés par ailleurs ont montré que la résistance du béton des pieux était supérieure à la résistance théorique. Dès lors, avec une amélioration suffisante des caractéristiques des sols par jetgrouting, il devenait possible d'augmenter la capacité portante des pieux au-delà de la valeur initialement prévue et de simplifier par là-même les opérations de reconversion de la structure.

Le design proposé reprenait donc les principes du plot d'essai décrit ci-dessus, avec des colonnes de jet grouting disposées autour du fût des pieux. Dans le cadre de la réponse à l'appel

d'offres, SOLETANCHE BACHY a alors proposé en variante un design plus économique, avec une seule colonne de jet grouting, centrée sous le pieu, mais d'un diamètre égal au diamètre du pieu traité. Cette solution nécessitait cependant la réalisation d'un carottage Ø 150 mm sur toute la hauteur du fût, comme on peut le voir sur la figure 9.

## UN CHANTIER DE GRANDE AMPLEUR

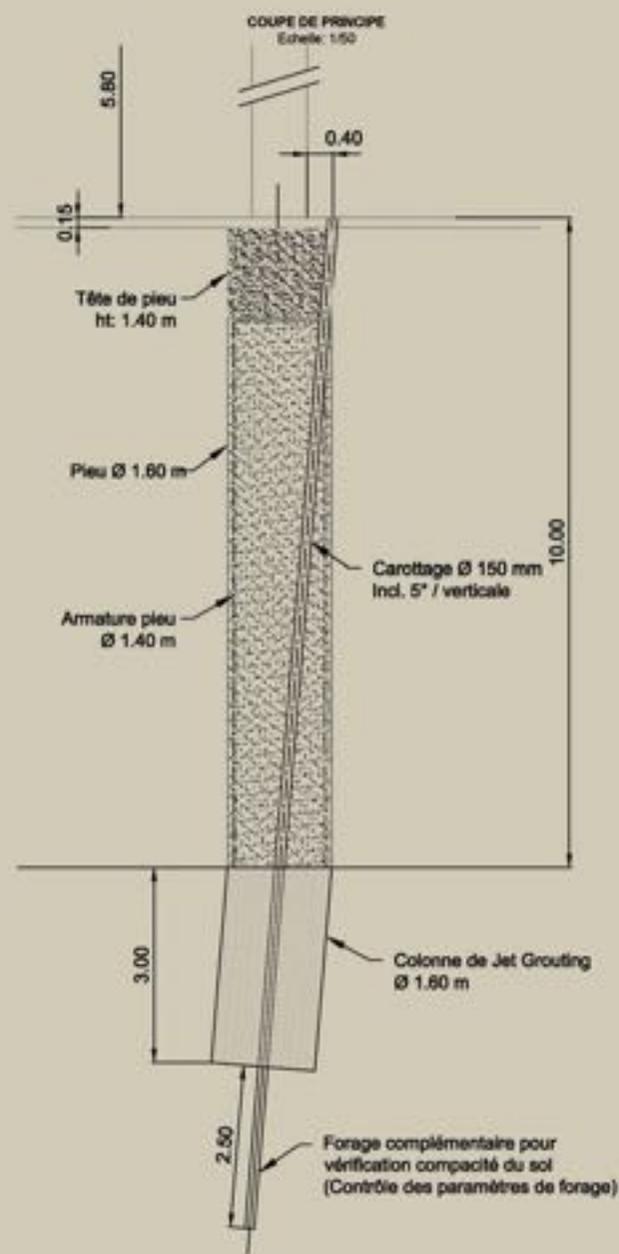
Cette solution a été retenue par le maître d'ouvrage et a donc été mise en œuvre entre le 11 avril et le 22 juillet 2011.

Le confortement des 540 pieux traités représente 618 colonnes de jet, car certains pieux situés en périphérie de l'ouvrage ont nécessité la réalisation de plusieurs colonnes, pour un linéaire de 1 761 ml et 3 475 m<sup>3</sup> de traitement. 5 210 t de ciment ont été approvisionnées et 15 800 t de spoils ont dû être évacuées.

Plusieurs optimisations matérielles ont par ailleurs été mises en œuvre sur cette opération, afin d'industrialiser la production. On citera en particulier :

- La réalisation en sous-sol de plates-formes de traitement des spoils avec des bassins de stockage de contenance suffisante ;

## SOLUTION VARIANTE DE CONFORTEMENT au moyen d'une seule colonne



9

→ L'utilisation de plateaux Ampiroll pour faciliter le déplacement des ateliers de pompage (groupe électrogène et pompe péristaltique) ;

→ La mise en œuvre de centrales à coulis compactes.

Enfin, de nombreux contrôles ont été effectués, tout au long de la production, afin de garantir la qualité des travaux, et notamment :

→ Des contrôles topographiques en continu au moyen de théodolites motorisés par le système Cyclops de SOLDATA ;

→ Des contrôles de diamètres par mesure géophysique selon le procédé du cylindre électrique Cyljet de SOLDATA GEOPHYSIC ;

→ Des carottages avec prélèvement d'échantillons et mesure de la résistance à la compression des colonnes, vérification du bon contact entre le pieu et la colonne de jet.

### CONCLUSION

Le projet de reconversion des entrepôts Macdonald offre une illustration, exceptionnelle par son ampleur et par sa réussite, de la réutilisation des fondations existantes dans le cadre de la transformation d'un bâtiment.

Cependant, l'apparente simplicité des principes ne doit pas occulter les très nombreuses difficultés inhérentes à un projet de ce type, comme la co-activité avec les autres corps d'état (démolisseurs en amont, gros-œuvre en aval), l'héritage propre du bâtiment (amiante, réseaux plus ou moins désaffectés...). Dans ce cadre, il faut parfois un peu de chance. Ainsi il s'est trouvé qu'un des acteurs du projet avait participé, au début de carrière, à la construction d'origine... □

**9- Solution variante de confortement au moyen d'une seule colonne.**

**9- Variant reinforcement solution using a single column.**

## PRINCIPAUX INTERVENANTS

**MAÎTRE D'OUVRAGE : SAS ParisNordEST**

**ASSISTANCE À MAÎTRISE D'OUVRAGE : SEMAVIP**

**MAÎTRE D'ŒUVRE GÉNÉRAL : SETEC Bâtiment**

PHASE ESSAIS :

**SUPERVISION GÉOTECHNIQUE : BOTTE Sondages**

**ENTREPRISE GÉNÉRALE : Soletanche Bachy France**

**SOUS-TRAITANTS RSO : TRADY**

**SOUS-TRAITANTS ESSAIS ET MESURES : RINCENT BTP**

PHASE TRAVAUX DE RSO EN JET-GROUTING :

**MAÎTRE D'ŒUVRE GÉOTECHNIQUE : TERRASOL**

**ENTREPRISE : Groupement Soletanche Bachy France (mandataire) / Keller / Spie Fondations**

## ABSTRACT

### THE MACDONALD WAREHOUSES, OR HOW TO RE-USE EXISTING FOUNDATIONS

GUILLAUME DOUHERET, SOLETANCHE BACHY

**The longest building in one piece in France, built in the 1960s, extends over 660 m. It is being converted as part of the urban renovation of northeastern Paris, in which, after vertical addition, it will become a flagship building. The existing foundations had to be reinforced to receive the new working loads. Accordingly, the 540 original large-diameter piles were treated with 618 jet grouting columns. Loading tests were performed to determine the load-bearing capacity of the original piles and check that it had been improved after strengthening. □**

### LOS ALMACENES MACDONALD, O CÓMO REUTILIZAR CIMIENTOS YA EXISTENTES

GUILLAUME DOUHERET, SOLETANCHE BACHY

**El edificio más largo de una sola pieza en Francia, construido en los años 60, tiene una longitud de 660 m. Su reconversión entra en el marco de la reordenación territorial urbana del noreste de París, y se convertirá, después de sobre elevarlo, en un edificio emblemático. Se han tenido que reforzar los cimientos existentes para recibir las nuevas cargas de servicio. Así, los 540 pilotes de gran diámetro originales han sido tratados por 618 columnas de jet grouting. Se han realizado pruebas de carga para determinar la capacidad portante de los pilotes originales y comprobar su mejora después de reforzarlos. □**



# LE RENFORCEMENT ET L'ÉLARGISSEMENT DU PONT NATIONAL SUR LA SEINE À PARIS, DANS LE CADRE DU PROLONGEMENT VERS L'EST DU TRAMWAY T3 SUR LES BOULEVARDS DES MARÉCHAUX

AUTEURS : O. BONNEFOY, ADJOINT AU CHEF DE LA MISSION TRAMWAY, CHEF DU PÔLE TECHNIQUE, VILLE DE PARIS - C. DEVILLERS, ARCHITECTE & N. SAEETEL, ARCHITECTE, CABINET DEVILLERS - K. ZIDOUH, INGÉNIEUR SENIOR & M. ABADA, INGÉNIEUR SÉNIOR, ARCADIS À L'ÉPOQUE DU PROJET - M. MOUSSARD, DIRECTEUR MÉTIER GÉNIE CIVIL ET OUVRAGES D'ART, ARCADIS - S. LECONTE, DIRECTEUR DE TRAVAUX, BOUYGUES TP

COMME TOUT OUVRAGE D'ART PARISIEN, LE PONT NATIONAL EST UN ÉLÉMENT MAJEUR DU PAYSAGE URBAIN DE LA CAPITALE. SON ÉLARGISSEMENT A ÉTÉ NÉCESSAIRE POUR ACCUEILLIR LA PLATEFORME DU TRAMWAY T3 DANS LE CADRE DE SON PROLONGEMENT VERS L'EST. LES CRÉATIONS NOUVELLES SUR LES PONTS PARISIENS SONT RARES ET DOIVENT S'INSCRIRE DANS LA DURÉE. LA VILLE DE PARIS A DEMANDÉ À L'ÉQUIPE DE MAÎTRISE D'ŒUVRE DE PRENDRE EN COMPTE DEUX ÉLÉMENTS ESSENTIELS : LA CONTINUITÉ DE LA CIRCULATION URBAINE SUR LE PONT QUI RELIE LES BOULEVARDS DES MARÉCHAUX ET L'EMBELLEMENT DE L'OUVRAGE. LES TRAVAUX ONT CONSISTÉ À RÉHABILITER ET À RENFORCER LES STRUCTURES EXISTANTES, D'UNE PART, ET À CRÉER UNE PASSERELLE PIÉTONNE LE LONG DU PONT ET DE SES ACCÈS COTÉ AMONT, D'AUTRE PART. L'ÉLÉGANT ENCORBELLEMENT RÉALISÉ AU-DESSUS DE LA SEINE EST SALUÉ COMME UNE BELLE RÉUSSITE.

## CONTEXTE DE L'OPÉRATION

Le tramway T3 à Paris circule depuis 2006 du pont du Garigliano à la porte d'Ivry. Long de 7,9 km, il traverse les arrondissements du sud de Paris (13<sup>e</sup>, 14<sup>e</sup> et 15<sup>e</sup> arrondissement) en parcourant les boulevards des Maréchaux. Il a été créé pour remplacer le bus PC, dont

la fréquentation, 55 000 personnes par jour, en rendait le fonctionnement difficile. Le succès a été immédiat : alors qu'il était envisagé d'accueillir 80 000 voyageurs par jour au début et 100 000 à terme, en 2012 plus de 130 000 voyageurs l'empruntent quotidiennement.

