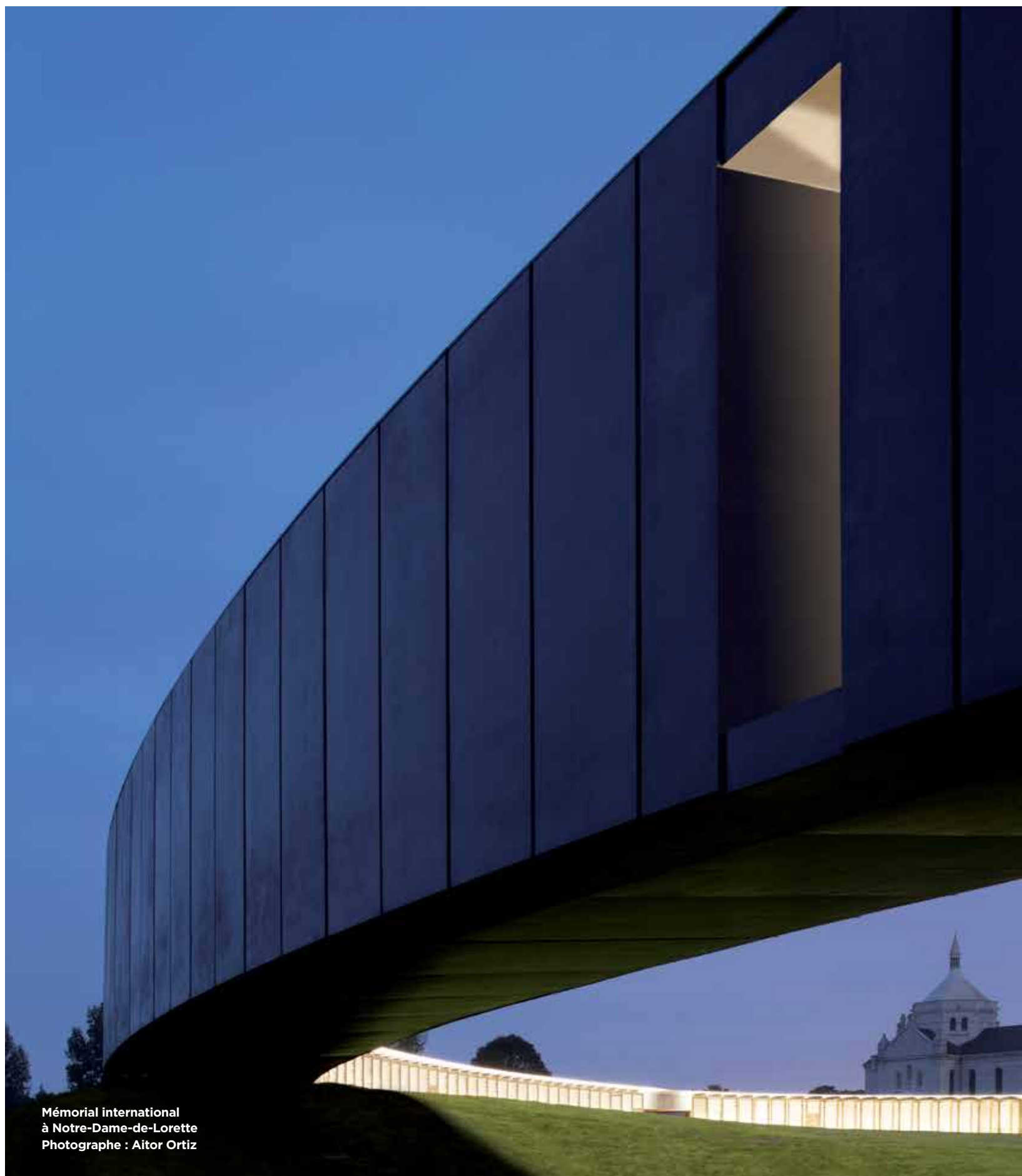


CONSTRUCTION MODERNE

OUVRAGES D'ART
SEPTEMBRE
2015

N° 145



Mémorial international
à Notre-Dame-de-Lorette
Photographe : Aitor Ortiz

P. 2 | **NÎMES/MONTPELLIER**
CONTOURNEMENT DE 60 KM
POUR TGV ET TRAINS DE FRET

P. 12 | **NANTERRE**
ARENA 92, UNE DEMI-ELLIPSE
DE VERRE ET DE BÉTON
Architectes : Cabinet d'architecture Elizabeth & Christian
de Portzamparc



P. 16 | **GALLARGUES-LE-MONTUEUX**
UNE PASSE À POISSONS
SUR LE VIDOURLE

P. 20 | **NOTRE-DAME-DE-LORETTE**
MÉMORIAL INTERNATIONAL,
MONUMENTAL ET INTIME
Architecte : Agence d'architecture Philippe Prost (AAPP)



P. 26 | **LILLE**
LA STATION DE POMPAGE
DES BATELIERS



P. 30 | **HAGETMAU**
USINE DE MÉTHANISATION,
L'ÉNERGIE DES DÉCHETS

P. 33 | **RENNES/PARIS**
LES FONDATIONS GÉOTHERMIQUES,
L'ÉNERGIE DU SOL

ÉDITO

L'Union des Associations Françaises de Génie Civil a été créée en septembre 2014. Cette création procède de la volonté de différentes associations liées au Génie Civil de partager et d'agir ensemble pour peser davantage sur la valorisation de nos savoir-faire et de nos métiers. Considérant qu'au-delà des thématiques propres à chacune des associations, il y avait des réflexions et des problématiques qui nous étaient communes. L'UAFGC regroupe aujourd'hui environ 2 750 acteurs du Génie Civil au travers de 8 associations membres : AFGC, AUGC, Eugène Freyssinet, ASCO-TP, APMBTP, AFPS, IMG, APK.

L'UAFGC a pour objet, dans le respect de l'identité, des règles de fonctionnement et des prises de décision de chacune des associations adhérentes, de promouvoir, soutenir et coordonner toutes actions au profit :

- de l'innovation et de l'excellence ;
- de la mise en valeur, la diffusion et le rayonnement dans le monde du savoir-faire français ;
- du progrès dans les domaines des matériaux, structures, techniques et méthodes de construction ;
- de l'enseignement, de la formation et de la recherche ;
- de l'image et de l'attractivité des métiers du Génie Civil et de la construction auprès des jeunes ;
- de la mise en valeur et de la préservation des ouvrages de Génie Civil ;
- de l'hommage aux grands noms du Génie Civil.

Les ouvrages publiés dans *Construction Moderne* témoignent du dynamisme et de l'excellence du Génie Civil français.

JEAN-MARC TANIS
PRÉSIDENT DE L'UAFGC

CONSTRUCTION MODERNE

Créée en 1885, la revue *Construction Moderne* est éditée par l'association CIMbéton, centre d'information sur le ciment et ses applications - 7, place de la Défense 92974 Paris-la-Défense Cedex - Télécharger *Construction Moderne* sur www.infociments.fr
Président : Raoul de Parisot • Directeur de la publication : François Redron • Directeur de la rédaction : Patrick Guiraud • Rédacteur en chef : Norbert Laurent • Rédacteur en chef adjoint : Clothilde Laute • Rédaction et réalisation : Two & Two • Conception graphique : Zed Agency • Directrice artistique : Sylvie Conchon • Pour tout renseignement concernant la rédaction, tél. : 01.55.23.01.00 • Abonnements : par fax au 01.55.23.01.10 ou par e-mail à centrinfo@cimbeton.net

Couverture : Arena 92 à Paris-la-Défense - Architectes : Cabinet d'architecture Elizabeth & Christian de Portzamparc - Photographe : Aline Boros.

NÎMES/MONTPELLIER

CONTOURNEMENT DE 60 KM POUR TGV ET TRAINS DE FRET

La ligne en construction entre Nîmes et Montpellier verra circuler des TGV et des trains de fret. Une cohabitation qui a fortement influencé sa conception et le dimensionnement de ses nombreux ouvrages d'art.

TEXTE ET REPORTAGE PHOTOS : MICHEL BARBERON

En octobre 2017, la Ligne à Grande Vitesse Méditerranée va se prolonger un peu plus grâce à l'ouverture d'un nouveau tronçon languedocien. Couramment dénommé CNM, le Contournement de Nîmes – Montpellier s'inscrit dans les objectifs du Grenelle de l'environnement qui prévoyaient le lancement de 2 000 km additionnels de LGV sur le réseau national d'ici 2020. Entre Manduel, à l'est de Nîmes, et Lattes, à l'ouest de Montpellier, ce maillon est long de 60 km. À cela s'ajoutent 20 km de raccordements aux lignes classiques répartis en 10 km de liaisons sur la rive droite du Rhône et 10 km vers Jonquières, Lattes et Manduel.

Quels sont les enjeux de ce projet ? En premier, accroître l'attractivité du transport de voyageurs à grande vitesse vers le sud de la France, l'Espagne et sur l'axe Nice – Bordeaux. Les 60 km supplémentaires parcourus dans un premier temps par les TGV à 220 km/h (300 km/h à terme) offriront des gains de trajet d'une vingtaine de minutes. Montpellier sera ainsi à 3 h de Paris, 4 h 30 de Lille, 1 h 30 de Lyon et 1 h 10 de Marseille. Le

report des TGV sur cette ligne va accroître l'offre des trains régionaux en Languedoc-Roussillon. Quelque 30 % de trafic TER supplémentaire est envisagé sur la ligne classique aujourd'hui proche de la saturation avec environ 230 trains au quotidien, TGV, TER et fret confondus.

La mixité induit le sur-mesure

Grande particularité, la ligne sera mixte, à la fois conçue pour la circulation de rames TGV et de trains fret à 120 km/h. Une première sur le réseau ? Presque, si l'on ne prend pas en compte les 44 km de la LGV internationale Perpignan – Figueras achevée en février 2009 où se côtoient TGV, AVE espagnols et trains de marchandises. Et le fait qu'à partir de mi-2017 des convois de fret pourront emprunter sur un peu plus d'une vingtaine de kilomètres le contournement du Mans sur la ligne nouvelle Bretagne – Pays de la Loire en construction. Cette future cohabitation sur Nîmes – Montpellier représente un défi majeur pour les concepteurs du projet. « C'est un challenge. Il y a très peu de lignes bâties

pour la grande vitesse qui reçoivent aussi des trains de marchandises. La mixité induit le sur-mesure, c'est une donnée d'entrée source de contraintes diverses et variées. Elle implique non seulement de trouver les bons référentiels à appliquer, mais génère aussi des impacts de conception, par exemple sur les profils longitudinaux. Pour ne pas dépasser un certain pourcentage des rampes vis-à-vis des trains de marchandises, la ligne a un profil longitudinal quasiment plat. Ce qui a joué sur toute l'optimisation des mouvements

La LGV en chiffres

60 km de Manduel à Lattes, dont **6,5 km** jumelés avec la future A 9 bis

20 km de raccordements (Lattes, Redessan, Jonquières, Saint-Gervasy, Virgulette)

Remblais : 8,8 millions de m³

Déblais : 6,6 millions de m³

Emprunts : 6 millions de m³

Béton : 310 000 m³

Écrans phoniques : 37 km

2 gares nouvelles

Montpellier-Odyseum : plate-forme à 8 voies, livrée en 2017

Nîmes-Manduel : plate-forme à 4 voies, livrée en 2020

Maître d'ouvrage (hors jonctions et gares) : Oc'Via, constitué majoritairement de Méridian Infrastructure (53 %) et Fideppp (27 %) – **Cabinet d'architecture** : Alain Spielmann : design général de la ligne – **Ingénierie** : Systra et Setec, pilotes de la maîtrise d'œuvre – **Oc'Via Construction**, GIE concepteur/constructeur (Bouygues, Colas, Colas Rail, Alstom, Spie Batignolles) – **Oc'Via Maintenance** : maintenance de la ligne jusqu'en 2037 (mêmes acteurs que Oc'Via Construction)



A —
Pour parer
aux caprices
du Vidourle,
des estacades
prolongent
le viaduc
franchissant
la rivière.
Ces ouvrages
dits
« de décharge
de la plaine
du Vidourle »
assurent
la transparence
hydraulique.

B —
Les estacades
sont
constituées
de poutres
préfabriquées
en béton armé
reposant
sur les piles.

...

de terre », explique Thierry Parizot, directeur général d'Oc'Via, la société maître d'ouvrage en charge de financer, concevoir, construire et entretenir la ligne jusqu'en 2037. Un train de fret étant plus lourd qu'un TGV, la prise en compte d'une majoration des charges ferroviaires de 33 % a eu une influence importante sur le dimensionnement des ouvrages. Les sollicitations plus fortes sur les tabliers ont entraîné une augmentation du ferrailage de ceux en béton armé et des aciers de ceux en poutrelles enrobées. Les calculs dynamiques ont dans certains cas imposé d'augmenter les hauteurs des poutres, l'épaisseur des traverses des portiques, cadres et dalots.

Donner une ligne à la ligne

Dans la même proportion, les efforts verticaux transmis aux piles et culées ont obligé à renforcer les fondations. Les efforts horizontaux très importants liés au risque séisme ont également complexifié la mise au point de certains appuis et appareils d'appui, sur les ponts-dalles et les tabliers en poutrelles enrobées. À noter aussi l'anticipation sur la maîtrise de risques pour parer à toute pollution liée à d'éventuelles fuites de liquides provenant d'un train de fret. Un réseau de collecte des eaux sous forme de caniveaux en crête de plate-forme ou de fossés en pied de remblai a ainsi été mis en place dans les zones sensibles. Les concepteurs ont dû également tenir compte d'un autre grand projet, autoroutier celui-là : la future autoroute A 9 bis. Elle va être jumelée avec CNM sur un linéaire de 6,5 km. Un choix qui impose une coordination

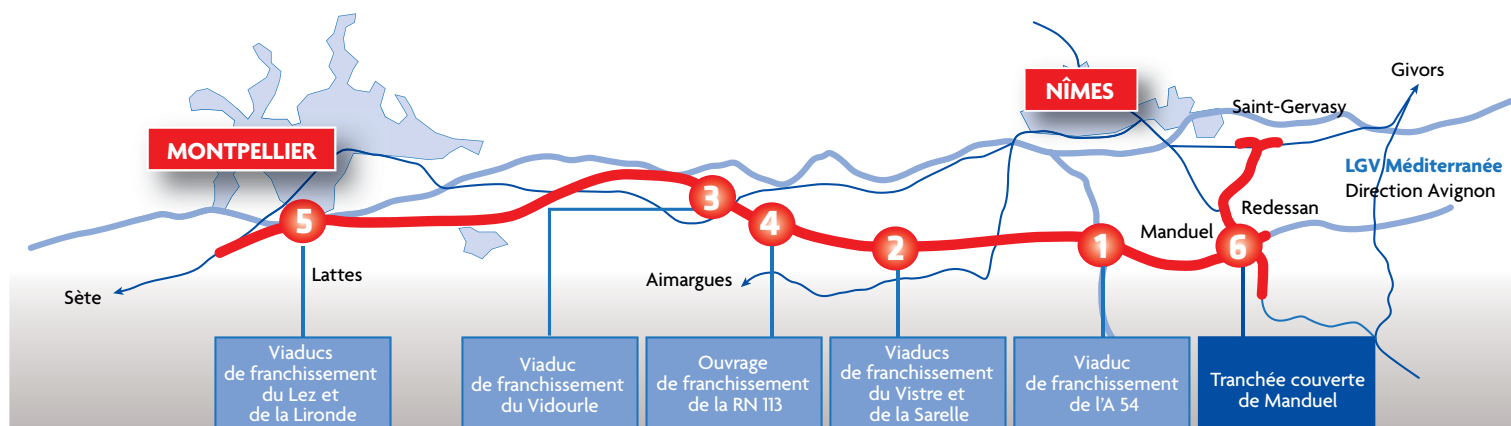
géométrique et hydraulique des deux projets, mais aussi dans la réalisation des travaux. Outre toutes ces contraintes techniques pures, il s'agissait d'insérer au mieux la ligne nouvelle dans les territoires traversés, de la fondre dans l'environnement. Dans sa démarche, l'architecte Alain Spielmann a voulu « *que ce soit très simple à construire, assez économique et que cela corresponde aux sites particuliers du Gard et de l'Hérault. Trouver une unité, donner une ligne à la ligne. Avec ces incrustations visibles sur le béton des ouvrages : la silhouette stylisée de deux oiseaux en vol, peinte en jaune clair dans le Gard, en bleu dans l'Hérault* ». CNM possède son lot de défis environnementaux à relever. Deux zones Natura 2000 touchées, quelque 126 espèces protégées recensées, le bruit limité à 58 dB la nuit et 63 dB le jour. L'agriculture à prendre en compte avec des productions à forte valeur ajoutée comme les vignobles d'appellation d'origine contrôlée, des serres, du maraîchage et des cultures annuelles... L'infrastructure ne doit pas constituer une barrière artificielle s'opposant à la circulation des hommes, des animaux et de l'eau. Et en cela, l'offre béton donne une multitude de solutions, que ce soit pour garantir la transparence hydraulique et protéger la biodiversité, ou encore assurer l'assainissement de la plate-forme ferroviaire dans le cadre de la gestion des eaux pluviales et des risques de pollution.

