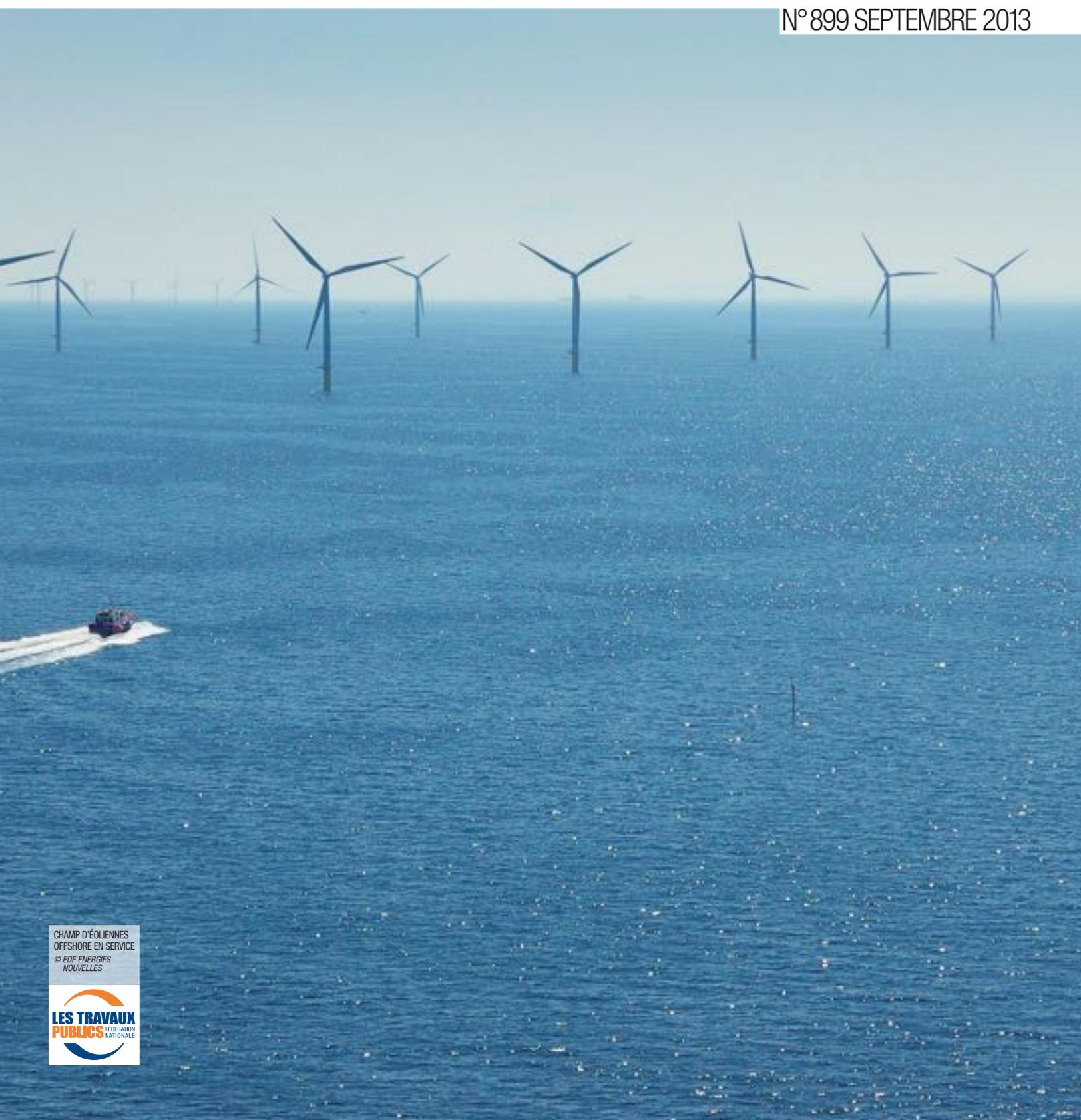


TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

VILLE DURABLE - ENERGIES NON POLLUANTES. TCHERNOBYL, UNE ARCHE POUR L'HISTOIRE. UTILISATION DE PONTS ROUTIERS EXISTANTS POUR LE DEVELOPPEMENT DE TRAMWAYS. CONCEPTION ET CONSTRUCTION DE CENTRALES THERMIQUES EN OUTRE-MER. MODERNISATION DU BARRAGE DE VILLENEUVE-SUR-YONNE. DE L'ACIER AUTOPATINABLE POUR UN CAISSON MIXTE AU-DESSUS DE L'A86 A BELLE EPINE. NOORD/ZUIDLIJN : BILAN POUR LE MONITORING DU CHANTIER D'AMSTERDAM

N° 899 SEPTEMBRE 2013



CHAMP D'ÉOLIENNES
OFFSHORE EN SERVICE
© EDF ENERGIES
NOUVELLES

LES TRAVAUX
PUBLICS FÉDÉRATION
NATIONALE



ON SE COMPREND MIEUX QUAND ON EST DE LA MÊME FAMILLE



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



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

LA VILLE LIEU DE TRANSITION VERS UN MODÈLE DURABLE



© DR

Plus de 77 % des Français vivent déjà en ville. Et l'urbanisation progresse depuis l'an 2000 à un rythme accéléré, à nouveau proche de celui des années 50/60, en raison notamment de l'étalement urbain. Il en résulte une consommation et une pollution des ressources naturelles, qui se traduisent de façon très concrète : artificialisation des terres, recul de la biodiversité, pollution de l'air, accroissement des températures dans les îlots de chaleur. Si la ville concentre et amplifie aujourd'hui les travers de notre modèle de développement, elle peut et doit devenir demain le lieu exemplaire de la transition vers une société plus soutenable, grâce à la mobilisation des habitants, des urbanistes, des architectes comme de tous les métiers de la construction.

Dans l'ère de rareté qui a déjà débuté, sans que nous voulions l'admettre, la ville doit économiser les ressources. Cela vaut pour l'espace consacré aux bâtiments et aux infrastructures : la ville devra construire plus en hauteur et en sous-sol, et mettre un frein au développement du péri-urbain qui marginalise aujourd'hui ceux qui rêvaient hier d'autonomie. C'est encore vrai pour l'énergie : la ville devra inventer de nouvelles façons de bâtir, d'isoler, de se chauffer, de se déplacer pour économiser l'énergie et utiliser en priorité les sources renouvelables. C'est enfin vrai pour la nature que

la ville devra apprendre à utiliser, sans la gaspiller, pour sa haute technicité, sa capacité à épurer les eaux, à éliminer les déchets organiques, à lutter contre le changement climatique.

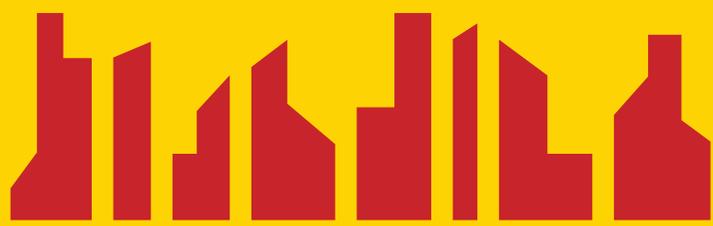
Parallèlement à cette nouvelle façon de se projeter dans l'avenir, la ville devra réparer les désordres que son développement a engendrés. Les urbains ne sont pas condamnés à respirer un air pollué par les particules fines et le gaz carbonique.

L'institut de veille sanitaire publiait en septembre dernier une étude sur neuf villes françaises frappées par une mortalité et une morbidité accrues liées à la pollution de l'atmosphère.

Ce n'est pas une fatalité. Plusieurs actions sont possibles, comme retirer du parc automobile les véhicules diesel les plus polluants, installer des péages pour les agglomérations de plus de 500 000 habitants, développer des transports en commun propres comme les bus électriques, les trams ou les téléphériques, sans oublier le co-voiturage ou l'auto-partage.

À travers le territoire s'inventent déjà de nouvelles façons de vivre en ville : HLM tout en bois à Saint-Dié-des-Vosges, géothermie à Mont de Marsan, valorisation des déchets à Reims, éclairage public économe à Toulouse, bâtiments basse consommation à Sisteron, éco-quartier à Anglet, navettes fluviales à Sète. L'idée de territoire en transition pour passer du tout pétrole à une organisation diversifiée, adaptée à chaque collectivité et reposant sur une approche multidisciplinaire doit faire son chemin et trouver des relais auprès de l'ensemble des professionnels. Les politiques de l'urbanisme et du transport doivent de leur côté être inventées ensemble, organisées en interaction. L'urbanisme, comme les mobilités qui lui sont associées, doit impérativement être pensé en intégrant l'environnement à chaque étape et pour chaque usage car, loin d'être une variable d'ajustement, celui-ci doit être un élément fondateur de la politique de nos villes.

JEAN PAUL CHANTEQUET
DÉPUTÉ DE L'INDRE,
PRÉSIDENT DE LA COMMISSION DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE



VILLE DURABLE

ÉNERGIES
NON POLLUANTES

TRAMWAY DE MULHOUSE LIGNE 2 - PONT STOESEL © LUC NUJFFER





04 ALBUM

08 ACTUALITÉ



18

**ENTRETIEN AVEC
EMMANUEL CHANFREAU**

EDF ÉNERGIES NOUVELLES.
ÉOLIEN OFFSHORE : 6 000 MÉGAWATTS
À L'HORIZON 2020

22 INTERVIEW MICHEL CHLASTA :
SIRFIA, DESSINE MOI UNE STEP VERTE

24 TRAFORDYN, ATLANTIC FORAGE, SETRAFOR :
LA DÉCLINAISON DES MÉTIERS DU FORAGE
AU CŒUR D'ACTIVITÉS COMPLÉMENTAIRES



30

TCHERNOBYL

Une arche pour l'Histoire



37

**UTILISATION DE PONTS
ROUTIERS EXISTANTS**

pour le développement de
tramways - évaluations structurelles
et exigences de réparation



44

**CONCEPTION ET
CONSTRUCTION DE
CENTRALES THERMIQUES**

en outre-mer



56

**MODERNISATION
DU BARRAGE**

de Villeneuve-sur-Yonne



60

DE L'ACIER AUTOPATINABLE

pour un caisson mixte au-dessus
de l'A86 à Belle-Épine



64

NOORD/ZUIDLIJN

l'heure du bilan pour le monitoring
du chantier d'Amsterdam



FERDINAND BOLSTRAAT
100-102

TERDE VAN STEEN
STRAAT
100-102

bakkerij  hart



bakkerij  hart





AMSTERDAM SOUS L'ŒIL IMPITOYABLE DES CYCLOPS

SOLDATA, spécialisée en solutions de détection et de monitoring, a surveillé pendant 13 ans la construction de la ligne de métro Nord/Sud traversant le centre historique d'Amsterdam sur près de 4 km. Il s'agit de détecter tout début de désordre en surface provoqué par les travaux souterrains. Un réseau de Cyclops ausculte automatiquement et en permanence des cibles fixées sur les bâtiments. Il est complété par une instrumentation dans le sol : extensomètres, inclinomètres, piézomètres. Les éventuelles alertes sont déclenchées pour pratiquer les interventions appropriées en temps voulu. Autres chantiers de monitoring remarquables : la ligne 9 du métro de Barcelone et Crossrail à Londres. (voir article page 64).



© SOLDATA / MICHEL BRUNEAU



TCHERNOBYL, UN SARCOPHAGE POUR PRÉSERVER LE MONDE DURABLE

À la suite de l'explosion en 1986 de la centrale nucléaire de Tchernobyl en Ukraine, un sarcophage de confinement temporaire a été bâti dans l'urgence. Le marché a été attribué par l'Ukraine au groupement NOVARKA constitué des entreprises Vinci Construction Grands Projets et Bouygues Travaux Publics. Le projet comprend, entre autres, la conception et la construction d'une enceinte de confinement en forme d'arche qui viendra coiffer le sarcophage actuel et en permettre le démantèlement. Ce projet à forte ingénierie, est certainement l'un des plus complexes et impressionnants dans le monde d'aujourd'hui. (voir article page 30).



© NOVARKA

SE PRÉPARER À RECYCLER DAVANTAGE DE DÉCHETS

La France ne recycle pas assez ses déchets du BTP pour répondre aux objectifs de l'Union européenne. La Belgique flamande nous montre l'exemple.



La société Yprema réceptionne et valorise 2 millions de tonnes de matériaux par an.

« Les Belges ont trois longueurs d'avance sur nous en matière de recyclage des déchets du BTP, » a reconnu François Buyle-Bodin, professeur de génie civil à l'Université de Lille, au colloque co-organisé par la Fédération nationale des travaux publics (FNTP) et son alter-ego en Flandre, la Confédération flamande de la construction (VCB)⁽¹⁾. « Nous souhaitons beaucoup de courage aux Français et sommes à leur disposition pour les aider, » a conclu Christophe Maes, président de la VCB. La Flandre recycle plus de 90 % de ses déchets quand nous arrivons à peine à 50 %. La Belgique a très peu de carrières et, vu la densité de l'habitat, ne gaspille pas de place pour stocker des déchets. La mise en décharge est interdite. En France, les déchets du BTP peuvent encore partir en "installation de stockage de déchets inertes". Des carrières, nous en avons, et obtenons parfois des matériaux naturels à bon prix. Toutefois, « il devient de plus en plus difficile de prolonger les autorisations d'exploiter les carrières et encore

plus difficile d'obtenir une autorisation pour un nouveau gisement à cause de l'environnement et de l'acceptabilité par les riverains, souligne Stéphane Rutard, chef de service environnement et développement durable de la FNTP. Réutiliser les déchets prolonge l'exploitation des carrières existantes. »

→ Fermer les décharges

L'Union européenne nous incite à mieux faire. La directive cadre relative aux déchets n°2008/98/CE du 19 novembre 2008 traduite en droit français par l'ordonnance du 17 décembre 2010 vise à économiser nos ressources et encourage la valorisation des déchets. Elle est en cours de révision, en particulier sur les objectifs qui pourraient être relevés au-delà des 70 % actuels de déchets du BTP à recycler en 2020. « Il pourrait être intéressant de fixer des objectifs plus hauts au niveau régional, dans les zones très peuplées, et d'être plus ambitieux pour les matériaux inertes plus faciles à recycler, » propose Jan Desmyter, chef du département de géotechnique de l'Institut

belge de recherche sur le bâtiment, rapporteur de l'atelier déchets de construction et de démolition.

Renforcer le marché du recyclage suppose d'avoir des professionnels et que le maître d'ouvrage ait conscience de ses responsabilités vis-à-vis des déchets (diagnostic avant démolition). Il faut aussi une volonté politique. « Est-ce que la France veut vraiment recycler ses déchets ? questionne Geert Cuperus, secrétaire général de la Fédération internationale du recyclage. La fermeture des décharges serait une condition nécessaire. » Ce à quoi Christine Cros, chef du bureau de la planification et de la gestion des déchets au ministère de l'Écologie, répond : « Une période de transition est nécessaire pour éviter les décharges sauvages. Nous préparons le nouveau plan déchets après celui de 2009-2013 et ferons le point à la conférence environnementale de septembre où il sera question d'économie circulaire. »

→ Concevoir pour récupérer

Le recyclage des déchets du BTP a ses limites. Transporter des matériaux traités sur plus de 30 km n'est pas rentable.

La directive européenne fait de la réduction des déchets à la source une priorité. Comment concevoir une construction pour qu'elle soit facilement démolie et ses composants réutilisables ? Peut-elle être plus économe en matériaux ? Sa structure peut-elle servir à un autre projet ?

« Les bâtiments actuels sont construits avec des matériaux plus mélangés qu'avant, pointe José Blanco, directeur général de l'Association européenne des entreprises de démolition. Ayons ça en tête pour l'avenir du recyclage. »

→ Recyclage dans les labels

Il faut aussi se doter de normes de qualité qui instaurent la confiance avec les acheteurs de recyclés. « C'est une des conditions pour créer un marché, à côté de l'achat public de recyclés, de taxes sur la mise en décharge, et de la prise en compte du recyclage dans la délivrance des labels et certifications, » rapporte Jan Desmyter. ■

⁽¹⁾ Ateliers européens Recyclage des déchets de construction et démolition, comment boucler la boucle ? 23-24 mai, Paris. Deux parties : déchets de démolition (déchets inertes) et terres excavées (pollution possible, non traitées ici).

1^{er} DOSSIER DE SORTIE DU STATUT DE DÉCHET

« Si nous voulons atteindre 70 % de déchets inertes du BTP recyclés en France, il faut fabriquer et vendre un produit et non un déchet, c'est une condition pour que la filière se développe, » explique Amaury Beguin-Billecocq, ingénieur environnement chez Yprema qui réceptionne et valorise 2 millions de tonnes de matériaux par an en granulats pour routes.

La directive européenne sur les déchets a prévu cette possibilité. « Le dispositif permet à un flux de déchets, s'il rencontre les critères de la réglementation, de perdre son statut juridique, développe Stéphane Rutard, chef de service environnement et développement durable de la FNTP. Quand un matériau est abandonné au sens juridique du terme, il prend le statut de déchet et cela emporte des conséquences administratives, techniques, économiques pour sa gestion*. Le fait d'avoir une procédure juridique pour sortir du statut permet de relever ces contraintes. » Avant la directive et en attendant sa concrétisation, le matériau recyclé n'est ni un déchet ni un produit du point de vue juridique.

Le Syndicat des recycleurs de déchets du BTP et la société Yprema ont présenté au ministère de l'Écologie le premier dossier de sortie du statut de déchet pour la production de graves industrielles et de graves de béton sur le site de Massy (Essonne) de l'industriel qui répond en tous points à la réglementation. Les conclusions de la commission consultative sur cette demande serviront au ministère à rédiger un arrêté spécifique à la sortie du statut de déchet des granulats recyclés dans la filière de recyclage et de déconstruction du BTP.

* Dont l'obligation de traçabilité.

850 MILLIONS DE TONNES

Les chiffres européens de l'activité de recyclage des déchets seront établis selon une nouvelle méthode fin 2013. Voici quelques données actuelles :

- L'Union européenne (27 États) produit 850 millions de tonnes de déchets du BTP par an, soit 30 % du total des déchets (hors terres excavées) ; la France en produit 240 millions et en recycle 45 % ;
- La Flandre estime que pas plus de 25 % du besoin en matériaux primaires peut être couvert par des recyclés en construction.

LE PORT DU FUTUR S'OUVRE SUR LA VILLE



Le Grand port maritime de Bordeaux pilote un projet énergie avec les collectivités locales et les entreprises.

Les grands ports français évoluent pour rester dans la course en Europe. C'est pourquoi le Centre d'études techniques maritimes et fluviales (Cetmef) organise depuis trois ans les assises du port du futur. Fin mai, a eu lieu la 3^e édition à Marseille.

Le port du futur est ouvert sur la ville. Sa gouvernance est partagée avec les collectivités locales et le privé, co-financiers de son évolution aux côtés de l'État. Les grands ports ont eu tendance à tourner le dos à la population, pour des raisons de sécurité (manipulation de conteneurs) et d'efficacité. Parce que le public s'inquiète de l'impact des extensions et des travaux, le port maritime, notamment de fret, a intérêt à s'ouvrir et à s'intégrer à la ville. Ainsi, par exemple, Marseille a-t-elle réorganisé son port situé au cœur de l'opération de rénovation urbaine Euroméditerranée. De plus, il accueille des équipements non portuaires en balcon, sans gêner ses activités, par exemple un ancien silo à grains reconverti en salle de spectacles et en bureaux, et un centre commercial - Les Terrasses du port - qui ouvre en 2014.