L'extension vers l'Est et le Nord de Paris s'impose. En 2004, le STIF (Syndicat des Transports d'Île-de-France), autorité organisatrice des transports de la Région, décide son prolongement à l'Est et au Nord sur 14,5 km jusqu'à la Porte de la Chapelle. Financé par la ville de Paris et la Région Île-de-France,

ce projet de 800 M€ est un des plus ambitieux depuis longtemps dans Paris intra-muros.

La ville de Paris assure la coordination de l'ensemble de l'opération et la maîtrise d'ouvrage de l'insertion urbaine, et la RATP est maître d'ouvrage du système de transport.



Ce projet a pour vocation première d'améliorer les transports en commun en rocade à Paris : le tramway T3 est le seul moyen de transport sur rail qui emprunte un tracé circulaire en limite de Paris. Le second volet est d'améliorer les espaces publics : l'ensemble des trottoirs et voiries est refait de façade à façade, et toutes les portes de Paris, liens entre la capitale et les communes limitrophes, sont embellies. La ville de Paris s'est entourée de 3 groupements de maîtrise d'œuvre pour l'accompagner : sur le secteur 1, entre la porte d'Ivry et la porte de Cha-

**1- Pont National en 2012.**  
**2- Plan de situation carte T3.**

**1- National Bridge in 2012.**  
**2- T3 location drawing map.**

renton, c'est un groupement composé d'Arcadis, Artelia, Christian Devillers et Michel Corajoud qui a réalisé les études d'insertion urbaine et d'intervention sur les ouvrages d'art, puis conduit la réalisation des travaux. Ce court secteur (2,5 km) traverse les faisceaux ferrés de la Gare d'Austerlitz et de la Gare de Lyon ainsi que la Seine. Quatre sites d'ouvrages d'art ont imposé une intervention : la suppression de l'autopont et la création d'un pont ferroviaire Porte de Vitry, le comblement de la trémie routière de la porte de Charenton, la réalisation

de mesures conservatoires au-dessus du quai de Bercy et l'élargissement du Pont National. Tous ces travaux ont dû être anticipés pour permettre ensuite les interventions du système de transport (pose des rails, des lignes aériennes de contact, des stations...) et d'insertion urbaine (voirie routière, trottoirs, pistes cyclables, assainissement, espaces verts...). C'est ainsi que les travaux sur le pont National se sont déroulés sur une période de 2 ans, concomitamment à des interventions sur les réseaux, tout en assurant la continuité de la circulation urbaine, élément essentiel sur cette articulation entre les 12<sup>e</sup> et 13<sup>e</sup> arrondissements de Paris (figure 2).



**LE PROJET**

Au niveau de la traversée de la Seine, à la limite entre les 12<sup>e</sup> et 13<sup>e</sup> arrondissements, le Pont National supporte deux voiries, en amont le Boulevard des Maréchaux, et en aval la Petite Ceinture. Le projet consiste à modifier les profils en travers de la partie amont pour permettre l'implantation de la plateforme du tramway, ce qui a nécessité d'une part le renforcement des structures existantes, et d'autre part l'élargissement de l'ouvrage, en amont, par une passerelle recevant la circulation piétons-cycles. Nous présentons successivement les travaux de renforcement puis la passerelle adjacente (figure 3).

**TRAVAUX DE RENFORCEMENT**

La traversée de la Seine comprend successivement, de la rive gauche à la rive droite, trois structures distinctes :

→ L'ouvrage de franchissement du Quai Panhard Levassor, construit entre 1936 et 1944, désigné dans le projet comme l'OA6, ouvrage en béton armé comprenant une seule travée de 19 mètres.

→ Le Pont National lui-même, désigné comme l'OA7, comprenant cinq arches accolées ; le plus ancien, en aval, est un ouvrage en maçonnerie de 18 mètres de large ; le plus récent, en amont, est un ouvrage en béton de 16 mètres de large. L'ouvrage en maçonnerie a été construit en 1852-1853, et l'ouvrage amont entre 1936 et 1944, par les Ingénieurs Netter et Gaspard.

→ L'ouvrage de franchissement du Quai de Bercy, désigné comme l'OA8, semblable à l'ouvrage de franchissement du Quai Panhard Levassor en rive gauche.

### RENFORCEMENT DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT DU QUAI PANHARD LEVASSOR (OA6) ET DU QUAI DE BERCY (OA8)

Le Pont Panhard Levassor est un ouvrage isostatique de 17 mètres d'ouverture et de 35 mètres de largeur totale, qui permet le franchissement du Quai Panhard Levassor par le Boulevard

Jean Simon et la Petite Ceinture Ferroviaire. Il est constitué de 2 caissons en béton armé de 2,06 mètres de hauteur, comprenant respectivement 5 et 3 alvéoles.

Une dalle isostatique prenant appui sur les rives des 2 ouvrages assure la continuité transversale du tablier entre les deux caissons.

Une analyse comparative de l'impact des charges existantes et futures a été établie et a montré que malgré l'augmentation des sollicitations sur les structures, la solidité est assurée.

Néanmoins du fait de la suppression de l'ancien trottoir, la hauteur du premier caisson a été réduite, ce qui entraîne une réduction de son inertie. En conséquence, ce caisson a été renforcé par la mise en œuvre d'une post-contrainte extérieure. La démolition du hourdis existant et des parties supérieures des âmes pour la mise à nu des aciers de tranchant a été réalisée par hydro-démolition.

### OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT DU QUAI DE BERCY

Cet ouvrage est identique à celui de l'autre rive (OA6), quai Panhard Levassor. De ce fait, les mêmes travaux de confortement ont été réalisés (figure 4).

### TRAVERSÉE DE LA SEINE : RENFORCEMENT DU PONT NATIONAL

Le Pont National, de 188,5 mètre de longueur et 34 mètres de largeur totale, comprend en aval un ouvrage en maçonnerie, de 18 mètres de large, qui porte la Petite Ceinture, et en amont un ouvrage en béton armé de 16 mètres de large, qui porte le Boulevard des Maréchaux. Ce dernier ouvrage comprend trois arcs porteurs par travée, articulés aux naissances, constitués de sections pleines en béton armé de 2,5 mètres de largeur, dont la hauteur varie de 0,80 m aux naissances à 1,05 m à la clé.

Dans la configuration initiale les trois arcs sont indépendants, sauf au droit des appuis où un chevêtre les relie entre eux. Les pilettes, espacées de

2,45 m, sont constituées de cadres en béton armé, articulés aux deux extrémités par des sections rétrécies de béton armé, sauf les deux pilettes adjacentes à la clé, qui sont encadrées en tête et en pied, et les deux suivantes qui sont articulées uniquement en pied. Le tablier est constitué d'une dalle en béton armé de 18 cm d'épaisseur, nervurée dans le sens longitudinal, et comprend un joint de dilatation au droit de chaque pile et des culées. Un arc latéral en pierre de taille, de la même hauteur que les arcs en béton armé, supporte un tympan comprenant un voile en béton armé et un parement en pierre. Les nouvelles charges ont conduit à renforcer cette structure :

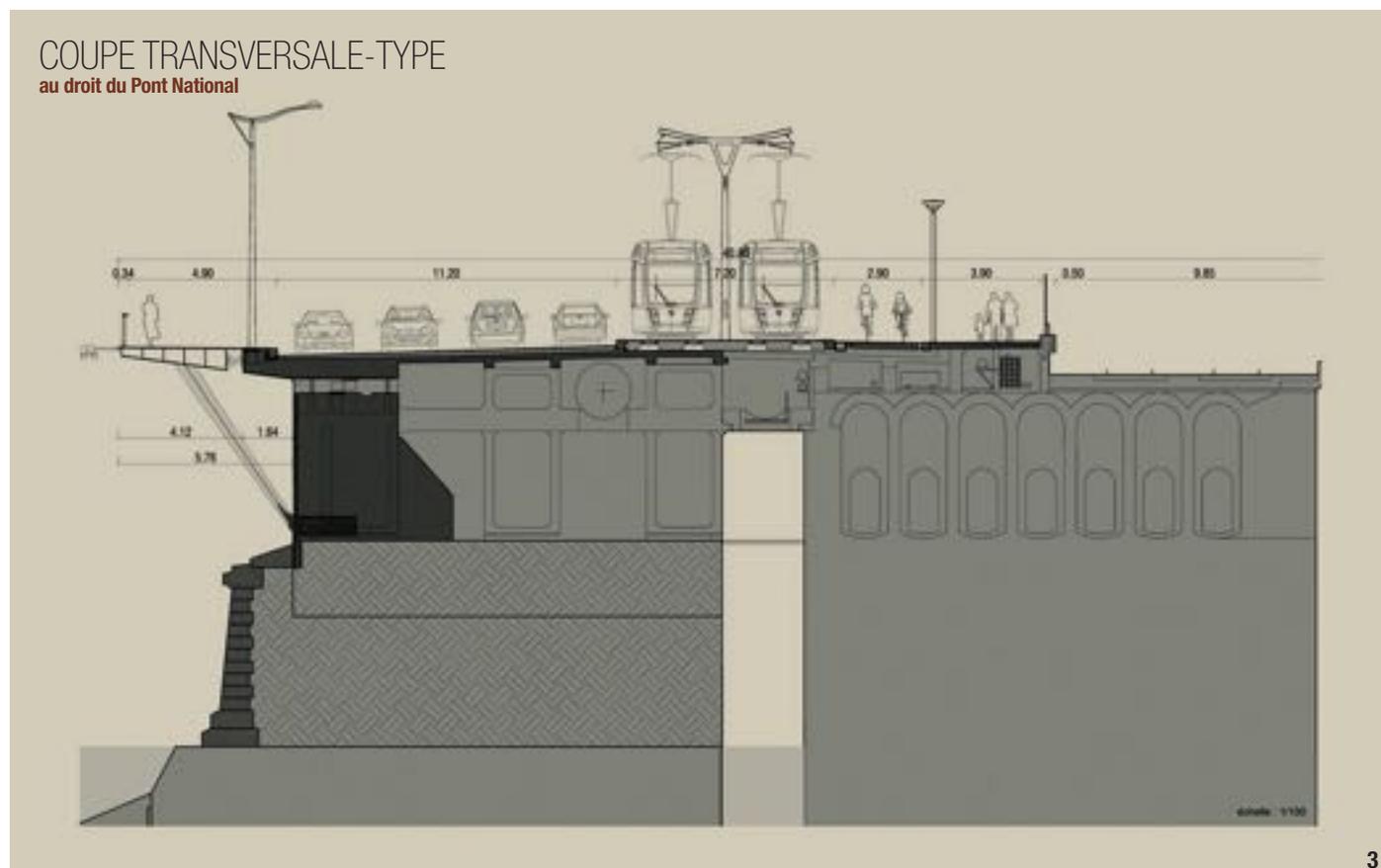
- En créant entre les arcs huit entre-toises placées au droit des pilettes, de la 3° à la 6° en partant de la pile, de façon à répartir les charges entre les arcs ;
- En renforçant les bielles existantes ;
- En remplaçant le tablier par une nouvelle dalle en béton armé sur une largeur d'environ sept mètre, coté amont.

Ces renforcements ont compris aussi les structures nécessaires à l'ancrage de la passerelle latérale au droit des piles. Le tympan du pont National est quasiment maintenu dans son état.

Seule la corniche, pour des raisons

3- Coupe transversale-type au droit du Pont National.

3- Typical cross section at the level of the National Bridge.





© AFRCADIS  
4

5

structurelles liées au décalage de la chaussée, a été reconstruite. Les consoles décoratives en béton de l'ouvrage existant, disposées tous les 1,67 m, sont supprimées et remplacées par des consoles structurelles en béton, positionnées au droit des diaphragmes de l'ouvrage existant, soit selon une trame de 2,45 m (figure 5).