Bien qu'elle soit construite en plaine, la ligne concentre une densité inédite d'ouvrages d'art, caractéristique par la multiplicité des

Un projet de 2,28 milliards d'euros

Le financement global du projet CNM, avec les deux gares nouvelles et les autres missions réalisées par RFF (SNCF Réseau), s'élève à 2,28 milliards d'euros. La moitié de ce budget provient de l'État, 30 % des collectivités locales, 20 % de RFF. Le contrat PPP proprement dit atteint 1,8 milliard d'euros, dont 594 millions d'euros de subventions publiques venant de la Région Languedoc-Roussillon, du Conseil général du Gard, de la Communauté d'agglomération de Nîmes, de la Communauté d'agglomération de Montpellier et de RFF. Le reste est assuré par Oc'Via (117 millions en fonds propres) et par des prêts bancaires de l'ordre de 1 052 millions d'euros.

types. Elle en compte 176 courants et 12 non courants, dont la tranchée de Manduel. Les 11 autres, des viaducs, franchissent notamment l'autoroute A 54, la RN 113, le Vidourle, le Vistre et la Sarelle, le Lez et la Lironde. Tout cela équivaut à un ouvrage tous les 450 m environ. À comparer à une moyenne de 860 m sur la ligne en construction Sud Europe Atlantique (Tours – Bordeaux) et de 1 054 m sur celle Bretagne – Pays de Loire. Parmi les 176 ouvrages courants, 47 sont multi-travées, dont 11 TPE à tablier en poutrelles enrobées (9 ponts-rails et 2 ponts-routes), 29 PSDA à tablier dalle béton armé (27 ponts-rails, 2 ponts-routes), et 7 PSDP à tablier béton postcontraint. Sur les 129 ouvrages mono-





C ____
 Pour l'ouvrage
 de franchis-
 sement du
 Vidourle, des
 prédalles
 collaborantes
 prennent appui
 sur les poutres.

D ____
 Caniveaux en
 crête et fossés
 en pied
 de remblai :
 des mesures
 pour protéger
 la plate-forme
 ferroviaire
 d'une
 éventuelle
 pollution.

...

travée, 16 sont des PRAD, tablier à poutres précontraintes par fils adhérents, 3 des sauts-de-mouton. 48 ouvrages coulés en place sont de type PICF (Passage Inférieur à Portique Fermé) ou PIPO (Passage Inférieur à Portique Ouvert) ponts-rails ballastés ou non et ponts-routes, ainsi que PIPAL ponts-routes (passage inférieur fondé sur palplanches).

Sur l'ensemble du projet CNM, une variante d'ouvrages préfabriqués de la société Matière a été proposée pour 62 ouvrages qui, à l'origine, lors de la phase avant-projet détaillé, étaient prévus coulés en place. 47 sont des Opticadres type PICF, 5 des Optipieds de type PIPO, 10 des voûtes, dont deux doubles. « Étant donné la multiplicité des types d'ouvrages, la Direction Technique Infrastructures, composée de 25 personnes en pointe, rattachée à la Direction de Projet, a jugé préférable de définir les lots études en fonction du type d'ouvrages, plutôt que de choisir un découpage par tronçons géographiques », explique Dominique Regallet, directeur technique au sein d'Oc'Via Construction. Cette DT Infra a été mise en place pour gérer le développement des études d'exécution réalisées par une douzaine de bureaux d'études sous-traitants. « Le planning du projet étant très tendu et les équipes travaux mobilisées simultanément sur l'ensemble du tracé, environ 30 à 40 % des ouvrages ont dû faire l'objet d'un processus d'études accéléré, nécessitant des ressources adéquates à tous les échelons de la chaîne de production et de contrôle. »

Outre la préservation des milieux aquatiques sensibles et des cours d'eau, la ligne se doit aussi d'assurer la transparence hydraulique, un

sujet majeur pour les 31 communes traversées. C'est-à-dire ne perturber en aucune manière l'écoulement de l'eau, du moindre ruisseau à la grande rivière.

De plus, le contexte hydraulique méditerranéen s'avère particulier, avec des épisodes dits « cévenols » caractérisés par de très abondantes pluies sur de courtes périodes. Ces phénomènes climatiques récurrents ont nécessité la création d'un grand nombre d'ouvrages hydrauliques tout au long de la ligne. 86 d'entre eux ont une largeur supérieure ou égale à 2,50 m, ceux d'ouverture inférieure dépassent les 90 unités.

Le dimensionnement des grands viaducs a bien sûr été adapté pour passer au-dessus de rivières dont le débit peut augmenter soudainement, mais aussi franchir une plaine inondable.

Exemple dans le Gard avec celui du Vistre calculé pour des crues exceptionnelles : 530 m³/h, alors que le débit de pointe a atteint 400 m³/h lors d'une crue en 2005. Mesurant au total 345 m, il se caractérise par la conjugaison de deux ouvrages consécutifs et d'une succession de tabliers, chacun d'une longueur inférieure à 90 m, ce qui évite la mise en place d'appareils de dilatation des voies dont le coût est élevé et la maintenance délicate. Ses 87 m au-dessus de la rivière se prolongent par un ouvrage de décharge long de 261 m qui passe au-dessus du ruisseau de la Sarelle et assure la transparence hydraulique de toute la plaine inondable. De type quadripoutre en béton armé, il est constitué de quatre tabliers élémentaires consécutifs. Les quatre poutres longitudinales ont été réalisées sur la zone de préfabrication dédiée du chantier, transportées par convoi exceptionnel, puis montées à la grue mobile sur les appuis.

Situé sur la commune de Lattes, en périphérie sud-est de Montpellier, le viaduc du Lez et de la Lironde, qui est l'ouvrage non courant le plus long de la ligne avec un linéaire de 576 m, comporte lui aussi dans sa partie centrale une succession de quatre estacades constituées de 44 poutres préfabriquées en béton armé d'une longueur moyenne de 25 m.

Calendrier

Mai 2005 : déclaration d'utilité publique

Janvier 2012 : Oc'Via désigné titulaire pressenti

28 juin 2012 : signature du contrat PPP de 25 ans. Oc'Via devient maître d'ouvrage du CNM (hors gares et jonctions)

Juillet 2012 – fin 2013 : études préparatoires, procédures loi sur l'eau, inventaire faune et flore, acquisitions foncières, fouilles archéologiques, déviations des réseaux

Fin 2013 : démarrage des terrassements et du Génie Civil

Fin 2015 : début des équipements ferroviaires

Mi-2017 : essais et tests

Octobre 2017 : mise en service de la ligne

310 000 m³ de béton mis en œuvre !

Les ouvrages d'art édifiés sur le futur contournement TGV de Nîmes – Montpellier représentent un volume global d'environ 310 000 m³ de béton réparti en 160 000 m³ sur le département du Gard et 150 000 m³ sur celui de l'Hérault. « Nous avons deux options pour assurer la fabrication et approvisionner ces volumes de béton. Soit le fabriquer à partir de centrales mobiles de chantier, soit utiliser les centrales BPE existantes », explique Philippe Gillet, directeur Travaux Ouvrages d'art à Oc'Via Construction. « Même si utiliser des centrales mobiles de chantier le long des 80 km semblait au départ économique, nous avons choisi la seconde des solutions car le plus complexe ce sont les cadences et la régularité des approvisionnements. Livrer 310 000 m³ de béton en moins de 20 mois avec des piques de production de presque 2 000 m³ par jour et par département impose une logistique de transport très importante et complexe. » L'axe routier principal est l'autoroute A 9, proche du tracé de la future LGV. Une route parallèle existe aussi, mais servant de desserte des plages, elle est très

Chiffres clés superstructure

Longs rails soudés : 17 500 tonnes

Traverses monoblocs béton : 211 000

Appareils de voie : 28

Ballast : 620 000 tonnes

Poteaux caténaires : 6 500



E



F



G

E —
Les poutres
préfabriquées
en béton armé
des estacades
du viaduc
du Lez et
de la Lironde.

F —
Long au total
de 345 m,
le viaduc
du Vistre
comporte
un ouvrage
droit de 261 m
de type
quadripoutres
en béton armé.

G —
17 ouvrages,
dont le pont-
route de
la RD 42
à Caissargues
(Gard), font
appel à la
technique sur
appuis VSol®.
Des écailles
en béton armé
constituent
le parement.

...

souvent encombrée surtout en été. Les centrales BPE se sont associées pour répondre aux besoins du chantier : à savoir un groupement sur l'Hérault, Montpellier Béton – Lafarge, et Unibéton – Cemex pour le Gard. Ces deux groupements ont fait agréer et exploitent six centrales chacun. Douze centrales approvisionnent donc l'ensemble du chantier LGV, mais fournissent aussi d'autres réalisations. Pour l'ensemble de la production, Oc'Via gère des plannings sur trois-quatre semaines pour les gros bétonnages. L'organisation est un peu différente entre les deux départements. Dans le Gard, sur ses six centrales, Unibéton – Cemex a modifié la production pour utiliser les mêmes agrégats, les mêmes ciments et les mêmes adjuvants. « Cela procure une souplesse puisque nous disposons de six centrales totalement compatibles entre elles », poursuit Philippe Gillet.

« Pour l'Hérault, la programmation est plus complexe puisque nous ne pouvons bénéficier que de trois fois deux groupes de centrales dont nous avons limité le mélange à une éventuelle panne des deux centrales d'un même groupe. » Si les bétons mis en œuvre sont relativement standards, avec malgré tout une durabilité exigée des ouvrages de 100 ans, deux critères supplémentaires ont dû être pris en compte : la Réaction Sulfatique Interne (RSI) en limitant le dégagement de température à cœur du béton, que les fortes chaleurs du climat méditerranéen et les épaisseurs importantes des parties d'ouvrages à réaliser ne font qu'amplifier, et une rhéologie de 3 heures afin de pallier les aléas de durée de transport. Chaque groupement a dû étudier des formules spécifiques satisfaisant à ces exigences que Oc'Via a validées lors d'essais de convenance avant le démarrage des livraisons.

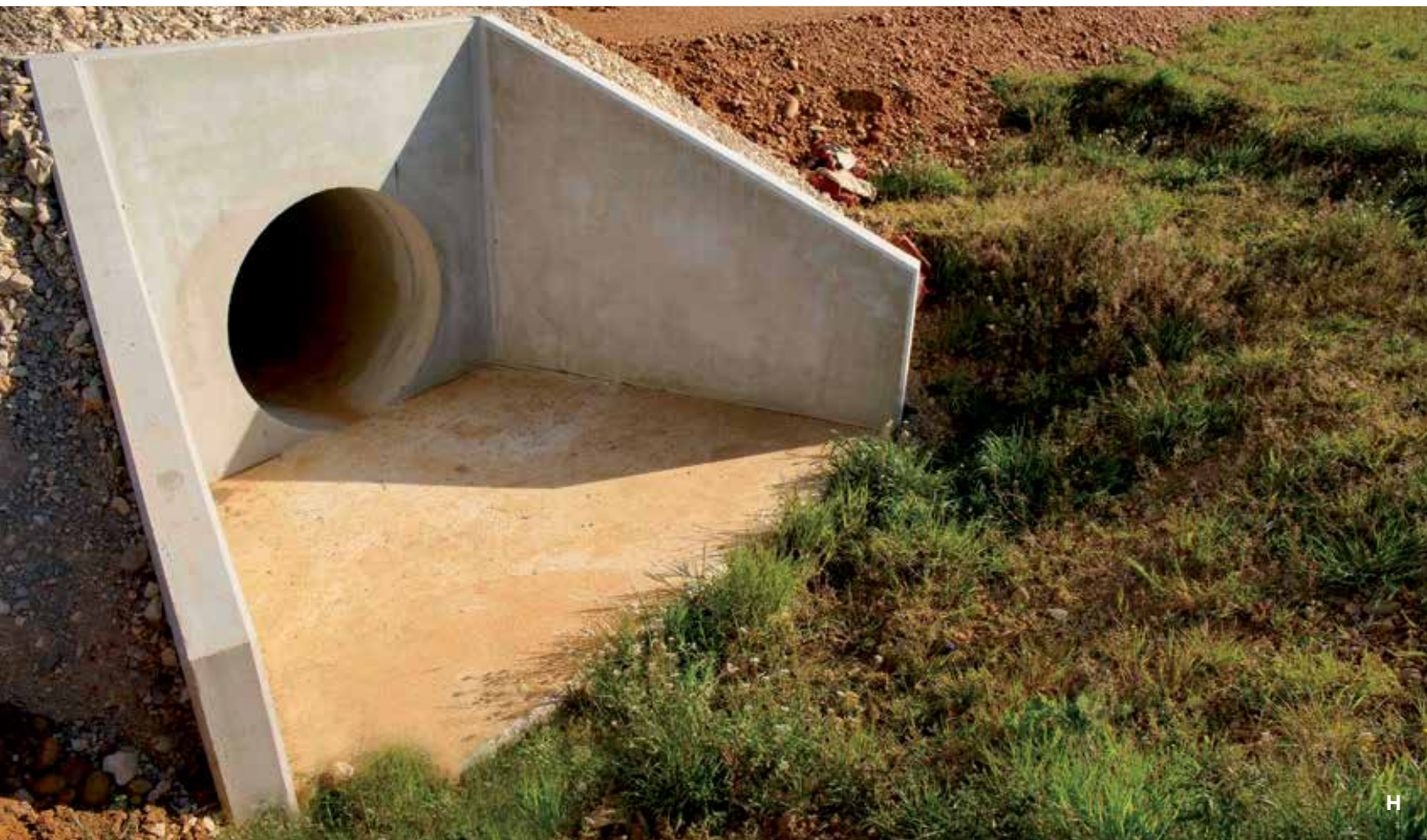
Béton à base de granulats recyclés pour un ouvrage de la véloroute

En passant sur un petit ouvrage franchissant le ruisseau de Valdebane près de Nîmes, les cyclistes randonneurs qui circuleront sur la véloroute de 40 km de longueur suivant en partie le tracé du CNM ne le devineront pas. Pourtant ce pont-cadre identifié RE 411-1 est particulier. Il met en œuvre un béton incorporant 20 % de gravillons de béton recyclé. Si une telle utilisation dans les ouvrages d'art est désormais autorisée par la norme NF EN 206/CN dans certaines limites, les réalisations avec ce type de matériau sont peu nombreuses et les retours d'expérience rares. « Il n'y a pas d'application concrète pour appréhender l'intérêt et les problématiques éventuelles en termes de durabilité d'utilisation de ces granulats dans les bétons de structure », résume Jacques Resplendino, directeur Sud-Est chez Setec TPI.