→ Modèle d'écologie industrielle

Le port maritime du futur doit aussi répondre aux besoins des entreprises de transport. La concentration dans le secteur, l'incertitude croissante des taux d'affrètement les rend plus exigeantes, a-t-il été rappelé lors des 3^e assises. Les affreteurs cherchent à maîtriser totalement la chaîne de transport y compris le ferré et le fluvial. La manutention doit se faire sans obstacle physique, ni adminis-

tratif (procédures de douanes à uniformiser), ni informatique (systèmes communs port-clients). La prise en compte de l'environnement à terre doit se concilier avec la rentabilité économique des activités portuaires. La mutualisation de moyens et de services, le partage des infrastructures y contribueront. Le port du futur peut servir de modèle à la mise en œuvre de l'écologie industrielle. S'il consomme beaucoup d'énergie, il dispose de la mer à proximité pour en produire.

Par exemple, le projet Emacop a identifié trois sites en Manche et six, en Atlantique, susceptibles d'accueillir de la production d'énergie houlomotrice en s'appuyant sur des ouvrages maritimes.

→ **Port à économie et énergie positive**
L'optimisation de la consommation énergétique des ports dépend plus d'une

bonne gouvernance commune que de dispositifs techniques.

L'autorité portuaire en sera l'initiatrice mais elle ne portera pas seule ce type de projet.

Le grand port maritime de Bordeaux a lancé l'opération Port à énergie et à économie positive (Péépos) afin de rendre le site plus attractif tout en étant économe pour les entreprises qui s'y installent, et en conciliant activités industrielles et changement climatique.

Péépos fédère les projets énergétiques sur les 7 terminaux du port, sur le territoire avec lequel il interagit et implique tous les acteurs concernés que sont la Communauté urbaine de Bordeaux, la Région Aquitaine et des entreprises. Les appels à projets pour un port durable paraîtront en septembre 2015. ■



À Marseille, le Silo, abritant salle de spectacles et bureaux, a été installé en balcon sans gêner l'activité du grand port maritime.

ÉNERGIE : PAS DE BONUS-MALUS

Suite au contrôle de son texte par le Conseil constitutionnel, la loi « visant à préparer la transition vers un système énergétique sobre et portant diverses dispositions sur la tarification de l'eau et sur les éoliennes », dite loi Brottes est parue le 15 avr² (n°2013-312) mais sans le système de facturation en bonus-malus favorisant les petits consommateurs d'énergie et pénalisant les gros.

En revanche, sont acceptées la suppression des zones de développement de l'éolien et celle de la règle des cinq mâts jugées néfastes au développement de cette énergie renouvelable. Un service public de la performance énergétique de l'habitat est créé. Est également retenue la tarification sociale et progressive de l'eau.

SOMMET VILLE DURABLE

Le sommet mondial de la ville durable, Ecocity, se tient à Nantes (La Cité, Nantes Events Center), du 25 au 27 septembre. Le congrès a pour but de construire une culture commune à tous les acteurs de la ville durable.

Se renseigner sur :

www.ecocity-2013.com.

JOURNÉES DE LA GÉOTHERMIE EN 2014

Les prochaines journées de la géothermie auront lieu du 9 au 11 avr² 2014 à la Cité des sciences et de l'industrie de Paris. Plus d'informations sur : www.afpg.asso.fr.

ERRATUM

L'article « Réhabilitation de 340 tirants actifs au Port de Limay » paru dans le n°897 « Sols et fondations » de juin 2013 comporte une erreur dans l'encadré « principaux intervenants » page 67. Il faut lire « GTS (Travaux géotechniques et de sécurisation) mandataire ; ... » au lieu de « Grands Travaux Spéciaux (GTS) mandataire ; ... »
GTS est bien le mandataire du groupement titulaire du marché.

LES GRANDS TRAVAUX S'EXPOSENT

L'exposition "Les dessous des grands travaux" au Musée des arts et métiers (Cnam, Paris) est proposée par le Comité français de mécanique des sols et de géotechnique. Son ouverture a précédé de trois mois le 18^e congrès international sur ce thème (Paris, 2-5 septembre). Elle dure jusqu'à fin décembre pour sa partie actualités, et jusqu'au 24 juin 2018, pour l'espace qui lui est réservé dans la collection Constructif du musée. Y sont présentés les grands principes de la mécanique des sols et de la géotechnique puis des réalisations remarquables en maquette comme celles du viaduc sur le RN Malleo (Ch², 1895) ou du pont tournant du Canal des Rapides (Vietnam, fin XIX^e siècle). Les plus récents, par exemple le pont RN Anti-rin en Grèce (1999-2004), sont décrits plus en détail sur des panneaux, voire présentés en film comme le tunnel en duplex de l'A86 (1997-2011).



L'entrée de l'exposition explique ce qu'est un sol.

© MUSÉE DES ARTS ET MÉTIERS - Cnam MICHELE FAVARELLE

DENSIFIER PAR GREFFE SUR L'EXISTANT



La réutilisation d'un château d'eau imaginée par l'équipe du 1^{er} prix de Construiracier.

Quatre équipes d'étudiants en architecture ou ingénieurs ont gagné un prix du concours de Construiracier, association de promotion de l'utilisation de l'acier dans le bâtiment et les travaux publics, sur le thème de l'urbanité suspendue.

La réutilisation des châteaux d'eau est au centre du projet qui a remporté le premier prix. « Les châteaux d'eau font partie intégrante du patrimoine architectural français, écrivent les auteurs du projet, Jérémie Germe, Justine Pinguet et Chloé Thomazo de l'Ensa Paris Val-de-Marne et de Polytech Clermont-Ferrand. Ils pourraient redevenir utiles à la ville et à ses habitants en greffant de nouveaux usages à leurs anciennes structures. » Cette équipe a accroché 20 logements sur le château d'eau de la Cité du Bel-air à Montreuil (Seine-Saint-Denis), capable de supporter 1500 tonnes d'eau. Des poutres rayonnantes en acier permettent de redévelopper le volume à l'horizontal.

Les assemblages sont boulonnés, ce qui protège la structure et rend l'ouvrage réversible.

Le 2^e prix a été remis au projet Hanging Layer, imaginé à Hambourg (Allemagne). Une place est densifiée par l'ajout d'étages à parois métalliques, comme suspendus et chapeautant l'existant. L'équipe couvre également des cours intérieures.

→ Immeuble réaligné

Deux 3^e prix ex-æquo : l'ajout de logements sur structure acier au-dessus du hangar la Sardine dans le port de Marseille et l'élargissement d'un immeuble situé dans une patte d'oie à Paris en l'alignant sur les rues et grâce à une structure acier autoportante. ■

PRIX CARRIÈRES DURABLES NATIONAL

Le grand prix développement durable de l'Union nationale des producteurs de granulats⁽¹⁾ a été attribué à STB Matériaux pour sa sablière d'Hamel (Nord). Une centaine de personnes est venue fêter l'événement sur le site. La démarche implique nombre d'acteurs : l'entreprise, la commune propriétaire des lieux et tous les membres du comité de gestion (chasseurs, ornithologues, collectivités locales, associations, etc.). Depuis quinze ans, STB Matériaux y extrait du sable limoneux utilisé autour de canalisations enfouies. Le site, qui sera rendu à la nature en 2020, a également été lauréat en réaménagement de carrière.

Le premier plan de réhabilitation prévoyait un reboisement mais la découverte de plusieurs espèces d'abeilles sauvages a modifié le projet. Il est prévu de recréer des milieux pauvres propices aux espèces

pionnières. Les saules que les abeilles apprécient sont maintenus. Du coup, l'entreprise renonce à une année de production et la commune, au revenu foncier équivalent.

→ 46 000 visiteurs

STB Matériaux a participé à l'opération journées portes ouvertes nationale fin mai qui a attiré 46 000 visiteurs. Dans le même département, Sécab a ouvert son site de Bellignies où elle extrait du calcaire du Givétien pour en faire des granulats. ■

⁽¹⁾ Le grand prix de l'UNPG est organisé tous les trois ans.



L'abeille *Dasygaster Hirtipes*, une des vingt espèces vivant sur la carrière d'Hamel (Nord) et ayant contribué à bonifier son réaménagement.

© STB MATÉRIAUX

PRIX EUROPÉEN

Huit entreprises françaises dont STB Matériaux (voir ci-contre) sont candidates pour le prix européen du développement durable décerné par l'Union européenne le 27 novembre.

SNIT : PRIORITÉ AUX INFRASTRUCTURES EXISTANTES

Frédéric Cuvillier, ministre des Transports, a confirmé que la mise à 2 fois 2 voies de la route Centre-Europe-Atlantique (RCEA) très dangereuse sera achevée conformément à l'engagement du Premier ministre pour la mobilité⁽¹⁾. Le tronçon dans l'Allier sera réaménagé pour 2020 par concession. Celui en Saône-et-Loire le sera par l'État en deux phases, 2019 et 2025. La RCEA est une des priorités du Schéma

national des infrastructures de transport (Snit) comme l'avait recommandé la commission Mobilité 21 dans son rapport de juin. La commission a classé 52 projets par ordre de priorité. Elle conseillait de commencer par l'entretien et la modernisation de l'existant, idée reprise par le Premier ministre qui a promis d'y consacrer les deux tiers des 5 milliards d'euros (hors Grand Paris) investis par l'État chaque année d'ici 2030.

→ Nœuds ferroviaires à défaire

La commission Mobilité 21 avait également attiré l'attention sur les nœuds ferroviaires (Lyon, Marseille, Paris) qui ralentissent le trafic TGV ainsi que sur la modernisation des grands ports maritimes.

Les projets de lignes nouvelles seront justifiés par le constat d'une saturation. Le Premier ministre approuve la création d'observatoires du trafic.

Il reconnaît qu'un budget de 30 milliards d'euros tous financements confondus est envisageable pour les nœuds, pour la continuité des itinéraires de fret et le maillage du réseau ferroviaire structurant. Il privilégie la concrétisation du Snit par des contrats État-Région. ■

⁽¹⁾ Discours du 9 juillet "Investir pour la France" à l'Université Pierre et Marie Curie à Paris (www.gouvernement.fr/premier-ministre).

ÉCOQUARTIER DE 100 HA EN BORD DE SEINE



L'école à énergie zéro ouvre à la rentrée.

À la rentrée, une école à énergie zéro ouvre dans l'écoquartier de Saint-Ouen (Seine-Saint-Denis) et 81 logements seront en cours d'achèvement. L'établissement scolaire et l'immeuble font partie d'un grand projet qui sort de terre sur d'anciens docks et dont le chantier se termine vers 2030. La ville a confié l'aménagement des cent hectares situés au bord de la Seine à Séquano Aménagement, société d'économie mixte d'aménagement et de construction départementale. La première tranche d'un parc de 12 hectares a également été livrée en 2013.

À terme, près de 900 000 m² (Shon) seront construits en logements, bureaux, commerces, activités, équipements publics et collectifs, et 10 000 personnes devraient y vivre.

Le futur quartier se veut exemplaire en qualité urbaine et environnementale, en diversité fonctionnelle et sociale, en densité et continuité urbaine. Outre l'école à énergie zéro, il comprendra d'autres constructions économes en énergie au-delà de la réglementation actuelle, un réseau de chauffage urbain⁽¹⁾, des parkings publics mutualisés et une gestion alternative des eaux de pluie.

En février, Séquano concluait un contrat pour la construction de 1 000 logements dont 40 % de sociaux, d'équipements et de commerces avec plusieurs promoteurs dont Bouygues Immobilier, Eiffage Immobilier et Histoire & Patrimoine.

→ 7 hectares de terrains RFF-SNCF

En avril, la société d'aménagement signait avec RFF et la SNCF un protocole foncier qui permet de vendre des terrains à construire tout en préservant l'espace

nécessaire au prolongement de la ligne de métro parisienne n°14. Le secteur concerné qui couvre un peu plus de 7 hectares, pourrait recevoir 800 logements dont 40 % de sociaux. ■

⁽¹⁾ Voir *Travaux* n°895, mars 2013 page 13.



Un des premiers immeubles de logements de l'écoquartier.

IMMEUBLE DE BUREAUX CERTIFIÉ HQE EXPLOITATION



L'immeuble de 2010 a été complètement restauré.

L'immeuble de bureaux Carré de Suffren (Paris XV^e), vient d'obtenir la certification HQE exploitation, selon le référentiel NF Bâtiments tertiaires en exploitation. Le bâtiment livré en 2010 a été complètement restauré dans une version correspondant aux exigences de haute qualité environnementale au niveau très performant et performant de dix cibles sur les quatorze.

Ainsi, le confort hygrométrique des bureaux est-il dorénavant de haut niveau

ainsi que la gestion des déchets d'activités et la maintenance-pérennité des performances environnementales. Le chantier a aussi été reconnu comme ayant eu peu d'impact sur l'environnement.

Ont été jugés comme "performants", la relation du bâtiment avec son environnement immédiat, le confort visuel et olfactif, et la qualité sanitaire des espaces, de l'air et de l'eau.

La Foncière des régions, propriétaire de l'immeuble de 25 000 m², a confié à

Bouygues Énergies & Services la mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage HQE ainsi que l'exploitation et la maintenance du bâtiment. La certification devrait contribuer à maintenir les performances dans le temps voire à les rehausser. ■



Dans la certification HQE exploitation, figurent le confort visuel, olfactif, et la qualité sanitaire des espaces, de l'air et de l'eau.

PARTENARIAT EUROTUNNEL/ ÉCOLE DES PONTS

À partir de septembre, le groupe Eurotunnel et l'École des Ponts Paris Tech avec la Fondation des Ponts s'engagent dans un partenariat. Ils créent ensemble une chaire dédiée aux "sciences pour le transport ferroviaire".

L'activité ferroviaire y sera considérée sous l'angle exploitatif, organisation des flux, sécurité, durabilité des installations et des technologies, respect de l'environnement et économie des services de transport. Sujets prioritaires de recherche : l'évolution technologique de l'infrastructure du tunnel sous la Manche, l'analyse de son cycle de vie, le concept de systèmes d'intelligence ferroviaire et la compréhension des phénomènes de massification. Le groupe Eurotunnel apporte 150 000 euros par an sur cinq ans.

ROCADE DE MARSEILLE : CONTRAT À SIGNER

Le ministre des transports a désigné le groupement d'entreprises baptisé Phocéale comme attributaire pressenti du contrat de partenariat de la rocade L2 de Marseille. Ce contrat devait être signé à la fin de l'été pour une ouverture partielle en 2016. La rocade L2 est une voie rapide urbaine gratuite de 10 km qui relie les autoroutes A7 au nord de Marseille et A50 à l'est, allégeant ainsi le trafic en centre-ville. Le groupement rassemble une dizaine d'entreprises dont Bouygues Travaux Publics, mandataire.

CERTIFICATION MASE POUR GTS

Le département sites et sols pollués de GTS, filiale du groupe NGE, a obtenu la certification Mase pour son activité de dépollution. Ce système de management de la santé et de la sécurité des chantiers de dépollution améliore la prévention des accidents et des situations dangereuses. Il porte sur l'engagement de la direction, la compétence et la qualification du personnel, la préparation et l'organisation du travail, le contrôle et l'amélioration continue.

CAMPUS DURABLE

Le campus de l'Université de Hertfordshire, au nord de Londres (Angleterre) sera une construction durable avec notamment des bâtiments à ossature bois et une cogénération d'électricité et de chaleur. Le contrat pour sa conception, son financement, sa construction et son exploitation pendant cinquante ans a été remporté par le consortium Uliving avec Bouygues Development, filiale de Bouygues Construction, et Derwent Living, spécialisée en maintenance et exploitation de logements. Le projet comprend 23 bâtiments abritant 3 000 chambres d'étudiants, des locaux associatifs et un gymnase. L'université figure parmi les nombreux financeurs. La conception et la construction sont confiées à Bouygues UK pour un montant de 138 millions d'euros.

PROJET DE RÉNOVATION DU MUSÉE ALBERT-KAHN



© KENGO KUMA AND ASSOCIATES

Façade nord : les Engawa, espaces de transition, sont clos de jalousies en bois et en métal.

Le musée Albert-Kahn à Boulogne-Billancourt (Hauts-de-Seine) va être rénové et agrandi de janvier 2015 à l'été 2017. Neuf bâtiments seront repris et un nouveau de 2 300 m² sera construit. L'ensemble atteindra 4 600 m² de surface utile. Albert Kahn (1860-1940) qui a installé ce musée dans sa propriété, avait voulu ainsi contribuer à la paix par une meilleure connaissance entre les peuples. Le bâtiment abrite une collection de 72 000 photos et des films pris dans une soixantaine de pays. Les espaces verts comprennent un jardin japonais, un français, un anglais et des bois ornementaux. Le projet de rénovation a été confié au

début de l'année à un groupement mandaté par l'architecte japonais Kengo Kuma. La fréquentation du site de 4 hectares, classé musée de France par l'État, augmente depuis cinq ans. Le Conseil général des Hauts-de-Seine dont il relève, veut offrir de meilleures conditions de conservation, de présentation des collections et d'accueil du public. **→ Transitions entre bâti et jardins** Kengo Kuma rend hommage à la relation privilégiée d'Albert Kahn avec le Japon. Il propose une réinterprétation de l'Engawa, élément traditionnel de transition entre intérieur et espace public, entre le bâtiment et son environnement. L'Engawa est généralement ouvert et

rythmé par de fins écrans qui orientent la vue. Il est lieu de déambulation et de contemplation du paysage. La façade sud se compose de fins éléments métalliques qui laissent entrevoir l'intérieur du musée. Côté nord, les rideaux des Engawa formés de jalousies en bois et en métal, dialoguent avec les jardins. La rampe d'accès depuis la rue débouche sur une place où se trouve un pôle de conférences abrité dans une galerie réhabilitée, un bâtiment neuf, espace d'exposition, de médiation et de documentation, un restaurant et un salon de thé avec jardin zen. Les expositions seront organisées de façon à amener les visiteurs à traverser les différents espaces dont les jardins. **→ Géothermie** Les installations thermiques des bâtiments fonctionnent en géothermie sur nappe souterraine. L'Engawa, par son rôle de transition, contribue aussi au confort thermique des lieux. Le musée reste ouvert pendant les travaux dont le coût a été estimé à 26,7 millions d'euros en 2011. ■

STATIONNEMENT : QUATRE INNOVATIONS COURONNÉES

Quatre innovations ont reçu le Parko d'or à Parkopolis, rencontres internationales du stationnement et de la mobilité (19-20 juin, Paris). Le Parko d'or service a été attribué à Urbis Park pour le système "ville simplifiée". Il s'agit d'un paiement par téléphone portable aussi bien en voirie qu'en parking. Une première expérimentation a été lancée

en décembre 2012 à Metz (Moselle). Le Parko d'or technique a été remis à Newtech Concept pour le Clip and Park qui associe une borne multiservices à un mobilier urbain existant. **→ Parking de demain** Le Parko d'or stationnement et mobilité, thème de la 11^e édition de ces rencontres en 2013, est revenu à Lille Métropole pour le parc relais du Grand stade gratuit

pour les usagers de transport collectif et qui accueille les spectateurs du stade. Une étude sur le parking de demain a obtenu le prix spécial du jury. Park Alizés a proposé à quatre groupes d'étudiants designers de réfléchir sur ce thème. Les rencontres sont organisées par le Groupe Moniteur avec l'appui de la Fédération nationale des métiers du stationnement. ■

LE CENTRE DE NANOSCIENCES ET DE NANOTECHNOLOGIES À PARIS-SACLAY

Le CNRS et l'université Paris-Sud vont installer le Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N) dans l'opération dite d'intérêt national à Paris-Saclay. Les deux maîtres d'ouvrage ont confié le projet à l'architecte Michel Rémon avec le bureau d'études Artelia. L'Agence foncière et technique de la région parisienne en est l'aménageur. Le bâtiment de 22 000 m² environ regroupera en 2017

le Laboratoire de photonique et de nanostructures (LPN) et l'Institut d'électronique fondamentale (IEF). Le centre sera spécialisé dans les matériaux, la nanophotonique, la nanoélectronique, les nanobiotecnologies et les micro-nanosystèmes. Le C2N se rapproche ainsi d'autres spécialistes de ces domaines comme, par exemple, le centre d'intégration Nano-Innov du Commissariat à l'énergie

atomique. Il est financé par le CNRS et les investissements d'avenir. ■



© ULIVING

La future résidence universitaire dotée d'une cogénération électricité-chaleur.