### PASSERELLE PIÉTONNE ADJACENTE AU PONT NATIONAL ET AUX OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT DES QUAIS STRUCTURE ET ÉQUIPEMENT

Cette passerelle, d'une largeur hors tout de 4,10 mètres, est située en amont du Pont National et de ses ouvrages d'accès sur une longueur totale de 256,7 m, et comprends 9 travées de 14 - 23,2 - 41,5 - 3 x 38,5 - 40,2 - 22,3 mètres. Pour éviter de créer de nouvelles fondations dans la Seine, elle prend appui sur les fondations des ouvrages existant. Sa conception résulte essentiellement de la volonté de minimiser son impact visuel sur la façade amont de l'ouvrage, qui est entièrement conservée.

Compte tenu de ces contraintes, le parti d'une structure métallique a été retenu dès le départ. Pour éviter des interférences entre le tablier existant, rigide, et la passerelle, beaucoup plus souple, les deux structures sont indépendantes, sauf au niveau des piles, sur lesquelles la passerelle prend appui.

Une première démarche de conception a abouti à une solution constituée d'une série de poutres isostatiques en treillis triangulaire, avec une membrure inférieure tubulaire en « ventre de poisson », qui a été rejetée par le Maire de Paris pour des raisons architecturales (voir plus loin le point de vue de l'architecte) (figure 6).

#### 4- Précontrainte extérieure des caissons.

#### 5- Travaux de dépose du hourdis du pont.

#### 6- Conception initiale.

#### 7- Conception Finale.

#### 4- External prestressing of box girders.

#### 5- Work for removal of the bridge's deck section.

#### 6- Initial design.

#### 7- Final design.

La structure finalement retenue est un caisson extrêmement mince, de section trapézoïdale, dont l'épaisseur varie de 34 cm à l'extérieur à 73 cm à l'intérieur. En prenant une épaisseur moyenne de 50 cm, cela correspond à un élanement très élevé d'environ

un quatre vingtième (0,5/40). Pour apporter suffisamment de raideur à la structure, malgré cet élanement, la poutre trapézoïdale est raidie par le surdimensionnement des semelles, de 30 mm d'épaisseur, et le tablier repose sur des piles en V qui créent un effet de portique. Pour renforcer l'impression de finesse, et pour faciliter les assemblages, les branches du V, ou bracons, ont une section en croix constituée de tôles de 45 mm (figure 7).

Les « V » sont inclinés de façon à transmettre la charge directement aux fondations des piles existantes, au niveau des naissances des arcs. Il résulte de cette inclinaison un effort horizontal au niveau du tablier, qui doit être repris par un ancrage dans le tablier du Pont, ce qui a conduit à renforcer la structure interne de l'ouvrage au droit des appuis. La transmission de cet effort horizontal entre la passerelle et le tablier du Pont se fait par l'intermédiaire d'anneaux qui autorisent les mouvements verticaux et horizontaux. L'effort horizontal est ainsi transmis au tablier qui est lui-même bloqué transversalement par l'intermédiaire de butées métalliques sur une

pile en béton armé créée à cet effet. Par sécurité et pour permettre leur remplacement, ces anneaux sont doublés (figures 8, 9 & 10).

L'ensemble de la structure est réalisée par un assemblage de tôles soudées, à l'exception de la pièce de liaison inférieure entre les « V » et les piles, réalisée en acier moulé (figures 11a & 11b).

Pour permettre les dilatations et les contractions longitudinales du tablier, sans altérer la continuité visuelle, deux joints de dilatation ont été prévus.

Les risques de vibrations ont été évalués conformément aux recommandations AFGC-SETRA. Il a résulté de cette analyse que le comportement de la passerelle vis-à-vis de ces risques était acceptable, sans l'installation d'amortisseurs, ce qui a été vérifié par des essais dynamiques sur l'ouvrage avant sa mise en service.

Le caisson trapézoïdal est raidi par des âmes verticales espacées d'environ 50 cm, ce qui permet de reprendre les efforts accidentels amenés par un camion de 120 kN, conformément à l'art. 5.6.3. de la norme EN 1991-2. Cette approche s'est imposée suite à la difficulté de mise en œuvre d'un dispositif latéral de sécurité destiné à retenir un camion. Ce type de dispositif inesthétique et continu, qui isolerait la chaussée du trottoir, n'est pas envisageable en site urbain et encore moins à Paris.

### GARDE-CORPS

Les garde-corps comprennent une main courante constituée d'un profil extrudé en aluminium brossé, qui intègre un éclairage sur toute sa longueur, et repose sur des poteaux constitués de deux profils plats en inox, espacés de 2,45 m. Le remplissage est assuré par une maille tissée en acier inoxydable.



6

7

Les montants sont de la même couleur que l'ensemble de l'ouvrage (RAL 9003), alors que la maille et la main courante gardent leur aspect naturel (figure 12).

### REVÊTEMENT

La surface circulée est recouverte d'une couche de 5 à 8 mm de résine époxyde chargée de silice, de couleur claire (figure 13).

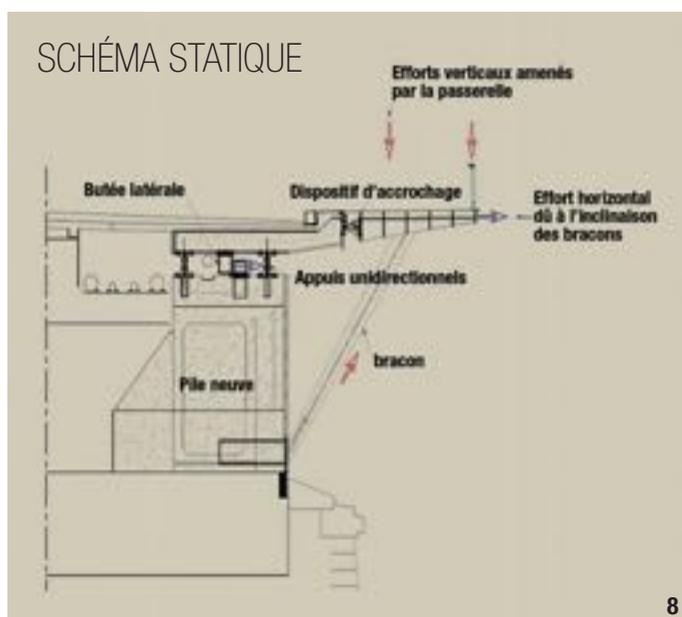
### POINT DE VUE DE L'ARCHITECTE (CHRISTIAN DEVILLERS)

Un pont obéit aux mêmes principes statiques que n'importe quelle structure. Ce qui change par rapport à la structure d'un bâtiment, plus familière à un architecte, c'est l'échelle : le comportement des matériaux n'est pas homothétique, les principes d'assemblage et de mise en œuvre changent avec la dimension de l'ouvrage.

Je n'avais jamais conçu de pont et il m'a fallu explorer de nombreuses solutions, souvent compliquées, pour comprendre l'échelle de cet ouvrage et aboutir à une solution simple, du moins en apparence. Ce ne fut possible que grâce à une collaboration étroite et fructueuse avec Malik Abada et Michel Moussard, ingénieurs chez Arcadis.

Notre point de départ architectural et urbain était de faire un ouvrage aussi discret que possible, assurant la parfaite et anonyme continuité en surface (un trottoir comme un autre) et évitant toute démonstration structurelle (on nous l'a reproché !).

Comment traiter la relation entre le pont existant et la nouvelle structure ? Cette question avait déjà été posée en 1936 quand Netter et Gaspard décidèrent d'habiller leur élégante structure en béton (la dalle du tablier et les parois



verticales des caissons ont moins de 20 cm d'épaisseur !) par une façade en pierre, presque identique à celle du pont existant. Ce mimétisme donnait l'illusion d'un pont unique en pierre.

Notre démarche excluait le mimétisme ; nous cherchions au contraire une forme complètement autonome qui respecte l'intégrité de la façade existante et la mette en valeur. Une passerelle légère, accrochée à un pont apparemment lourd.

Pour des raisons réglementaires et techniques, nous ne pouvions pas créer de nouvelles piles en Seine.

La passerelle devait donc s'appuyer sur les piles existantes et être accrochée latéralement au tablier du pont, en partie reconstruit pour réaliser le profil en travers de la chaussée : une structure en déséquilibre et en tension, greffée sur l'image de stabilité et de masse que donnent les arcs de pierre.

- 8- Schéma statique.
- 9- Appui unidirectionnel & Butée Latérale.
- 10- Attaches.

- 8- Static diagram.
- 9- Unidirectional support & side anchor.
- 10- Fasteners.

Les premières solutions furent dictées par une prémisse technique : puisque le pont existant avait des joints de dilatation à chaque pile, la passerelle devait, de même, être composée d'une série de travées isostatiques. Des arcs métalliques, parallèles aux arcs de

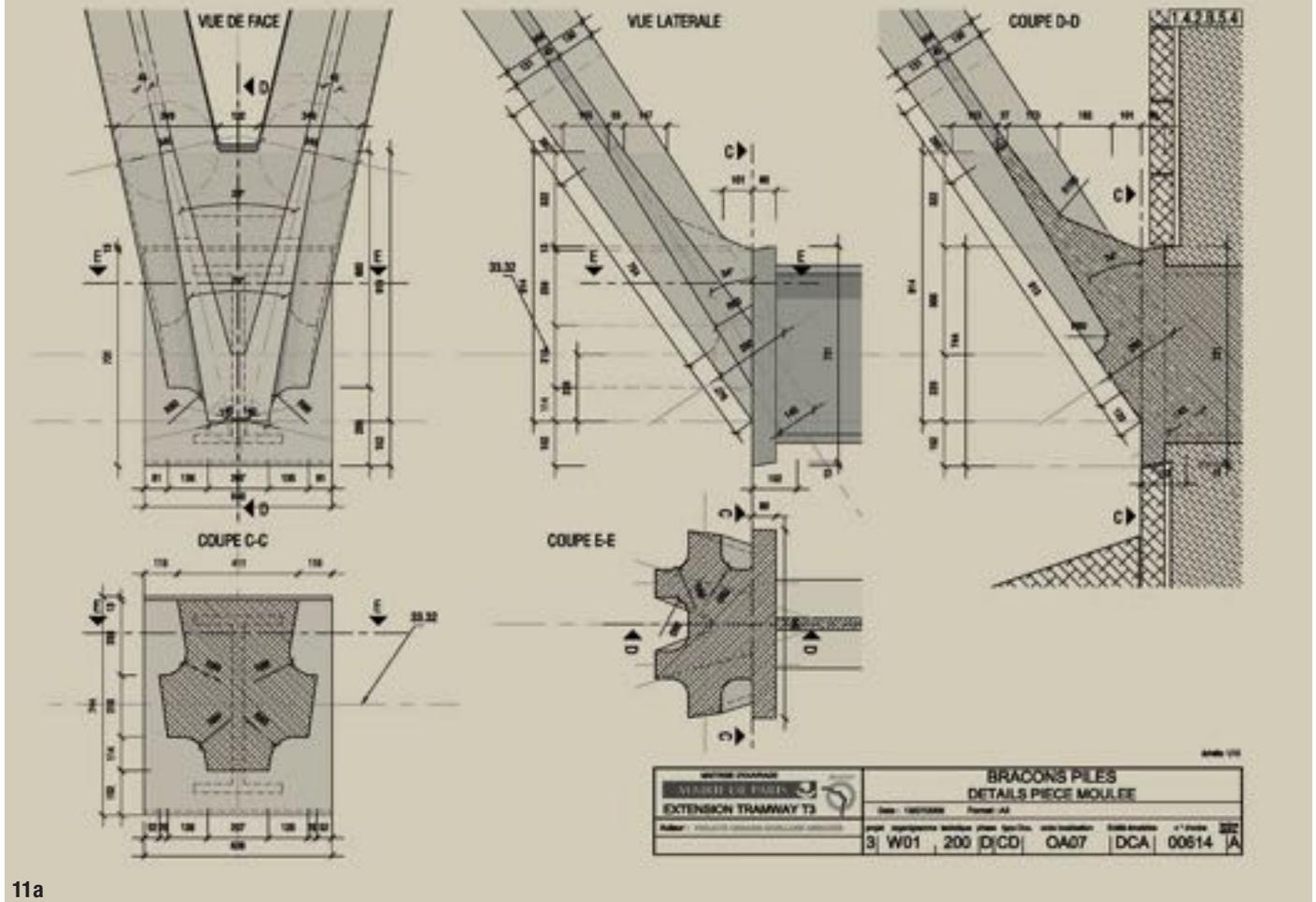
Pierre, furent écartés car ils donnaient une image à la fois ressemblante et appauvrie de l'ancienne structure.