Dans le cadre du Projet National Recybéton, projet collaboratif de recherche visant à favoriser la réutilisation de l'intégralité des produits issus des bétons de déconstruction, le LERM, laboratoire du groupe Setec, cherchait une concrétisation en grandeur réelle. « Nous avons profité du chantier CNM pour le mettre en œuvre sur un ouvrage routier en visant plusieurs objectifs. Comprendre pourquoi les granulats recyclés ne sont pas encore utilisés dans le béton de structure, lancer une démarche dans ce sens, voir l'intérêt pour le Projet National en termes de problématiques durabilité. Tous les partenaires, Oc'Via, Bouygues TP, Unibéton, le fournisseur de granulats Languedoc-Roussillon Matériaux (LRM), ont été partants et moteur. » Les essais de caractérisation et de performance de la formulation (consistance, résistances mécaniques, retraits, porosité à l'eau, perméabilité aux gaz, pénétration des ions chlorure, performance vis-à-vis de la RAG), ainsi que les observations visuelles effectuées depuis le coulage du béton au cours de l'été 2014 n'ont pas permis de détecter de problèmes, ni de défauts particuliers sur l'ouvrage. Une extension d'un des murs en retour a permis d'aménager une zone de carottage pour

Une assistance clientèle avec des études maturométriques

Si, sur le département de l'Hérault, Lafarge béton travaille avec Colas, dans le Gard, la fourniture de ciment pour tout ce qui est élévations d'ouvrages est assurée par Ciments Calcia (Italcementi Group). « La qualité majeure du ciment, c'est sa régularité. Nous en livrons un seul à Unibéton et Cemex Béton : le CEMI 52,5 N SR3 CE PM CP2 NF venant de Beaucaire. Ce ciment de type SR3 a une teneur en aluminat tricalcique (C3A) inférieure à 3, ce qui confère au béton de meilleures résistances chimiques face à l'action des sulfates et des chlorures », confirme Claude Valentin, ingénieur technico-commercial chez Ciments Calcia. La société dispose d'un laboratoire mobile avec un technicien qui se déplace sur les chantiers de la LGV. En mettant au point les formules de béton avec Unibéton et Cemex Béton, Bouygues voulait savoir à quelle échéance, en fonction de la température, il était possible de décoffrer. « Depuis longtemps, nous savons que la montée en résistance du béton se fait de façon parallèle avec la montée en température. Avec ce laboratoire mobile, nous avons effectué des études maturométriques. » Quatre formules (trois avec le ciment Calcia, une avec celui de Lafarge) ont été testées. Pendant deux jours ou plus, températures et résistances du béton sont mesurées en disposant des éprouvettes au pied de la centrale et dans un caisson isolé. « Nous obtenons ainsi deux histoires thermiques du béton. Nous pouvons alors déterminer l'énergie d'activation avec laquelle il est possible de tracer la courbe de référence de ce béton. » Lors du bétonnage, l'entreprise dispose des sondes thermiques (capteurs) dans les derniers bétons. La mesure de la température du béton permet d'estimer sa résistance mécanique, que ce soit en hiver ou en été. « C'est une assistance clientèle dont l'objectif vise à lui permettre de décoffrer plus vite et d'améliorer ainsi la productivité. Cela fait 14 mois que nous livrons et il n'y a eu aucun retour négatif sur la qualité du ciment », conclut Claude Valentin.



H

H ____
Buses et dalots facilitent l'écoulement de l'eau sous la plate-forme.



I

I ____
Une pile du futur viaduc (576 m) du Lez et de la Lironde.



J

J ____
Des vols d'oiseaux stylisés, peints en jaune clair dans le Gard, en bleu dans l'Hérault, sont incrustés dans le béton. Une volonté de l'architecte Alain Spielmann.

...

suivre des indicateurs de durabilité. Un suivi de la profondeur de carbonatation et des performances de durabilité est prévu sur trois ans. Oc'Via envisage d'utiliser sur une autre véloroute une formule mise au point avec 40 % de gravillons de béton recyclé. Voire d'étudier une formulation de substitution à 100 % pour réaliser certaines parties de bâtiments d'exploitation de la ligne. Par ailleurs, le PN Recybéton imagine déjà d'autres chantiers expérimentaux permettant de démontrer une possible extension des seuils actuellement fixés par la norme béton.

Photo : Oc'Via – Y. Brossard



Tranchée de Manduel : la réponse à des contraintes ferroviaires et hydrauliques

Franchir par le dessous un faisceau ferroviaire de quatre voies, deux de la LGV Méditerranée Paris – Nîmes encadrant deux voies de la ligne classique Tarascon – Sète, limitant donc les possibilités d'interruption du trafic. S'insérer dans un environnement sensible avec une nappe phréatique présente à environ 3 m sous le terrain naturel... À l'extrémité est du CNM, la réalisation de la tranchée de Manduel, qui va constituer le raccordement permettant aux trains fret de passer de la ligne nouvelle au réseau classique ou inversement, a constitué un défi majeur. Long au total de 1 217 m, cet ouvrage représentant un volume total de 51 000 m³ de béton se décompose en trois parties. Une tranchée ouverte côté Nîmes de 552 m constituée de parois moulées épaisses de 520 mm ou 820 mm selon la profondeur d'excavation et d'un radier d'épaisseur constante de 800 mm. Une tranchée ouverte aux mêmes caractéristiques, longue de 568 m, se trouve côté Montpellier. Toutes deux, en partie équipées de butons définitifs en béton armé au droit de leur plus grande profondeur, forment les rampes de descente et permettent de franchir en souterrain la RD 3 à fort trafic et la route de Jonquières qui sera un accès à la future gare TGV de Manduel. Sensiblement au milieu de ces deux ouvrages, se trouve la tranchée couverte, longue de 97 m, qui croise en biais le réseau ferré national. Édifier directement en place cette dernière s'avérait impossible à cause des lourdes

et longues conséquences sur la circulation des trains. En concertation avec la SNCF et RFF, la solution retenue a donc consisté, de part et d'autre de la plate-forme ferroviaire, à préfabriquer une dalle de couverture en béton armé à son altimétrie définitive, puis à procéder à son ripage horizontal. Un parti pris qui a nécessité au préalable un rabattement de la nappe phréatique pour créer les deux aires de travail. Lors de spectaculaires opérations, les deux parties de la dalle ont été ripées dans leur situation définitive par l'entreprise Sarens à l'aide de plate-formes automotrices Kamags au cours de deux week-ends d'interruption totale de circulation des trains. Mobilisant 180 personnes, l'ouvrage nord (17 m de large, 40 m de long, 3 000 t) a été mis en place en 60 heures du 6 au 8 septembre 2014. L'ouvrage sud (17 m de large, 50 m de long, 4 000 t) en 81 heures quinze jours plus tard, du 18 au 22. En « non-stop », il s'agissait selon un phasage très précis et minutieux de déposer les voies SNCF, d'araser le déblai de 6 000 à 8 000 m³, de préparer le fond de fouille, de ripper les ouvrages à l'aide des Kamags, de les remblayer, de reposer les voies et de procéder aux épreuves d'essais.

Cumulant quelque 1 500 m³ de béton et 300 t d'armatures, la dalle a été conçue avec deux galeries latérales permettant, une fois l'ouvrage en position définitive, de réaliser des colonnes de jet grouting. Celles-ci servent d'une part à soutenir la dalle, d'autre part à assurer une protection pour réaliser les travaux « en taupé » du radier puis des pié-

droits qui constituent la structure complète du cadre. Hormis des ralentissements variant en fonction du risque de tassement ou de soulèvement des voies pendant les diverses phases de réalisation de la tranchée, la gêne pour les trains était ainsi réduite au minimum. Afin de garantir les circulations ferroviaires en toute sécurité, un système d'auscultation en continu a d'ailleurs été mis en place pour détecter tout déplacement et déclencher des alarmes. Autre prise en compte impérative par les concepteurs, les parois de la tranchée, qui équivalent à une surface totale de 33 270 m², risquaient de faire barrage aux eaux souterraines. « Pour limiter cet effet en phase définitive et ménager une transparence hydraulique, les parois ont été en partie conçues en "jambes de pantalon", explique Nicolas Berthe, en charge des études des ouvrages d'art au sein d'Oc'Via Construction. « Sur un panneau de 7 m de long, la partie centrale de 2,80 m est fichée dans les marnes hydrauliques et les deux parties encadrantes sont en porte-à-faux pour permettre le passage et l'écoulement de l'eau (porosité 60 %). Ceci afin d'éviter des remontées trop importantes du niveau de la nappe côté amont et des rabattements pour limiter l'impact au niveau d'éventuels puits privés de captage chez les riverains. » La tranchée constituant un point bas dans le profil en long de la ligne, une station de pompage constituée d'un réservoir sous les voies et d'un système automatique de six pompes évitera par ailleurs un risque d'accumulation des eaux de ruissellement. ■



L



M

K ____
La dalle en deux éléments de la tranchée couverte de Manduel (3 000 et 4 000 t) a été mise en place en 60 heures et 81 heures !

L ____
Quadripoutre en béton armé pour le franchissement du ruisseau de la Sarelle et de transparence hydraulique de la plaine du Vistre.

M ____
Longue de 1 217 m, la tranchée de Manduel comporte deux zones ouvertes en partie butonnées.

NANTERRE

ARENA 92, UNE DEMI-ELLIPSE DE VERRE ET DE BÉTON

Au cœur du quartier d'affaires de la Défense, le complexe Arena 92, signé Christian de Portzamparc est un stade de rugby (résidence du Racing Métro 92) et une salle de spectacle urbaine.

TEXTE : SYLVIE ROMAN – REPORTAGE PHOTOS : ALINE BOROS

Situé à deux pas de l'Arche qui lui fait écho à l'est, le futur multiplexe dédié aux sports et aux spectacles bénéficie d'une accessibilité optimale, avec les gares du RER A et le métro, et dès 2020, une passerelle qui le reliera à la future gare de la Folie de Nanterre, connectant ainsi la zone à l'ouest de l'agglomération. Portée depuis 2006 par Jacky Lorenzetti, le « patron » du Racing Métro 92, l'opération est assez inédite, puisqu'il s'agit d'un programme privé de 400 M€, comprenant un stade polyvalent et un immeuble de bureaux, soit un total de 100 000 m², sortis de terre en seulement 37 mois et œuvre du cabinet d'architecture Elizabeth & Christian de Portzamparc.

Un programme complexe et contraint

Le programme est hétérogène, puisque, comme le souligne Jacky Lorenzetti, « ça sera une salle de spectacle dans laquelle on pourra jouer au rugby ». Sans compter le bâtiment de bureaux, réalisé en Vefa¹ pour le Conseil départemental des Hauts-de-Seine et qui contribue à amortir l'opération sur le plan financier.

Cet immeuble de bureaux est situé au nord de la parcelle, et développe 30 000 m² de surface en R + 8, avec dès le deuxième niveau un important porte-à-faux couvrant la rue au nord. Sa caractéristique principale est de jouxter l'Arena proprement dite, sans aucun lien direct, pour des raisons d'isolation acoustique optimale.

Le haut mur-manteau qui sépare les deux ouvrages est en fait traité en deux parties distinctes : de part et d'autre, au niveau des gradins, un voile en pré-mur constitué de béton lourd d'une densité de 3 t/m³ et de 70 cm d'épaisseur « ferme » l'ensemble de l'immeuble de bureaux, alors qu'à l'intérieur de l'Arena, Vinci Construction France a réalisé un autre pré-mur constitué de béton lourd surmonté d'une structure mixte en acier, et de dalles en béton lourd. Au centre, le « mur de scène » est en fait constitué d'un complexe mixte acier et isolant, de 120 cm d'épaisseur et complètement désolidarisé de l'immeuble de bureaux. Ce sandwich multicouche assure une parfaite indépendance des structures, et réduit au maximum les ponts acoustiques entre la par-

tie de bureaux et celle, plus bruyante, dévolue aux matchs et aux concerts.

La forte contrainte acoustique vis-à-vis des riverains pendant la phase chantier ainsi que « la volonté de Vinci Construction France de réduire la pénibilité de travail des compagnons tout en améliorant le rendu fini des bétons qui resteront en majeure partie apparents, expliquent le recours à des bétons autoplaçants pour la réalisation de l'ouvrage », précise Frédéric Petit, directeur des travaux de l'Arena chez Vinci Construction France.

200 pieux et des fondations en dentelle

La partie immergée de l'ouvrage est complexe, car celui-ci est implanté au-dessus d'un véritable gruyère, et tient compte des futurs projets portés par l'Epadesa² et RFF. Ainsi aujourd'hui, outre le passage en souterrain de l'autoroute A 14 au sud et au nord-ouest de la parcelle, le sous-sol sud-ouest est occupé par une usine de ventilation sur laquelle prend appui la superstructure de l'Arena ! Soletanche Bachy, qui a réalisé l'ensemble des travaux de fondations, a aussi modélisé et réservé le passage souterrain de la future ligne Eole.

Le dimensionnement des 200 pieux, de 60 à 120 cm de diamètre, est fonction de la profondeur à laquelle ils prennent appui, jusqu'à

Maître d'ouvrage : Racing Arena – **Maître d'œuvre :** Cabinet d'architecture Elizabeth & Christian de Portzamparc et Avel acousticien – **Entreprise :** Vinci Construction France – **Mandataire de l'opération conception-construction :** GTM Bâtiment en groupement avec Petit, Chantiers Modernes et TPI – **Bureau d'études :** SIDF – **Coût :** 400 M€ HT dont 220 M€ pour l'Arena et 180 M€ pour les bureaux.

1 – Vente en État Futur d'Achèvement.

2 – Établissement public d'aménagement de la Défense, aménageur des espaces publics et souterrains.



A



B

A ____
 Vue
 d'ensemble
 du complexe
 Arena 92.
 Sur la droite,
 l'immeuble
 de bureaux
 attenant au
 stade.

B ____
 L'Arena 92,
 et son
 couronnement
 de coques
 préfabriquées
 en béton de
 ciment blanc,
 réalisées
 par l'entreprise
 Jousselin
 (Angers).

...

Des bétons lourds

La centrale BPE Lafarge de Nanterre a fourni les bétons autoplaçants du chantier de l'Arena, et les bétons lourds, de classe de résistance C 40/45 et de densité 3,2 t/m³, à base de magnétite. Pour répondre aux besoins du chantier, la centrale de Nanterre a tourné à plein régime (ses capacités maximales sont de 90 m³/heure), et a dû adapter son plan de charge, épaulée par la centrale de Gennevilliers, répondant en cas de besoin et de secours.

22 m pour les plus profonds, et des structures qu'ils supportent : gradins, voiles des bureaux, ou « pelouse » du stade. Les surcharges prévisibles, comme les spectateurs, et les aléas tels que le vent ont aussi été pris en compte pour leur dimensionnement. « *Notre BE Structure a modélisé l'ensemble de l'opération afin de calculer tous les efforts point par point* », précise encore le directeur des travaux. L'intervention de Soletanche Bachy a aussi porté sur la réalisation des parois de 20 à 25 cm d'épaisseur en béton projeté sur un treillis soudé et clouté de 6 à 7 m de hauteur, qui forme l'enceinte du sous-sol. Il comprend un niveau de parking de 480 places.