© MICHEL RÉMON

Vue du futur bâtiment de 22 000 m².

VILLE SANS TRANCHÉE : ÉCHOS DE LA RÉGLEMENTATION DT-DICT

Ambiance festive au salon Ville sans Tranchée (18-20 juin, Val-d'Oise) : y ont participé 1 200 professionnels accueillis par des bénévoles de France sans tranchée technologies (FSTT) et 80 exposants. Des merguez grillaient sur les stands à l'heure du déjeuner. Soixante-dix personnes ont assisté à la conférence sur le bilan du ministère de l'Écologie sur la réglementation DT-DICT. Depuis le 1^{er} juillet 2012, maîtres d'ouvrage et exécutants de travaux doivent consulter le guichet unique lors d'un projet de chantier à proximité des réseaux. Sur ce guichet, les exploitants ont déposé leurs coordonnées et l'implantation de leurs réseaux⁽¹⁾.

→ Dommages en baisse de 3,5%

Un an après l'entrée en vigueur de cette réglementation et deux ans après le début des expérimentations à Orléans (Loiret) et à Perpignan (Pyrénées-Orientales), 95% des longueurs de réseaux et 12 300 exploitants sont enregistrés dans ce guichet. « Les dommages aux réseaux ont diminué de 3,5% entre 2011 et 2012, a précisé Jean-Pierre Brazzini, vice-président de FSTT et membre de



Le salon Ville sans tranchée a accueilli 1 200 visiteurs.

l'observatoire des DT-DICT⁽²⁾. Les formulaires sont mieux remplis. Les marquages et piquetages signalant les réseaux en surface se multiplient. Les responsabilités entre maîtres d'ouvrage et responsables de réseaux sont mieux définies. » L'effet bénéfique du guichet unique sur le chantier a un coût : 3-15% des travaux.

Pour tester la réglementation sur les travaux à proximité des réseaux, Orléans a coordonné les différents services concernés. Elle espère boucler sa base de données de ses fonds de plan en classe A - précis à 40 cm près - et géoréférencés en 2017. Elle souligne l'importance du

facteur humain et le renforcement des liens avec les exploitants. L'agglomération de Perpignan apprécie aussi les meilleures relations entre acteurs, mais est moins avancée en termes de plans.

→ Améliorer le guide technique

Selon des exploitants, ces obligations poussent à innover en outils de terrain et en appareils de détection. Les procédures gagneraient à être simplifiées, et la dématérialisation, étendue. Les dommages persistent malgré le marquage. Solutions : former le personnel et améliorer le guide technique méconnu (confirmé par les syndicats de salariés).

Les entreprises notent que dorénavant « la sécurité se gagne en amont des travaux. » Elles déplorent des dossiers de consultation des entreprises incomplets sur ce plan, des investigations complémentaires, rares, et des DT-DICT conjoints, dévoyés⁽³⁾. ■

⁽¹⁾ Application de la loi du Grenelle 2. Voir www.reseaux-et-canalizations.gouv.fr.

⁽²⁾ DT : déclaration de projet de travaux (maître d'ouvrage) ; DICT : déclaration d'intention de commencement de travaux (entreprise).

⁽³⁾ Possibilité quand le maître d'ouvrage est responsable du projet et exécutant des travaux.

TISSU IMPRÉGNÉ DE CIMENT

Le Cimtex est un textile souple de renforcement imprégné de ciment. Fabriqué par Concrete Canvas, ² est distribué en exclusivité en France par Point.P Travaux publics, depuis cet été.

Une fois hydraté par arrosage, ² forme une couche de béton mince, étanche, résistant au feu, aux ultraviolets, au gel/dégel. Il reste malléable pendant deux heures et durcit à 80% en vingt-quatre heures. Il s'utilise en revêtement de fossés, de talus, en réparation de structure béton, en protection et stabilisation de pentes ou en protection de câbles. Il peut aussi remplacer du béton projeté en murs de retenue, réserves d'eau, tunnels, etc. Présenté en rouleaux, ² est disponible en trois épaisseurs : 5, 8 et 13 mm. Les deux plus importantes résistent au poinçonnement et à la charge sous circulation de véhicules. Il comprend une sous-couche de PVC.



Le produit mis en œuvre sur un chantier à l'étranger.

NORME À RÉVISER ET À COMPLÉTER

Les travaux à proximité des réseaux doivent se conformer à la norme NF S70 003. Les parties 1 - prévention des dommages et leurs conséquences - et 2 - techniques de détection sans fouille - parues en 2012, vont être révisées à partir de septembre.

Ses parties 3 - géoréférencement des réseaux - et 4 - documents utiles au maître d'ouvrage (titre non fixé) - doivent paraître en octobre.

DEUX CHANTIERS REMARQUABLES



Micro tunnelier de 2 m de diamètre dans le puits principal du chantier sur l'usine du Siaap dans les Yvelines.

Les 5^e trophées des travaux sans tranchée ont récompensé le Syndicat interdépartemental d'assainissement de l'agglomération parisienne (Siaap) et l'entreprise Horizontal Drilling International (HDI).

Le Siaap a été retenu pour un chantier où le nombre de puits d'accès au sous-sol a été limité à trois, variante proposée par le groupement d'entreprises (Sade, CSM-Bessac, Soletanche-Bachy). Le Syndicat, qui refond son usine d'Achères (Yvelines), implante une nouvelle filière de traitement membranaire. Son collecteur

d'alimentation de 1 400 m a été installé par trois puits seulement. Cette solution réduit l'impact sur le site, classé Seveso haut (biogaz et méthanol). À partir du puits principal, le micro tunnelier (2 m de diamètre intérieur) a poussé des tuyaux sur 800 m en rectiligne d'un côté, puis une fois sorti par le deuxième et réinstallé dans le premier, il a travaillé de l'autre côté, sur 600 m en courbe avant de sortir par le troisième (2012).

HDI a combiné plusieurs techniques de sans tranchée dans le Grand port maritime du Havre. Total voulait disposer

d'une canalisation directe entre sa raffinerie et la Compagnie industrielle maritime (stockage). Le franchissement sous le port a donné lieu à un forage d'exploration de 1 500 m avec prise d'échantillons de sol, à la mise en place de deux gaines inclinées de part et d'autre du franchissement par micro tunnelier rétractable, à deux forages centrés dans ces gaines en vis-à-vis (jonction à 70 m de profondeur) et à la pose de la canalisation acier sur pieux à plus de 7 m de haut avant de la tirer dans le sol (2009-2010). ■

**MOINS D'AIMANTS
DANS LES
ÉOLIENNES**

Le projet Jeolis vise à réduire le nombre d'aimants permanents dans les alternateurs des grandes éoliennes. Il a été sélectionné dans le cadre d'un appel à manifestation d'intérêt de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) qui avance 48 % du coût du développement par Jeumont Electric avec ses partenaires. Un démonstrateur industriel est attendu pour fin 2013.

Le concept associe électro-aimants et aimants permanents, ce qui permet de diviser par quatre l'utilisation d'aimants qui, rappelons-le, sont fabriqués à partir de terres rares, coûteuses et dont l'extraction n'est pas sans impact sur l'environnement. Du coup, les machines deviennent plus robustes, plus fiables et optimisent leur production d'électricité sur toute la plage de vitesse du vent, selon Robert Bellini, ingénieur au service Réseaux et énergies renouvelables de l'Ademe.

**BATTERIES
LITHIUM-ION
REFROIDIES**

Les batteries lithium-ion ne supportant pas des températures supérieures à 70°C - le risque de s'enflammer existe -, Bosch a doté les siennes d'un système de refroidissement à ailettes. Ainsi, sont-elles protégées de surchauffes qui vieillissent les batteries voire les mettent hors service. Le fabricant estime que le coolpack double leur durée de vie.



Une partie des déchets du BTP qui arrivent sur le site de Pontreaux (Loire-Atlantique) est dirigée vers le recyclage.

**PROGRAMME POUR DES QUARTIERS
À ÉNERGIE POSITIVE**



© CIT

Le campus du Cork Institute of Technology (Irlande) sert de site d'étude.

Le programme Cooperate a reçu 3,5 millions d'euros de la Commission européenne dans le cadre du 7^e programme cadre pour la recherche. Cooperate s'intéresse aux quartiers qui, grâce à un pilotage, parviennent à consommer moins d'énergie qu'ils n'en produisent. Il vise à créer une plateforme logicielle ouverte, évolutive, sur internet, proposant des services de gestion et d'optimisation énergétique, par exemple de l'effacement d'appel de puissance, du lissage des pointes de consommation et

de l'optimisation de l'énergie produite localement. Ses travaux devraient contribuer à l'objectif européen de faire monter la part des énergies renouvelables dans la consommation à 20 %, de réduire les émissions de CO₂ de 20 % et d'accroître l'efficacité énergétique de 20 %. Deux sites vont permettre de valider les concepts à grande échelle : celui de Bouygues Construction à Guyancourt (Yvelines) et le campus du Cork Institute of Technology (Bishopstown, Irlande). Sur ce dernier, la zone d'étude regroupe le

banc d'essai de l'énergie des bâtiments Nimbus, des installations sportives qui disposent de capacités de production et de stockage d'énergie, et une partie de la résidence universitaire.

→ Sept partenaires

Cooperate réunit sept partenaires pendant trois ans : l'Université RWTH d'Aix-la-Chapelle (Allemagne), chef de file, spécialisée en automatisation des systèmes électriques complexes ; le Cork Institute of Technology dont le centre Nimbus étudie les systèmes embarqués sans fil, l'efficacité énergétique, la gestion de l'eau, les transports, etc. ; la société Embix (filiale Alstom et Bouygues, gestion énergétique pour collectivités) ; Bouygues Energies et Services (réseaux et services de proximité) ; Intel Labs Europe dont son laboratoire Energie et durabilité (détection, actionnement, analyse et service appliqués à l'énergie, l'environnement et la durabilité) ; la division énergie et réseaux électriques de l'Université de Manchester (Angleterre) ; le centre irlandais de recherches de United Technologies (UTC) spécialisé dans les solutions d'efficacité énergétique répondant aux besoins du marché. ■

**SERVICE COMPLET : DÉPÔT DE DÉCHETS,
PRODUITS RECYCLÉS ET NEUFS**

Les camions font la queue à l'entrée du site Lafarge de Pontreaux (Loire-Atlantique). Chargés de déchets de déconstruction du bâtiment ou de travaux publics, ils s'arrêtent pour s'enregistrer mais aussi pour qu'une caméra contrôle rapidement la qualité de leur cargaison. Ils sont alors dirigés vers une ancienne carrière à combler, après que le contenu a été reconstruit, soit vers la zone de récupération. Pour devenir des granulats recyclés routiers, les gravats sont net-

toyés de la ferraille, cassés, concassés et criblés en deux granulométries (0-20 et 0-80).

Les camions ne repartent pas à vide mais remplis de granulats recyclés ou de produits neufs vendus également sur le site. Les granulats recyclés destinés aux chaussées et bétons hydrauliques répondent à la norme NF P18-545. C'est ainsi que Lafarge entend favoriser le développement des granulats recyclés. L'industriel dispose de 83 sites en France où il peut accueillir ce service baptisé Aggneo.

→ Béton recyclé dans du béton

Par ailleurs, l'industriel fait des essais pour réutiliser du béton recyclé dans du béton neuf. Pour cela, il récupère des "glaçons" constitués de béton inutilisé sur les chantiers et qui revient aux centrales à béton (l'équivalent d'une benne revient par centrale et par semaine). Il est stocké dans une benne au fond enduit d'huile de décoffrage. Arrivé au site de Pontreaux, le camion déverse un "glaçon"

de 19 tonnes de béton durci, propre et sans ferrailage (photo). Les premiers essais de paroi avec des granulats ainsi recyclés sont concluants. ■



Glaçons de béton récupéré dans les bennes des centrales à béton et dont les granulats sont réutilisés pour fabriquer du béton.

© LAFARGE



NOTRE TALENT
DÉFIE LE TEMPS

STRRES

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

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

Le STRRES est adhérent de la FNTF.

Retrouvez sur **www.strres.org** :

Les guides



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

Les entreprises



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

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

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

STRRES



NOTRE TALENT
DÉFIE LE TEMPS

BILAN GAZ À EFFET DE SERRE POUR L'ACTIVITÉ GRANULATS

L'Union nationale des producteurs de granulats, l'Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction et l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) publient un guide pour réaliser un bilan des émissions de gaz à effet de serre. Les activités dans les carrières

de granulats et les sites de recyclage ont un impact sur l'environnement et consomment de l'énergie (engins, transport, traitement).

Sous-titré *Utilisation des modules d'informations environnementales*, le document de 132 pages est téléchargeable gratuitement sur

le site de l'Ademe. Il propose un outil d'évaluation des émissions et des consommations, des pistes pour les réduire. Il comprend également trois analyses de cycle de vie selon qu'il s'agit de granulats issus de roche massive, de roche meuble ou recyclé. www.ademe.fr ■



BIEN GÉRER LES EAUX PLUVIALES SUR CHANTIER

Voici un guide au format de poche et à la mise en pages attractifs. Il séduira les lecteurs à la recherche d'informations sur la gestion des eaux pluviales de chantier et sur l'hydraulique provisoire en phase travaux. Édité par Egis, l'ouvrage de 80 pages fournit des bonnes pratiques afin d'éviter les difficultés de chantier dont

certaines peuvent aller jusqu'à des poursuites judiciaires.

Il vient compléter celui du Sétra intitulé *Chantiers routiers et préservation du milieu aquatique* (2007).

Au départ élaboré en interne - il est d'ailleurs écrit par deux spécialistes d'Egis, Isabelle Lappe et Lise Foucher -, le document est vendu à l'extérieur

(documentation.egis-sa@egis.fr).

Parmi les très nombreux points soulignés, citons la nécessité de prévoir les grosses pluies et celle d'entretenir les réseaux provisoires en phase chantier.

Vingt-cinq pages sont consacrées à des fiches techniques illustrées sur des chantiers récents. ■



VOIES URBAINES À 70 KM/H

Ne dites plus voie rapide urbaine, dites artère urbaine à 70 km/h (AU70). Ce changement témoigne de la nécessité d'offrir des voies praticables à une vitesse plus élevée que les 50 km/h réglementaires en ville et moins que les

routes (90 km/h). À 70 km/h, la circulation sur des distances moyennes, souvent en périurbain, est plus fluide qu'à 90 km/h. C'est pourquoi le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

propose un guide sur ce qu'il appelle les voies structurantes d'agglomération, outil destiné à la phase études d'un projet : localisation, fonctions, types, éléments géométriques de conception, etc.

www.certu.fr ■



DÉLÉGATION DE SERVICE PUBLIC EN TRANSPORT URBAIN

Le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (Certu) a mis à jour son ouvrage sur la délégation de service public en transport urbain,

la plus commune dans ce domaine. Les auteurs en reprennent toutes les étapes de la préparation à la signature des contrats à travers un système de questions-réponses afin d'en faciliter

la compréhension. Ils présentent également les dernières évolutions réglementaires et jurisprudentielles ainsi que les écueils à éviter.

www.certu.fr ■



AGENDA

ÉVÉNEMENTS

• 18 AU 20 SEPTEMBRE

Salon bâtiment et travaux publics en plein air

Lieu : Viabon (Eure-et-Loir)
www.salonbettep.com

• 26 ET 27 SEPTEMBRE

Infrastructures, écosystèmes et paysages

Lieu : Sophia-Antipolis (Alpes-Maritimes)
www.ademe.fr

• 1^{er} AU 3 OCTOBRE

Bétons fibrés à ultra hautes performances

Lieu : Marseille (Mucem)
www.afgc.asso.fr

• 1^{er} AU 4 OCTOBRE

Congrès exposition de l'industrie minière

Lieu : Besançon (Doubs)
www.lasim.org

• 7 ET 8 OCTOBRE

Bilan du Predit 4

Lieu : Paris 9^e (ex-Bourse)
www.predit.prd.fr

FORMATIONS

• 22 ET 23 OCTOBRE

Fondations et travaux spéciaux : technologies

Lieu : Paris
http://formatin-continue.enpc.fr

NOMINATIONS

ATMB :

François Drouin préside le conseil d'administration d'Autoroutes et Tunnel du Mont-Blanc.

BANQUE POSTALE :

Serge Bayard a été nommé directeur des entreprises et du développement des territoires.

CDC INFRASTRUCTURE :

La filiale de la Caisse des dépôts est dirigée par Marie-Laure

Mazaud notamment chargée du pôle des infrastructures de transport.

ÉCOLOGIE :

Philippe Martin est ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie à la place de Delphine Batho depuis juillet. Il est député, membre de la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire à l'Assemblée nationale.

INTELLIGENCE ÉCONOMIQUE :

Claude Revel a été nommée déléguée interministérielle à l'intelligence économique. Le comité du même nom est présidé par le Premier ministre.

JCB :

Graeme Macdonald prend la direction générale du fait du départ en retraite d'Alan Blake à la fin de l'année.

PARIS :

Élisabeth Borne ayant été nommée préfète de Poitou-Charentes, Claude Pralraud prend sa place à la direction de l'urbanisme de la Ville de Paris. Ce dernier était directeur général de la Société d'économie mixte Paris Seine, poste occupé dorénavant par Dominique Hucher.

RFF :

Valérie Champagne prend la tête de la direction générale des finances et achats après avoir été directrice de la stratégie de SNCF Infra.

SERCE :

Alain Le Du a été élu président du Syndicat des entreprises de génie électrique et climatique.

SNBPE :

Jean-Luc Armenante a été nommé délégué du Syndicat national du béton prêt à l'emploi pour l'Est de la France, et Olivier Stephan, pour l'Ouest.



CAISSE NATIONALE DES ENTREPRENEURS DE TRAVAUX PUBLICS

Au service de la Profession des Travaux Publics

Nos missions :

- assurer le service des congés payés auprès des salariés des Travaux Publics
- procéder au remboursement des indemnités de chômage-intempéries versées par les employeurs de la Profession.

La CNETP regroupe **7 200 entreprises** de Travaux Publics et assure le calcul et le versement de prestations dues à plus de **265 000 salariés**.