La solution développée dans un premier avant-projet comportait deux poutres en treillis, inclinées en V et sous tendues par des membrures en forme d'arcs inversés (en contrepoint par rapport aux arcs en pierre). Cette structure avait l'avantage d'être légère et donc économique. Prise individuellement, une travée ne manquait pas d'élégance mais répétée cinq fois, elle commençait à évoquer une guirlande. Cette solution fut, heureusement, rejetée par le Maire de Paris.

Nous n'avions pas gagné un concours de pont mais un concours de tramway. Pour renforcer notre légitimité et nous aider à refonder notre démarche, je demandais à trois amis, architectes et ingénieurs des passerelles d'Orsay et Simone de Beauvoir, Marc Mimram, Dietmar Feichtinger et Bernard Vaudeville, de nous apporter leur critique sans pour autant se substituer à nous, un peu comme un jury dans une école d'architecture. Ils acceptèrent généreusement et ce fut une magnifique expérience. Marc Mimram fit par exemple remarquer que la succession des arcs avait un sens car chaque arc reprenait les poussées de ses voisins alors que dans notre succession de poutres isostatiques, la raison d'ensemble disparaissait, d'où l'effet de guirlande. Bernard Vaudeville se demanda ce qu'aurait fait Peter Rice<sup>(1)</sup>. Réponse : « une poutre hyperstatique de 200 m de long ». L'idée fondamentale était là. Elle fut réalisée par un tablier-caisson de section trapézoïdale (longueur de 200 m, largeur de 4,10 m, hauteur au nez de 32 cm, côté pont de 70 cm, portée entre pile de 38,50 à 41,50 m) avec deux joints de dilata-



## DÉTAIL PIÈCE MOULÉE



11a

tion en « baïonnette » permettant de conserver l'hyperstaticité.

Cette poutre horizontale réalise un exploit technique : la section moyenne de 50 cm atteint  $1/80^\circ$  de la portée entre piles. La hauteur du nez (30 cm), visible depuis la Seine, est de  $1/666^\circ$  de la longueur totale de l'ouvrage.

**11a & 11b-  
Détail pièce  
moulée.**

**11a & 11b-  
Detail of  
moulded  
part.**

La suite fut un long travail, composé de savants calculs et de mises au point des « détails » dont nous ne voulions justement pas qu'ils soient des détails mais des parties inséparables de l'ensemble. Il y eut la belle trouvaille de Malik Abada d'accrocher la passerelle au pont par des anneaux permettant des mouvements dans les deux directions du plan vertical.

Avec Nicolas Saettel, nous nous sommes efforcés de réduire le dessin des appuis et des poteaux métalliques à la plus stricte évidence (ils apparaissent presque trop fins). Le calcul montrait que les poteaux devaient être encastés dans le tablier comme dans l'appui. Cette réalité technique convergeait avec notre désir d'effacer les articulations comme Mies van der Rohe l'avait fait (ex : Maison Farnsworth) à l'inverse de la démarche d'un Jean Prouvé ou des « high-tech » anglais (Foster, Rogers) qui exaltent le caractère spécifique des éléments de construction et leur assemblage. Notre passerelle est un seul volume continu, comme sculpté

dans l'acier, et uniformément blanc. Cette continuité ne reflète en rien le processus d'assemblage lors de la mise en œuvre par l'entreprise Victor BUYCK, cotraitante de Bouygues TP. Les tronçons de tabliers, ne correspondant pas aux travées, furent amenés par barges, posés à la grue sur des appuis provisoires soudés entre eux pour obtenir leur hyperstaticité puis descendus et soudés sur les poteaux en V.

### TRAVAUX (BYTP - VBSC) FRANCHISSEMENT DES QUAIS OA06-OA08

Les structures sont modifiées ou adaptées afin de réaliser le nouveau profil en travers et permettre l'accrochage de la passerelle métallique qui supporte le trottoir. Le projet nécessitait les travaux suivants :

- Dépose de la rive du tablier,
- Réalisation des bossages et déviateurs pour précontrainte extérieure,
- Reconstruction du tablier et des appuis,
- Mise en précontrainte.



11b



12



13

© AFRCADIS

### TRAVAUX PRÉLIMINAIRES

Les travaux présentaient la particularité d'être réalisés au-dessus d'axes de circulation au trafic important (autoroute A4, périphérique porte de Bercy) nécessitant la mise en place de portiques de protection au-dessus des voies circulées pour s'affranchir d'une chute d'un bloc béton mais également pour permettre l'étalement du tablier reconstruit.

L'installation de ces portiques sur longrines béton devant être opérée de nuit sous coupure de circulation ; les montages des portiques (montants verticaux & platelages de travail) ont été préalablement réalisés sur les ouvrages existants afin d'effectuer leur installation à l'aide de grues installées depuis les axes de circulation limitant ainsi le nombre de manutention.

### TRAVAUX DE DÉPOSE DE LA RIVE DU TABLIER

Cette opération a été effectuée en 3 grandes étapes avec en premier lieu la découpe du garde-corps en encorbellement à l'aide d'une scie à chaîne diamant, puis la découpe par sciage au disque diamant du tablier entre les 2 poutres d'extrémité (à noter que le maintien du hourdis en phase de sciage était réalisé par le passage des chaînes de la grue mobile dans des ouvertures préalablement réalisées par carottage) et enfin la découpe de la tête des poutres par sciage au disque diamant à la côte finale voulue.

### RÉALISATION DES TRAVAUX DE BOSSAGE ET DÉVIATEURS POUR PRÉCONTRAÎTE EXTÉRIEURE ET DE RECONSTITUTION DU HOURDIS

Les travaux de reconstitution du hourdis des OA06 & OA08 nécessitaient tout d'abord de réaliser les bossages

d'ancrage aux extrémités et les déviateurs des tubes de précontrainte, puis de reconstituer le hourdis béton avant de mettre en précontrainte après avoir obtenu les 28 jours de séchages du béton.

Toutes les opérations de coffrage ont été réalisées de manière traditionnelle et les différentes parties d'ouvrage ont été toutes coulées en place.

### PONT NATIONAL OA07

Les structures du Pont National sont modifiées ou adaptées afin de réaliser le nouveau profil en travers et permettre l'accrochage de la passerelle métallique qui supporte le trottoir. Le projet nécessitait les travaux suivants :

- Dépose de la rive du tablier et des appuis correspondants (bielles),
- Dépose partielle des tympans aux droits des piles,
- Hydrodémolition de la bande de clavage,

**12- Garde corps.**

**13- Revêtement.**

**14- Passerelle Métallique.**

**12- Guard rail.**

**13- Coating.**

**14- Steel foot bridge.**

- Renforcement de l'ouvrage et réalisation des piles,
- Reconstitution du tablier.

### TRAVAUX DE DÉPOSE DU TABLIER, DES APPUIS ET DES TYMPANS

La méthodologie de dépose du tablier du Pont National a été adaptée en fonction de la configuration de l'ouvrage. En effet le hourdis étant

connecté par l'intermédiaire des bielles sur un pas de 2,50 ml, la dépose a été calée sur ce même pas permettant ainsi de sortir des éléments d'un seul tenant au poids relativement raisonnable (10 tonnes).

Le découpage transversal du hourdis s'opérait en 3 étapes : premièrement le sciage transversal de la partie en encorbellement à la chaîne à câble diamant, puis le sciage transversal au disque diamant et enfin le sciage longitudinal pour déconnecter l'élément de la partie existante.

Concernant les tympans et appuis, les opérations de dépose ont été réalisées respectivement par sciage au câble et sciage au disque.

### TRAVAUX D'HYDRODÉMOLITION

Les travaux d'hydrodémolition du hourdis existant ont permis de dégager une longueur de recouvrement suffisante



14

© AFRCADIS



15



16

(création d'une bande de largeur de 1 ml) pour la réalisation du clavage du nouvel hourdis avec l'existant. Des dispositions de protection vis-à-vis des réseaux ont été nécessaires préalablement à cette opération.

#### TRAVAUX DE RENFORCEMENT D'OUVRAGE ET DE RÉALISATION DES PILES

Les travaux de renforcement de l'ouvrage consistaient à réaliser des poutres de blocage transversales entre les 3 arcs du Pont National, à « engraisser » les pilettes et à reconstituer des chevêtres en tête de pilettes pour permettre la pose des hourdis. Pour ces travaux près de 5 000 scellements ont dû être effectués, les surfaces des bétons engraisés ont été systématiquement bouchardées. La création des piles impliquait d'intégrer dans la partie basse de ces dernières un PRS sur laquelle est fixée

**15- Pont National en 2010.**

**16- Pont National en 2012.**

**15- National Bridge in 2010.**

**16- National Bridge in 2012.**

les bracons supports de la passerelle métallique.

Il était nécessaire de positionner, régler et fixer le PRS avant de démarrer le ferrailage de la pile.

#### RECONSTITUTION DU TABLIER

Cette opération consistait à mettre en place des éléments préfabriqués de 2,50 ml de large pour 10 ml de long ; 80 éléments ont été nécessaires à la reconstitution du tablier du Pont National.

La mise en place de ces hourdis s'effectuait de nuit au rythme de 4 à 6 éléments par nuit, les clavages transversaux entre éléments préfabriqués étaient opérés de jour.

Le calepinage de ces éléments était organisé de manière à commencer au centre de chaque travée avec les hourdis encastrés avant de continuer avec la pose des éléments de part et d'autre de ces éléments.

Une grue mobile de 100 tonnes était nécessaire à la mise en place de ces éléments sous fermeture du Boulevard des Maréchaux.