Gradins et portiques

Visuellement, l'Arena est assez déconcertante, l'extérieur n'annonçant en rien l'intérieur. Côté pile, un bâtiment semi-arrondi, couvert d'un parement mêlant dalles de béton blanc et dalles de verre illuminées de leds en soirée, chapeauté d'une couronne à double ondulation en béton blanc (*voir encadré*). Côté face, un immense fer à cheval descend en gradins et donne sur un long mur de scène, à la manière d'un théâtre antique romain, qui sera habillé par un écran géant de 2 200 m², « *le plus grand du monde* », annonce Jacky Lorenzetti.

Les quatre hautes tours d'intervention pour les pompiers érigées aux angles de l'Arena constituent la clé de ce Mécano géant.

D'une hauteur de 32 m et 9 x 6 m de côtés, elles ont été réalisées avec des coffrages grimpants (Doka). Les murs de 80 cm d'épaisseur sont coulés avec un béton autoplaçant, d'une résistance au jeune âge permettant un décoffrage après seulement 12 heures. Les tours sont fermées en partie supérieure par une dalle monumentale de 2 m d'épaisseur, pour des raisons de résistance et d'inertie.

En effet, les tours, espacées de 80 m au nord, et 100 m au sud, servent de points d'appui pour de gigantesques poutres en acier placées en porte-à-faux. Cette structure mixte béton-acier supporte à son tour la charpente métallique qui sera posée à l'aide d'une grue géante, ayant un couple de charge maximum de 400 t à 34 m de distance.

44 portiques et 6 niveaux de coulage

Placés en U autour de la pelouse (synthétique, une première pour un stade de rugby), 44 portiques d'une trentaine de mètres de hauteur soutiennent l'ensemble des gradins et des déambulateurs des étages. Ils ont été réalisés avec un BAP de classe de résistance C 40/45 gris clair et d'une densité de 3,2 t/m³, produit par la centrale BPE Lafarge de Nanterre. Les portiques ont été coulés en six opérations, avec des coffrages de 4 à 5 m de hauteur, et « *plusieurs entrées de coulage, afin de garantir le niveau du béton et l'homogénéité de l'opération* », précise Éric Heitz, commercial chez Lafarge, en charge du projet. Les portiques, qui s'élèvent jusqu'au faîtage, supportent sur leurs deux derniers niveaux la charpente métallique sur laquelle sont arriérées les coques ondulantes en béton armé. Quant aux gradins préfabriqués, s'étageant sur une quarantaine de niveaux, chacun a été muni d'un QR code, afin de valider et faciliter son implantation sur les portiques.

La deuxième caractéristique de ce programme décidément polymorphe, c'est son arène, traitée comme une salle de spectacle : sous la pelouse, se situe le dernier niveau des sous-sols, dévolu à la machinerie et aux locaux techniques. Un clin d'œil au Colisée de Rome et à son célèbre complexe souterrain... ■

Chiffres clés

Superficie Arena : 70 000 m²

Superficie bureaux : 30 000 m²

Gradins préfabriqués : 13 km

Portiques en BAP : 44 sur 7 niveaux

Bétons : 55 000 m³

Armatures : 5 000 t

Acier charpente : 5 000 t

Coques en béton armé : 543 u

Spectateurs : 30 600 (concert)
à 40 000 (match)

Durée de réalisation : 37 mois

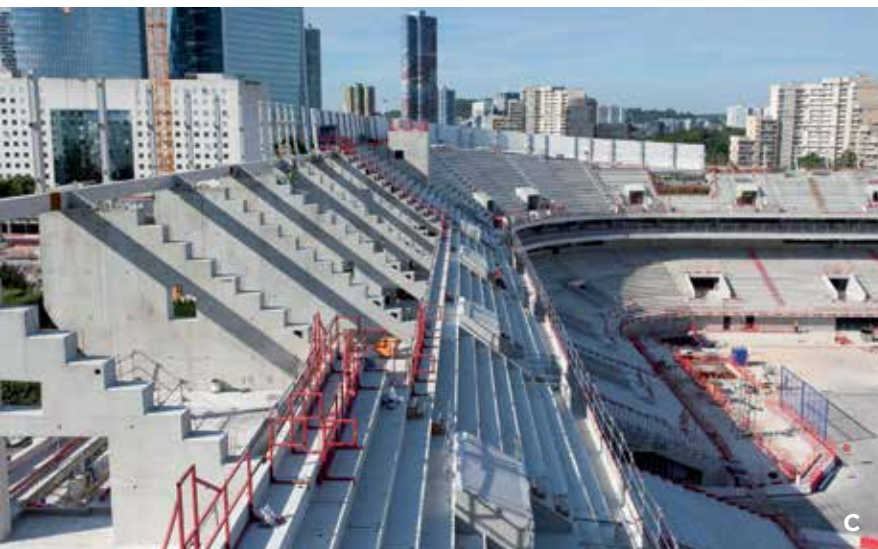
Mise en service : début 2017

Des coques ondulantes en béton blanc

543 coques en béton de ciment blanc ornent la toiture et le haut des tribunes et éclairent le ciel de la Défense, dans une longue et double ondulation, en opposition parfaite avec les lignes abruptes de l'Arche toute proche et des immeubles rectilignes. La partie sommitale en couronne est constituée de cinq niveaux de coques préfabriquées en béton blanc de classe de résistance C 40/45, réalisées par l'entreprise Jouselin à Angers.

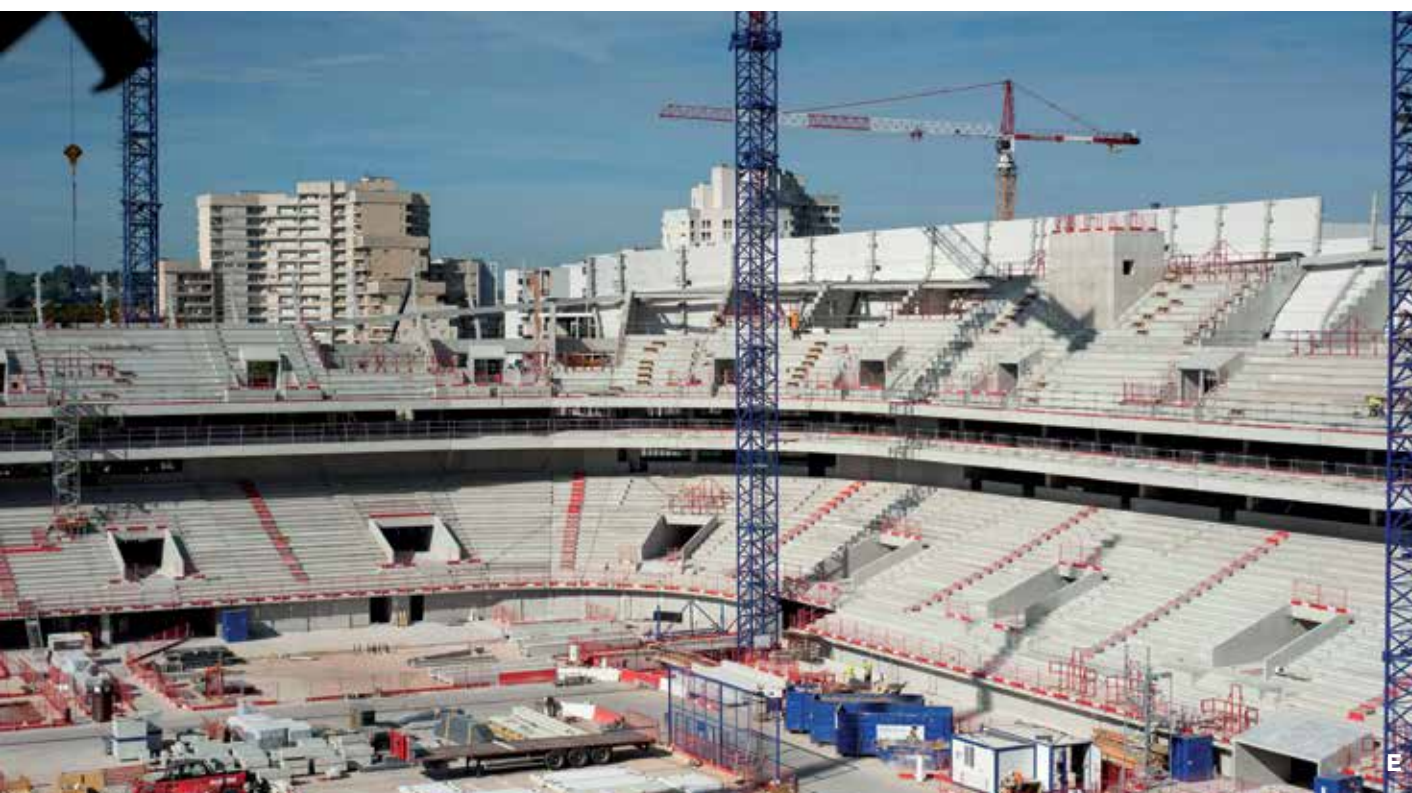
Les 4 700 m² de coques, d'une épaisseur de 160 mm, sont loin d'être identiques, car il fallait réaliser à la fois les virages et des ondulations complexes. « *Elles sont planes, courbes, concaves, convexes, coniques, toriques, et même, pour l'oculus de l'immeuble de bureaux, en forme de boomerang !* », explique Yves Fournier, en charge du projet chez Jouselin. Les coques les plus simples et les plus planes font 3 m par 5,25 m pour un poids de 5 à 8 t, selon la forme.

Quant à la teinte du béton, l'architecte Christian de Portzamparc souhaitait une teinte se rapprochant le plus possible de celle de l'Arche, qui est juste en ligne de mire, un ton pierre blanche.



C ____
Gradins
préfabriqués
et portiques
coulés en
place.

D ____
Détail
du système
d'accroche
des coques
préfabriquées.



E ____
Vue de
l'intérieur
de l'Arena.

F ____
Côté scène,
avec de part
et d'autre les
tours d'accès
pour les
pompiers :
32 m de
hauteur et
9 x 6 m
de côtés.



G ____
L'Arena : seul
ouvrage en
courbes dans
un univers
rectiligne.

GALLARGUES-LE-MONTUEUX

UNE PASSE À POISSONS SUR LE VIDOURLE

Aloses feintes, anguilles et autres poissons migrateurs ne rencontrent désormais plus d'obstacle pour remonter le Vidourle, grâce à une passe spécialement conçue pour eux sous un viaduc ferroviaire.

TEXTE ET REPORTAGE PHOTOS : MICHEL BARBERON

Sur plus d'une vingtaine de kilomètres du Vidourle, rivière qui marque la limite des départements du Gard et de l'Hérault, l'aloise feinte peut désormais effectuer sa migration en toute liberté.

Restaurer la continuité écologique

Grâce à des aménagements réalisés par le Syndicat Interdépartemental du Vidourle (SIIV), mais surtout par la suppression d'un obstacle majeur. Dans ce secteur, tout comme l'anguille, l'aloise feinte ce poisson d'eau de mer habitué à remonter les cours d'eau pour se reproduire, se heurtait en effet jusqu'alors au radier d'un ouvrage ferroviaire de la ligne Nîmes – Montpellier. Situé sur les communes de Lunel (Hérault) et de Gallargues-le-Montueux (Gard), en zone Natura 2000, ce pont-rail en pierres construit en 1848 est constitué de cinq arches en plein cintre de 16 m d'ouverture chacune. Les fondations des piles ont été protégées par un radier en maçonnerie et béton de chaux de 1,40 m d'épaisseur, lui-même maintenu à l'origine par un rideau de pieux et de palplanches en bois et un garde-radier aval. Problème, lors de l'étiage, période de l'année où le niveau du cours d'eau atteint son point le plus bas, ce garde-radier, conjugué

à la chute d'eau provoquée par le rideau de palplanches, devenait un obstacle infranchissable pour ces espèces piscicoles.

Dans le cadre du plan national de restauration de la continuité écologique du cours d'eau visant à rendre possible aux poissons leur cycle naturel, en particulier au moment de la reproduction, l'ouvrage a été répertorié par les services de l'État, notamment l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA). Fin 2011, Réseau Ferré de France, propriétaire et gestionnaire des voies ferrées (devenu SNCF Réseau depuis janvier 2015), lance une étude de structure et de faisabilité technique et économique pour l'aménagement d'une passe à poissons. Créée en rive gauche du Vidourle, sous la deuxième arche du viaduc, entre les piles P1 et P2, celle-ci doit respecter les exigences de la loi sur l'eau et les caractéristiques techniques imposées par l'ONEMA au niveau des pentes, soit 4,8 % en longitudinal et 4,5 % en latéral. L'étude visait plusieurs objectifs. Analyser les conséquences des travaux sur la structure générale du pont, étudier leurs conditions de réalisation vis-à-vis de la sécurité des circulations ferroviaires, estimer le montant des travaux nécessaires. Les conclusions sont présentées

Trame bleue : continuité écologique pour poissons

Démarche issue du Grenelle de l'Environnement, la Trame verte et bleue vise à maintenir et reconstituer un réseau d'échanges sur le territoire pour que les espèces animales et végétales puissent communiquer, circuler, s'alimenter, se reproduire, se reposer. Bref, assurer leur survie. La partie « bleue » concerne les zones humides et les cours d'eau, notamment avec la création de passes à poissons.

en août 2012 au comité régional d'investissement de RFF qui autorise l'engagement des phases d'études détaillées, d'études de projet et de réalisation pour un montant global de 450 000 euros. Pour sa part, l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse contribue à 50 % du montant des études préliminaires et à 80 % des phases projet et réalisation.

Casser la dynamique de l'eau

SNCF Ingénierie, qui assure la maîtrise d'œuvre « études et travaux » de ce projet, a confié les travaux à Berthouly TP. Ce n'est pas une première pour cette société spécialisée en génie civil. Elle a déjà réalisé une passe à poissons sur la commune de Sauzet dans la Drôme et vient d'en créer une dans l'Isère. Sur le Vidourle, le chantier qui a obéi à un cahier

Maître d'ouvrage : RFF (SNCF Réseau) – **Maître d'œuvre :** SNCF Ingénierie – **Entreprise de Génie Civil :** NGE Berthouly TP – **Producteur de béton :** Unibéton Méditerranée



A



B

A ____
La passe à poissons, large de 10 m et longue de 22 m, a été créée sous la deuxième arche d'un viaduc situé sur la ligne Nîmes - Montpellier.

B ____
Un suivi environnemental a été assuré pendant toute la durée des travaux qui ont eu lieu de mai à septembre 2014.

...

Un prix décerné par le SNBPE

Lors du Salon des maires 2014, le Syndicat National du Béton Prêt à l'Emploi (SNBPE) a décerné le prix « Mieux protéger la planète », catégorie biodiversité, à cette passe à poissons. Dans ce cas particulier, le matériau béton exprime bien ses qualités : robustesse et neutralité dans le milieu, grande souplesse de mise en œuvre, adaptation à toutes les exigences. Il procure aussi de la stabilité à l'ouvrage, indispensable pour une bonne tenue dans le temps et une résistance aux importantes variations de régime de la rivière.

Photo: DR



des charges très précis, a été mené de mai à septembre 2014, période préconisée par la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) du Gard dans le cadre de la loi sur l'eau. Le respect de celle-ci a nécessité un suivi environnemental sous forme d'un balisage des zones sensibles sur les rives, de mesures d'indicateurs de la qualité de l'eau, de mise en place de barrages filtrants et de bassins de décantation afin d'éviter toute pollution des milieux extérieurs à la zone d'intervention. Les travaux proprement dits du radier ont été précédés de plusieurs phases préparatoires comme le contrôle topographique du lit du Vidourle pour vérifier les profils en long, le niveau des enrochements et celui du radier. Afin de travailler au sec, la zone a été délimitée par un batardeau provisoire avec pompage permanent. Large de 10 m et longue de 22 m, la passe comporte 113 cylindres de béton, d'un diamètre de 50 cm, hauts de 90 cm, capables de résister à une poussée de 3 tonnes.