Nos coordonnées :

• Par courrier :

31 rue le Peletier - 75453 PARIS CEDEX 09

• Par Internet : www.cnetp.fr

• Par fax : 01.70.38.08.00

• Par téléphone :

- pour les entreprises : 01.70.38.07.70

- pour les salariés : 01.70.38.07.77

• Serveur vocal (24h/24) : 01.70.38.09.00



EDF ÉNERGIES NOUVELLES ÉOLIEN OFFSHORE : 6 000 MÉGAWATTS À L'HORIZON 2020

EDF ENERGIES NOUVELLES SE DÉVELOPPE SUR PLUSIEURS FILIÈRES : L'ÉOLIEN TERRESTRE, L'ÉOLIEN OFFSHORE, LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE ET LES NOUVELLES FILIÈRES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES.

L'ÉOLIEN OFFSHORE CONSTITUE LA FILIÈRE PHARE POUR RELEVER LE DÉFI 2015-2020. EDF ENERGIES NOUVELLES S'IMPLIQUE DANS CE DOMAINE POUR PRENDRE PART À L'ÉMERGENCE DE CETTE NOUVELLE INDUSTRIE EN FRANCE ET À L'ÉTRANGER.

EMMANUEL CHANFREAU, ADJOINT AU RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT « OFFSHORE » À L'INGÉNIERIE ET DIRECTEUR TECHNIQUE DU PROJET DE PARC ÉOLIEN EN MER DE FÉCAMP AU SEIN DE EDF ENERGIES NOUVELLES FAIT LE POINT SUR LES AVANCÉES LES PLUS RÉCENTES DE CETTE TECHNIQUE EN FRANCE ET SUR SES RETOMBÉES ÉCONOMIQUES. PROPOS RECUEILLIS PAR MARC MONTAGNON



© MARC MONTAGNON
1

En 2013, où en sont les projets d'éolien offshore qu'il est prévu d'implanter au large des côtes françaises ?

EDF Energies Nouvelles est le lauréat de l'appel d'offres du gouvernement français pour trois des cinq projets éoliens en mer lancé en 2012.

Nous avons ainsi trois projets en développement : les projets de Fécamp et de Courseulles-sur-Mer dans la Manche et celui de Saint-Nazaire, dans l'Atlantique.

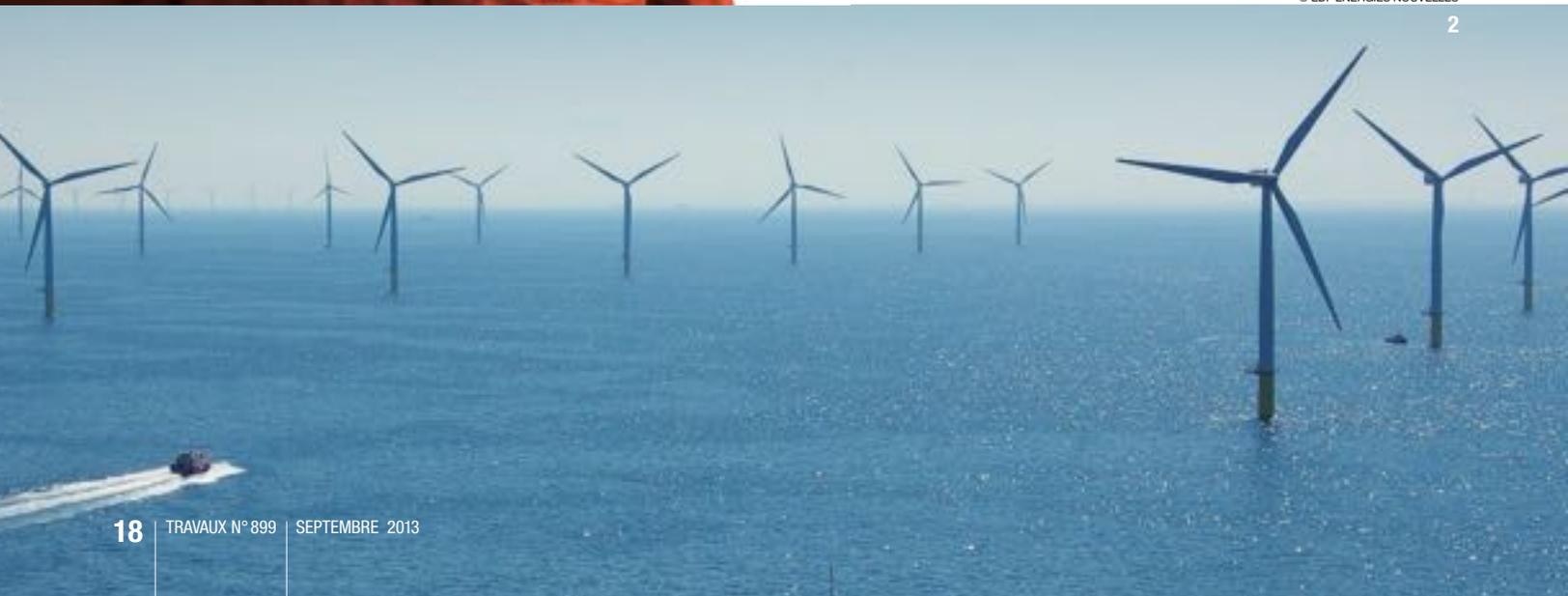
Ces trois projets représentent une capacité d'environ 1,5 gigawatt et 240 éoliennes installées en mer.

Chaque projet génère un investissement d'environ 2 milliards d'euros. EDF Energies Nouvelles dispose d'ailleurs d'une expérience acquise depuis plusieurs années dans l'éolien offshore, notamment au travers de deux projets majeurs : C-Power, un parc éolien en mer de 325 MW en Belgique et Teesside, un parc éolien en mer de 62 MW au Royaume-Uni, dont les constructions se terminent.

Les grandes dates du planning sont-elles déjà déterminées ?

Au niveau du planning technique, nous nous trouvons actuellement

© EDF ENERGIES NOUVELLES
2



dans la période de ce qu'on appelle la levée des risques ; c'est-à-dire que, depuis l'obtention de l'appel d'offres jusqu'à octobre 2013, nous devons confirmer à la CRE, la Commission de Régulation de l'Energie qui gère ces appels d'offre, la faisabilité technique, le prix annoncé et le plan industriel associé. En parallèle les débats publics des 3 parcs éoliens dont nous nous occupons sont en cours.

Après achèvement de la période de levée de risques et des débats publics, sans préjuger des résultats de ces périodes clés, le développement des projets pourrait se poursuivre jusqu'à la décision finale d'investissement aux alentours de mi-2015 et la construction pourrait alors démarrer en 2016 pour une mise en service partielle en 2018.

Les demandes de permis de construire seront déposées simultanément mais il pourrait y avoir, en fonction des aléas techniques, un décalage de l'état d'avancement des trois projets.

Quelles sont les caractéristiques de base de chacun de ces projets ?

Au niveau de l'ampleur, les trois projets sont très similaires puisqu'ils comportent chacun de l'ordre de 80 turbines Alstom de nouvelle technologie, d'une puissance de 6 mégawatts, c'est-à-dire l'une des plus puissantes actuellement avec un rotor de 170 m de diamètre : pour donner une image, la longueur d'une pale correspond sensiblement à la largeur totale d'un bout à l'autre des ailes de l'Airbus A380. Les éoliennes sont fixées sur un mât lui-même posé sur une fondation qui assure le lien entre l'éolienne et le sol marin. Deux types de fondations ont été

© EDF ENERGIES NOUVELLES



LES ÉTAPES DU PROJET

AVRIL 2012 : résultat de l'appel d'offres.

AVRIL 2012 À OCTOBRE 2013 : levée des risques (complément d'études).

MARS 2013 À JUILLET 2013 : débat public.

OCTOBRE 2013 À MI 2015 : confirmation du projet et demandes d'autorisations.

2015-2020 : construction du parc éolien en mer au large de chacun des trois sites retenus.

À PARTIR DE 2018 : démarrage progressif de l'exploitation.

1- Emmanuel Chanfreau.

2- Un champ d'éoliennes offshore déjà en service.

3- Chantier de montage d'une éolienne en mer.

4 & 5- Chantier de construction des embases en béton pour les éoliennes sur fondations gravitaires.

définis : pour Fécamp, il s'agit de fondations gravitaires en béton d'un poids de l'ordre de 5 000 tonnes, d'environ 30 m de diamètre et 50 m de hauteur, qui seront coulées en place et remplies de ballast ; pour Courseulles-sur-Mer et Saint-Nazaire, le choix s'est porté sur des monopieux métalliques d'environ 7 mètres de diamètre, mis en œuvre dans le sol soit par forage, soit par battage, soit par une combinaison des deux techniques.

Les sites ont été choisis, d'une part, pour une implantation en accord avec les usages maritimes locaux, d'autre

part pour leurs caractéristiques techniques, c'est-à-dire des zones avec une profondeur d'eau relativement faible, se situant entre 15 m et 40 m suivant les sites, et qui soient abritées au niveau des courants marins mais dans lesquelles les vents sont fréquents et importants.

Les éoliennes seront situées à une hauteur de 100 m en haut de mât et on sera à 175 m en bout de pale.

L'énergie captée est proportionnelle au carré de la longueur de la pale. Il est important de noter que les projets sont compatibles avec les usages de la mer. La pêche est une activité historique et emblématique de la Haute-Normandie avec les ports de Fécamp, du Havre, de Dieppe et du Tréport. Elle l'est tout autant en Basse-Normandie avec les ports de Baie de Seine. Il en est de même aux alentours de Saint-Nazaire.

Pour toutes ces raisons, la zone d'implantation de chacun des parcs, les alignements des éoliennes et la disposition des câbles inter-éoliennes ont été étudiés en prenant en compte les activités de pêche, les autres usages de la mer, l'impact visuel et en garantissant la sécurité maximale dans la zone du projet et ses abords.

Quelles sont les données techniques de chacun des sites ?

Le projet de parc éolien en mer au large de Fécamp est situé à plus de 13 kilomètres de la côte. Il comprend 83 éoliennes Alstom de 6 mégawatts pour une puissance totale de 498 mégawatts.

Le projet de Courseulles-sur-Mer est implanté à plus de 10 kilomètres des côtes. Il comprend 75 éoliennes Alstom de 6 mégawatts pour une puissance totale de 450 mégawatts. ▷

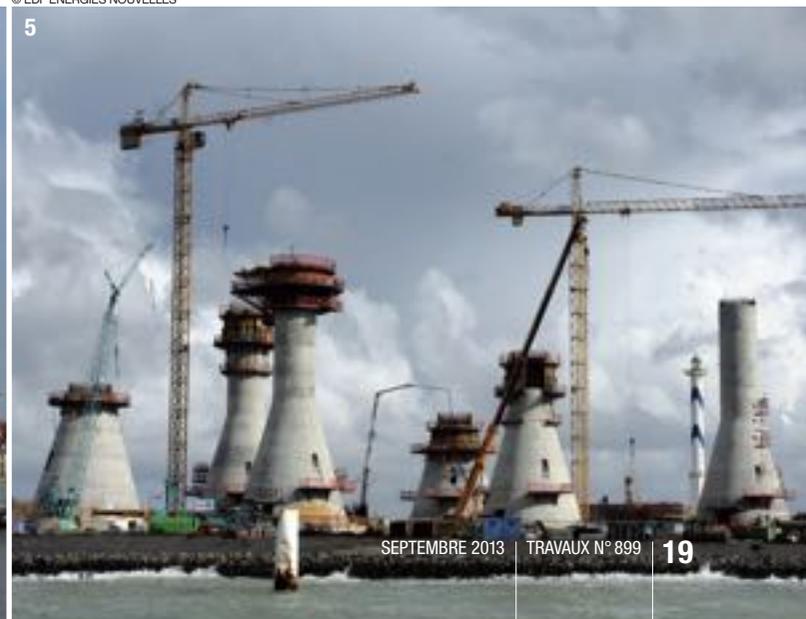
© EDF ENERGIES NOUVELLES

4



© EDF ENERGIES NOUVELLES

5





6

FÉCAMP, COURSEULLES-SUR-MER, SAINT-NAZAIRE : **LE CONSORTIUM**

Le consortium adjudicataire des trois marchés est composé de partenaires stratégiques : EDF Energies Nouvelles et Dong Energy associés à wpd offshore pour les projets de Fécamp et Courseulles - sur Mer, et à Nass & Wind Offshore, pour Saint-Nazaire.

Les trois projets remportés par le consortium s'appuient sur des études de vent poussées et des études environnementales menées sur une période d'environ 5 ans. Des campagnes géotechniques ont également été réalisées afin de déterminer le choix le plus adapté pour les fondations qui supporteront les futures éoliennes.



7

© EDF ENERGIES NOUVELLES

Enfin, le projet de Saint-Nazaire est situé à plus de 12 kilomètres des côtes. Il comprend 80 éoliennes Alstom de 6 mégawatts pour une puissance totale de 480 mégawatts. Chacun des sites fournira l'équivalent de la consommation électrique annuelle moyenne de plus de 770 000 personnes. Outre la fourniture d'électricité, ces projets sont une opportunité économique pour le territoire avec des retombées en termes d'emploi et de formation. Ils constituent également un important levier de croissance pour le secteur maritime et le tissu industriel régional et local.

À titre d'exemple, Alstom, partenaire du maître d'ouvrage, prévoit de créer quatre usines pour fabriquer les éoliennes en France : deux à Saint-Nazaire pour produire les génératrices et les nacelles et deux à Cherbourg pour produire les pales et les mâts, ce qui correspond à la création d'environ 5 000 emplois directs et indirects. En parallèle, le consortium prévoit d'implanter des sites pour la construction des fondations et l'assemblage des éoliennes ainsi que des centres d'exploitation-maintenance - activités qui permettront la création d'environ 2000 emplois.

6 & 7- Zone d'implantation et très faible impact visuel du champ d'éoliennes au large de Courseulles-sur-Mer.

8- Chantier de mise en œuvre des pieux métalliques de fondation.

9- Le monopieu métallique de fondation d'un diamètre de l'ordre de 7 m.

"Haliade 150" est la première éolienne en mer de 6 mégawatts de nouvelle génération (sans boîte de vitesse) capable d'alimenter en électricité l'équivalent d'environ 5 000 foyers. Alstom s'appuie sur 30 ans d'expérience dans l'éolien pour concevoir cette machine offshore robuste, simple et efficace, l'une des plus performantes du marché à l'horizon 2015.

Quels sont les avantages des éoliennes en mer ?

Quelques chiffres-clés permettent d'apprécier l'efficacité d'une telle

© EDF ENERGIES NOUVELLES

8



© EDF ENERGIES NOUVELLES

9





10



12



11

L'ÉOLIENNE ALSTOM HALIADÉ 150 EN BREF

PUISSANCE ÉLECTRIQUE UNITAIRE : 6 MW

HAUTEUR DE LA NACELLE : 100 m

LONGUEUR D'UNE PALE : 73,50 m

HAUTEUR EN BOUT DE PALE : 175 m

FONDATION : de type monopieu ou de type gravitaire

implantation. Par exemple, pour le parc éolien en mer de Saint-Nazaire, leur fonctionnement est assuré pendant 90% du temps ce qui correspond à une production d'électricité équivalente à un fonctionnement à pleine puissance 40% du temps, soit une production électrique de 1 735 GWh par an.

Le fonctionnement des éoliennes est assuré pour des vitesses de vent comprises entre 10 et 90 km/h avec une vitesse moyenne mesurée au niveau de la nacelle de l'ordre de 30 km/h.

Quels sont les objectifs et quels peuvent être les résultats des débats publics ?

Les débats publics sont actuellement en cours pour chacun des sites avec différentes thématiques spécifiques sur l'emploi, la construction, l'exploitation, l'environnement. Ces débats sont organisés par la Commission Nationale des Débats Publics qui nomme une commission particulière pour chacun des projets et constitue de ce fait une instance indépendante entre le public et le maître d'ouvrage. Si certains critères ne sont pas susceptibles d'être modifiés par le débat public, tel que la localisation du site imposée dans le cahier des charges par le gouvernement, par contre,

10 & 11- L'éolienne Haliade 150 d'Alstom de dernière génération avec un rotor de 170 m de diamètre et sa nacelle.

12- Cette image du transport de l'embase métallique d'une éolienne offshore met en évidence les dimensions imposantes du modèle Haliade 150.

le débat public va servir à affiner certaines propositions de l'ensemble des acteurs, notamment les riverains et toutes les associations locales de protection de la faune, de défense de l'environnement, des sociétés de pêche...

L'idée est d'être le plus explicite possible sur les caractéristiques du projet et de lever les craintes éventuelles qu'il pourrait susciter, par exemple en ce qui concerne l'impact visuel.

D'autres projets sont-ils en cours ?

Un nouvel appel d'offres a été lancé en mars dernier portant sur deux

sites : l'un au Tréport, dans la Manche et l'autre au large de l'île d'Yeu, sur la façade atlantique en Vendée. Cet appel d'offres concerne la fourniture d'une puissance cumulée de 1 GW. Le cahier des charges a été émis par la CRE et la réponse doit être remise avant le 29 novembre 2013.

Il y aurait peut-être un troisième appel d'offres qui porterait sur de l'éolien flottant ou de l'hydrolien mais son lancement est encore hypothétique. Les objectifs de base du gouvernement restent actuellement d'atteindre 6 gigawatts de puissance installée d'éolien en mer en 2020.

D'une manière plus générale, quels sont les objectifs de développement des énergies renouvelables en France et quel peut être leur impact sur l'économie nationale ?

La France s'est fixé pour objectif de développer significativement l'ensemble des énergies renouvelables pour que celles-ci couvrent 23% de la consommation d'énergie en 2020. L'énergie éolienne représente près d'un quart de l'effort à fournir pour atteindre cet objectif : un parc éolien de 25 000 mégawatts, dont 6 000 en mer, devra être installé pour couvrir environ 10% de notre consommation

d'électricité en 2020, contre 2,2% en 2011.

Le premier appel d'offres visait à installer une puissance de 3 000 mégawatts répartis sur 5 zones : Fécamp, Courseulles-sur-Mer et Saint-Nazaire, dont nous sommes adjudicataires auxquels s'ajoutent Le Tréport (jugé infructueux) et Saint-Brieuc (attribué à un autre consortium).

L'ensemble du programme des 6 000 MW éoliens en mer devrait permettre d'éviter l'émission de 16 millions de tonnes de CO₂ par an. Il conduirait, selon le Ministère en charge de l'énergie, à une charge de 25 euros par ménage et par an. Par ailleurs, la société mère du maître d'ouvrage, Eolien Maritime France, retenue pour la réalisation des trois projets de Saint-Nazaire, Fécamp et Courseulles-sur-Mer, et Alstom, entendent contribuer au développement d'une filière industrielle avec la création de près de 7 000 emplois. L'appel d'offres de 2012 doit permettre aux acteurs industriels de se positionner sur de nouveaux marchés en France et à l'étranger en développant des compétences propres dans les domaines de l'ingénierie, de la fabrication, de l'installation et de la maintenance des éoliennes ainsi que des fondations et des câbles. □

SIRFIA, DESSINE MOI UNE STEP VERTE

LA SOCIÉTÉ D'INGÉNIERIE ARDÉCHOISE, FILIALE DE RAZEL-BEC, EST SPÉCIALISÉE DANS LA CONCEPTION DE STATIONS D'ÉPURATION PAR FILTRES PLANTÉS DE ROSEAUX. POINTS FORTS DE CETTE SOLUTION ÉCOLOGIQUE, DESTINÉE AUX COMMUNES DE 50 À 2 000 HABITANTS : ABSENCE DE NUISANCES SONORES ET OLFACTIVES, COÛTS DE RÉALISATION ET DE FONCTIONNEMENT RÉDUITS. **ENTRETIEN AVEC MICHEL CHLASTA, DIRECTEUR GÉNÉRAL DE SIRFIA.** PROPOS RECUEILLIS PAR PHILIPPE DONNAES



© JEAN-LUC GIROD

1

La Société d'Ingénierie et de Réalisation de Filtres pour l'Assainissement est une entreprise assez jeune, qui revendique néanmoins plusieurs années

d'expérience en la matière. Pouvez-vous nous en dresser un rapide historique ?