#### POSE DE LA PASSERELLE

La pose de la passerelle métallique a nécessité tout d'abord la mise en place de palées provisoires au niveau de chaque appui définitif (bracon). Les tronçons de charpente (10 unités) ont ensuite été acheminés depuis la Belgique par voie fluviale pour ceux au-dessus de la Seine et par voie routière pour ceux au-dessus des voies routières. La mobilisation de 2 grues de 300 tonnes installées sur le Pont National ont été nécessaires ; le tronçon le plus lourd était de 90 tonnes. Toutes ces opérations de levage ont été menées de nuit avec coupure de la circulation fluviale et ou routière (figure 14). Évolution du pont National entre 2010 et 2012 (figures 15 & 16). □

#### LE CHANTIER EN CHIFFRES

**25 mois de travaux.**

**16,5 Millions d'Euros coût de travaux.**

**6 000 m<sup>3</sup> de Déblais.**

**1 700 m<sup>3</sup> de Remblais.**

**175 forages de pieux et micropieux.**

**14 500 m<sup>2</sup> de coffrage.**

**482 tonnes d'armatures.**

**658 tonnes de métal.**

**En moyenne 50 à 70 personnes sur chantier.**

#### INTERVENANTS DU PROJET

**MAÎTRE D'OUVRAGE :** Ville de Paris

**MAÎTRE D'ŒUVRE :** Arcadis - Artélia - Christain Devillers - Michel Corajoud

**ENTREPRISES :**

- Génie Civil : Bouygues TP
- Charpente Métallique : Victor Buyck

**ÉTUDES D'EXÉCUTION :** SNCF (IGOA) / EERP

#### ABSTRACT

### STRENGTHENING AND ENLARGEMENT OF THE NATIONAL BRIDGE OVER THE SEINE IN PARIS, AS PART OF THE EASTWARD EXTENSION OF THE T3 TRAMWAY ON "BOULEVARDS DES MARÉCHAUX"

O. BONNEFOY, VILLE DE PARIS - C. DEVILLERS & N. SAETTEL, CABINET DEVILLERS - K. ZIDOUH & M. ABADA, ARCADIS - M. MOUSSARD, ARCADIS - S. LECONTE, BOUYGUES TP

*Like all Paris bridges, the National Bridge is a major feature of the capital's urban landscape. It had to be widened to receive the extension of Tramway T3 as part of its continuation eastward. New creations on Paris bridges are rare and must be performed from a long-term perspective. The City of Paris asked the project management team to allow for two essential factors: the continuity of urban traffic on the bridge linking the "boulevards des Maréchaux", and embellishment of the structure. The work involved not only renovating and strengthening the existing structures, but also creating a pedestrian foot bridge along the bridge and its approaches on the upstream side. The elegant cantilevering executed above the Seine is hailed as a great success. □*

### EL REFUERZO Y LA AMPLIACIÓN DEL PONT NATIONAL SOBRE EL SENA EN PARÍS, EN EL MARCO DE LA AMPLIACIÓN HACIA EL ESTE DEL TRANVÍA T3 EN LOS BOULEVARDES DES MARÉCHAUX

O. BONNEFOY, VILLE DE PARIS - C. DEVILLERS & N. SAETTEL, CABINET DEVILLERS - K. ZIDOUH & M. ABADA, ARCADIS - M. MOUSSARD, ARCADIS - S. LECONTE, BOUYGUES TP

*Al igual que todas las estructuras parisinas, el Pont National es un elemento de primera importancia en el paisaje urbano de la capital. Ha sido necesario ampliarlo para acoger la plataforma del Tranvía T3 en el marco de su prolongación hacia el este. Las nuevas creaciones en los puentes parisinos son poco frecuentes y deben proyectarse con una visión a largo plazo. La ciudad de París pidió al equipo de dirección de obra que tuviera en cuenta dos elementos fundamentales: la continuidad de la circulación urbana sobre el puente que enlaza los Boulevards des Maréchaux y el embellecimiento de la estructura. Las obras consistieron, por una parte, en rehabilitar y reforzar las estructuras existentes y, por otra, en crear una pasarela peatonal a lo largo del puente y de sus accesos por el lado de la entrada. El elegante voladizo realizado por encima del Sena ha sido acogido como un gran éxito. □*



# LA DEUXIÈME VIE DES PONTS D'EDÉA

AUTEUR : VINCENT JOURDE, INGÉNIEUR TRAVAUX, RAZEL CAMEROUN

LE PROJET DE RÉHABILITATION DE DEUX PONTS CAMEROUNAIS À EDÉA SUR LA RIVIÈRE SANAGA, LE PLUS GRAND FLEUVE DU CAMEROUN, S'INSCRIT DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE RÉHABILITATION DES PONTS BÉTON INITIÉ, EN 2007, PAR LE MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS DU CAMEROUN. CES TRAVAUX, RÉALISÉS SOUS CIRCULATION, ONT PERMIS DE RÉHABILITER EN 15 MOIS CES DEUX OUVRAGES CLEFS DU RÉSEAU ROUTIER CAMEROUNAIS.

Depuis quelques années, la réhabilitation de ponts connaît un fort développement au Cameroun et, de manière plus globale, sur l'ensemble du continent africain ; les autorités gouvernementales ayant pris

conscience de la nécessité d'entretenir des ouvrages, construits parfois depuis plus de cinquante ans. D'autant plus que certains ont un rôle vital puisqu'ils sont les seuls points de franchissement de vallées ou de cours d'eau.

1- Vue d'ensemble de l'ouvrage.

1- Overall view of the structure.

## DES TRAVAUX SOUS CIRCULATION

Tel est précisément le cas des deux ouvrages d'Edéa, préfecture de la Sanaga Maritime, qui constituent des points de passage obligatoires de la



2

**2- Vue du dessous du tablier et échafaudages de piles.**

**3- Sous face du tablier et échafaudages des piles.**

**2- View of the underside of the deck and pier scaffolding.**

**3- Underside of the deck and pier scaffolding.**



3

Route Nationale 3 reliant Douala, la capitale économique, à Yaoundé, la capitale politique du pays.

Cette route, qualifiée d'axe lourd par la population est, outre son statut d'un des plus accidentogène et meurtrier d'Afrique, un élément stratégique pour le pays et toute la sous région puisqu'elle est l'unique desserte routière de l'Est du Cameroun, mais aussi de la République Centrafricaine et du Tchad, depuis le port autonome de Douala<sup>(1)</sup>.

Le cahier des charges interdisait donc toute coupure de circulation de cet axe stratégique pour l'économie, emprunté quotidiennement par plus de 4 000

véhicules – dont une grande part de poids lourds (plateaux chargés de containers, grumiers, citernes de carburant) – seule la mise en place d'alternats étant autorisée, uniquement en journée, pour la réparation des tabliers. Face à ces contraintes, l'équipe en charge du projet a conçu deux échafaudages spécifiques qui permettent aux équipes d'intervenir directement sous le tablier, sur les poutres, les chevêtres et les piles, donc sans gêner la circulation. Ces structures, dimensionnées par RAZEL CAMEROUN et assemblées par un sous-traitant local, sont constituées de matériels achetés en France et acheminés depuis l'Hexagone par containers.

### DES PATHOLOGIES RÉVÉLÉES À L'AVANCEMENT

Dans la pratique, les deux ponts, distants d'environ un kilomètre, relient les deux berges du fleuve en transitant par une sorte d'îlot qui divise la Sanaga en deux bras dont l'un, qualifié de « vif » est en charge permanente, alors que le débit de l'autre, dit « mort » peut, durant la saison sèche, être partiellement interrompu dans sa section aval où s'effectue la jonction avec le précédent. Le franchissement du premier s'effectue par l'intermédiaire d'un ouvrage mixte de 150 m de longueur, à 3 travées, tandis que celui du second est assuré par un pont précontraint constitué de

5 travées de 60 m chacune, et jouté de passerelles métalliques destinées à la circulation des piétons. À noter, le service Techniques et Méthodes de l'entreprise a réalisé, à la demande du client, des études afin d'envisager un élargissement du tablier en vue d'accroître la largeur circulée. Les calculs ont démontré la non faisabilité du projet, l'ouvrage étant structurellement inapte à accueillir ce type de surcharges en encorbellement. La seconde difficulté des travaux résidait dans un manque de lisibilité des pathologies, les faibles moyens techniques disponibles sur le territoire n'ayant pas permis de mener à bien les auscultations préalables, nécessaires à ce type d'intervention.

### UNE LOGISTIQUE DÉLICATE

Les zones détériorées des sections non accessibles n'ont donc été découvertes qu'au fur et à mesure de l'avancement des échafaudages, une fois les outils montés sur la première travée de chacun des ouvrages. Une des conséquences de ce manque de connaissance a été d'ordre logistique puisqu'il a fallu extrapoler les commandes de produits nécessaires aux réparations, ceux-ci ayant dû, par ailleurs, être conservés dans des entrepôts climatisés. D'où des contraintes en termes d'approvisionnement et une impossibilité de constituer des stocks trop importants, certaines références étant soumises à des durées de vie limitée, entre six et douze mois. Sur le plan structurel, les chevêtres se sont révélés fortement dégradés suite à des années de non entretien des joints de chaussée. Ce déficit de maintenance, allié à des dysfonctionnements résultant d'une mauvaise construction initiale, ayant provoqué un phénomène d'accumulation d'eau se traduisant par des éclatements de béton, des aciers apparents et corrodés, ainsi que la présence de fissures traversantes. Sur le plan méthodologique, les ouvrages ont été préalablement nettoyés à haute pression (200 bars) afin d'éliminer toute trace de terres, poussières et graisses. Les microfissures ont ensuite été réparées par injection, sous pression, d'une résine époxydique liquide qui reconstitue le monolithisme initial de la structure.

### GARANTIR LA PÉRENNITÉ

Les aciers apparents ont quant à eux été nettoyés et passivés, les fissures larges, épaufrures et éclatements étant réparés par l'intermédiaire de mortiers de résine. ▷



4

Sur le plan technique, ces mortiers présentent une adhérence dépassant les 2 MPa ainsi que des résistances à la compression et à la flexion supérieures à celles des bétons initiaux.

Côté finition, le surfacage des réparations, bullages et ségrégations, s'effectue au moyen d'un mortier hydraulique hautes performances de fine granulométrie, lui aussi à base de résines. Pour assurer la tenue dans le temps des réparations et garantir la pérennité des ouvrages, l'intégralité des surfaces des deux ponts a été pulvérisée avec deux couches d'inhibiteur de corrosion. Cette imprégnation, à base de composés organiques, migre par capillarité à l'intérieur de la matrice du béton pour venir se fixer sur les armatures existantes et former, ainsi, une couche protectrice qui ralentit l'apparition de la corrosion.

Trois couches d'un revêtement, à base de résine acrylique, viennent parachever les travaux, ce système empêchant la pénétration du CO<sub>2</sub> afin d'éviter le phénomène de carbonatation.

La flexibilité et la consistance du produit mis en œuvre permettent, par ailleurs, de diminuer l'apparition de fissures et de salissures, tout en freinant le vieillissement.

#### 4- Réhabilitation des piles.

#### 4- Renovation of piers.

### UN SAVOIR-FAIRE RECONNU

**Bien connue des Camerounais pour ses travaux routiers, RAZEL, qui est présente dans le pays depuis 1948, poursuit la démonstration, avec ce type de projet, de ses capacités d'adaptation et d'innovation technique. Cette activité, nouvelle au Cameroun, s'inscrit dans le cadre d'une politique de maintenance et de modernisation du réseau routier existant voulue par les autorités gouvernementales. Le programme a débuté en 2007 avec la réhabilitation de quatre ouvrages par RAZEL : deux viaducs de 100 et 160 m de longueur, sur la route de Bangangté (chef-lieu du département de Ndé dans la province de l'Ouest), le viaduc sur le Noun (100 m de longueur), à la périphérie de Foumbot (chef-lieu du département de Mbapit, sur l'axe Bafoussam-Foumban), et le pont d'Ebebda. Ce dernier, qui franchit également la Sanaga, est une structure en béton précontraint de 1 020 m de longueur qui préfigurait le type de pathologies que RAZEL Cameroun allait devoir affronter sur le chantier d'Edéa et qui a permis de démontrer le savoir-faire de l'entreprise en la matière. RAZEL doit prochainement démarrer un chantier assez similaire, sur la rivière Dibamba (pont mixte de 450 m de longueur).**

#### INTERVENTION DIFFICILE EN RIVIÈRE

L'expérience acquise par RAZEL CAMEROUN, dans ce domaine spécifique des réparations depuis cinq ans, a permis de former des équipes qualifiées dans la manipulation de ces produits techniques, quinze ouvriers camerounais ayant par ailleurs reçu, de la part du formateur de l'entreprise commercialisant les mortiers, un diplôme d'applicateur attestant leurs capacités professionnelles. Les travaux incluaient également le remplacement des joints de chaussée qui sont soumis, toute l'année, à des cohortes de camions en surcharge, cette particularité inhérente à l'ensemble du trafic africain induisant, bien évidemment, une détérioration accélérée desdits joints. En revanche, le gradient thermique camerounais étant relativement faible (maximum 20°C), il s'ensuit une faible dilatation des ouvrages. En conséquence, l'option retenue a été de substituer aux joints initiaux à pont (peignes) des joints à hiatus, plus adaptés à ces conditions,

car présentant moins de surface de contact avec les roues des véhicules. Une des dernières grosses difficultés du chantier résidait dans la nécessité de renforcer les piles du pont mixte.