Leur objectif ? Casser la dynamique de l'eau et permettre ainsi aux poissons de s'abriter pour se reposer lorsqu'ils remontent la rivière. Ces « menhirs » ont été coulés en place et encastrés dans une dalle en béton armé, ce qui leur laisse une hauteur utile de 50 cm. Une seconde phase a consisté à mettre en place des enrochements secondaires disposés entre les menhirs de façon aléatoire et scellés dans

un bain de mortier d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur. Pour ne pas déstabiliser le radier en maçonnerie, structurel vis-à-vis des piles de l'ouvrage existant, sa démolition a été réalisée par plots.

290 m³ de béton mis en œuvre par pompage

Cinq « U » en béton armé accolés ont ainsi été réalisés sur une aire de préfabrication proche du site, puis installés un par un. Les contraintes chantier étaient élevées. « Les travaux dans le lit de la rivière Vidourle pouvant être soumis aux régimes torrentiels des épisodes cévenols ont imposé une gestion des risques spécifiques, ainsi qu'un délai de réalisation court, limité à la période estivale. Le viaduc SNCF, étant sous circulation ferroviaire, a imposé par ailleurs un phasage précis de démolition et reconstruction du radier, et donc de livraison du béton », explique William de Warren, directeur commercial Unibéton. Enfin, l'accès difficile au site a nécessité la création d'une piste et d'une plate-forme pour mise en station de la pompe à béton.

Plutôt classique pour des travaux de Génie Civil, ce béton, acheminé sur place depuis la centrale Unibéton Codognan (Gard) et mis en œuvre par pompage, est de classe de résistance C30/37 et de classe d'exposition XA1 validé pour les ouvrages SNCF. Le volume total mis en œuvre a atteint 290 m³. Afin

d'éviter des affouillements rapides au droit des seuils amont et aval de la passe à poissons, un reprofilage en enrochements du lit du Vidourle a été réalisé aux abords immédiats. La passe est fonctionnelle depuis septembre 2014. Au total, ce sont 40 km du Vidourle qui seront réhabilités jusqu'à Sommières avant fin 2018. ■

La passe à poissons obtient un 1^{er} prix catégorie « génie écologique »

Lors de l'édition 2014 du Prix Infrastructures – Mobilité – Biodiversité (IMB), 23 projets et initiatives ont concouru. La création de la passe à poissons dans le lit du Vidourle a été récompensée par le 1^{er} prix dans la catégorie « génie écologique » décerné à la Direction Régionale Languedoc-Roussillon de RFF (SNCF Réseau) et l'Agence de l'eau. Le Prix IMB est organisé depuis 2010 par l'institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité (IDRRIM). Il récompense chaque année les meilleures initiatives prises par les acteurs impliqués dans la conception, la construction, la gestion, l'entretien, l'aménagement, la requalification et l'exploitation des infrastructures de mobilité en faveur de la préservation, de la restauration et de la valorisation des écosystèmes et de la biodiversité.



C ____
 Les « menhirs »
 de 50 cm de
 diamètre
 et hauts
 de 90 cm,
 laissant une
 hauteur utile
 de 50 cm, sont
 ancrés dans
 un radier en
 béton armé.
 Au-dessus, des
 enrochements
 secondaires
 disposés de
 façon aléatoire
 ont été scellés
 dans un bain
 de mortier.

D, E ____
 Les 113 cylin-
 dres de béton
 cassent
 la dynamique
 de l'eau
 et permettent
 aux poissons
 de se reposer
 lorsqu'ils
 remontent
 le courant.

NOTRE-DAME-DE-LORETTE

MÉMORIAL INTERNATIONAL, MONUMENTAL ET INTIME

Pour célébrer le centenaire de la première guerre mondiale, la nécropole accueille un monument international où sont inscrits les noms de tous les soldats tombés en Flandre française et en Artois.

TEXTE : DELPHINE DÉSVEAUX – REPORTAGE PHOTOS : HERVÉ ABBADIE, AITOR ORTIZ ET SOPHIE BOCQUET

Flottant au-dessus de la brume au cœur d'une nature apaisée qui semble n'avoir rien connu d'autre, la colline de Notre-Dame-de-Lorette offre un point de vue remarquable sur la plaine de l'Artois et sur les terrils de Loos-en-Gohelle. Et pourtant ! Bien que difficile à envisager, il faut imaginer les offensives, la prise de chaque ravin, l'horreur du champ de bataille, cette vaste bauge où le rouge des hommes se mêlait à l'ocre de la terre d'où s'élevaient des gémissements...

Le Mémorial de la Grande Guerre

Le 4 octobre 1914, après avoir échoué dans la prise d'Arras, l'armée allemande se rend maîtresse de la colline, poste d'observation stratégique très convoité entre Arras et Béthune. Après différents assauts contre les positions allemandes, le promontoire retombe sous contrôle français en mai 1915 au terme de 13 jours de combats. Durant ces batailles d'Artois, les pertes s'élèvent à près de 180 000

dans les rangs français et à 130 000 chez les Allemands. À l'issue du conflit, l'État français crée en ce lieu de sinistre mémoire le cimetière militaire de Notre-Dame-de-Lorette : 27 hectares rassemblent 19 000 tombes individuelles et huit ossuaires contenant 22 970 corps non identifiés. La plus grande nécropole nationale française. Au centre, s'élèvent une tour-lanterne (1925) et une basilique (1937), toutes deux édifiées par l'architecte Louis-Marie Cordonnier. Pour des raisons économiques, ce dernier avait choisi un béton clair avec de faux joints pour imiter un appareillage de pierre.

Un siècle plus tard, pendant que Pierre Lemaitre écrivait son *Au revoir là-haut*, roman qui dénonce avec ironie l'industrialisation du macabre et qui lui vaudra le Goncourt en 2014, le conseil régional décide de marquer le centenaire de la Grande Guerre. C'est ainsi que ce haut lieu de la première guerre mondiale devient l'un des sites majeurs des Chemins

de mémoire¹ en Nord-Pas-de-Calais. Face à la nécropole française, il est décidé d'ériger un monument international qui recueillera les noms de tous les soldats du monde tombés en Flandre française et en Artois entre 1914 et 1918. Une première.

« À l'heure où la barbarie s'invite à nouveau, nous avons rassemblé cinq continents et soixante pays dans une fraternité posthume. Réunir les noms de toutes les victimes de la Grande Guerre au cœur d'un bassin minier désaffecté, il fallait oser ! » proclame avec fierté le sénateur Daniel Percheron, président du conseil régional.

L'anneau de la mémoire

En juin 2011, en partenariat avec diverses instances françaises et étrangères, est lancé un vaste programme de collecte de noms. En parallèle, Philippe Prost remporte le concours d'architecture avec un anneau en béton fibré à ultra-hautes performances (BFUP).

« Nous avons voulu mêler le monumental et l'intime, donner une forme à la Fraternité, une expression à la Paix, allier l'art et la nature pour les mettre au service de la Mémoire », explique Philippe Prost.

La forme de cette belle ambition, c'est l'anneau, l'alliance, symbole d'unité et d'éternité, en contrepoint des alignements rectilignes de la nécropole à la plaine d'Artois. Une « ronde

Maître d'ouvrage : Région Nord-Pas-de-Calais, mission Histoire, Mémoire, Commémoration ; Direction de la Construction des Grands équipements ; comité de pilotage des Chemins de la Mémoire – **Maître d'œuvre :** Agence d'Architecture Philippe Prost (AAPP), architecte mandataire C&E Ingénierie BET structure, Jean-Marc Weill, ingénieur-architecte – **Ordonnancement et pilotage :** Philippe Bauer – **Bureau de contrôle :** BTP Consultants – **Paysagiste :** David Besson -Girard – **Création lumière :** Yann Toma – **Entreprises :** Eiffage TP ; Eiffage BIEP/BSI – **Programme :** Construction d'un mémorial aux soldats tombés en Artois au cours de la première guerre mondiale.

1 – www.cheminsdememoire-nordpasdecalais.fr



A



A

Le Mémorial international de la Grande Guerre prend place en contrebas du cimetière militaire.

B

Notre-Dame-de-Lorette est la plus grande nécropole nationale française. Au milieu des croix, s'élèvent une tour-lanterne et une basilique.

...

bon enfant », une chaîne humaine, comme si tous les gars du monde voulaient se donner la main, hiérarchisée par le seul ordre alphabétique des 579 606 noms retrouvés et mise en valeur par une typographie originale signée Pierre di Sciullo.

Le projet lauréat tient à la fois de l'œuvre monumentale et de l'ouvrage d'art. Se déployant sur un périmètre de 328 m – un dimensionnement lié au nombre de noms et au fait que la hauteur de l'édifice ne pouvait excéder celle des croix –, l'ellipse horizontale s'inscrit sur la ligne de crête, entre l'entrée de la nécropole à main droite et la plaine d'Artois en contrebas de l'autre côté. À l'extérieur, l'anneau prend l'apparence d'un long ruban de béton anthracite, couleur de guerre et de deuil, posé en équilibre sur la colline. Ancré dans le sol sur les deux tiers de son périmètre, l'anneau s'en détache lorsque la déclivité du terrain s'accroît, créant un porte-à-faux de 60 m. Une manière de rappeler que la paix reste un équilibre fragile.

Une structure enveloppante

À l'intérieur de l'enceinte, 500 panneaux (3 m x 0,90 m) d'inox doré prennent la lumière



dans un saisissant contraste avec l'enveloppe de BFUP noire. C'est là, sur ces feuilles qui semblent se déplier comme les pages d'un livre, que sont gravés sans distinction de nationalité, de grade ou de religion les noms des 579 606 combattants désormais réunis par une nouvelle typographie, la Lorette, créée à cette occasion.

Au centre, la « prairie » du paysagiste David Besson-Girard fait la part belle aux murs écrits. Le projet échelonne un fleurissement sur toute la période anniversaire de manière à ce que les plantations arrivent à maturité en 2018 pour le bouquet final. Le choix de vivaces telles que coquelicots, bleuets et myos-

Chiffres clés

Surface du site : 24 500 m²

Coût : 8 M€

Béton : 690 m³

BFUP : 300 m³

Armatures : 90 t

Emprise au sol : 1 155 m²

Périmètre extérieur : 328 m

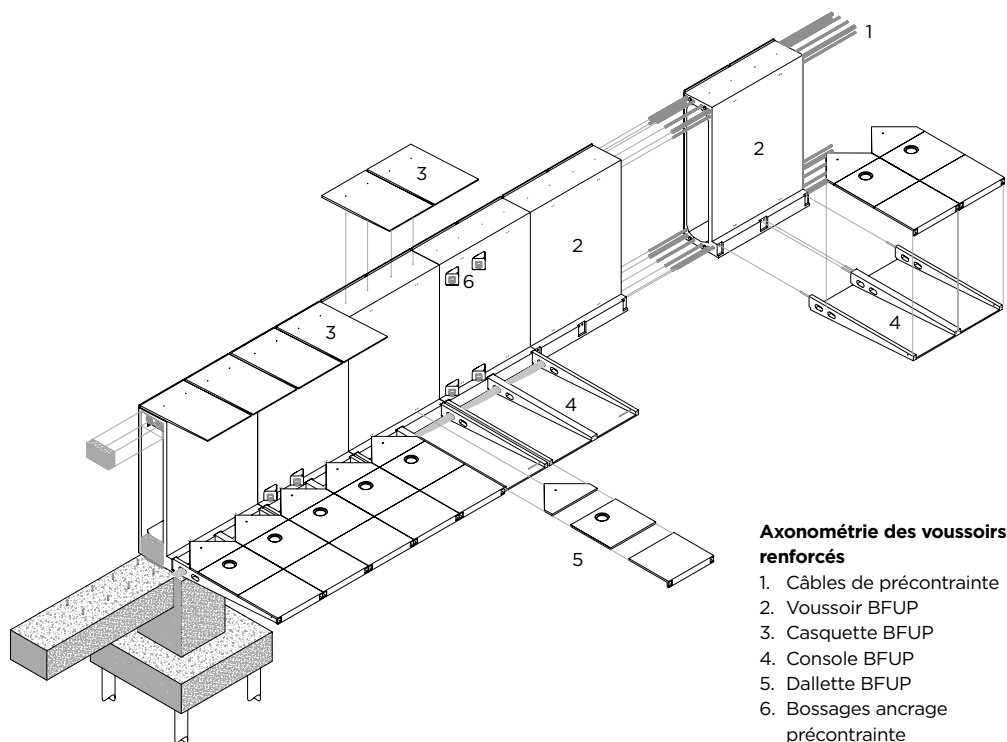
Résistance à compression du BFUP : 165 MPa

tis blancs symbolise les trois nations qui se sont affrontées. Le tout est mis en lumière par Yann Toma qui a conçu « La Grande Veilleuse », une « œuvre lumière » monumentale qui invite à méditer sur la violence et la paix. Mais après la dimension symbolique et le rêve, place à la technique qui conditionne la faisabilité de cet ouvrage monumental. Telle une saignée dans la terre, une « tranchée » en béton permet d'entrer dans l'enceinte. Après différents essais de finitions et de couleurs – au final, un ocre rosé, couleur du limon local imprégné de sang –, les parois à double courbure ont été coulées dans des coffrages gauches modélisés en 3D puis bouchardées à la main.

Une fois à l'intérieur, le visiteur est littéralement cerné par cette impressionnante enveloppe en BFUP qui invite au recueillement. Des fenêtres cadrant le paysage autorisent néanmoins des échappées visuelles.

Une prouesse technique

Le BFUP, matériau structural d'une compacité extrême, a été choisi pour ses performances mécaniques considérables, notamment une résistance à la compression de 165 MPa et une durabilité fort à propos pour un ouvrage mémoriel à portée historique. Justifié selon les recommandations BFUP de l'Association Française de Génie Civil (AFGC), l'ouvrage se compose de 74 voussoirs



Axonométrie des voussoirs renforcés

1. Câbles de précontrainte
2. Voussoir BFUP
3. Casquette BFUP
4. Console BFUP
5. Dallette BFUP
6. Bossages ancrage précontrainte

...



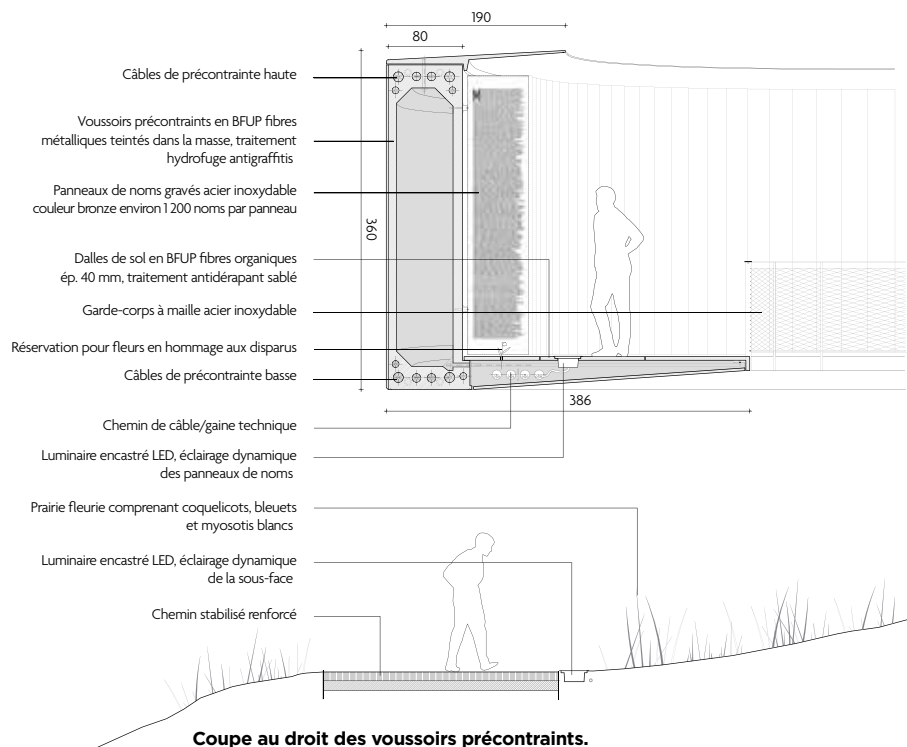
C



D

C ____
L'édifice
prend la forme
d'un anneau,
symbole
d'unité et
d'éternité.