Notre existence en tant que société d'ingénierie est effectivement assez

récente puisque Sirfia a officiellement été créée en novembre 2009.

Mais les trois personnes qui composent la société, basée à Annonay en Ardèche, disposent d'un savoir-faire reconnu dans le domaine des stations d'épuration par filtres plantés de roseaux puisque toute l'équipe est issue d'un grand groupe spécialisé, entre autres, dans l'assainissement des eaux usées, groupe pour lequel nous avons réalisé, à partir de 2004, plus d'une cinquantaine de stations d'épuration à partir d'un procédé breveté et validé par le Cemagref. Malgré ces succès, la direction de ce groupe ayant refusé de créer une entité dédiée, spécialisée sur ce créneau, nous avons décidé de créer notre propre société et nous avons donc recherché des partenaires financiers. Parmi les nombreuses propositions que nous avons reçues, notre choix s'est porté sur la société Bec (aujourd'hui groupe RAZEL-BEC) car nous voulions retrouver une entreprise où l'humain a toute sa place. Sirfia a, depuis sa création, réalisé plus d'une trentaine de STEP ; la plus importante, qui offre une capacité de 1 200 à 1 900 équivalent/habitants,

se situant sur la commune ardéchoise des Ollières-sur-Eyrieux. Nous avons, dernièrement, créé une agence à Nantes, après avoir remporté un marché en Vendée pour la commune de Grand'Landes, et créé un poste de Chargé d'Affaires.

À quel type de commune s'adresse votre solution ?

Nous nous adressons principalement aux villes et villages de 50 à 2 000 habitants qui ne disposent pas de station d'épuration et pour lesquels les rejets domestiques engendrent des impacts polluants évidents sur la qualité des cours d'eau.

Nous pouvons également intervenir sur des stations existantes, afin d'améliorer le traitement des boues activées, notre solution, beaucoup plus économique qu'un système épaisseur classique, venant se positionner en remplacement des lits de séchage. Nous avons, par ailleurs, développé une nouvelle activité conçue pour les « bases-vie » des grands chantiers. Notre solution se révèle, là encore, plus économique et plus simple, en termes de fonctionnement et de maintenance, qu'une

© JEAN-LUC GIROD

2



© PHOTOTHÈQUE RAZEL-BEC

3



installation classique qui nécessite des vidanges fréquentes, les équipements pouvant éventuellement être conservés et réutilisés par les communes voisines à l'issue du chantier.

Nous avons réalisé deux installations de ce type sur les lots 10 et 11 de la LGV SEA (Ligne à Grande Vitesse Sud-Europe Atlantique), Sirfia venant, dans ce cadre, de se faire référencer par le COSEA, le groupement d'entreprises en charge des travaux.

Pouvez-vous nous détailler plus précisément la technique ?

Notre procédé s'appuie sur le pouvoir auto-épuration des cours d'eau et des sols, ceux-ci constituant des écosystèmes au sein desquels des processus biologiques et physico-chimiques sont capables de transformer et d'éliminer les substances, essentiellement organiques, qui leurs sont apportées. La technique des filtres plantés de roseaux est donc un procédé d'épuration des eaux usées qui copie et optimise ces processus naturels d'autoépuration. Les eaux usées sont envoyées par « bâchées » à la surface des filtres, c'est-à-dire qu'un grand volume d'eau est déversé en très peu de temps sur le filtre, l'objectif étant de créer une lame d'eau d'environ 3 cm d'épaisseur à la surface du lit. Cette lame d'eau percole ensuite dans le massif filtrant, sans y stagner, en le traversant verticalement. Celui-ci est constitué de trois couches de gravier de granulométries différentes, la plus fine, qui se situe en surface, retenant les matières solides qui vont former une couche de boues en surface. Toutes les couches de graviers et les boues sont ensuite colonisées par les micro-organismes aérobies des eaux usées, ceux-ci assurant la dégradation des pollutions.

Quel est le rôle des roseaux au cours de ce processus ?

Les roseaux n'ont qu'une fonction purement mécanique, leur rôle épura-

ratoire étant très réduit. L'aération du massif de filtration est le point clef qui assure l'efficacité du traitement. Les roseaux, en bougeant sous l'action du vent, génèrent des mouvements qui se propagent dans les deux couches supérieures de granulats, en facilitant ainsi la percolation des effluents. En partie haute, les oscillations des tiges brisent en effet la croûte du dessus tandis que, dans l'épaisseur du filtre, elles favorisent la création d'interstices entre les granulats. Afin de ne pas colmater les filtres et permettre une réoxygénation du massif, plusieurs lits de roseaux sont toujours construits en parallèle et alimentés chacun leur tour, l'alternance des phases d'alimentation et de repos permettant de limiter la multiplication de la biomasse. Une installation de traitement classique est donc consti-

tuée d'un dispositif de dégrillage, qui retient les matières grossières, d'un ouvrage de « bâchées » dont le fonctionnement « auto-amorçant » est analogue à celui d'une chasse d'eau et d'un premier étage de traitement comportant trois casiers séquencés plantés de roseaux. À ce premier étage, qui assure un niveau de traitement conforme aux exigences de la nouvelle norme européenne de 2007, peut être adjoind un second étage, qui affine le traitement des MES, cet étage supplémentaire permettant d'obtenir le niveau de performances de l'ancienne norme D4 qui était, en fait, plus contraignante.

Quels sont, outre l'aspect écologique, les avantages de cette solution ?

Elle est très économique car, tout d'abord, fort peu « gourmande » en superficie ; le ratio moyen étant de 2 m² par équivalent habitant. La plupart de nos réalisations sont, par ailleurs, de type gravitaire bien que, et cela va sans dire, nous pouvons bien entendu réaliser des stations végétales intégrant des dispositifs de pompage. Mais, en évitant ce type d'installation notre solution génère d'emblée des économies pouvant facilement atteindre les 15 000 euros, sans parler de la suppression des coûts d'entretien et de fonctionnement des équipements électromécaniques. L'exploitation de la station se révèle d'ailleurs fort simple puisqu'il n'y a pratiquement aucune maintenance à assurer. L'entretien, qui se limite à un nettoyage hebdomadaire du dégrilleur et des ouvrages de chasse, ainsi qu'à une coupe annuelle des roseaux, ne nécessite aucune compétence particulière et peut donc être assuré par un employé communal. Quant aux boues, présentes en surface du premier étage, elles doivent être évacuées tous les dix ans en curant les casiers. Elles se présentent alors comme un

terreau organique (compost) qui peut être réutilisé comme fertilisant après analyse de ses caractéristiques.

Ce procédé de traitement écologique, qui s'inscrit dans une démarche de développement durable, se caractérise également par une absence de bruit et d'odeurs, le traitement par voie aérobie de la pollution évitant toute fermentation. Il ne nécessite aucun produit chimique et autorise, par ailleurs, une très bonne intégration paysagère. Côté pratique, le savoir-faire de Sirfia permet d'assurer aux Maîtres d'ouvrage une garantie de fonctionnement et l'assurance d'obtention des normes de rejet souhaitées, dans le respect des règles édictées par le Cemagref, mais aussi le respect des budgets annoncés et finalisés lors de l'appel d'offre.

Une des tendances actuelles est de tendre vers le zéro rejet. Votre solution est elle compatible avec cette orientation qui élimine tous les dispositifs de rejet en rivière ?

Tout à fait et, dans le cadre de notre stratégie de diversification sur de nouvelles niches à fort potentiel, nous avons mis au point une technique totalement innovante qui permet d'infiltrer les eaux épurées en profondeur. Nous avons étudié puis construit, en partenariat avec Génipiant, société spécialisée dans le génie végétal, et avec l'accord de la Police de l'Eau de la Drôme, une zone d'infiltration en sortie de la station d'épuration de la commune de Clansaye (26). Cette solution, qui permet donc de tendre vers le zéro rejet, se compose d'un ensemble de drains principaux et secondaires, judicieusement placés, et d'une plantation de saules (4 essences différentes) qui, avec leurs racines, favorisent l'infiltration tout en assurant l'évapo-transpiration. Le sol reconstitué reste sec (infiltration profonde) et l'intégration paysagère est optimale. □

1- Michel Chlasta, Directeur Général de SIRFIA.

2- Station Saint-Vincent-de-Barre (07), 140 équivalents habitant, construite en 2011.

3- Station Chambonas (07), 150 équivalents habitant, construite en 2013.

4- Station Saint-Victor (07), 400 équivalents habitant, construite en 2013.

5- Station Grand'Landes (85), 350 équivalents habitant, construite en 2012.

© PHOTOTHÈQUE RAZEL-BEC

4



© PHOTOTHÈQUE RAZEL-BEC

5



TRAFORDYN, ATLANTIC FORAGE, SETRAFOR : LA DÉCLINAISON DES MÉTIERS DU FORAGE AU CŒUR D'ACTIVITÉS COMPLÉMENTAIRES

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

SPÉCIALISÉE DANS LE FORAGE DEPUIS 35 ANS, TRAFORDYN ET SES SOCIÉTÉS SŒURS ATLANTIC FORAGE ET SETRAFOR, ONT ACQUIS DANS LE GRAND OUEST DE LA FRANCE UNE SOLIDE RÉPUTATION BASÉE SUR L'EXPERTISE DE LEURS ÉQUIPES ET LA PERFORMANCE DE LEURS MATÉRIELS DANS LE DOMAINE DES TRAVAUX LIÉS AUX FORAGES, NOTAMMENT AUX FORAGES GÉOTHERMIQUES ET SUBAQUATIQUES AVEC UNE SPÉCIFICITÉ : LA FOURNITURE DE SOLUTIONS COMPLÈTES POUR TOUTES LES APPLICATIONS QUI LEUR SONT LIÉES DANS LE CADRE DE PRESTATIONS D'UN HAUT NIVEAU TECHNIQUE.



Thierry Acca et Dominique Guilloré, les deux dirigeants, tracent le portrait de ce groupe familial de 25 personnes, qui a su évoluer au fil des années pour passer de l'activité

mono-produit de forage en carrière à celui désormais diversifié de forages sous toutes leurs formes, verticaux et horizontaux, ce qui leur permet d'élargir leur champ d'activité jusqu'au

1- Forage horizontal à Montoir-de-Bretagne dans le cadre de l'extension du terminal routier.

domaine des fondations spéciales avec une très forte implication dans le secteur des énergies nouvelles et une place de leader en France dans celui du minage maritime.

FAIRE CARRIÈRE HORS DE LA CARRIÈRE

Jacques Guilloché, le fondateur de Trafordyn, a débuté son activité en 1975 en s'installant à Saint-Nazaire comme artificier/foreur grâce à l'acquisition d'une machine pour réaliser du minage en carrière.

La sécheresse exceptionnelle que connaît la France en 1976 va lui permettre d'étendre rapidement le champ de ses activités en passant au forage d'eau qui nécessite des interventions de diamètre supérieur avec un outillage sensiblement identique. Il fait ainsi l'acquisition de trois ateliers de forage supplémentaires profitant du fait qu'à cette époque, dans la région essentiellement maraîchère que sont les pays de Loire et la Vendée, « une installation de forage s'amortissait sur un carré de salade », selon les propres termes de son fils Dominique Guilloché.

Parallèlement, la situation fait prendre conscience aux collectivités locales de l'absence totale de sécurisation de leurs ressources en eau, ce qui les incite à investir massivement dans des forages d'eau.

L'entreprise connaît ainsi une croissance très importante d'autant qu'elle saisit quelques années plus tard, en 1978, l'opportunité que constitue le lancement par EDF, pour faire face au premier choc pétrolier, d'une vaste campagne de financement des pompes à chaleur PERCHE[®], c'est-à-dire de type géothermique. L'engouement pour ce type de pompes à chaleur ne sera que de courte durée. En effet, la géologie de la région nantaise n'est pas très bien adaptée à cette technique en raison de la qualité de l'eau et du faible débit des nappes et elle est remplacée, dès 1995, par celle dite des « sondes sèches », nouvelle en France mais déjà largement répandue en Suisse à l'époque et qui nécessite également des forages souvent profonds. Un créneau dans lequel Trafordyn va s'engager à fond.

L'ÉNERGIE RENOUVELABLE : DÈS 1978

Il n'en demeure pas moins que les problématiques d'énergie renouvelable sont dans les gènes de la société qui peut s'enorgueillir d'en être un précurseur dans l'ouest de la France ainsi qu'en témoigne d'ailleurs un article consacré en janvier 1978 dans la rubrique « forages et sources d'énergie » du journal Ouest France à Jacques Guilloché sous le titre « le chauffage à l'eau froide : une réalité pour un



© MARC MONTAGNON

DEUX PARCOURS PARALLÈLES QUI SE REJOIGNENT

Les trois sociétés du groupe sont co-dirigées depuis 2011 par Thierry Acca et Dominique Guilloché qui, à l'origine, n'avaient aucune raison de se rencontrer jusqu'à ce qu'ils se retrouvent sur les bancs de l'ENSM de Nantes en 1988, avant de s'associer presque 15 ans plus tard.

Néanmoins, leurs parcours ont toujours été liés au secteur du BTP même s'ils ont connu des cheminements parallèles qui se sont recoupés en 2011.

Pour Dominique Guilloché, bercé depuis l'enfance dans l'univers du forage, le parcours est relativement logique.

Il réalise son premier forage à l'âge de 12 ans en 1977. Il partage ensuite ses journées entre l'école et une participation au quotidien dans l'entreprise de son père en tant que manoeuvre jusqu'à 18 ans. Il prend ses premières fonctions d'exploitation et de gestion en 1983.

Après avoir passé entre 1983 et 1985 un BTS de MCI (maintenance de moteur à combustion interne), il suit la formation « génie civil » de l'IUT de Nantes entre 1985 et 1987 avant d'intégrer en 1988 l'ENSM de Nantes dans la section « travaux publics et maritimes » dont il sort en 1990.

Si Dominique Guilloché a toujours côtoyé l'univers du forage, il n'en était pas de même de Thierry Acca dont le père dirigeait une entreprise de bâtiment.

Originaire de la Drôme, il suit dans un premier temps les cours de l'IUT de génie civil de Grenoble puis rejoint l'ENSM de Nantes dans la même section que Dominique Guilloché dont il sort dans la même promotion.

Mais, en 1990, à la sortie de l'ENSM, leurs chemins se séparent car Thierry Acca rejoint l'entreprise Bouygues Offshore, puis le groupe italien Saipem à la suite du rachat de Bouygues Offshore par Saipem, au sein desquels il fait l'essentiel de sa première carrière à l'exportation entre 1987 et 2011 tandis que Dominique Guilloché retourne dans l'entreprise familiale.

Ce n'est qu'en 2011, après le MBA de Thierry Acca à Audencia Nantes qu'ils se retrouvent à la tête de Trafordyn, Atlantic Forage et Setrafor aux destinées desquelles ils veillent depuis avec le même enthousiasme et la même efficacité.

2- De gauche à droite : Thierry Acca et Dominique Guilloché.

ingénieur nazairien ». Article dans lequel le rédacteur explique notamment que « le principe de chauffage à l'eau froide est le même que celui du réfrigérateur sauf que, dans un cas, on rejette les calories et, dans l'autre, on les conserve précieusement ». Et de préciser : « Pas

de pollution puisque la chaudière n'utilise aucun combustible, ne produit pas de fumée, ne donne pas d'odeur... ». Dans les années qui suivent, parallèlement au développement de la géothermie, Trafordyn poursuit son essor en s'appuyant sur un positionnement technique de haut niveau lui permettant de s'impliquer dans l'ensemble d'une opération, du stade de la conception d'un système jusqu'à celui de sa réalisation et de son suivi dans le temps. Positionnement qu'elle a d'ailleurs conservé depuis sous la direction de Thierry Acca et de Dominique Guilloché dans tous les secteurs où elle intervient désormais avec Atlantic Forage et Setrafor. Toujours prêt à de nouvelles aventures pour développer son entreprise, tout en restant dans son domaine de compétences d'origine - le forage - Jacques Guilloché renforce la présence de Trafordyn dans le secteur des Travaux Publics en abordant le domaine du forage et du minage subaquatiques. Il compense ainsi la baisse d'activité dans les carrières, conséquence des nombreux regroupements de l'époque, qui incite les nouveaux propriétaires à ré-internaliser l'activité forage pour des raisons évidentes d'économie d'échelle. Puis, au fil des années, l'élargissement du champ de compétences amènera Dominique Guilloché à racheter Atlantic Forage et Setrafor pour aborder le forage d'eau dans l'ensemble de sa diversité.

FORAGE SUBAQUATIQUE : LE LITTORAL EST NOTRE UNIVERS

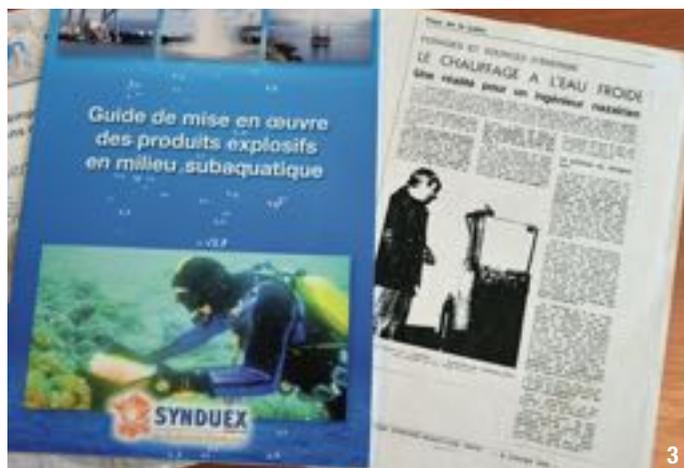
Initiée dès le début des années 80, l'orientation vers le forage subaquatique est d'ailleurs en phase avec les nombreux projets d'aménagement du littoral entrepris tant pour respecter les nouvelles réglementations que pour accompagner le développement du tourisme et des loisirs : agrandissement et création de ports, construction et allongement d'émissaires de rejet en mer dans les zones rocheuses, approfondissement de chenaux, renforcement de quais ; travaux qui exigent tout autant des compétences humaines que des matériels et des techniques de minage et de forage tout à fait particulières et que maîtrisent parfaitement les trois entreprises du groupe au travers de l'expérience des forages en carrière de la maison-mère Trafordyn.

« Il n'est pas un port breton, normand ou vendéen, de La Rochelle à Cherbourg, aux travaux desquels l'entreprise n'ait pas participé, précise à ce sujet Dominique Guilloché ».

Le minage « maritime » a représenté une part importante de l'activité de Trafordyn jusqu'à la fin des années 90. Elle lui a même valu de publier en 2008 sous l'égide du Synduex⁽²⁾, le premier guide de « mise en œuvre des produits explosifs en milieu subaquatique ».

Aujourd'hui encore, dans ce même domaine lié au déroctage en mer, sa maîtrise de la technique a permis à Trafordyn d'intervenir à l'exportation, récemment et à plusieurs reprises, dans les ports de plusieurs pays dans le monde, soit avec ses équipes propres en hommes et en matériels, soit en utilisant des matériels mobilisés sur place, soit en tant que conseiller en formation et en technique : Espagne, Mexique, Pérou, République Dominicaine, Russie... La nature et les conditions de l'intervention sont adaptées à la dimension de l'opération et à l'éloignement du chantier.