Chacune d'elles est constituée de huit fûts béton de 18 m de hauteur (diamètre 1 600 mm) qui ont été, à l'origine, habillés d'une coque métallique protectrice ayant très probablement servi de coffrage perdu.

Or ces carapaces de métal ont été détruites au fil des années sous les assauts du fleuve qui, durant la saison des pluies, peut atteindre un débit de 5 000 m<sup>3</sup>/s !

La technique classique, qui aurait été en l'occurrence de construire des batardeaux énormes, capables de reprendre un tirant d'eau de 18 m, se révélant impossible à réaliser et non prévu au marché, le projet initial prévoyait l'intervention de plongeurs qui auraient effectué, sous l'eau, les réparations et les soudures nécessaires à la pose de nouvelles coques métalliques. Une méthode là encore impossible à mettre en œuvre considérant la puissance du courant.

La solution, mise au point par RAZEL, consiste à créer un « surtubage » des pieux existants, ceux-ci se voyant habillés d'une nouvelle coque de 1 900 mm de diamètre, l'espace annulaire résiduel étant ensuite injecté gravitairement au moyen d'un mortier adjuvanté spécifiquement pour le bétonnage en présence d'eau.

Dans la pratique, les coques ont été réalisées et descendues par tronçon de 2 m de hauteur, chacun d'eux étant constitué de deux demi-coques de 500 kg assemblées par soudure hors d'eau, depuis le fleuve, l'ensemble des pièces, acheminées par barge, étant repris par l'intermédiaire d'un système à double palans.

Les seules interventions des plongeurs locaux se sont donc « limitées » à venir



5



6

**5- Réhabilitation des garde-corps.**

**6- Réparation des poutres.**

**5- Renovation of guard rails.**

**6- Repair of girders.**

retirer les restes des anciennes coques endommagées, une performance de technicité et une prouesse de témérité qu'il faut saluer. □

1- Premier port de la CEMAC (Communauté Economique et Monétaire de l'Afrique Centrale), il assure 95 % du trafic national camerounais et permet également de desservir les états enclavés du Tchad et de la République centrafricaine.

## PRINCIPALES QUANTITÉS

**RÉPARATION EN MORTIER DE RÉSINE : 22 m<sup>3</sup>**

**COLMATAGE DE FISSURES PAR INJECTION DE RÉSINE : 960 litres**

**TRAITEMENT ANTICORROSION/ANTICARBONATATION : 8 000 m<sup>2</sup>**

**REMPACEMENT DES JOINTS DE CHAUSSÉE : 35 m**

**TUBAGE DE PIEUX : 249 m**

**CONSTRUCTION DE GARDE-CORPS : 1 544 m**

**SABLAGE ET PEINTURE MÉTALLIQUE : 11 400 m<sup>2</sup>**

## INTERVENANTS, MONTANT ET DÉLAIS

**MAÎTRE D'OUVRAGE : Ministère des Travaux Public du Cameroun**

**MAÎTRE D'ŒUVRE : Groupement RRI (Allemagne)/Rodcon (Cameroun)**

**ENTREPRISE : RAZEL Cameroun**

**MONTANT DES TRAVAUX : 6 296 569 € (T.T.C)**

**FINANCEMENT : Ministère des Travaux Publics (41 %) / Kreditanstalt Für Wiederaufbau « KfW » (59 %)**

**DÉLAIS D'EXÉCUTION : 15 mois à compter du 18 juin 2011**

## ABSTRACT

### SECOND LIFE FOR THE EDEA BRIDGES

VINCENT JOURDE, RAZEL

**The renovation project for two Cameroon bridges at Edea on the Sanaga River, the largest river in Cameroon, forms part of the programme for renovation of concrete bridges initiated in 2007 by the Cameroon Ministry of Public Works. This work, carried out while traffic continued, made it possible to renovate in 15 months these two key engineering structures on the Cameroon road network. □**

### LA SEGUNDA VIDA DE LOS PUENTES DE EDÉA

VINCENT JOURDE, RAZEL

**El proyecto de rehabilitación de dos puentes cameruneses en Edéa sobre el río Sanaga, el más grande de Camerún, se inscribe en el marco del programa de rehabilitación de los puentes de hormigón iniciado en 2007 por el Ministerio de Obras Públicas de Camerún. Estas obras, de una duración de 15 meses, realizadas sin interrumpir la circulación, han permitido rehabilitar estas dos estructuras clave de la red de carreteras camerunesa. □**

# RÉPERTOIRE DES FOURNISSEURS

## MATERIEL DE TERRASSEMENT



Ammann France - ZI Les Petites Haies  
 31/33, rue de Valenton - 94046 Cretail Cedex  
 Tél. 01 45 17 08 88 - Fax 01 45 17 08 90  
 Email : info.af@ammann-group.com  
[www.ammann-group.com](http://www.ammann-group.com)



BOBCAT/BPV - B.P.3 - 27320 NONANCOURT  
 Numéro Indigo  
 0 825 08 43 81



FRANCE  
 PLUS DE 350 Machines et  
 700 Équipements en TP, PL,  
 Levage et Manutention  
 T : 00 33 10 3 23 04 00 68  
 F : 00 33 10 3 23 68 33 80  
 Mail : sodineg@wanadoo.fr  
 DEPOTS 02 ET 74

### ■ CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES

**BOBCAT EUROPE**  
 J. Huysmanslaan 59 B  
 1651 Lot - Belgique  
 Tél. 00 32 2 371 68 11  
 Fax 00 32 2 371 69 00

**VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS**  
 37, avenue Georges Politzer - BP 117  
 78192 Trappes Cedex  
 Tél. 01 30 69 28 28  
 Fax 01 30 69 83 39  
[www.volvoce.com](http://www.volvoce.com)

### ■ MINI-PELLE

**VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS**  
 37, avenue Georges Politzer - BP 117  
 78192 Trappes Cedex  
 Tél. 01 30 69 28 28  
 Fax 01 30 69 83 39  
[www.volvoce.com](http://www.volvoce.com)

### ■ NIVELEUSE AUTOMOTRICE

**VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS**  
 37, avenue Georges Politzer - BP 117  
 78192 Trappes Cedex  
 Tél. 01 30 69 28 28  
 Fax 01 30 69 83 39  
[www.volvoce.com](http://www.volvoce.com)

### ■ PELLE HYDRAULIQUE SUR CHENILLES

**VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS**  
 37, avenue Georges Politzer - BP 117  
 78192 Trappes Cedex  
 Tél. 01 30 69 28 28  
 Fax 01 30 69 83 39  
[www.volvoce.com](http://www.volvoce.com)

### ■ ÉQUIPEMENTS POUR ENGIN DE TERRASSEMENT

**ONE - TP.COM**  
 1 Place du 8 Mai 1945  
 60119 Neuville Bosc  
 Tél. 01 30 37 06 26  
 Fax 01 34 40 01 44

## MATERIEL POUR LA PRODUCTION D'AIR COMPRIME ET TRAVAUX D'ABATTAGE

### ■ MARTEAU BRISE-ROCHE HYDRAULIQUE

**ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA**  
 ZI du Vert Galant - 2, av. de l'Éguillette  
 BP 7181 - Saint-Ouen-l'Aumône  
 95056 Cergy-Pontoise Cedex  
 Tél. 01 39 09 32 22  
 Fax 01 39 09 32 49

### ■ PELLE HYDRAULIQUE SUR PNEUMATIQUES

**VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS**  
 37, avenue Georges Politzer - BP 117  
 78192 Trappes Cedex  
 Tél. 01 30 69 28 28  
 Fax 01 30 69 83 39  
[www.volvoce.com](http://www.volvoce.com)

### ■ TOMBEREAU AUTOMOTEUR ARTICULÉ

**VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS**  
 37, avenue Georges Politzer - BP 117  
 78192 Trappes Cedex  
 Tél. 01 30 69 28 28  
 Fax 01 30 69 83 39  
[www.volvoce.com](http://www.volvoce.com)

### ■ CHARGEUSE PELLEUSE (BACKHOE LOADER)

**VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS**  
 37, avenue Georges Politzer - BP 117  
 78192 Trappes Cedex  
 Tél. 01 30 69 28 28  
 Fax 01 30 69 83 39  
[www.volvoce.com](http://www.volvoce.com)

## MATERIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION



**Coffrages et Etaisements**  
**PERI S.A.S.**  
 Z.I. Nord - 34/36, rue des Frères Lumière  
 77109 Meaux cedex  
 Tél. : 01 64 35 24 40 - Fax : 01 64 35 24 50  
[peri.sas@peri.fr](mailto:peri.sas@peri.fr)  
[www.peri.fr](http://www.peri.fr)

## MATERIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES



Ammann France - ZI Les Petites Haies  
 31/33, rue de Valenton - 94046 Cretail Cedex  
 Tél. 01 45 17 08 88 - Fax 01 45 17 08 90  
 Email : info.af@ammann-group.com  
[www.ammann-group.com](http://www.ammann-group.com)



2, avenue du Général de Gaulle  
 91170 VIRY CHATILLON  
 Tél. : 01 69 57 86 00 - Fax : 01 69 96 26 60  
[www.bomag.com](http://www.bomag.com)



**WIRTGEN FRANCE**  
**WIRTGEN**  
 Fraiseuses sur roues et sur chenilles  
 Recycleurs à froid / Stabilisatrices de sol  
 Machines à coffrage glissant / Mineurs de surface  
 Outils au carbone. Betek/Sitek  
**VÖGELE**  
 Finisseurs sur pneus et sur chenilles / Alimentateurs  
**HAMM**  
 Rouleaux tandem vibrants  
 Compacteurs à pneus  
 Compacteurs monocylindre vibrants  
**KLEEMANN**  
 Installations de concassage mobiles et fixes / cribles  
 Distributeur exclusif pour la France des épandeurs  
 de liants pulvérulents  
**STREUMASTER série SW**  
**WIRTGEN FRANCE**  
 BP 31633 - 7, rue Marc Seguin  
 95696 Goussainville Cedex  
 Tél. : 01 30 18 95 95 - Fax : 01 30 18 15 49  
 E-mail : [contact@wirtgen.fr](mailto:contact@wirtgen.fr)  
[www.wirtgen.fr](http://www.wirtgen.fr)

### METALLIANCE

ZI de la Saule - BP 111  
 71304 Montceau Cedex  
 Tél. 03 85 57 01 34  
 Fax 03 85 57 88 73

### ■ MACHINE POUR LA STABILISATION ET LE RECYCLAGE DE CHAUSSÉES

**RABAUD**  
 Bellevue - 85110 Sainte-Cécile  
 Tél. : 02 51 48 51 58  
 Fax 02 51 40 22 97  
[www.rabaud.com](http://www.rabaud.com)  
[info@rabaud.com](mailto:info@rabaud.com)

## MATERIEL TOPOGRAPHIQUE - LASER - GUIDAGE D'ENGIN

### ■ TRAVAUX SOUTERRAINS



ALISCUATIONS  
 Automatiques  
 Tél. 01 41 42 06 30  
 Fax 01 41 42 06 31  
[www.miretopo.com](http://www.miretopo.com)

### ■ LEVÉE BATHYMÉTRIQUE



Bureau d'Etude  
 Bathymétrie - Topographie  
 Suivi de travaux & Suivi d'Ouvrages  
 Tél : 06 67 79 05 16 - 06 99 48 45 27  
[www.bathys.fr](http://www.bathys.fr) - [contact@bathys.fr](mailto:contact@bathys.fr)

CE GUIDE RENSEIGNE SUR LES PRODUCTIONS DES FOURNISSEURS DE MATÉRIEL, ÉQUIPEMENT OU SERVICES. SI VOUS DÉSIREZ ÊTRE RÉPERTORIÉS DANS CES RUBRIQUES, ADRESSEZ-VOUS À : EMMANUELLE HAMMAOUI - 9, RUE DE BERRI - 75008 PARIS - TÉL. : +33 (0)1 44 13 31 41 - EMAIL : ehammaoui@fnfp.fr - TARIF : 100 € HT PAR LIGNE ET PAR RUBRIQUE OU 230 € HT LE CM COLONNE POUR UNE ANNÉE DE PARUTION.

**MATERIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE**



**metso**  
Concassage, broyage, criblage, manutention  
Matériels et installations fixes et mobiles  
Installations de recyclage  
Transporteurs et accessoires  
Pièces d'usure et de rechange  
Produits anti-usure, blindages, capotages  
Pompes  
*(Nordberg-Svedala-Trellex-Lindemant)*  
Metso Minerals (France)  
41, rue de la République - 71009 Milon Cedex  
Tél. : 03 85 39 62 00 - Fax : 03 85 39 63 49  
www.metso.com

**■ POSTE D'ÉGOUTTAGE DES SABLES AVEC TRAITEMENT DES EAUX DE LAVAGE**

**SOTRES**

Parc Européen des entreprises  
BP 80072 - Rue Richard Wagner  
63200 RIOM  
Tél. 04 73 15 36 00  
Fax 04 73 15 36 20

**■ INSTALLATIONS MOBILES DE CONCASSAGE-CRIBLAGE**

**GRAVEL**

1 Chemin de Villers à Combault  
94420 Le Plessis Trevisse  
Tél. 01 45 94 59 53  
Fax 01 45 94 59 83

**MATERIEL FLOTTANT ET MATERIEL DE PLONGÉE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES**

**■ PONTON MÉTALLIQUE DÉMONTABLE**

**LEDUC T.P**

1, rue de Folenrue  
27202 VERNON cedex  
Tél. 02 32 51 74 97  
Fax 02 32 51 57 18

**MATERIEL DE SONDRAGE, FORAGE, FONDATIONS SPECIALES ET INJECTION**



**G-OCTOPUS**  
www.g-octopus.com  
Tél. : +33 01 47 32 48 30

**■ DÉSABLEUR DE BOUES**

**SOTRES**

Parc Européen des entreprises  
BP 80072 - Rue Richard Wagner  
63200 RIOM  
Tél. 04 73 15 36 00  
Fax 04 73 15 36 20

**■ SONDEUSE DE RECONNAISSANCE ET FOREUSE EN ROTATION**

**ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA**

ZI du Vert Galant  
2, av. de l'Eguillette - BP 7181  
Saint-Ouen-l'Aumône  
95056 Cergy-Pontoise Cedex  
Tél. 01 39 09 32 22  
Fax 01 39 09 32 49

**■ POMPES À BOUES**

**ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA**

ZI du Vert Galant  
2, av. de l'Eguillette - BP 7181  
Saint-Ouen-l'Aumône  
95056 Cergy-Pontoise Cedex  
Tél. 01 39 09 32 22  
Fax 01 39 09 32 49

**■ PRESSE D'INJECTION**

**ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA**

ZI du Vert Galant  
2, av. de l'Eguillette - BP 7181  
Saint-Ouen-l'Aumône  
95056 Cergy-Pontoise Cedex  
Tél. 01 39 09 32 22  
Fax 01 39 09 32 49

**MATERIEL SPECIAL POUR LA POSE DE CANALISATIONS**



**MARAI'S**  
Marais Contracting Services  
1, rue Pierre et Marie Curie  
49430 DURTAL  
Tél. : 02 41 96 16 99 - Fax : 02 41 96 16 99  
Email : info@samarais.com - Web : www.samarais.com

**■ TRANCHEUSE**

**MARAI'S CONTRACTING SERVICES**

1, rue Pierre et Marie Curie  
ZA "Les portes d'Anjou" - BP 20  
49430 DURTAL  
Tél. 02 41 96 16 90  
Fax 02 41 96 16 99

**MATERIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS**



**ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION S.A.S.**  
Z.I. du Vert Galant - 2, avenue de l'Eguillette  
B.P. 7181 - Saint-Ouen-l'Aumône  
95056 Cergy-Pontoise cedex  
**Atlas Copco**  
Tél. : 33 (0) 1 39 09 32 22  
Fax : 33 (0) 1 39 09 32 49  
www.atlascopco.fr



**Ducrocq**  
Ingénierie Process  
ZA Ecoles 4020 MONTREUIL-SUR-LOIRE  
Tél. : 03 21 99 42 40 - Fax : 03 21 99 42 41  
E-mail : ducrocq.industrie@wanadoo.fr  
Site Internet : www.ducrocq.ingenierie-process.com

**METALLIANCE**

ZI de la Saule  
BP 111  
71304 Montceau Cedex  
Tél. 03 85 57 01 34  
Fax 03 85 57 88 73

**■ BERLINE**

**PATRY SA**

24, rue du 8 mai 1945  
95340 Persan  
Tél. 01 39 37 45 45  
Fax 01 39 37 45 44  
www.patry.fr

**TECHNICRIBLE**

Zone industrielle  
81150 LAGRAVE  
Tél. 05 63 81 41 57  
Fax 05 63 81 41 56

**■ LOCOTRACTEUR DE MANŒUVRE**

**PATRY SA**

24, rue du 8 mai 1945  
95340 Persan  
Tél. 01 39 37 45 45  
Fax 01 39 37 45 44  
www.patry.fr

**■ MACHINE D'ATTAQUE PONCTUELLE À FRAISE (RADIALE-TANGENTIELLE)**

**METALLIANCE**

ZI de la Saule  
BP 111  
71304 Montceau Cedex  
Tél. 03 85 57 01 34  
Fax 03 85 57 88 73

**■ ENGIN DE BOULONNAGE**

**ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA**

ZI du Vert Galant  
2, av. de l'Eguillette  
BP 7181 Saint-Ouen-l'Aumône  
95056 Cergy-Pontoise Cedex  
Tél. 01 39 09 32 22  
Fax 01 39 09 32 49

**■ ENGIN DE FORATION**

**ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA**

ZI du Vert Galant  
2, av. de l'Eguillette  
BP 7181 Saint-Ouen-l'Aumône  
95056 Cergy-Pontoise Cedex  
Tél. 01 39 09 32 22  
Fax 01 39 09 32 49

**MATERIEL POUR TRAITEMENT DE LA TERRE**



**Lhoist France**  
Une société du Groupe Lhoist  
105, Rue de l'Éclat - 77000 Paris Cedex 07  
Tél. : +33 (0)1 52 45 20 00 - Fax : +33 (0)1 52 45 80 14  
www.lhoist.com

**BUREAU ETUDES**



25 agences en France  
**Rincenat BTP**  
8 agences à l'International  
www.rincenatbtp.fr  
Tél. +33 (1) 60 87 21 25  
direction.technique@rincenatbtp.fr



**CATHIE ASSOCIATES**  
www.cathie-associates.com  
Tél. : +33 1 47 32 48 30

**MATERIEL DE PRODUCTION, DE TRANSFORMATION ET DE DISTRIBUTION DE L'ENERGIE**

**SDMO INDUSTRIE**

12 Bis, rue de la Villeneuve BP 241  
29272 Brest cedex  
Tél. 02 98 41 41 41  
Fax 02 98 41 13 10

# MATÉRIEL POUR LES TRAVAUX PUBLICS

CHOISISSEZ VOS RUBRIQUES ET SOYEZ PRÉSENT PENDANT 1 AN DANS TOUTS LES NUMÉROS DE TRAVAUX. POUR TOUT CONTACT, APPELEZ :  
EMMANUELLE HAMMAOUI - 9, RUE DE BERRI - 75008 PARIS - TÉL. : +33 (0)1 44 13 31 41 - EMAIL : ehammaoui@fnfp.fr

## MATÉRIEL D'ALIMENTATION EN EAU ET D'ÉPUISEMENT

- POMPE À DIAPHRAGME
- POMPE BASSE PRESSION POUR EAUX CHARGÉES
- POMPE HAUTE PRESSION, LAVAGE, LANÇAGE
- ALIMENTATION GRANDE HAUTEUR
- POMPE POUR RABATTEMENT DE NAPPE
- POMPE SUBMERSIBLE

## MATÉRIEL DE BATTAGE ET D'ARRACHAGE

- MARTEAU
- MOUTON
- VIBRATEUR DE FONÇAGE ET D'ARRACHAGE

## MATÉRIEL POUR LA PRODUCTION D'AIR COMPRIMÉ ET TRAVAUX D'ABATTAGE

- CHARIOT DE FORAGE (WAGON DRILL)
- COMPRESSEUR À VIS SUR ROUES - INSONORISÉ
- ELECTRO-COMPRESSEUR, SEMI-FIXE - INSONORISÉ
- MARTEAU BRISE-ROCHE HYDRAULIQUE
- PINCE ET CISAILLE DE DÉMOLITION

## MATÉRIEL DE TERRASSEMENT

- CHARGEUSE SUR CHENILLES
- CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES
- CHARGEUSE PELLEUSE (BACKHOE LEADER)
- DÉCAPEUSE AUTOMOTRICE AVEC OU SANS AUTOCHARGEUR (MOTORSCRAPER)
- MINI-PELLE
- MOTO-BASCULEUR
- NIVELEUSE AUTOMOTRICE
- PELLE À CÂBLES SUR CHENILLES
- PELLE HYDRAULIQUE SUR PNEUMATIQUES
- PELLE SPÉCIALE AVANCEMENT AU PAS
- TOMBREAU AUTOMOTEUR À CHÂSSIS RIGIDE
- TOMBREAU AUTOMOTEUR ARTICULÉ
- TRACTEUR INDUSTRIEL ET FORESTIER 4 X 4
- TRACTEUR SUR CHENILLES (BOUTEUR, BULLDOZER)
- TRACTEUR SUR PNEUMATIQUES

## MATÉRIEL DE TRANSPORT ROUTIER

- CAMIONNETTE TOUTS CHEMINS 4 X 4 < 3,5 T
- CAMION TOUTS CHEMINS 4 X 4 > 3,5 T
- CAMION TOUTS CHEMINS 6 X 4 - 6 X 6 - 8 X 6
- REMORQUE POUR TRANSPORT D'ENGINS
- SEMI-REMORQUE À BENNE
- SEMI-REMORQUE POUR TRANSPORT D'ENGINS
- VÉHICULE TRACTEUR DE SEMI-REMORQUE 4 X 4
- VÉHICULE TRACTEUR DE SEMI-REMORQUE 6 X 4 - 6 X 6

## MATÉRIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION

- ASCENSEUR MIXTE (MATÉRIAUX ET PERSONNEL)
- CHARIOT ÉLÉVATEUR DE CHANTIER À PORTÉE FIXE
- CHARIOT ÉLÉVATEUR DE CHANTIER À PORTÉE VARIABLE

- ELÉVATEUR HYDRAULIQUE À NACELLE
- GRUE AUTOMOTRICE SUR PNEUMATIQUES
- GRUE AUXILIAIRE DE VÉHICULE
- GRUE ROUTIÈRE
- GRUE SUR CHENILLES
- GRUE À TOUR (MONTAGE PAR ÉLÉMENTS)
- GRUE À TOUR (DÉPLIAGE AUTOMONTABLE)
- PLATE-FORME ÉLÉVATRICE

## MATÉRIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES

- ALIMENTATEUR DE FINISSEUR
- BALAYEUSE PORTÉE OU SEMI-PORTÉE
- BALAYEUSE RAMASSEUSE AUTOMOTRICE
- BALAYEUSE TRACTÉE
- CITERNE MOBILE DE STOCKAGE ET DE CHAUFFAGE DES LIANTS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR À PIEDS DAMEURS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR À PNEUS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR MIXTE
- COMPACTEUR STATIQUE AUTOMOTEUR TANDEM
- COMPACTEUR VIBRANT AUTOMOBILE, MONOCYLINDRE VIBRANT - LISSE ET PIEDS DAMEURS - LIGNE MOTRICE À 2 PNEUS
- COMPACTEUR VIBRANT AUTOMOTEUR TANDEM - 1 ET 2 CYLINDRES VIBRANTS
- COMPACTEUR VIBRANT, GUIDAGE À MAIN ET DUPLEX
- COMPACTEUR VIBRANT TRACTÉ, MONOCYLINDRE, LISSE OU PIEDS DAMEURS
- DÉPOUSSIÉREUR À TISSU FILTRANT
- DÉPOUSSIÉREUR À VOIE HUMIDE
- DOSEUR À PULVÉRULENTS
- ÉPANDEUR LATÉRAL (ÉLARGISSEUR DE ROUTE)
- FINISSEUR
- FRAISEUSE AUTOMOTRICE ET RETRAITEMENT DE CHAUSSÉES
- GRAVILLONNEUR AUTOMOTEUR
- GRAVILLONNEUR PORTÉ
- MACHINE À COULIS BITUMINEUX À FROID
- MACHINE POUR FABRICATION DE BORDURES ET CANIVEAUX
- MALAXEUR CONTINU À FROID
- MALAXEUR DISCONTINU D'ENROBAGE
- MATÉRIEL DE RÉPANDAGE ET GRAVILLONNAGE INTÉGRÉ
- PILONNEUSE
- PLAQUE VIBRANTE
- PULVÉRISATEUR MÉLANGEUR (RETRAIEMENT DE CHAUSSÉE)
- RÉPANDEUR DOSEUR DE PULVÉRULENTS
- RÉPANDEUSE DE LIANTS (ÉQUIPEMENT)
- SABLEUSE-SALEUSE
- SÉCHEUR
- TAMBOUR SÉCHEUR AVEC TAMBOUR ENROBEUR SÉPARÉ
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À CONTRE COURANT
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À FLUX PARALLÈLES
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À ENROBAGE SÉPARÉ DOUBLE TAMBOUR CONCENTRIQUE
- TRÉMIE DE STOCKAGE D'ENROBÉS
- TRÉMIE DE STOCKAGE DE PRODUITS STABILISÉS
- TRÉMIE PRÉDOSEUSE À GRANULATS
- VIBREUSE SURFACEUSE DE BÉTON À COFFRAGE GLISSANT (SLIP FORM PAVER)

## MATÉRIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE

- ALIMENTATEUR À MOUVEMENT ALTERNATIF
- ALIMENTATEUR À TABLIER MÉTALLIQUE
- ALIMENTATEUR VIBRANT
- BROYEUR À BARRES
- BROYEUR À PERCUSSION À AXE VERTICAL
- BROYEUR À PERCUSSION À MARTEAUX
- CONCASSEUR À MÂCHOIRES
- CONCASSEUR À PERCUSSION À BATTOIRS
- CONCASSEUR À TAMBOUR DE FRAPPE
- CONCASSEUR GIRATOIRE (PRIMAIRE, SECONDAIRE)
- CONCASSEUR GIRATOIRE (SECONDAIRE, TERTIAIRE)
- CONCASSEUR MOBILE SUR CHENILLES
- CRIBLE VIBRANT
- DÉCANTEUR ÉGOUTTEUR À AUBES
- DÉTECTEUR DE MÉTAUX
- LAVEUR DÉBOURBEUR
- MALAXEUR À TAMBOUR
- POSTE D'ÉGOUTTAGE DES SABLES AVEC TRAITEMENT DES EAUX DE LAVAGE
- SÉPARATEUR EXTRACTEUR MAGNÉTIQUE
- TRANSPORTEUR, CRIBLEUR MOBILE À COURROIE (SAUTERELLE-CRIBLEUSE)
- TRANSPORTEUR MOBILE À COURROIE (SAUTERELLE)

## MATÉRIEL POUR LA FABRICATION, LE TRANSPORT ET LA MISE EN PLACE DES BÉTONS, MORTIERS ET ENDUITS

- AUTOBÉTONNIÈRE
- BÉTONNIÈRE
- BÉTONNIÈRE PORTÉE (TRUCK MIXER)
- CENTRALE MOBILE ET SEMI-MOBILE
- COFFRAGE (BANCHE)
- DESSACHEUSE AUTOMATIQUE
- DRAGLINE
- ECHAFAUDAGE AUTO-ÉLÉVATEUR
- MACHINE À PROJETER LE BÉTON
- MALAXEUR À AXES HORIZONTAUX
- MALAXEUR À AXE VERTICAL
- POMPE À BÉTON DE CHANTIER
- POMPE À BÉTON SUR PORTEUR
- SIDE-BOOM : VOIR TRACTEUR SUR CHENILLES, POSEUR DE CANALISATIONS
- TAPIS DISTRIBUTEUR DE BÉTON
- TRANSPORTEUR À AIR COMPRIMÉ
- TRÉMIE AGITATRICE À BÉTON SIMPLE
- TRÉMIE AGITATRICE À BÉTON RELEVABLE

## MATÉRIEL DE PRODUCTION, DE TRANSFORMATION ET DE DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

- GROUPE ÉLECTROGÈNE À MOTEUR DIESEL
- POSTE MOBILE DE LIVRAISON TYPE EXTÉRIEUR
- POSTE MOBILE DE TRANSFORMATION TYPE EXTÉRIEUR
- TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ POUR CABINE

## BARAQUEMENTS

- BARAQUEMENT MÉTALLIQUE DÉMONTABLE
- BARAQUEMENT MOBILE DE CHANTIER

## MATÉRIEL FLOTTANT ET MATÉRIEL DE PLONGÉE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES

- CHALAND MÉTALLIQUE AUTOMOTEUR
- DRAGUE À CUILLÈRE (DIPPER-DREDGE)
- DRAGUE À GODETS, STATIONNAIRE
- DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE
- DRAGUE SUCEUSE REFOULEUSE STATIONNAIRE AVEC DÉSAGRÉGATEUR
- MOTO-PROPULSEUR AMOVIBLE
- PONTON MÉTALLIQUE DÉMONTABLE
- PONTON DE SERVITUDE
- REMORQUEUR

## MATÉRIEL DE SONDAGE, FORAGE, FONDATIONS SPÉCIALES ET INJECTION

- BENNE POUR PAROIS MOULÉES
- DÉSABLEUR POUR BOUES
- FOREUSE TARIÈRE SUR PORTEUR
- FOREUSE TARIÈRE (MONTAGE SUR GRUE)
- FOREUSE TARIÈRE POUR POSE DE POTEAUX
- POMPE À BOUES
- POMPE POUR JET-GROUTING
- PRESSE D'INJECTION
- SONDEUSE DE RECONNAISSANCE ET FOREUSE EN ROTATION

## MATÉRIEL SPÉCIAL POUR LA POSE DE CANALISATION

- CINTREUSE HYDRAULIQUE
- CLAMP INTÉRIEUR AVEC AVANCE AUTOMATIQUE
- FONCEUR À PERCUSSION, FUSÉE
- FONDOIR À BRAI
- FORAGE DIRIGÉ (INSTALLATION)
- FOREUSE HORIZONTALE À TARIÈRE
- GROUPE AUTONOME DE SOUDAGE
- MANDRIN DE CINTRAGE
- REMORQUE PORTE-TOURET
- TRACTEUR SUR CHENILLES POSEUR DE CANALISATIONS (PIPETAYER - SIDE-BOOM)
- TRANCHEUSE
- TREUIL À CABESTAN

## MATÉRIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS

- BERLINE
- CHARGEUSE À ACTION CONTINUE, À BRAS DE RAMASSAGE OU GODET
- CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES CHARGE ET ROULE, ARTICULÉE MOTEUR DIESEL
- ENGIN DE BOULONNAGE
- ENGIN DE FORATION
- ERECTEUR DE CINTRE
- FOREUSE ALÈSEUSE
- LOCOTRACTEUR DIESEL
- LOCOTRACTEUR ÉLECTRIQUE
- MACHINE D'ATTAQUE PONCTUELLE À FRAISE (RADIALE-TANGENTIELLE)
- MICROTUNNELIER
- ROBOT DE BÉTONNAGE
- TOMBREAU AUTOMOTEUR POUR TRAVAUX SOUTERRAINS
- TRANSPORTEUR MALAXEUR
- TRÉMIE DE STOCKAGE DE DÉBLAIS
- TUNNELIER
- WAGON AUTOREMPLISSEUR ENCASTRABLE

# CONSTRUIRE SUR DU SOLIDE



[www.soletanche-bachy.com](http://www.soletanche-bachy.com)

→ Intervenant partout dans le monde pour le compte de clients publics ou privés, Soletanche Bachy s'attache à proposer les meilleures solutions techniques et contractuelles : elle apporte aussi bien des compétences polyvalentes d'ensemblier dans le cadre de grands projets d'infrastructures, que celles de spécialiste maîtrisant l'ensemble des procédés de géotechnique, de fondations spéciales, de travaux souterrains, d'amélioration et de dépollution des sols.



| FESSENHEIM | FRANCE |  
Réhabilitation de l'écluse de Fessenheim.



**SOLETANCHE BACHY**

# Catastrophe naturelle, inondation, accident...

Besoin d'un pont en urgence pour la réparation de voie de communication, ou pour un chantier ?



Pont métallique modulaire à montage rapide, tous tonnages, en location courte ou longue durée, avec option d'achat final.



**UNIBRIDGE®** convient aux situations d'urgence et aux lieux inaccessibles par :

- sa modularité exceptionnelle
- ses possibilités d'élargissement et d'allongement
- sa rapidité et sa facilité de mise en place et de démontage
- son mode de transport par containers

Béton ou métal, Matière vous ouvre la voie. Concrete or steel, Matière leads the way.

**Matière®**



1, Place d'Iéna - 75116 PARIS FRANCE  
2, rue Louis Matière - BP 54 - 15130 ARPAJON/CÈRE FRANCE  
Tél. : +33 (0) 4 71 46 50 00 - Fax : +33 (0) 4 71 64 63 90  
commercial@matiere.fr - www.unibridge.fr