D ____
Il est posé
en équilibre
sur la ligne
de crête, d'où
un porte-à-faux
de 60 m.



Questions à

Philippe Prost, architecte

Sur quoi avez-vous fondé votre réflexion ?

Il s'agit d'un édifice unique à plusieurs titres, ce qui explique l'importance de sa portée symbolique. Les cimetières, les monuments aux morts, sont dédiés à des combattants précis. Le Mémorial porte une ambition humaniste et politique au sens noble du terme en réunissant les ennemis d'hier. Le programme est ensuite unique par sa taille : à titre comparatif, le Mémorial de la Shoah à Paris compte 76 000 noms ; le monument aux combattants du Vietnam à Washington, 58 000. L'échelle est donc d'un tout autre ordre : comment rassembler des centaines de milliers de noms ? Comment dédier un monument à autant de personnes ? Comme toujours, nous avons commencé par des visites, une analyse du site, des recherches historiques. La beauté du paysage et la notion de fraternité m'ont évoqué les images enfantines de ronde ou de chaîne humaine, d'où l'idée d'anneau, qui unit en un seul point tous ces combattants.

Pourquoi avoir choisi le BFUP ?

La raison déterminante est d'abord d'ordre technique car seul le BFUP nous permettait de réaliser ce projet élané. Et puis il y a un choix plus architectural pour un monument historique qui devait s'inscrire dans la pérennité. Quand je me suis aperçu que la basilique et la tour-lanterne étaient construites avec un béton clair du début du ^{xx}e siècle, j'ai voulu établir un parallèle avec un béton noir du ^{xxi}e siècle. C'est pourquoi, dès le concours, pour des raisons structurelles de durabilité et de plasticité, le BFUP s'est immédiatement imposé. Par la suite, l'approche très détaillée, la réalisation de prototypes et la préfabrication ont permis de réaliser l'anneau au plus près du dessin du concours.

...

préfabriqués en béton armé et, pour la partie en porte-à-faux, de 49 voussoirs en béton précontraint à joints conjugués pesant entre 7,5 et 10,2 tonnes.

Long de 125 m et divisé en trois travées, dont 56 m en porte-à-faux face au champ de bataille, l'ouvrage d'art repose sur deux appuis fixes aux extrémités et deux appuis intermédiaires libres pour compenser la combinaison des efforts de dilatation thermique et de torsion générés par la géométrie de la structure.

L'assemblage des 49 voussoirs forme une structure courbe précontrainte par post-tension rectiligne (4 câbles 19T15 et 6 câbles 7T15) à la manière d'un tablier de pont. En partie basse, les voussoirs sont fixés sur des consoles nervurées en BFUP encastrées entre la dalle de sol et une sous-face lisse. Pour résister à l'importante torsion liée à la courbure de l'ouvrage, la face verticale de ces voussoirs est doublée formant ainsi un caisson bilame.

L'utilisation de la 3D s'est révélée très utile, notamment pour optimiser les trajectoires des câbles et leurs zones d'ancrage.

La résistance exceptionnelle du BFUP

Les voussoirs courants reposent sur des longrines. Les voussoirs précontraints, quant à eux, sont fixés sur des consoles nervurées en BFUP encastrées entre la dalle de sol et une sous-face lisse.

Pour garantir l'aspect formel, tous les éléments ont été préfabriqués dans l'usine de l'Atelier Artistique du Béton en Seine-et-Marne.

Particularité de l'ouvrage, des fenêtres percent certains voussoirs renforcés pour créer des vues vers le mémorial de Vimy et la ruine de l'église d'Abblain-Saint-Nazaire. L'ensemble des efforts ne peut donc cheminer que dans les linteaux et les allèges : couplés à la précontrainte et au ferrailage maximal des linteaux (14HA32), ces voussoirs exploitent au mieux les qualités structurelles et les résistances exceptionnelles du BFUP sans lequel l'Anneau de la mémoire n'aurait pas vu le jour. ■



E



F



G

E ____
Le dimensionnement du périmètre - 328 m - est lié au nombre de noms et à une hauteur limitée.

F, G ____
Réalisé en BFUP anthracite, l'anneau est recouvert de panneaux où figurent les noms des 579 606 combattants classés par ordre alphabétique.

LILLE

LA STATION DE POMPAGE DES BATELIERS

Une nouvelle station de pompage et un bassin de stockage de 20 000 m³ construits par Lille Métropole permettent d'améliorer la gestion de ses eaux.

TEXTE : MARC MONTAGNON – REPORTAGE PHOTOS : MARC MONTAGNON, NGE GC, UP AND DRONE ET SADE

La gestion des eaux pluviales dans les centres urbains est un enjeu de taille. En effet, les eaux pluviales se chargent en ruisselant sur les sols imperméabilisés de substances polluantes. Elles doivent donc être conduites vers leurs exutoires via des réseaux de collecte et de transport.

Les eaux pluviales jouent un rôle majeur dans le choix et le dimensionnement des systèmes d'assainissement. C'est ainsi que de nombreux aménagements sont mis en œuvre pour collecter, stocker et traiter les eaux pluviales. Aujourd'hui, la création de stockages temporaires est utilisée pour éviter un surdimensionnement très coûteux des réseaux et limiter les pollutions par ruissellement.

Ces grands bassins de stockage enterrés sont des ouvrages complexes, tant en Génie Civil que du point de vue hydraulique.

C'est le cas à Lille où l'actuelle station de relevage des eaux des Bateliers est devenue sous-dimensionnée avec le temps et l'expansion de la ville.

Située au cœur d'une zone stratégique du réseau d'assainissement de Lille Métropole, la station actuelle n'est plus en mesure de répondre aux besoins d'aujourd'hui en matière

de gestion des eaux par temps de fortes pluies. En effet, la station de pompage du Vieux-Lille, qui recueille les eaux pluviales et usées d'environ 300 000 habitants, déborde environ 120 fois par an. Six millions de mètres cubes d'eau se déversent ainsi directement dans la Deûle. Pour éviter les débordements dans le milieu naturel, Lille Métropole a engagé d'importants travaux pour augmenter ses capacités de stockage et de pompage.

L'objectif est d'améliorer le transfert des eaux usées et pluviales vers la station d'épuration de Marquette-lez-Lille.

Diviser les débordements par dix

Il fallait donc augmenter les capacités de stockage temporaire et de pompage pour réduire le nombre de débordements à 20 par an. Le volume d'eau qui se déverse pourra être divisé par dix, les jours de pluie. Grâce à un pompage plus performant et un bassin de rétention et de filtration, les eaux qui vont déborder seront les moins polluées. En effet, lorsqu'il pleut, ce sont les premiers mètres cubes qui sont les plus pollués.

L'opération des Bateliers a pour objectif de réduire les inondations et de lutter contre la

pollution, en limitant les rejets dans la Deûle : les 20 000 m³ du bassin de stockage permettront, lors de fortes pluies, de contenir et renvoyer les eaux usées de façon différée et maîtrisée. La nouvelle station permettra de passer de 1,5 m³/s à 5 m³/s. Une capacité largement revue à la hausse mais qui n'atteint pas encore le débit de pointe qui peut s'élever à 20 m³/s en cas de pluies exceptionnelles.

Elle est constituée principalement de trois ouvrages : un ouvrage de liaison, un bassin de stockage et une station de pompage.

L'ouvrage de liaison

L'ouvrage de liaison constitue la pierre angulaire de la station des Bateliers. Il se développe sur une longueur de l'ordre de 50 m et une hauteur de 15 m.

Situé entre le bassin de stockage et la station de pompage, il guide les effluents vers l'un ou l'autre des ouvrages selon la charge. La station est évidemment prioritaire mais le bassin prend automatiquement le relais lorsque cela est nécessaire.

L'aiguillage des eaux se fait de façon entièrement gravitaire grâce à une succession de plusieurs ouvrages. Si, toutefois, cas exceptionnel, le débit des eaux est suffisamment élevé pour saturer la station et le bassin, les eaux passent par un déversoir d'orage déjà existant qui se jette dans la Deûle. Pour alimenter les installations, les trois collecteurs qui arrivent actuellement dans la station existante

Maître d'ouvrage : Lille Métropole communauté urbaine – **Maître d'œuvre** : Métropole Européenne de Lille – **Maître d'œuvre de conception** : Artelia – **Mandataire** : SADE CGTH – **Fondations (parois moulées, micropieux)** : Botte Fondations – **Génie Civil** : NGE GC



A



B

A ____
La station est constituée de trois ouvrages : une station de pompage, un ouvrage de liaison et un bassin de stockage.

B ____
La dalle de couverture de la station.

...

sont détournés vers l'ouvrage de liaison. Les collecteurs dits Ouest et Maracci sont interceptés *via* des puits de liaison et emprunteront, quand la structure sera opérationnelle, de nouvelles canalisations réalisées avec un microtunnelier.

La canalisation acheminant les eaux du collecteur Ouest est un tube de 1 400 mm de diamètre tandis que celle du collecteur Maracci a un diamètre de 1 000 mm.

En revanche, le collecteur dit Est, le plus conséquent, est intercepté par un système de basculement raccordé directement.

Un autre élément remarquable et indispensable de l'ouvrage de liaison est un brise-chute destiné à réduire la force de l'eau. Installé pour recevoir les eaux du bassin de stockage, il a une hauteur de 13 m.

Bien que le fonctionnement de l'ouvrage soit conçu pour une déviation naturelle des eaux de la station vers le bassin en cas de surcharge, l'ouvrage de liaison est également équipé de 4 vannes et 4 batardeaux côté station, 2 vannes et 2 batardeaux côté bassin destinés, d'une part, à permettre l'entretien des structures et, d'autre part, à assurer une sécurité de fonctionnement en cas de panne des pompes de relevage.

À ceci s'ajoutent des dégrilleurs pour arrêter les corps flottants et simplifier la maintenance de l'installation. Il s'agit d'équipements (2 côté station et 2 côté bassin) de 1,50 m, 2 m et 3 m de large et d'une hauteur de 10 m, dont l'action est complétée par deux ascenseurs à poubelles de 5,50 m de hauteur de levée et deux chariots supportant des bennes d'une capacité de 9 m³.

L'ouvrage de liaison est construit à l'intérieur d'une succession de voiles en parois mou-

lées parallèles de 1 m d'épaisseur liaisonnées au radier par des barres d'acier HA 32. Il a été nécessaire de mettre en place deux lits de 18 butons chacun, de 600 mm et 800 mm de diamètre, pour assurer la stabilité des voiles pendant les travaux.

Le deuxième lit a été retiré après la réalisation du radier et le premier après celle de la dalle intermédiaire. De ce fait, l'ensemble des voiles et des appuis constitutifs des différentes structures de l'ouvrage a dû être coulé en présence des deux lits de butons, ce qui a singulièrement compliqué les travaux en raison de l'exiguïté du chantier.

Le bassin de stockage

D'une capacité de 20 000 m³, le bassin de stockage a un diamètre de 40 m et une profondeur de 26 m.

Il est constitué d'une paroi moulée de 1 m d'épaisseur descendant à une profondeur de 40 m par rapport au terrain naturel, dont 15 m de fiche au-dessous du radier.

Il est conçu pour se vider progressivement par l'intermédiaire d'un système de 4 pompes et d'une canalisation en fonte de diamètre 700 mm qui rejoignent l'exutoire principal partant de la station de pompage, de diamètre 2 000 mm et se jettent dans un émissaire existant de 2 300 mm de diamètre. 24 heures sont nécessaires pour vider complètement le bassin. Le radier d'une épaisseur de 1 m est fondé sur 201 micropieux de diamètre compris entre 127 et 178 mm. Sa conception est originale : il n'est pas ancré de façon rigide à la paroi moulée mais liaisonné par un joint waterstop de 150 m de longueur qui lui permet de fonctionner comme un « piston ».

À l'intérieur du bassin, trois files de 4 poteaux de 25 m de hauteur et de 1,20 m x 1,20 m de section assurent le soutènement de la dalle de couverture de l'ouvrage. Leur réalisation a été effectuée sur site en deux levées de 15 m et 10 m de hauteur.

La station de pompage

La station de pompage est un ouvrage en paroi moulée circulaire de 0,80 m d'épaisseur et d'une hauteur totale de 24 m. Le

Chiffres clés

Béton de fondations : 15 000 m³

Béton de Génie Civil : 8 000 m³

Armatures : 1 000 tonnes

Fournisseurs de béton :

Holcim (fondations), Cemex (Génie Civil)

radier, à une profondeur de 16 m sous le terrain naturel, est ancré à la paroi moulée et fondé sur 61 micropieux de diamètre 200 mm fonctionnant à la fois en compression et en traction en fonction du niveau d'eau variable dans la station.

À l'intérieur de l'ouvrage, une bêche de réception de 4 m de hauteur permet de stocker les eaux qui sont ensuite évacuées de façon gravitaire par un exutoire en béton armé classique raccordé à un collecteur de diamètre 2 000 mm qui part vers la station de Marquette-lez-Lille.

Au fond de la station, le pompage est assuré par 12 pompes Xylem montées en deux batteries de 5 et 7 pompes, respectivement pour les collecteurs Ouest et Marucci et le collecteur Est.

Discrétion sous tous rapports

À l'achèvement des travaux, l'ensemble des équipements sera très discret. Tout sera remblayé pour ne laisser apparaître que les locaux techniques de la station de pompage, elle-même enterrée en totalité comme l'ouvrage de liaison et le bassin de stockage. ■

Calendrier

30 mois : délai d'exécution

Février 2013 : démarrage des travaux

Septembre 2015 : fin des travaux

Béton

Classe de résistance : C 40/50

Ciment : CEM III 42,5N PM ES

Dosage : 385 kg/m³



C



D



E

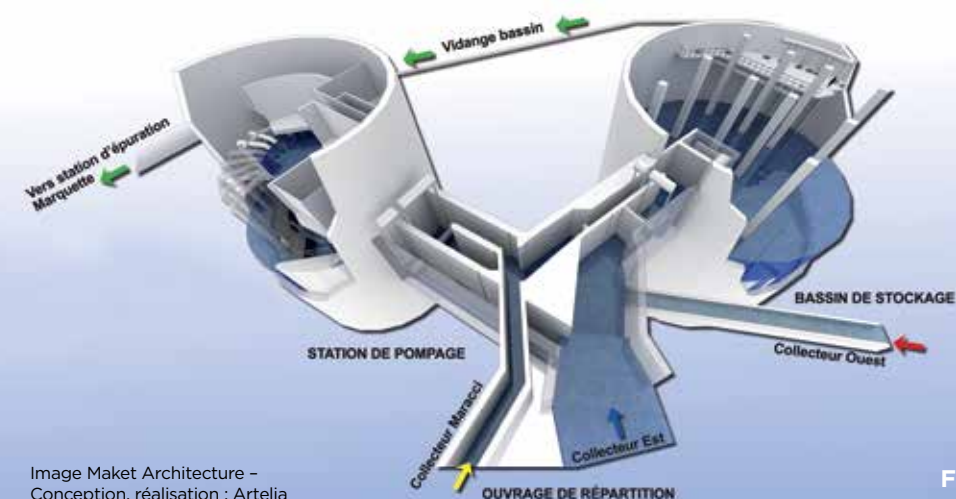
C
Deux des files de poteaux à l'intérieur du bassin de stockage.