Le dernier champ de développement du groupe abordé dès 1985 est plus d'actualité que jamais en dépit de l'arrivée des machines de forage dirigé dont les limites sont rapidement apparues et ont contrebalancé l'engouement des débuts : il s'agit des forages horizontaux



3 © MARC MONTAGNON

de diamètres allant jusqu'à 1500 mm, c'est-à-dire juste avant le passage aux micro-tunneliers. Ils constituent une activité régulière de Trafordyn.

TROIS ENTITÉS COMPLÉMENTAIRES

En 2013, le groupe fondé par Jacques Guilloré est fort de trois entités complémentaires dont les activités sont, malgré tout, liées les unes aux autres mais s'adressent à des clientèles spé-

cifiques : Trafordyn, Atlantic Forage et Setrafor.

Dirigé par Thierry Acca et Dominique Guilloré, il emploie 25 personnes, dispose de 7 ateliers de forage et réalise un chiffre d'affaires de l'ordre de 3 millions d'euros qui se répartit pour 25% environ dans l'activité géothermique, 50% dans les Travaux Publics et 25% dans le forage d'eau dans toute sa diversité. Les deux premières sociétés sont basées dans la zone de Brais,

3- Retour en arrière : l'article paru dans Ouest-France en janvier 1978 sur le chauffage à l'eau froide et le guide du Synduex sur le minage maritime paru en 2008.

4- Un chantier de forage/minage en milieu subaquatique, l'une des spécialités de Trafordyn.

5- Deux ateliers de forage Ecofore sur un chantier de forages géothermiques devant le château de la Gournerie à Saint-Herblain.

6- Réalisation de micropieux dans la fouille d'un chantier de fondations spéciales à La Baule.

7- Forage géothermique chez un particulier pour l'installation d'une pompe à chaleur.



4



5

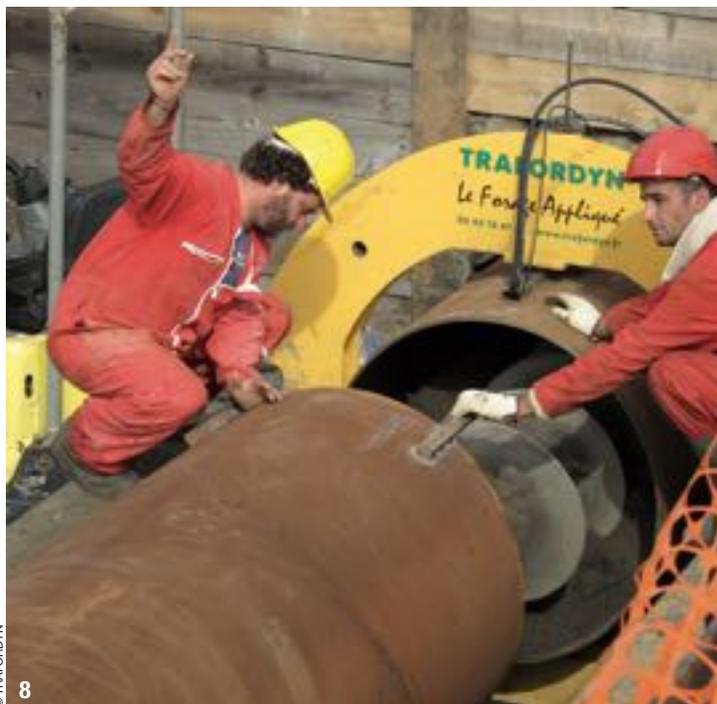


6



7

© TRAFORDYN



FONÇAGE MARITIME : L'EXEMPLE DE MONTOIR-DE-BRETAGNE

Des travaux effectués récemment sur le port de Nantes Saint-Nazaire mettent en évidence la complémentarité de deux des entreprises du groupe.

Dans le cadre de l'extension de la plate-forme du terminal routier de Montoir-de-Bretagne, Trafordyn a réalisé deux fonçages en acier pour la gestion et la récupération des eaux pluviales.

En effet, il était impossible de passer sous une route et sous un convoyeur qui alimente l'exploitation des sablières maritimes en utilisant une technique traditionnelle : ainsi, Trafordyn a été chargée par le groupement Guintoli/Viaud Moter de mettre en place l'exutoire de récupération des eaux en travaux sans tranchée.

Trafordyn a réalisé deux fonçages de 51 m chacun pour mettre en place deux canalisations en acier X52 de Ø1000 mm intérieur, à l'aide d'un Verba Perforateur PBA 160/200.

Pour ce chantier, l'entreprise a battu des fers en H et réalisé une paroi berlinoise provisoire pour excaver et maintenir la sécurité de l'installation.

Pour conserver la niche au sec, des pompes avaient été mises en place par Atlantic Forage afin d'évacuer la nappe très haute, à 1,50 m de profondeur alors que le fond de fouille se situait à 2,80 m.

berceau de l'entreprise, à Saint-Nazaire, où se trouve également l'atelier principal ; la troisième est implantée à Fleury, dans la Manche.

GÉOTHERMIE ET MINAGE MARITIME

Le domaine privilégié de Trafordyn, marque « business to business » du groupe, est le forage géothermique plus particulièrement à destination des entreprises et des collectivités d'autant que cette activité d'origine est complétée par des solutions complètes pour de nombreuses applications liées au forage : soutènement par paroi berlinoise et paroi cloutée, pompage et rabattement de nappe, micro-pieux et tirants d'ancrage, prédécoupage mécanique pour déroctage et terrassement.

8- Forage horizontal pour la récupération et la gestion des eaux pluviales sur la plateforme du terminal routier de Montoir-de-Bretagne dans le port de Saint-Nazaire.

9- Descente de sondes dans un forage géothermique.

À ceci s'ajoute la mise en place de piézomètres pour mesurer le niveau de l'eau et les pollutions (isolées, industrielles ou toxiques) en site urbain. Trafordyn, en plus du carottage au diamant et du forage horizontal jusqu'à 1500 mm de diamètre, revendique également la position de spécialiste français du minage maritime.

Comme évoqué précédemment, ces travaux sont réalisés essentiellement pour l'aménagement du littoral et concernent l'approfondissement ou la création de ports ou de chenaux ainsi que la pose de canalisations ou de câbles.

Thierry Acca met en évidence à ce sujet ce qui constitue l'une des forces de l'entreprise : « Nous assurons la conception du plan de tir, la réalisation

des forages à partir d'un support maritime, la mise en œuvre des explosifs. Nos dépôts fixes et mobiles d'explosifs ainsi que notre unité de fabrication sur site permettent la gestion complète de ces projets dans le respect des contraintes réglementaires, grâce à notre personnel hautement spécialisé ».

FORAGES D'EAU DE A À Z

Atlantic Forage se consacre presque exclusivement au forage d'eau dans le grand Ouest, tant pour les particuliers que les collectivités locales.

La prestation de l'entreprise dans ce domaine est complète : forage jusqu'à 200 mètres de profondeur avec prise en charge des démarches administratives, équipement du forage et du puits traditionnel. ▶



GÉOTHERMIE : 24 FORAGES DE 100 m DE PROFONDEUR À VANNES

Les références de Trafordyn en forages géothermiques sont évidemment nombreuses. Parmi les plus récentes et les plus représentatives : la construction du nouveau syndicat des eaux et des énergies du Morbihan (SDEM) à Vannes en septembre 2012.

Sur chantier sous maîtrise d'ouvrage SDEM et maîtrise d'œuvre Axima Seitha, Trafordyn a réalisé 24 forages géothermiques de 100 m de profondeur à l'aide d'une machine Ecofore CE 903-6.

La prestation était complète : fourniture et mise en place des sondes, cimentation des forages par coulis géothermique, raccordements hydrauliques horizontaux, liaisons hydrauliques sondes/collecteurs à la norme PEHD PE.



10



11



12



13

Au-delà des travaux de forage proprement dits, Atlantic Forage assure également la création d'installations d'arrosage automatique de tous types et sur tous supports de toutes dimensions - du balcon au terrain de sport y compris avec l'éclairage associé -, la reprise et la modernisation d'installations existantes, la mise en place des techniques les plus évoluées de programmation. Elle complète éventuellement sa prestation par des contrats d'entretien.

L'EAU POTABLE POUR PRIORITÉ

Avec Setrafor, le groupe dispose d'un acteur majeur dans la recherche d'eau potable pour les syndicats des Eaux, les collectivités et les entreprises dans les départements du Grand Ouest avec une forte notoriété en Normandie du fait de son implantation à Fleury, dans la Manche. Comme Trafordyn et Atlantic Forage, Setrafor assortit ses interventions d'une proposition de tous les services liés à la recherche, la gestion et la maintenance de la ressource en eau. Elle accompagne ses clients tout au long du cycle de vie des forages :

recherche sur un territoire défini, forages d'essai, de reconnaissance et d'exploitation, entretien et régénération des forages, suivi et diagnostic en période d'exploitation, comblement des forages en fin de vie avec rebouchage selon les normes en vigueur.

La boucle est ainsi bouclée pour l'utilisateur, comme elle l'est sur les chantiers de forage géothermique ou de minage maritime. □

1- Suite au choc pétrolier du milieu des années 1970, les gouvernements des pays industrialisés avaient lancé des programmes d'économies d'énergie incluant des propositions de seuils minimaux de performance énergétique et des programmes d'essais et de certification. En France, EDF lança le programme PERCHE pour introduire les pompes à chaleur dans le résidentiel et le petit tertiaire.

2- Le SYNDUEX ou Syndicat National des Entrepreneurs de Travaux Publics Spécialisés dans l'Utilisation de l'Explosif a été créé en 1990 : c'est l'un des 18 syndicats de spécialité de la Fédération Nationale des Travaux Publics.

10- Paroi berlinoise sur le chantier du Pôle Santé de Saint-Nazaire.

11- Forage horizontal à Pornichet.

12- Installations d'inspection vidéo de forage.

13- Chantier de forages piézométriques dans une station-service sur la voie rapide Nantes - Saint-Nazaire.

14- Le siège social et les installations techniques de Trafordyn et Atlantic Forage dans la zone de Brais, berceau de l'entreprise, à Saint-Nazaire.



14

COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION DE TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS



884 - INTERNATIONAL



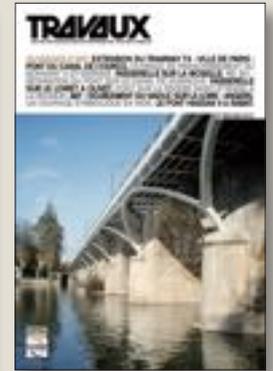
885 - ROUTES ET TERRASSEMENTS



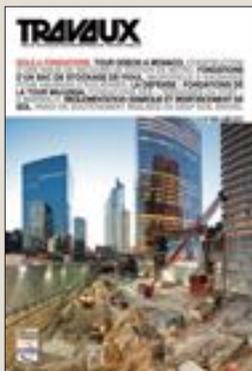
886 - VILLE DURABLE - ENERGIE - URBANISME



887 - EAU, BIODIVERSITE & INFRASTRUCTURES



888 - OUVRAGES D'ART



889 - SOLS & FONDATIONS



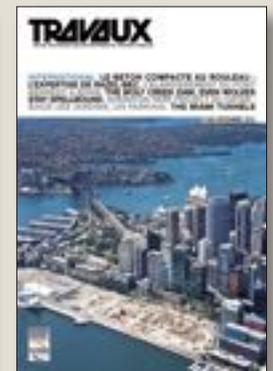
890 - TRANSPORTS, ROUTES ET TERRASSEMENTS



891 - PATRIMOINE & REHABILITATION



892 - LGV RHIN-RHÔNE



893 - INTERNATIONAL



894 - TRAVAUX SOUTERRAINS



895 - TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX



896 - OUVRAGES D'ART



897 - SOLS & FONDATIONS



898 - SPÉCIAL BÉTONS

BON DE COMMANDE

À renvoyer à : Com et Com - Service Abonnements TRAVAUX - Bât. Copernic - 20 av. Édouard Herriot - 92350 Le Plessis-Robinson
Tél. : +33 (0)1 40 94 22 22 - Fax : +33 (0)1 40 94 22 32 - Email : revue-travaux@cometcom.fr

JE COMMANDE LES NUMÉROS SUIVANTS (cochez les cases de votre choix en indiquant le nombre d'exemplaires) :

- 884 x ___ 885 x ___ 886 x ___
 887 x ___ 888 x ___ 889 x ___
 890 x ___ 891 x ___ 892 x ___
 893 x ___ 894 x ___ 895 x ___
 896 x ___ 897 x ___ 898 x ___

Soit un montant total de :

_____ numéros x 25 € = _____ €

(Pour une commande de plus de 20 numéros le prix passe de 25 € à 20 € l'unité. Pour plus de 100 numéros commandés le prix est de 17 € l'unité. Pour les auteurs de la revue le prix est de 15 € l'unité.)

JE VOUS INDIQUE MES COORDONNÉES :

Nom _____ Prénom _____

Entreprise _____ Fonction _____

Adresse _____

Code postal [] [] [] [] [] [] Ville _____

Tél. : _____ Fax : _____

Email : _____ Merci de ne pas communiquer mon adresse mail.

Je joins mon règlement d'un montant de _____ € TTC par Chèque à l'ordre de ESI

ATTENTION : tous les règlements doivent être libellés exclusivement à l'ordre de ESI

Je réglerai à réception de la facture

Je souhaite recevoir une facture acquittée

Date, signature et cachet de l'entreprise obligatoire

Offre valable jusqu'au 31/12/13. Conformément à la Loi «informatique et des libertés» du 06/01/78, le droit d'accès et de rectification des données concernant les abonnés peut s'exercer auprès du service abonnements. Ces données peuvent être communiquées à des organismes extérieurs. Si vous ne le souhaitez pas, veuillez cocher cette case



1
© NOVARKA

TCHERNOBYL, UNE ARCHE POUR L'HISTOIRE

AUTEURS : ANTOINE SCHWOB, NOVARKA DESIGN MANAGER, BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS - DAVID COULET, NOVARKA ENGINEERING MANAGER, BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS - MARC WASTIAUX, NOVARKA SCIENTIFIC DIRECTOR, VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS

À LA SUITE DE L'EXPLOSION SURVENUE EN 1986 À LA CENTRALE NUCLÉAIRE DE TCHERNOBYL EN UKRAINE, UN SARCOPHAGE DE CONFINEMENT TEMPORAIRE FUT BÂTI DANS L'URGENCE. L'ÉTAT UKRAINIEN A SIGNÉ EN SEPTEMBRE 2007 UN CONTRAT AVEC LE GROUPEMENT NOVARKA CONSTITUÉ DES ENTREPRISES VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS ET BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS. LE PROJET COMPREND, ENTRE AUTRES, LA CONCEPTION ET LA CONSTRUCTION D'UNE ENCEINTE DE CONFINEMENT EN FORME D'ARCHE QUI VIENDRA COIFFER LE SARCOPHAGE ACTUEL ET EN PERMETTRE LE DÉMANTÈLEMENT. CE PROJET À FORTE INGÉNIERIE, EST CERTAINEMENT L'UN DES PLUS COMPLEXES ET IMPRESSIONNANTS DANS LE MONDE D'AUJOURD'HUI.

LE CONTEXTE

Depuis le 26 avril 1986, date tristement célèbre du pire accident nucléaire de l'humanité, les défis se succèdent sur le site de la centrale ukrainienne de Tchernobyl.

Le sarcophage hâtivement érigé dans les mois ayant suivi la catastrophe n'aura permis de sécuriser la zone que pendant quelques années (figure 2). Dès la fin des années 90, ce premier ouvrage de confinement présente déjà des signes de faiblesse.

Le projet SIP (Shelter Implementation Plan) voit alors le jour. Les premières phases consistent à assurer la stabilisation du sarcophage qui menace de tomber en ruine.

Mais l'étape principale qui est aussi, de loin, la plus coûteuse est la construction du New Safe Confinement (NSC), une immense arche en acier, conçue pour durer 100 ans, qui va non seulement protéger le réacteur accidenté et son sarcophage contre les éléments naturels, mais surtout permettre la sécurisa-

1- La demi-arche Est après le deuxième levage.

1- The East semi-arch after the second lifting operation.

tion et le démantèlement d'un héritage nucléaire qui a troublé le monde au cours des 27 dernières années.

Outre sa taille, c'est avant tout la portée symbolique du projet qui lui confère une telle importance car l'accident de 1986 a marqué les esprits et avivé les craintes.

Le chantier est donc observé à la loupe par la communauté internationale qui finance le projet par l'intermédiaire de la Banque Européenne pour la Reconstruction et le Développement (BERD).

Le client de ce projet présente ainsi 3 visages : la BERD, administrateur du Chernobyl Shelter Fund (CSF) qui réunit les trente entités donatrices qui financent le projet (États et Commission Européenne) ; le ChNPP (Chernobyl Nuclear Power Plant), entreprise publique ukrainienne investie du démantèlement et de l'assainissement du site de Tchernobyl et le SIP-PMU, maître d'œuvre, un groupement mené par l'américain Bechtel.

Le contrat du NSC (conception/construction) est réalisé par NOVARKA, un groupement composé à 50/50 de Vinci Construction Grands Projets (leader) et Bouygues Travaux Publics.

L'ENVIRONNEMENT RADIOLOGIQUE

Le principal défi à relever pour les concepteurs et les constructeurs du NSC est de s'accommoder d'un environnement particulièrement hostile.

Sachant que les autorités ukrainiennes ont estimé que la zone d'exclusion de 30 km à la ronde autour de Tchernobyl ne sera pas complètement sûre pendant encore une très longue période, il peut paraître surprenant d'apprendre qu'il est possible de travailler sur le site.

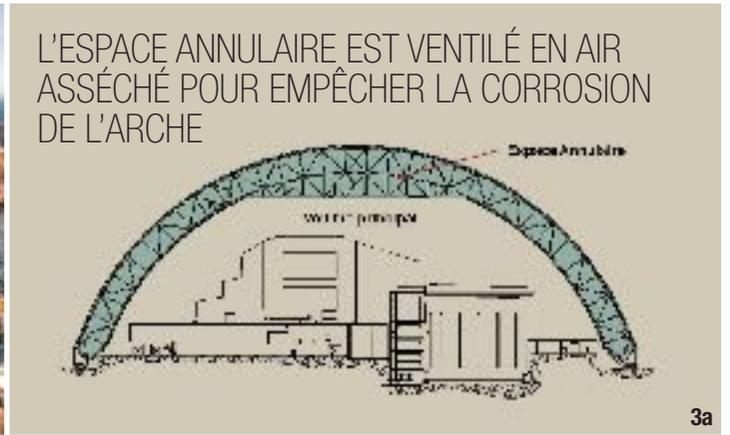
Tchernobyl reste en effet un lieu exceptionnellement dangereux.

De nombreuses zones au sein de la centrale sont entièrement bouclées, et les débits de dose à proximité du réacteur sont extrêmement élevés. C'est cette contrainte majeure qui a

dicté la plupart des choix de conception ainsi que les méthodes de construction. Il n'est dès lors guère étonnant qu'une technique d'assemblage à distance ait été retenue par opposition à un assemblage sur place plus conventionnel.



2



3a

2- Construction du premier sarcophage après l'accident de 1986.

3a- L'espace annulaire est ventilé en air asséché pour empêcher la corrosion de l'arche.

3b- Vue éclatée de l'arche dans sa position de service.

4- Maquette numérique du NSC.



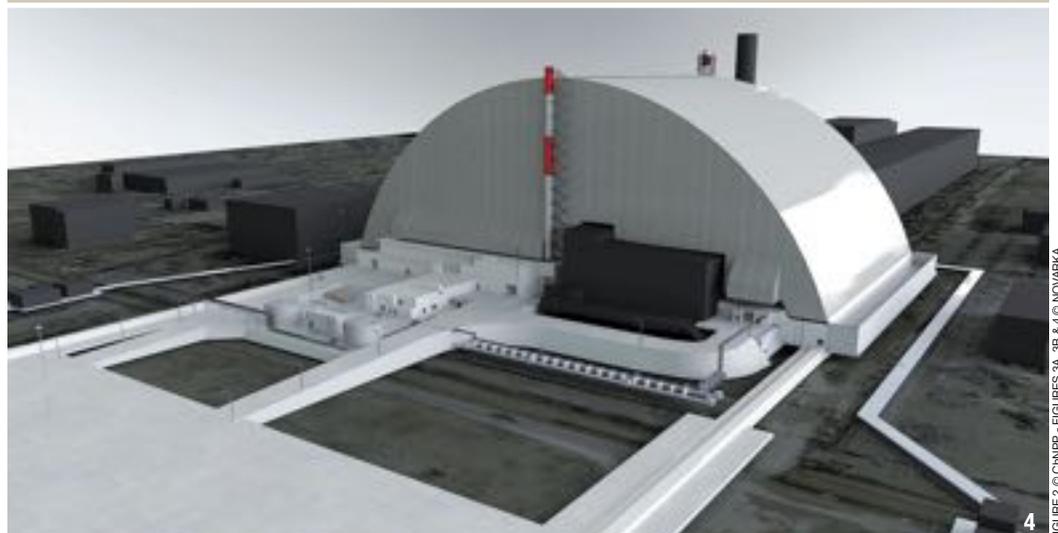
3b

2- Construction of the first sarcophagus after the 1986 accident.

3a- The annular area is ventilated with dried air to prevent corrosion of the arch.

3b- Exploded view of the arch in its service position.

4- Computer model of the NSC.



4

FIGURE 2 © ChNPP - FIGURES 3A, 3B & 4 © NOVARKA

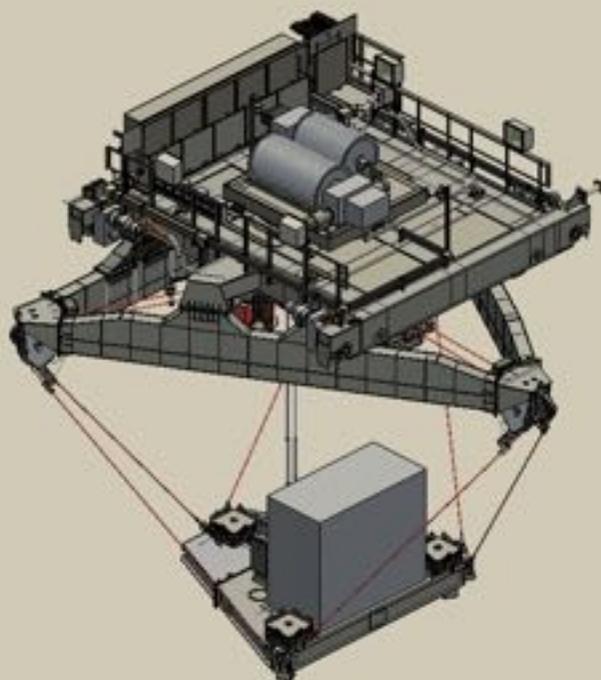


5



6

LA PLATE-FORME PORTE-OUTIL MOBILE (MTP)



7



8

5- Les gaines de ventilation de l'espace annulaire.

6- Le système de ponts roulants : 2 ponts longs de 96 m équipés de 3 chariots. L'échelle est représentée par un Boeing 777.

7- La plate-forme porte-outil mobile (MTP).

8- L'arche est assemblée à 300 m du réacteur accidenté.

5- The ventilation ducts in the annular area.

6- The overhead travelling crane system: 2 cranes 96 m long fitted with 3 trolleys.

The scale is represented by a Boeing 777.

7- The mobile toolholder platform (MTP).

8- The arch is assembled 300 m from the damaged reactor.

LE PROJET DU NOUVEAU CONFINEMENT

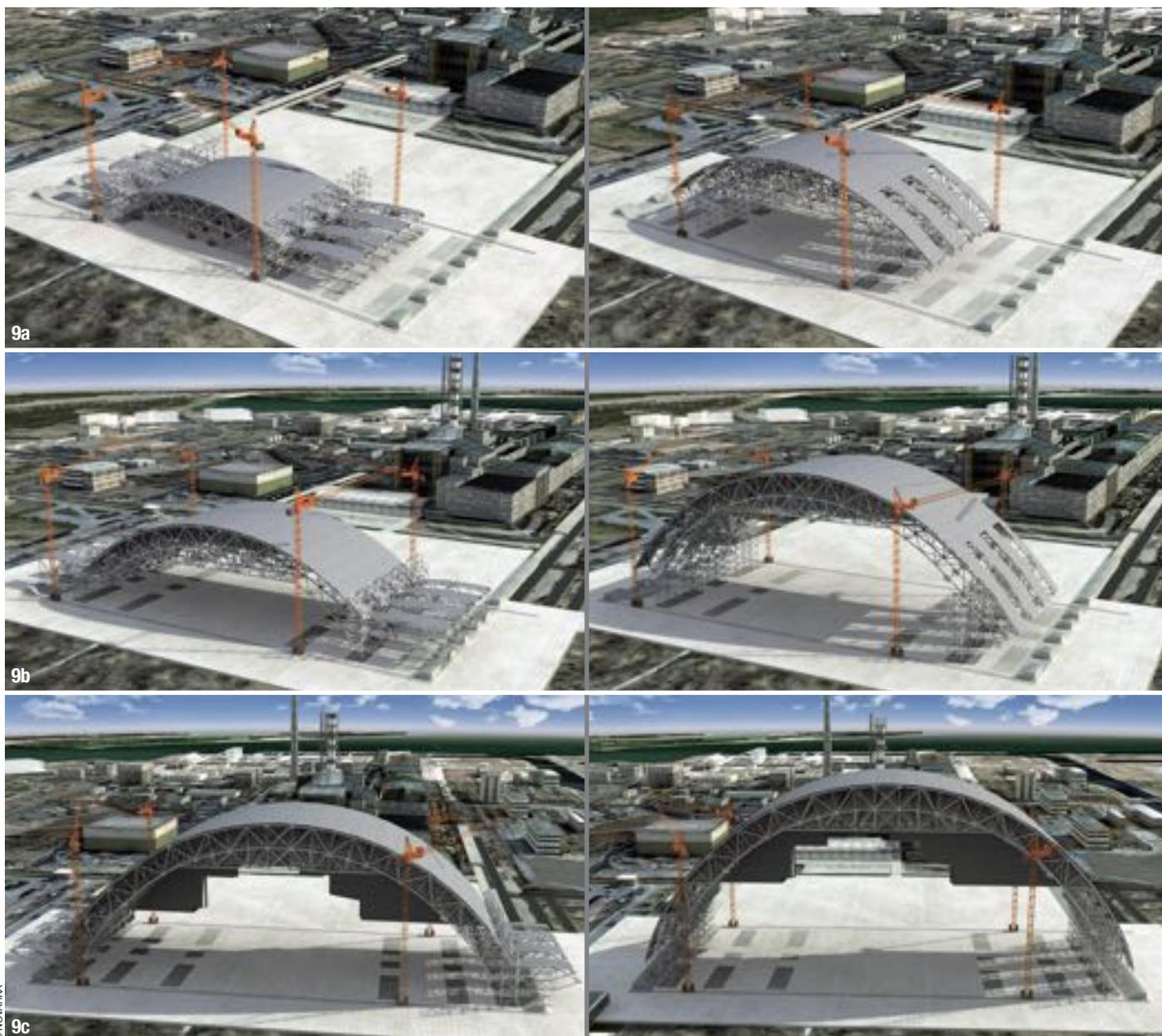
Le NSC, une fois en place, aura deux fonctions majeures. Il devra tout d'abord assurer un nouveau confinement de la partie de la centrale endommagée par l'accident de 1986. En permettant d'éviter tout dégagement de poussières radioactives dans l'environnement, le site sera durablement sécurisé. Mais l'objectif principal du NSC est également de permettre un démontage méthodique et sécurisé du sarcophage

de 1986 et du réacteur accidenté. Sans le NSC et ses outils opérés à distance, le coût du démantèlement, en termes d'exposition aux rayonnements pour les humains aurait été rédhibitoire.

LA STRUCTURE DE L'ARCHE

L'arche, ouvrage principal et emblématique du NSC, est tout d'abord exceptionnelle par ses dimensions. Avec une ossature métallique de 23 000 t (trois fois la tour Eiffel), de 110 m de haut (un immeuble de trente étages), 260 m de

portée et 160 m de long, elle couvre une surface de plus de 4 ha et pourrait abriter la Grande Arche de La Défense. Du fait des conditions radiologiques du site, la conception doit intégrer de nombreuses contraintes non classiques : la structure doit pouvoir survivre 100 ans avec une maintenance très limitée tout en étant régulièrement soumise à des conditions climatiques extrêmes. Sur le site de Tchernobyl, les températures peuvent en effet varier entre -45°C et 45°C, la neige est particulière-



ment abondante en hiver. De plus, les potentialités de séisme ou de tornade (pouvant générer des soulèvements de l'ordre de 1 t/m²) rendent la conception de la structure encore plus complexe. La structure principale de l'arche est dimensionnée suivant les normes européennes par le bureau d'études français Jalliet-Rouby, puis vérifiée suivant les normes ukrainiennes par l'institut local URDISC. La fabrication des éléments de la charpente a ensuite lieu en Italie chez le fabricant Cimolai avant le transport et l'assemblage sur le site.

UN PROJET INDUSTRIEL COMPLEXE

Mais le NSC n'est pas qu'un monstre d'acier. C'est un projet industriel complexe. Il abritera en effet une multitude de systèmes techniques visant d'une

9- Cinématique de construction de la demi-arche Est (9a- premier levage ; 9b- deuxième levage ; 9c- troisième levage).

9- Kinematics of construction of the East semi-arch (9a- first lifting; 9b- second lifting; 9c- third lifting).

part à maintenir la sûreté et réduire la nécessité d'un entretien régulier et d'autre part à assurer la fonction de déconstruction de l'ancien réacteur : ventilation, ponts roulants, distribution électrique, communication, réseau de lutte contre l'incendie, réseaux d'eau chaude et froide, air comprimé et respirable, instrumentation, contrôle-commande...

UN PROJET INTERNATIONAL

La taille et les spécificités techniques du projet ont conduit à une recherche de compétences à l'échelle mondiale. Ainsi, quinze sites de production et d'ingénierie sont répartis sur trois continents. Vingt-et-une nationalités se côtoient sur le projet. L'intégralité de la documentation produite doit être développée dans les deux langues

officielles, l'anglais et le russe, avec pour corollaires un important travail de traduction des documents, des difficultés de communication et, parfois, des incompréhensions culturelles.

LA DURABILITÉ DE L'ARCHE

À l'instar de la Tour Eiffel, quelques structures en acier dans le monde sont construites depuis plus de 100 ans. Mais ces structures sont régulièrement repeintes, pour les protéger contre la corrosion. Cette approche conventionnelle et peu onéreuse est impossible pour l'arche de Tchernobyl en raison des débits de dose de radioactivité près du réacteur auxquels seraient soumis les équipes de peinture. De même la réalisation d'une charpente en acier inoxydable a été écartée pour des raisons économiques. ▶



10 © NOVARKA

Pour remédier au problème de la corrosion, une solution particulièrement originale a été mise en place. Un double bardage en acier inoxydable est installé pour constituer un volume fermé d'environ 1,4 millions de m³, appelé espace annulaire (figure 3a et 3b). Les tubes en acier au carbone constituant la charpente de l'arche se situent dans ce volume.

Un système de ventilation permet de souffler, dans l'espace annulaire, de l'air préalablement asséché par un système de roues dessiccantes et de le brasser pour maintenir en tout point un taux d'humidité inférieure à 40 % (figure 5).

Avec une telle condition d'hygrométrie, le processus de corrosion de l'acier au carbone ne peut pas s'initier.

Ce système recycle environ 45 000 m³ d'air par heure, et génère une pression supérieure d'environ 50 Pa à celle de l'air extérieur afin d'éviter une migration d'air humide de l'extérieur vers l'intérieur au niveau des imperfections de l'étanchéité.

Conçue pour résister à des tremblements de terre de magnitude 6 sur l'échelle MSK, l'installation est équipée d'un matériel de surveillance sismique. Six stations sont situées dans et autour du site. Des accéléromètres montés sur la structure permettront de mesurer sa réaction à tout mouvement du sol et de mettre immédiatement en sécurité les équipements s'y trouvant.

Un dispositif parafoudre de grande envergure est également prévu pour limiter les effets des impacts de foudre.

10- Le contrôle des opérations de levage de l'arche.

11a & 11b- L'arche est construite en 2 tranches de 80 m environ qui sont ensuite boulonnées.

10- Control of arch lifting operations.

11a & 11b- The arch is built in 2 sections of about 80 m which are then bolted.

LE DÉMANTÈLEMENT DU SARCOPHAGE DE 1986 ET DU RÉACTEUR ACCIDENTÉ

Une fois le NSC en place, des opérations seront requises à l'intérieur de l'arche pour assurer le démantèlement de l'ancien sarcophage et du réacteur accidenté.

La partie la plus complexe des opérations de démantèlement sera assurée à l'aide du plus impressionnant des équipements de l'installation, le gigantesque système de ponts roulants.

Avec ses 2 ponts mobiles longs de 96 m reposant sur six rails parallèles montés en sous-face du plafond de l'arche, cette immense machine, qui sera commandée à distance par un système sans fil, est actuellement en cours de fabrication par l'entreprise



11a



11b

© NOVARKA



© MAMMOET

12

américaine spécialisée PaR Systems (figure 6).

Le système de ponts roulants dispose de trois chariots : un chariot dit classique d'une capacité de 50 t qui comporte un crochet sur un câble qui peut être descendu ou remonté par un seul tambour ; un chariot sécurisé d'une capacité de 50 t également, qui utilise deux tambours, et pourra être utilisé pour déplacer du personnel à l'intérieur d'une boîte de protection entièrement blindée de plomb ; et un système spécialement conçu de plateforme porte-outil mobile (Mobile Tool Platform - MTP) (figure 7).

Équivalent industriel des systèmes de câblage complexes qui permettent aux caméras de télévision de circuler au-dessus de l'action lors des grands événements sportifs comme les Jeux olympiques, le MTP sera utilisé pour déplacer les outils et dispositifs robotiques requis pour le démantèlement dans n'importe quelle direction à l'intérieur du NSC. Le système permettant d'assurer une absolue rigidité et immobilité de la plate-forme, une

12- Mécanisme de poussage sous l'un des 32 pieds de l'arche.

13a & 13b- Le poussage de l'arche de la zone d'assemblage vers la zone de service.

12- Pushing mechanism under one of the 32 legs of the arch.

13a & 13b- Pushing the arch from the assembly area to the service area.

multitude de dispositifs robotiques, tels que pinces, perceuses, broyeurs, scies, pourront être positionnés précisément dans les zones interdites au personnel. Une fois les produits du démantèlement descendus au sol, sous l'arche, par le

système de ponts roulants, ils seront transportés vers le bâtiment process, gigantesque sas d'entrée et de sortie du NSC. Le bâtiment process est situé sous le mur ouest de l'arche. Il dispose d'une multitude de salles, dont la salle de conduite permettant d'assurer le fonctionnement de l'installation. Dans la plus grande d'entre elles, les déchets seront triés, découpés et mis en conteneurs afin d'être ensuite évacués de l'installation.

LA CONSTRUCTION DU NOUVEAU CONFINEMENT LE SITE DE TCHERNOBYL

Le site de Tchernobyl se situe au nord de l'Ukraine, à quelques kilomètres de la frontière biélorusse.

La zone est bien gardée : l'État ukrainien a établi 3 périmètres de contrôle d'accès au site à 30 km, à 10 km et sur le périmètre de la centrale elle-même. On y arrive par un train dédié depuis Slavutich, ville créée ex-nihilo en 1986 pour accueillir une partie des 200 000 évacués de Pripjat et sa région.

Après un contrôle policier sévère,

direction les vestiaires : des casiers à perte de vue, des salles de lavabo et de douche. Chaque travailleur doit changer de vêtements et de chaussures, se munir de dosimètres équipés d'alarmes, passer des scanners systématiques à chaque franchissement de zones et subir des analyses médicales régulières de radioactivité interne.

Des rayonnements radioactifs perdurent à proximité immédiate du réacteur. C'est toute la méthodologie de construction du NSC qui a dû être adaptée afin de prendre en compte cette problématique essentielle : le maximum de travaux est effectué à distance et, lorsque ce n'est pas possible, des solutions de protection sont mises en place : limitation du temps de travail, combinaisons, protections respiratoires, écrans de plomb apposés sur les engins et murs de béton à l'abri desquels les ouvriers travaillent.

Deuxième problématique, les poussières qui ont contaminé le sol. Les terrassements doivent donc être réduits au minimum afin d'éviter la mise en suspension de ces poussières radioactives.

Troisième problématique, les vibrations dans le terrain. Les méthodes de réalisation sont adaptées pour minimiser les vibrations susceptibles de provoquer des dommages aux structures existantes instables.

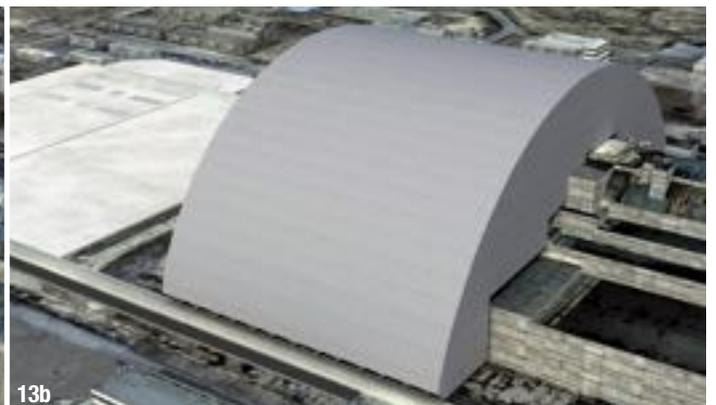
Dans cet environnement radiologique compliqué, la santé des employés du projet est une priorité absolue pour NOVARKA.

Les législations françaises et ukrainiennes autorisent des doses atteignant 20 mSv par an, un seuil que le contrat a réduit à 13 mSv. Dans les faits, 98 % du personnel reçoit moins de 6 mSv par an : moins que la moyenne des travailleurs du nucléaire en France. Aucun incident radiologique n'a été déploré après plus de cinq millions d'heures travaillées. ▷



© NOVARKA

13a



13b

UN ASSEMBLAGE À DISTANCE

Depuis le mois de mai 2012, les travaux d'assemblage de l'arche avancent à vive allure. Fabriquée et pré-assemblée en Italie pour s'assurer que tout fonctionne correctement, elle est ensuite démontée, peinte et acheminée par bateau jusqu'à Odessa, puis par camion jusqu'à Tchernobyl. Elle est ensuite érigée à 300 m du réacteur accidenté.