D
La station de pompage avec la bache de réception en partie centrale.

E
Trois files de poteaux assurent le soutènement de la dalle de couverture du bassin de stockage.

F
Schéma de fonctionnement de la station.

G
Les poteaux de 25 m de hauteur à l'intérieur du bassin de stockage.



F



G

Image Maket Architecture –
Conception, réalisation : Artelia

HAGETMAU

USINE DE MÉTHANISATION, L'ÉNERGIE DES DÉCHETS

L'unité de méthanisation Méthalandes transforme les déchets organiques liés à l'activité agricole et agroalimentaire en énergie et en engrais sec.

TEXTE : DELPHINE DÉSVEAUX – REPORTAGE PHOTOS : ENERIA

Toute médaille a son revers et le foie gras ne fait pas exception : dans les Landes, premier département producteur français, les salles de gavage produisent des milliers de tonnes de lisier qu'il faut stocker ou épandre. Mais la crise énergétique et les problématiques environnementales ont ceci de bon qu'au ^{xxi}^e siècle un déchet devient une ressource, selon le vertueux principe de l'économie circulaire. Depuis le printemps 2015, l'unité de méthanisation Méthalandes transforme des déchets organiques en engrais et en énergie. Portée par Eneria, filiale du groupe Monnoyeur qui a investi 25 millions, et par la caisse des dépôts et consignations, l'installation s'élève sur un terrain communal acheté par Méthalandes de 3,8 hectares dans une zone industrielle d'Hagetmau. Outre le fait que cette unité soit la plus importante de France en taille et en puissance, elle fabrique un engrais sec, inodore et commercialisable. Une première !

Des solutions pour le monde agricole

La méthanisation est un procédé naturel biologique qui valorise les déchets à partir de la

décomposition de matières organiques. Brasées, chauffées puis altérées durant deux à trois semaines dans des réacteurs privés d'oxygène (milieu anaérobie) appelés digesteurs, les déjections fermentescibles produisent des gaz et un résidu riche en azote, le digestat. Les premiers, méthane ou biogaz¹, sont transformés en énergie thermique ou électrique par cogénération ou encore utilisés comme biocarburants ; le second devient un compost utilisé pour l'amendement organique des terres agricoles et remplace les engrais chimiques (cf. plan EMEA en encadré).

Méthalandes va ainsi traiter 153 000 tonnes d'effluents (100 000 t de lisier de canard, 36 000 t de fumier bovin et fientes et 17 000 t de sous-produits de l'industrie agroalimentaire) par an. Pour 4,5 MWe installés, la production annuelle d'électricité est estimée à 37 800 MWe, soit la consommation de 32 000 habitants (hors chauffage électrique), qui est ensuite revendue à ERDF. La chaleur issue des groupes électrogènes va produire 12 000 t de digestat sec revendu aux éleveurs. Servant à l'amendement organique comme les engrais chimiques et doté des mêmes pro-

priétés nutritives que les fumiers d'épandage, il présente sur ces deux produits trois avantages majeurs : il est naturel, inodore et plus simple à épandre ! Quant aux matières liquides, elles sont traitées puis envoyées dans la station d'épuration des eaux usées d'Hagetmau.

Dynamique territoriale

Outre le processus de valorisation des déchets, ce procédé répond aux préoccupations du monde agricole et favorise la pérennisation des exploitations. Tout d'abord, en apportant une alternative à la gestion du lisier, qu'il s'agisse de stockage ou d'épandage. Les éleveurs ne disposent pas toujours du temps et de l'espace nécessaires au traitement d'une telle production d'effluents et doivent faire appel à des structures spécialisées coûteuses et peu adaptées à leurs besoins. Méthalandes résout ainsi pour eux des contraintes spatiales lourdes, libérant du foncier et du temps pour se consacrer à leur exploitation. En outre, la production d'un engrais organique sec et inodore revendu sous forme de granulats offre une solution écologique innovante pour éliminer les nuisances olfactives tout en assurant une conduite raisonnée des productions en préservant la fertilité et le taux de matière organique des sols. À Hagetmau, 130 éleveurs

Maître d'ouvrage : Eneria (filiale du groupe Monnoyeur) ; Caisse des dépôts et consignations

– **Maître d'œuvre :** Eneria Ren ; Boulin Architecture, MOE d'exécution – **Entreprises principales :** Xergi, Mas, Guintoli, Feugas, SLTE, Hervé Thermique – **Volume de béton :** 3 000 m³ – **Coût :** 25 M€ HT – **Calendrier :** janvier 2010 – mars 2015.

1— Constitué de méthane (CH₄, 45 % à 65 %), de dioxyde de carbone (CO₂) et de molécules d'eau, le biogaz est valorisable à des fins énergétique, thermique, électrique ou sous forme de biocarburant.

...



A



B



C

A __
Les matières
fermentescibles
sont placées dans
ces digesteurs.

B __
Phase de
levage d'un
agitateur
pendulaire...

C __
... pour brasser
les effluents
dans le
digesteur.

Le plan EMAA

Dans une perspective d'agriculture durable, de développement territorial et de transition écologique et énergétique, la France a instauré le plan Énergie Méthanisation Autonomie Azote qui vise à quadrupler en 10 ans (2010-2020) la production d'électricité (objectif : 625 MW en 2020) et de chaleur (555 ktep en 2020) à partir de biogaz. Il s'agit aussi de valoriser l'azote organique des effluents d'élevage tout en diminuant la dépendance de l'agriculture française à l'azote minéral. Cela suppose d'encourager un « modèle français », voire une filière française d'équipements de méthanisation agricole collective dans une logique d'ancrage territorial pour apporter un complément de revenus aux exploitations de taille moyenne. L'objectif serait d'atteindre 1 000 méthaniseurs à la ferme à l'horizon 2020 (soit 130 nouveaux projets par an).

Prix SNBPE

Méthalandes a reçu en 2014 le prix « Mieux protéger la planète » catégorie gestion de l'énergie du concours national « Bétons et aménagements durables des territoires » organisé par le Syndicat National du Béton Prêt à l'Emploi (SNBPE) avec le soutien du Centre d'Information sur le Ciment et ses Applications (CIMBéton), du Syndicat Professionnel des Entrepreneurs de Chaussées en Béton et d'Équipements Annexes (SPECBEA), du Syndicat National des Adjuvants pour Bétons et Mortiers (SYNAD) et du Syndicat National du Pompage du Béton (SNPB).

...

des environs ont signé des contrats d'apport pour une durée de 15 ans dont le coût varie en fonction des volumes fournis. Une entreprise sous-traitante vient récupérer le lisier qu'elle transporte à l'unité de méthanisation, pourvue d'un système de réception en dépression pour éviter toute déperdition de matière pendant le transfert et assurer l'étanchéité des exhalaisons.

« Rentabiliser la méthanisation à cette échelle industrielle est un cas concret d'économie circulaire où ces déchets nés de l'activité humaine sont régénérés pour retourner à la terre et l'enrichir, explique Aymeric Minot, responsable Développement chez Eneria. Le procédé est avantageux pour les économies locales puisque les collectivités tirent bénéfice d'une création d'emplois non délocalisables : ici, 16 personnes embauchées à plein temps pour le transport des « marchandises » et l'exploitation de l'unité. Dans le même temps, le système favorise l'autonomie énergétique territoriale en participant à la production locale d'énergie renouvelable. Les atouts environnementaux sont également multiples puisque l'unité de méthanisation offre une solution efficace pour gérer collectivement les effluents, préserver les sols, améliorer le bilan carbone et diminuer la production de gaz à effet de serre. Si la concentration des déchets peut paraître une mauvaise nouvelle pour le voisinage, nous avons porté tous nos efforts sur la gestion des nuisances olfactives... qui sont, quoi qu'il en soit, sans commune mesure avec l'odeur des épandages. »

Structure et process

Exploitée par la Lyonnaise des Eaux avec Eneria qui en assure la maintenance, Méthalandes présente quatre zones distinctes : la réception des matières entrantes et leur préparation ; l'unité de méthanisation avec les deux circuits de digesteurs ; l'unité de cogénération, séchage et transformation du digestat en granulats ; un silo de stockage des engrais organiques (8 000 m³). Pour éviter toute déperdition de matière et donc tout risque d'odeur, les déchargements

sont effectués depuis les camions dans les trémies du bâtiment de réception au moyen d'un tuyau qui déverse le contenu dans trois cuves en dépression. Quant aux émanations, elles sont contrôlées et traitées par une colonne de lavage et un biofiltre sans aucun dégagement vers l'extérieur. Les déchets sont ensuite acheminés dans les digesteurs où ils vont passer 26 jours à 43 °C. Méthalandes compte deux digesteurs dans le circuit primaire et autant dans le secondaire, pour parachever la dégradation des particules fines.

Béton résistant aux agressions

Compte tenu de sa résistance aux agressions chimiques, un béton de classe de résistance C 40/50 (classe d'exposition XA3) est utilisé pour les cuves de réception du lisier, les digesteurs et les cuves de traitement de l'eau. Les trémies d'alimentation de fumier ainsi que le bâtiment de stockage de l'engrais sont en béton de classe de résistance C 35/45 (classe d'exposition XA2). Cemex disposant d'une unité de production de béton prêt à l'emploi à Hagetmau, sur la parcelle mitoyenne, les problèmes de livraison ont été résolus sans mal, même si Pierre Chianta, directeur de l'agence Cemex Aquitaine, insiste sur la délicatesse de la production : « S'adapter précisément aux objectifs de résistance vis-à-vis des agressions chimiques et des sollicitations mécaniques est toujours une phase très complexe. » La formulation ? Il la résume d'autant mieux qu'il parle du béton comme un chef étoilé de plats gastronomiques : « Ce type d'ouvrage se caractérise par des effluents particulièrement agressifs qui sollicitent fortement le béton du point de vue mécanique et chimique. La « pierre liquide » doit donc avoir une classe de résistance élevée, de type C35/45 ou C40/50, avec une forte teneur en adjuvants pour favoriser sa plasticité et sa compacité. Outre le choix d'un ciment adapté, il faut également veiller à ce que le rapport eau sur ciment soit des plus réduits. » Coulé en place et soigneusement mis en œuvre par la société Mas, le béton clair reste apparent sur les cuves de traitement de l'eau. ■

RENNES/PARIS

FONDATAIONS GÉOTHERMIQUES, L'ÉNERGIE DU SOL

En captant les calories contenues dans le sol par le biais des fondations d'un ouvrage, la technique des fondations thermiques transforme les contraintes structurelles en atout énergétique.

TEXTE : DELPHINE DÉSVEAUX – REPORTAGE PHOTOS : © EGIS – S. MORTIER

Avec une température oscillant entre 10 et 15 °C, le sol est une zone naturelle de stockage d'énergie que l'on vient puiser en hiver pour chauffer un bâtiment, et réinjecter en été lorsque le bâtiment est refroidi. Jusque-là, rien de très nouveau. La France commence néanmoins à développer un autre mode d'exploitation géothermique, utilisé avec succès en Autriche, en Angleterre, en Suisse, au Canada ou en Chine depuis une trentaine d'années : il s'agit des fondations géothermiques, également appelées fondations thermoactives.

Transformer les contraintes en atout énergétique

Le principe est simple : il consiste à capter dans le sol les calories nécessaires à la production de chaud et/ou de froid par le biais des fondations d'un ouvrage. Des tuyaux géothermiques sont immergés dans le béton des fondations – pieux, barrettes, parois mou-

lées, radiers... – puis reliés à une pompe à chaleur qui procède à l'échange thermique entre le circuit primaire (réseau géothermique) et le circuit secondaire (réseau de distribution de l'énergie). Grâce à ces échanges de température en boucle fermée, l'énergie récupérée est redistribuée dans des constructions qui peuvent prétendre au statut dit de « basse consommation », voire à énergie positive. Ainsi transformées en atout, les contraintes structurelles incontournables de toute construction ajoutent une valeur à leur fonction première et contribuent à la production d'une énergie renouvelable.

Récemment, plusieurs bâtiments¹ ont été réalisés avec des pieux géothermiques. De même, certaines stations des nouvelles lignes des métros rennais et parisiens, actuellement en cours de construction, intègrent ce procédé géothermique dans les parois moulées et les radiers. Cette solution épargne la réalisation de travaux coûteux nécessaires à la

Chiffres clés

Ligne B du métro de Rennes

Longueur de la ligne : 3,8 km ; 15 stations, dont 12 souterraines, 4 équipées de géostructures thermiques

Tunnel : 3,8 km ; 15 stations, dont 12 souterraines, 4 équipées de géostructures thermiques

1 viaduc : 2,4 km à l'extrémité nord-est

géothermie classique : au lieu de poser les tuyaux de captage dans des forages verticaux ou horizontaux, ils sont intégrés dans les cages d'armatures des fondations d'un bâtiment ou d'un ouvrage de Génie Civil. Chez l'armaturier ou directement sur le chantier, les tubes sont fixés à l'aide d'attaches métalliques aux cages d'armatures.

Fichés à quelques dizaines de mètres de profondeur, les réseaux géothermiques procèdent à plusieurs allers-retours sur la longueur équipée. Lors de la mise en œuvre de la paroi moulée, les tubes géothermiques sont mis en attente jusqu'au décaissage, d'une station de métro par exemple, qui peut intervenir des mois plus tard. Lorsque les tubes géothermiques sont mis à jour, ils sont raccordés via des liaisons horizontales à des collecteurs

STATION PORTE DE CLICHY, LIGNE 14 – Maître d'ouvrage : STIF et RATP – **Maître d'œuvre** : Systra – **BET géothermie** : Ecome ingénierie – **BET HQE®** : Oasiis – **Entreprises** : Eiffage TP ; Razel-Bec – **Réalisation** : 2015-2019

LIGNE B DU MÉTRO, RENNES MÉTROPOLÉ – Maître d'ouvrage : Rennes Métropole – **Maîtrise d'ouvrage déléguée** : SEMTCAR – **Maître d'œuvre** : Egis Rail ; Egis bâtiments Centre Ouest ; Arcadis ; L'Heudé et L'Heudé architectes – **Entreprises** : Dodin Campenon Bernard/Spie Batignolles/GTM Ouest/Legendre Génie Civil/Bottes fondation/Spie fondation – **AMO énergie** : Ecome ingénierie – **Réalisation** : 2014-2019

¹ – Immeubles de logements à Gonesse, Pascal Gontier, arch. ; Centre de maintenance du tramway de Tours, L'Heudé et L'Heudé, arch.

...

qui centralisent le flux hydraulique et qui sont eux-mêmes couplés à la pompe à chaleur. Les collecteurs peuvent recevoir jusqu'à vingt réseaux. La dernière étape consiste à remplir et à purger les circuits géothermiques. Le fluide caloporteur, une eau glycolée pour éviter tout risque de gel, récupère la différence de température. Son débit est déterminé de

façon à ce que le régime d'écoulement soit turbulent afin d'augmenter l'échange thermique opéré par la pompe à chaleur.

Le métro rennais

Dix-sept ans après la mise en service de la première ligne de métro automatique, les travaux de Génie Civil de la ligne B de Rennes Métro-

pole ont commencé début 2014 : longue de 13,8 km, elle reliera les communes de Saint-Jacques-de-la-Lande, au sud-ouest, à Cesson-Sévigné au nord-est, en passant par le centre-ville de la capitale bretonne via un tunnel de 8,1 km creusé à 25 m de profondeur au moyen du tunnelier Elaine. Mise en service en 2019, la ligne compte quinze stations, dont douze souterraines. Parmi celles-ci, quatre – Cleunay, Sainte-Anne, Saint-Germain et Jules-Ferry – sont équipées de dispositifs géothermiques dans les parois moulées, les piédroits et les radiers.

Les réseaux caloporteurs sont directement fixés dans les cages d'armatures des parois verticales (3 700 m² de parois moulées ou de piédroits construits à l'abri de soutènements provisoires) et des radiers (3 600 m²) dont l'épaisseur avoisine le mètre. « *De la conception à la réalisation, nous avons relevé de nombreux défis techniques et juridiques pour intégrer les géostructures thermiques à des infrastructures de transport urbain souterraines*, explique Sylvie Mortier, ingénieur Études et Travaux au sein du service Infrastructures souterraines & Ouvrages d'art d'Egis Rail. *Les tubes sont fixés au moyen d'un nombre important de ligatures pour garantir leur maintien lors des phases de bétonnage, mais bien d'autres précautions sont prises pour éviter le moindre risque de dégradation lors de la mise en œuvre (étanchéité par géomembrane, armatures, manutention...).* Pour les ouvrages verticaux, les serpentins sont installés sur l'extrados de la structure afin de permettre des échanges thermiques performants. En radier, les tubes sont positionnés en partie inférieure de la dalle béton, au-dessus du complexe d'étanchéité. Bien sûr, des réservations dans les dalles et les voiles sont prévues pour assurer le cheminement des réseaux de géothermie depuis le sous-quai jusqu'à la dalle de couverture. » À cette profondeur, la température tourne autour de 12 °C. Les tubes d'échange géothermique sont regroupés par cinq sur des collecteurs, eux-mêmes raccordés au réseau principal cheminant sous les quais jusqu'à la nourrice qui alimentera les pompes à chaleur

Le point de vue de l'expert

Jean-Baptiste Bernard, directeur du bureau d'études thermiques Ecome

Quels sont les principaux avantages de ce procédé ?

Les fondations géothermiques captent directement l'énergie dans des ouvrages structuraux qu'il faut impérativement réaliser. Cela ajoute une valeur à la fonction structurelle tout en supprimant la nécessité de réaliser un forage dédié, principe même de la géothermie. C'est donc une solution extrêmement intéressante du point de vue écologique et économique, arguments qui motivent souvent le choix. D'autant que la solution optimum ne suppose pas forcément de couvrir 100 % de la puissance car le ratio d'énergie à fournir par rapport à l'investissement n'est pas proportionnel. D'où l'intérêt d'une expertise sur l'ensemble des solutions et la pertinence de coupler le dispositif avec des installations de relève (chaudière gaz, électricité). Les études de faisabilité et les dimensionnements que nous avons menés, notamment pour la nouvelle ligne de métro de Rennes, ont montré que 60 % à plus de 100 % des besoins énergétiques sont couverts par cette technique d'énergie renouvelable. En outre, l'amortissement de l'investissement est inférieur à 20 ans pour des équipements dont la durée de vie est largement supérieure à 50 ans. En effet, les tuyaux en polyéthylène haute densité ou en polyéthylène réticulé noyés dans le béton ont une durée de vie quasi illimitée. Cela signifie que le système ne nécessite aucune maintenance.

Comment dimensionne-t-on le captage géothermique ?

Le dimensionnement tient compte des besoins énergétiques identifiés, des spécificités des fondations, des caractéristiques thermiques du sous-sol environnant et des tests de conductivité. Qu'il s'agisse de pieux, de parois moulées ou de radier, la performance dépend également des paramètres géologiques et hydrogéologiques du terrain. Quant au dimensionnement hydraulique des réseaux, il doit être réalisé de manière à ne pas avoir des pertes de charges trop importantes pour éviter de surdimensionner les pompes de circulation.

Quelles sont les perspectives en France ?

La réglementation RT 2020 entraînera la généralisation des bâtiments à énergie positive (BEPOS). Ce challenge technique et économique nécessite la mise en œuvre de solutions innovantes combinant plusieurs systèmes énergétiques. C'est tout l'enjeu du projet de recherche GECKO.

situées dans les bâtiments à alimenter. Ces dernières couvriront les besoins en chauffage, rafraîchissement et eau chaude sanitaire des immeubles (près de 8 200 m² de SHON répartis sur 127 logements et 1 000 m² de bureaux) qui seront bientôt construits au droit de ces stations.

La nouvelle station Porte de Clichy, Paris

Sous l'impulsion du STIF et de la RATP, le métro parisien va exploiter les fondations géothermiques pour chauffer et rafraîchir les locaux d'exploitation (bureaux, vestiaires, sanitaires) et techniques des nouvelles stations Mairie d'Aubervilliers (ligne 12), Porte de Clichy et Mairie de Saint-Ouen (ligne 14). Toutes trois sont construites dans la perspective des raccordements au Grand Paris Express. L'ensemble du réseau a fait l'objet d'études de faisabilité technico-économique et de valorisation énergétique réalisées par le bureau d'études thermiques Ecome, qui a ensuite conçu les circuits de captage géothermique pour le réseau RATP.

Les travaux de la future station Porte de Clichy de la ligne 14 ont commencé en juin 2014. Elle est située dans la ZAC Clichy-Batignolles (Paris 17^e), à proximité du Tribunal de Grande Instance de Renzo Piano, et sera opérationnelle à l'horizon 2019.

Le système interagissant avec le sol, les études commencent par un test de réponse thermique pour déterminer les caractéristiques des zones de captage et mesurer la température du sous-sol ainsi que sa conductivité thermique. Cette opération est indispensable pour dimensionner l'installation selon la performance attendue sur le long terme.

Après analyse des données, la surface de captage (3 724 m²) est située dans la partie inférieure du radier et sur les parois moulées (48 m de haut) entre le radier et le sous-quai. La récupération des tubes géothermiques se fera au niveau du sous-quai de la station au sein duquel les liaisons horizontales et les collecteurs géothermiques seront disposés. La pompe à chaleur est installée dans un local dédié au sein de la station de métro. ■



Chantier de la ligne B du métro de Rennes – intégration des tuyaux géothermiques :
A. dans les cages d'armatures du radier,
C. dans les piédroits, puis reliés à une pompe à chaleur B.

Programme de recherche GECKO : études du comportement des structures géothermiques et couplage avec des systèmes d'énergie solaire pour construire des bâtiments à énergie positive

La nécessité de construire des bâtiments à énergie positive (BEPOS) suppose de réduire les déperditions et les consommations thermiques, voire de leur faire produire de l'électricité. Comment faire cohabiter des panneaux solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire et photovoltaïques pour la production d'électricité sur un espace limité, à l'échelle d'un logement par exemple ? Comment étendre le champ d'application des énergies renouvelables (EnR) en améliorant leur polyvalence et en diminuant leur coût d'investissement face aux solutions carbonées (chaudières gaz) ? Comment apporter le confort d'été, notamment pour le tertiaire, l'hospitalier ou les résidences pour personnes âgées ? Les fondations géothermiques sont une solution EnR pour atteindre ces objectifs. Piloté par l'Agence Nationale de la Recherche, le projet GECKO (GEostructures, couplage solaire hybride et stockage Optimisé d'énergie) réalise des essais à différentes échelles, en laboratoire, sur des opérations pilotes et sur des bâtiments réels, pour étudier le comportement des pieux énergétiques et de leurs interfaces. L'objectif ? Optimiser techniquement et économiquement ces procédés en les couplant avec des panneaux solaires hybrides. Les données recueillies permettront de caler des modèles de simulations numériques de dimensionnement et de comportement des géostructures et des combinaisons de systèmes énergétiques. Ces modèles seront ensuite intégrés dans des outils spécifiques pour développer des bâtiments BEPOS.

Photo : Cyrille Weiner



Halles du Boulingrin primées

La Commission européenne et Europa Nostra ont décerné le Prix du Patrimoine Culturel de l'Union Européenne 2015 à la rénovation des Halles centrales du Boulingrin à Reims. Ce vaste édifice de

béton et de verre, inauguré en 1929, illustre les prouesses techniques d'un des plus grands constructeurs du xx^e siècle, l'ingénieur Eugène Freyssinet, et la sensibilité de l'architecte Émile Maigrot. Laissé à l'abandon pendant plusieurs années, son classement en 1990, comme témoignage exceptionnel de l'architecture du xx^e siècle, a conduit l'État et la ville de Reims à entreprendre sa restauration, qui a été confiée à François Chatillon, architecte en chef des monuments historiques.

Recybéton

Le Projet National RECYBÉTON est un programme de recherche et de développement collaboratif pour « le recyclage complet des bétons dans le béton ». Initié en février 2012, il se déroulera sur 4 à 5 ans. Grâce à la recherche initiée par ce projet, l'objectif est de réutiliser l'intégralité des matériaux issus des bétons déconstruits, y compris la fraction fine, dans de nouveaux bétons ou comme matière première pour la production de ciments.

CEOS.fr*

Le Projet National CEOS.fr vise à traiter la question de la fissuration et du retrait, notamment pour les ouvrages spéciaux. Ce programme de recherche, mis en place par les professionnels français impliqués dans la construction et le Génie Civil, a comme objectif final de développer des outils pour les concepteurs et de donner des éléments pour l'évolution des normes.

* Comportement et Évaluation des Ouvrages Spéciaux – fissuration, retrait.

Colloque « Le Pont »

TOULOUSE-LABÈGE

14, 15 ET 16 OCTOBRE 2015

L'association Le Pont organise, avec le soutien de l'AFGC, la 20^e édition du colloque « Le Pont » au centre de congrès « Diagora » à Labège, près de Toulouse. Le thème du colloque portera sur « la gestion des ouvrages d'art d'hier et de demain ». À cette occasion, une visite du viaduc de Millau est proposée le 16 octobre. Un bilan de la gestion des structures de Génie Civil depuis 20 ans sera dressé. Une réflexion prospective sera ensuite développée pour les 20 prochaines années, en essayant d'imaginer ce que pourraient devenir ce domaine d'activité et les métiers qui s'y rattachent.

Pollutec World Efficiency

PARIS DU 13 AU 15 OCTOBRE 2015

En 2015, l'édition parisienne de Pollutec change de nom et devient WE, *World Efficiency*. Elle se tiendra à Paris Porte de Versailles. Ce nouvel événement, né de la volonté des organisateurs de Pollutec, met en avant les solutions et innovations qui permettent aux professionnels des secteurs concernés de muter vers des modèles économiques moins impactants pour les ressources et le climat.

PUBLICATIONS CIMBÉTON



LES SOLUTIONS BÉTON AU SERVICE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Les énergies renouvelables sont multiples, elles sont issues de phénomènes naturels : soleil, magma terrestre,

vent, forces de gravitation, biomasse, océans... Elles sont en pleine expansion, portées par une double pression : l'épuisement programmé des ressources en énergie fossile et la mobilisation contre le changement climatique. Les solutions constructives en béton offrent leurs propriétés et performances pour la construction des ouvrages de production d'énergies renouvelables dans une logique d'aménagement durable des territoires.

Réf. SB-OA 2014-3



LES ACIERS PLATS (Eco-Steel®) POUR DES OUVRAGES À FAIBLES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Pourquoi ne pas utiliser des aciers plats ? Quels pourraient être les avantages et

les inconvénients des aciers plats ? Pourquoi ne pas réaliser les verrous avec des pas variables pour forcer les fissures à se produire selon un pas donné ? Autant de questions que s'est posées Marcel Matière, « le perpétuel innovateur ». Résultat, une innovation pour la réalisation d'ouvrages en béton armé, qui permet de diminuer les quantités d'armatures de béton et donc de réduire leurs impacts environnementaux.

Réf. SB-OA 2014-4



GÉNIE CIVIL : GÉNIE TECHNIQUE, ARCHITECTURAL ET ENVIRONNEMENTAL ?

Les exigences citoyennes contemporaines et la prise en compte des questions

environnementales émergentes modifient profondément l'appréhension collective des ouvrages dits de « Génie Civil ». Des équipements et des ouvrages que l'on aurait voulu cacher, ou tout au moins ignorer, peuvent s'inscrire noblement dans le territoire, être valorisés dans leur fonction et dans leur structure, intégrer une forme de « génie » sociétal, voire environnemental et culturel, à l'instar de tous les édifices publics.

Réf. SB-OA 2015-1



FRANCE, LA RÉPUBLIQUE EST TON AVENIR

Collection « Questions contemporaines »

FRANK GUYON

L'auteur démontre dans ce livre que le *Travail* et l'*Égalité* ont assuré la cohésion de la France, que le chômage de masse, apparu en 1975, a ruiné ces deux idéaux républicains et conduit les Français à douter d'eux-mêmes.

Les réussites de la construction française sont mises en lumière pour redonner confiance et foi en l'avenir. À ceux qui seraient tentés de considérer que les Français ne peuvent plus prétendre à l'héritage de la Révolution et de la République, Frank Guyon oppose une vision optimiste de l'avenir de la Nation française.

Éditions L'Harmattan



LE DÉVELOPPEMENT DURABLE, UNE AFFAIRE D'ENTREPRENEURS

DOMINIQUE BIDOU

Ce livre est destiné aux décideurs et entrepreneurs de toutes natures, intéressés par le concept de Développement Durable, mais qui hésitent à se lancer, qui cherchent par quelle « porte » entrer dans cette dynamique, ou qui cherchent des clés pour progresser et tirer profit de cet engagement. En s'inspirant d'exemples concrets, notamment dans le domaine de la construction et de l'aménagement, l'auteur fournit des repères pour démarrer et participer à la construction du Développement Durable. Le Développement Durable est une affaire d'entrepreneurs, au sens de l'esprit d'entreprise et d'innovation.

Éditions PC



LES ARCHITECTES DU TROISIÈME ATELIER PERRET

La génération des Trente Glorieuses

JOSEPH ABRAM

En 1923, Auguste Perret dirige un atelier extérieur de l'École des beaux-arts, dit l'atelier du Palais de bois, puis il enseigne ensuite à l'École spéciale d'architecture. En 1942, il prend la direction d'un atelier de l'École des beaux-arts. C'est le début du troisième atelier Perret dans lequel se formeront de nombreux acteurs de l'architecture de la seconde moitié du xx^e siècle. Dans cet ouvrage, Joseph Abram restitue l'enseignement d'Auguste Perret dans cet atelier, son héritage et le parcours professionnel de ceux qui furent ses étudiants, face aux enjeux de la période des Trente Glorieuses.



RECUEIL DES PUBLICATIONS BÉTONS ET GÉNIE CIVIL ÉDITION 2015

Ce recueil regroupe l'ensemble des documentations techniques de CIMbéton consa-

crées aux ouvrages d'art et au Génie Civil. Elles précisent les spécificités de conception des structures, de formulation, de mise en œuvre des bétons et d'optimisation de la durée d'utilisation des ouvrages.

Elles présentent des solutions constructives et innovantes, économiquement viables, pérennes et qui répondent aux exigences du Développement Durable et aux défis des concepteurs et des architectes.

Disparition de Françoise-Hélène Jourda

L'architecte Françoise-Hélène Jourda, née en 1955 à Lyon, est décédée en mai dernier à l'âge de 59 ans. Diplômée en 1979, elle était une architecte engagée et pionnière dans la prise en compte du Développement Durable dans la construction. Persuadée que l'architecte porte une véritable responsabilité citoyenne, elle a toujours conçu une architecture économe en matière et en énergie. *Construction Moderne* s'associe au souvenir de madame Jourda et exprime toute sa sympathie à ses proches.

Disparition de Jean-Louis Jolin

L'architecte Jean-Louis Jolin est décédé en juin dernier à l'âge de 80 ans. Installé à Metz, il a fondé son agence en 1968 avec son épouse, l'architecte Michèle Jolin-Thioust. Il a consacré une part importante de son activité d'architecte aux ouvrages d'art. Ainsi, au cours de sa carrière, il a participé à la conception et à la réalisation de plus de 600 ponts. Ses travaux ont été publiés à plusieurs reprises dans nos colonnes. *Construction Moderne* s'associe au souvenir de monsieur Jolin et exprime toute sa sympathie à ses proches.