Pour maximiser la distance entre la zone de montage et la centrale, l'arche est assemblée en 2 tranches de 80 m environ. Une fois son assemblage terminé et les 2 tranches jointes, l'arche complète sera glissée au dessus du réacteur, devenant ainsi pour quelques heures l'une des plus grandes structures en mouvement sur terre.

Sur la zone d'assemblage de l'arche, la couche supérieure a été décapée (60 000 m³ de matériaux contaminés à extraire) et remplacée par deux mètres de matériaux propres recouvert d'un dallage en béton. Il a également fallu évacuer de nombreux engins contaminés laissés sur place depuis la construction du premier sarcophage. Au final, plus de deux ans ont été nécessaires pour faire de la zone d'assemblage de l'arche une zone "propre" (figure 8).

LES LEVAGES DE L'ARCHE

Le principe de l'assemblage à distance, bien que très élégant, ne résout pas complètement le problème : même à 300 m du réacteur, le débit de dose radiologique augmente avec l'altitude. Pour résoudre ce problème, un processus de construction innovant a été mis au point pour réduire au maximum les travaux en hauteur.

La partie la plus élevée de l'arche est construite en premier (à peu près le quart supérieur). Des « jambes », qui constituent la partie suivante vers le

bas, y sont fixées à l'aide de rotules. La structure est ensuite levée de 30 m et les jambes tournent tout en se redressant vers l'intérieur. Une fois le levage terminé, les jambes sont boulonnées à la partie centrale. Le processus est alors répété deux fois jusqu'à ce que la structure atteigne sa hauteur finale de 110 m (figure 9).

Les 40 vérins utilisés pour soulever l'arche sont montés sur 10 tours métalliques temporaires spécialement construites. Ils ont chacun une capacité de levage de 900 t (plus de deux Airbus A380), peuvent être contrôlés au millimètre, et sont soigneusement coordonnés pour se déplacer parfaitement simultanément et ainsi minimiser les déformations de l'arche pendant le levage (figure 10).

La moitié est de l'arche a déjà été levée à deux reprises (en novembre 2012 et juin 2013) (figure 1). Après son troisième levage, le travail pourra commencer sur la seconde moitié d'arche. Les deux demi-arches seront alors boulonnées avant le poussage final. (figure 12).

LE POUSSAGE DE L'ARCHE

Les voies de glissement (longrines) supportant les rails le long desquels l'arche sera déplacée sont elles-mêmes une grande réussite de l'ingénierie. À chacune de leurs extrémités - dans la zone d'assemblage et dans la zone de service - les longrines sont fondées sur pieux (métalliques battus en zone d'assemblage, CFA dans la zone de service afin d'éviter des vibrations qui auraient pu endommager gravement le sarcophage déjà mal en point). Ces deux zones seront soumises à des efforts de réaction prolongés. Dans la zone de transfert située entre ces deux zones, les longrines reposent directement sur le sol. L'arche ne fera qu'y passer. Ces vastes constructions en béton sup-

portent les rails de poussages, montés à un angle spécifique. L'arche glissera sur des patins en téflon spécialement conçus pour l'occasion (figure 12).

La friction sera ainsi suffisamment limitée pour que le poussage des 30 000 t de l'arche munie de ses équipements se déroule sans encombre. Là aussi, la simultanéité des déplacements des

32 pieds de l'arche sera précisément contrôlée pendant le poussage à une vitesse moyenne de 10 m/h (figure 13). La nouvelle arche de Tchernobyl est une prouesse technique indéniable, le résultat d'une collaboration internationale et l'application de technologies novatrices à une échelle monumentale. □

PRINCIPALES QUANTITÉS

MONTANT DU CONTRAT DU NSC : 936 millions d'euros
HAUTEUR DE L'ARCHE : 109 m
LONGUEUR DE L'ARCHE : 162 m
PORTÉE DE L'ARCHE : 257 m
POIDS DE LA STRUCTURE DE L'ARCHE : 22 000 t
POIDS DE L'ARCHE MUNIE DE SES ÉQUIPEMENTS : 30 000 t
SURFACE DU DOUBLE BARDAGE ENTOURANT LA STRUCTURE DE L'ARCHE : 85 000 m²

PRINCIPAUX ACTEURS

CONCEPTEUR/CONSTRUCTEUR DU NSC - GROUPEMENT FORMÉ À PARTS ÉGALES DE VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS ET BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS : NOVARKA

ADMINISTRATEUR DU CHERNOBYL SHELTER FUND (CSF) QUI RÉUNIT LES TRENTE ENTITÉS DONATRICES QUI FINANCENT LE PROJET (ÉTATS ET COMMISSION EUROPÉENNE) : BERD (Banque Européenne pour la Reconstruction et le Développement)

ENTREPRISE PUBLIQUE UKRAINIENNE INVESTIE DU DÉMANTÈLEMENT ET DE L'ASSAINISSEMENT DU SITE DE TCHERNOBYL : ChNPP - Chernobyl Nuclear Power Plant

MAÎTRE D'ŒUVRE, UN GROUPEMENT MENÉ PAR L'AMÉRICAIN BECHTEL : SIP-PMU

SOUS-TRAITANT DE NOVARKA, EN CHARGE DE LA FABRICATION DE LA STRUCTURE MÉTALLIQUE DE L'ARCHE : Cimolai

SOUS-TRAITANT DE NOVARKA, EN CHARGE DE LA FABRICATION DU BARDAGE : Okyanus

SOUS-TRAITANT DE NOVARKA, EN CHARGE DES OPÉRATIONS DE POUSSAGE ET DE LEVAGE : Mammoet

SOUS-TRAITANT DE NOVARKA, EN CHARGE DU SYSTÈME DE PONTS ROULANTS : PaR Systems

ABSTRACT

CHERNOBYL, AN ARCH FOR HISTORY

ANTOINE SCHWOB, BOUYGUES - DAVID COULET, BOUYGUES - MARC WASTIAUX, VINCI

Following the explosion that occurred in 1986 at the Chernobyl nuclear power station in Ukraine, a temporary confinement sarcophagus was built urgently. In September 2007 the Ukrainian government signed a contract with the Novarka consortium formed by the companies Vinci Construction Grands Projets and Bouygues Travaux Publics. The project includes, inter alia, the design and construction of an arch-shaped confinement chamber which will cover the current sarcophagus and enable it to be dismantled. This sophisticated engineering project is definitely one of the most complex and impressive in the world today. □

CHERNÓBIL, UN ARCA PARA LA HISTORIA

ANTOINE SCHWOB, BOUYGUES - DAVID COULET, BOUYGUES - MARC WASTIAUX, VINCI

Después de la explosión que sufrió en 1986 la central nuclear de Chernóbil, en Ucrania, se construyó urgentemente un sarcófago de confinamiento temporal. En septiembre de 2007 el Estado ucraniano firmó un contrato con la agrupación NOVARKA, constituida por las empresas Vinci Construction Grands Projets y Bouygues Travaux Publics. El proyecto incluye, entre otras cosas, el diseño y la construcción de un recinto de confinamiento en forma de arca que cubrirá el sarcófago actual y permitirá su desmantelamiento. Actualmente, este proyecto de gran ingeniería, es sin lugar a dudas, uno de los más complejos e impresionantes del mundo. □



1 - Tramway
de Mulhouse
ligne 2 - Pont
Stoessel.

1 - Mulhouse
tramway line 2 -
Stoessel Bridge.

© LUC NUEFFER

UTILISATION DE PONTS ROUTIERS EXISTANTS POUR LE DÉVELOPPEMENT DE TRAMWAYS - ÉVALUATIONS STRUCTURELLES ET EXIGENCES DE RÉPARATION

AUTEUR : PHILIPPE VION, SYSTRA DOAA

DE NOMBREUX PROJETS DE TRAMWAY ONT ÉTÉ PLANIFIÉS EN FRANCE CES DIX DERNIÈRES ANNÉES. CES LIGNES DE TRAMWAY MISES EN ŒUVRE DANS LE RÉSEAU URBAIN DOIVENT SOUVENT EMPRUNTER DES PONTS ROUTIERS EXISTANTS. L'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE DES PONTS ROUTIERS EXISTANTS EST RENDUE NÉCESSAIRE POUR PRENDRE EN COMPTE L'ÉVOLUTION DES CONDITIONS D'EXPLOITATION, CELA CONDUIT À VÉRIFIER LA CAPACITÉ PORTANTE DU PONT MAIS AUSSI SON ÉTAT APPARENT.

INTRODUCTION

Récemment, SYSTRA a été impliqué sur divers projets de tramway en France. Ces aménagements modifiant les conditions d'exploitation des ouvrages d'art présents sur le tracé, il a donc été nécessaire de réaliser une évaluation des ouvrages vis-à-vis de leur état et de leur capacité portante.

L'évaluation de la performance d'un pont s'avère nécessaire pour prendre en compte l'évolution des conditions

d'exploitation. Pour réaliser le diagnostic et l'expertise, une inspection visuelle détaillée du pont est conduite simultanément avec un recalcul de l'ouvrage. Généralement dans les projets de tramway la charge de superstructures augmente, du fait de l'ajout de la plateforme, ce qui conduit à une augmentation de la charge permanente, et par voie de conséquence cela exige un recalcul de la structure. De plus, pour finaliser l'expertise il peut être néces-

saire de réaliser des investigations complémentaires. Le but de l'expertise est d'expliquer les désordres éventuels et de comprendre le comportement de l'ouvrage afin de réaliser en temps utile les opérations d'entretien et les réparations et de prendre les décisions optimales quant à la sécurité et à la durée d'utilisation de l'ouvrage.

En France, des projets de tramway récents ou en cours d'étude ont dû satisfaire aux exigences des infrastruc-

tures existantes. La ligne E du tramway de Toulouse doit emprunter le Pont-Saint-Michel qui franchit la Garonne par l'intermédiaire de 5 ouvrages d'art, comprenant l'ouvrage principal OA2, dernier ouvrage conçu par Eugène Freyssinet en 1960 (figures 2 et 3). La première ligne du tramway de Besançon doit franchir le Doubs à quatre emplacements différents et utilise des voiries présentes sur le tracé (figure 4). ▷



Dans le cadre de la réalisation de la première ligne du tramway de Tours, le projet dessert l'axe structurant Nord-Sud et traverse la vallée de la Loire, du Cher et du Petit Cher (Bras Sud) en empruntant les ponts routiers existants, notamment le Pont Wilson franchissant la Loire (figure 5).

À Mulhouse, la ligne 2 du tramway qui traverse l'agglomération d'Est en Ouest emprunte le Pont Stoessel sur le Canal de l'Ill (figure 1).

PRINCIPE D'ÉVALUATION DES OUVRAGES

En général, les ponts routes sont conçus pour maintenir leur état fonctionnel afin d'assurer un niveau de service au cours de périodes prolongées pouvant atteindre cent ans et plus. Pendant cette durée d'utilisation, la structure est soumise à de nombreuses actions.

La conception des ouvrages neufs respecte toutes les normes appropriées et les codes d'usages pour atteindre cette durée d'utilisation.

La majorité des ponts existants que doivent emprunter les nouvelles lignes de tramway n'ont pas été conçus selon les dernières normes (Eurocodes), et l'application de ces règlements destinés aux ouvrages neufs n'est pas toujours pertinente pour évaluer la capacité portante de ces ouvrages, parfois anciens, car cela peut conduire à des réparations ou des renforcements abusifs. Il est parfois nécessaire de s'appuyer sur les règlements en vigueur lors de la conception initiale de l'ouvrage, d'une part en appliquant les règlements de calcul de l'époque de conception pour des ouvrages construits avant 1965, et d'autre part en appliquant les règlements de charges de 1960 ou de 1971 (Titre II du Fascicule 61) en essayant

d'évaluer le niveau de trafic réellement supporté par le pont.

Il faut également tenir compte de l'état apparent du pont car en cas de désordres constatés cela peut altérer la capacité portante de l'ouvrage et par voie de conséquence nécessiter une intervention.

Ces principes généraux permettant l'évaluation de l'état des ponts est conforme aux spécifications de la Note d'information 35 du Sétra « Méthodes courantes d'évaluation structurales des ouvrages existants ».

L'évaluation de la capacité portante des ponts existants comprend donc deux volets : l'évaluation de l'état apparent de l'ouvrage, sur les bases des examens visuels, et l'évaluation structurale sur les bases de calculs, qui peut être complétée par des investigations complémentaires et/ou des études spécifiques.

Les investigations complémentaires comme le levé topographique, la surveillance structurelle pour enregis-

trer la progression des dégradations éventuelles, les mesures d'ouverture de fissures sous charges d'exploitation, peuvent être réalisées en cas de besoin et selon les recommandations de l'expert.

2 & 3- Pont Saint-Michel à Toulouse - OA2 avant aménagement.

4- Ligne 1 du tramway de Besançon - tracé partiel.

2 & 3- Saint-Michel Bridge in Toulouse - engineering structure OA2 before development.

4- Besançon tramway line 1 - partial route.

CHARGES PERMANENTE ET D'EXPLOITATION

Généralement dans les projets de tramway la charge de superstructures augmente, du fait de l'ajout de la plateforme, ce qui entraîne un accroissement de la charge permanente.

Toutefois, la charge roulante du tramway avec une valeur caractéristique proche de 12 t à l'essieu et un espacement de 1,60 m entre essieux d'un boggy (figure 6) est assez proche de la charge à l'essieu que l'on trouve dans le règlement de charges de 1971 (Titre II du Fascicule 61), voire un peu plus faible que cette dernière si l'on prend en compte le coefficient de pondération pour passer de la valeur nominale à la valeur caractéristique.

En conséquence, il est nécessaire de réaliser un recalcul de la structure pour tenir compte de l'augmentation de la charge permanente, et pour apprécier l'effet des charges de tramway par comparaison avec l'effet des charges routières dans la configuration initiale. Il est à noter que la charge de tramway n'est ni définie dans le règlement de charges de l'Eurocode (NF EN 1991-2) ni dans le règlement de charges de 1971 (Titre II du Fascicule 61), et que les valeurs de charges qui sont donnés par les fabricants Siemens, Alstom, Bombardier, CAF sont des valeurs caractéristiques.

TYPLOGIE DES VOIRIES ET DES POSES DE RAILS

Les infrastructures sur lesquelles cohabitent des voiries routières et des voies ferrées pouvant accueillir des matériels roulants de type tramway sont de deux types : les infrastructures avec des chaussées mixtes et celles avec des chaussées dédiées. Les infrastructures avec des chaussées mixtes accueillent





sur un même ouvrage d'art des voiries séparées, routière et ferroviaire (figure 1), ou des voiries en séparation temporelle, avec alternance de circulation ferrée et de véhicule de secours routier (figure 7).

Il existe deux grands principes de voies ferroviaires, les voies ballastées et les voies en pose directe.

La voie ballastée avec traverses est la méthode traditionnelle de réalisation des voies ferroviaires pour train de voyageurs et de fret. Cette méthode n'est quasiment jamais utilisée pour les voies de tramway.

Il existe deux types de voies en pose directe, la voie en pose directe sur selles et la voie en pose directe sans attache (rail noyé).

La voie en pose directe sur selles est utilisée pour le tramway, elle consiste à installer des selles métalliques ancrées à la dalle de l'ouvrage au moyen d'inserts, ou collées sur la dalle en béton (figure 1). La plateforme en béton ou en enrobé est réalisée en deuxième phase

5- Pont Wilson sur la Loire - Ligne 1 du tramway de Tours.

6- Tramway Citadis 302 d'Alstom - charges par bogie et essieu.

5- Wilson Bridge over the Loire - Tours tramway line 1.

6- Alstom's Citadis 302 tramway - loads per bogie and per axle.

pour bloquer l'ensemble selles-rails. Les voies sans ballast ont vu le développement des solutions résines avec la pose directe sans attache, elle consiste à encastrer le rail dans la dalle au moyen d'une résine. Cette résine est

coulée gravitairement autour du rail positionné et calé dans les réservations de la plateforme, on peut également interposer une enveloppe contrerail en élastomère entre le rail et la résine.

En pose directe sur selles, l'épaisseur de la plateforme est comprise entre 210 et 260 mm, et en pose directe sans attache la plateforme est comprise entre 270 et 290 mm, cette dernière solution suppose une épaisseur minimum de béton de 100 mm au-dessus de l'étanchéité. Il est possible de réduire ces épaisseurs de plateforme de 70 mm avec la mise en œuvre d'un rail bas. Dans le cas d'un collage direct de la plateforme sur le tablier en pose directe sans attache l'épaisseur minimale de la plateforme est de 170 mm. L'avantage de cette dernière solution est qu'elle permet de réduire sensiblement l'épaisseur de la plateforme, ce qui est intéressant sur ouvrage existant car cela permet de diminuer l'augmentation de la charge permanente liée au nouvel aménagement.

TPOLOGIE DES OUVRAGES ÉTUDIÉS

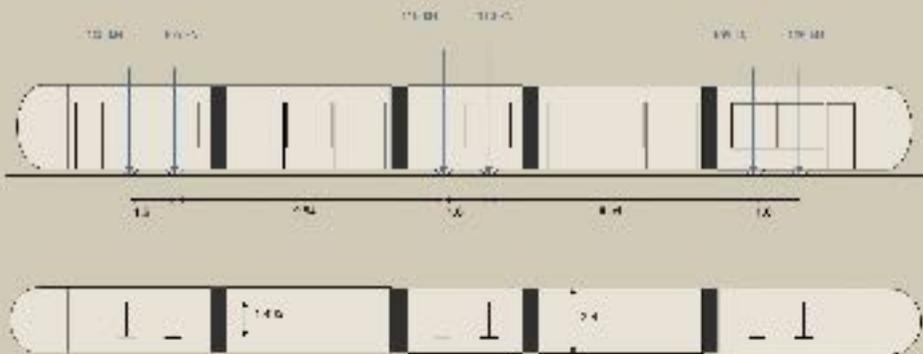
Les différents ouvrages qui ont été étudiés par SYSTRA dans le cadre des projets d'aménagement de tramway sont : des ponts-voûtes en maçonnerie ; des ponts-voûtes en béton armé ; des ponts en arc en béton non armé avec tablier en dalle nervurée ; des ponts à poutres en béton armé ; des ponts à poutres en béton précontraint. La majorité de ces ponts ont été construits avant 1965.

CALCULS STRUCTURAUX ET DIAGNOSTIC

Au stade de l'avant-projet, l'évaluation de ces ouvrages a été faite tout d'abord en procédant à un recalcul comparatif de l'ouvrage avant et après aménagement pour s'assurer du niveau de performance, ensuite en prenant en compte l'état réel de l'ouvrage, certains désordres pouvant avoir une incidence sur la résistance structurelle.

L'évaluation structurale consiste, d'une part à calculer les effets de la nouvelle charge permanente liée à la mise en œuvre de la plateforme tramway, en comparaison avec les effets de la charge permanente avant aménagement, et d'autre part à calculer les effets de la charge d'exploitation supportée par l'ouvrage avec prise en compte des charges de tramway et des charges routières si elles sont maintenues, en comparaison avec les effets de la charge d'exploitation supportée par l'ouvrage avant aménagement. Le règlement de charges routières qui est généralement pris en compte pour l'évaluation est le Titre II du fascicule 61 que ce soit avant ou après aménagement, les charges de tramway qui sont prises en compte sont celles définies par le constructeur que l'on retrouve dans l'IN 3128.

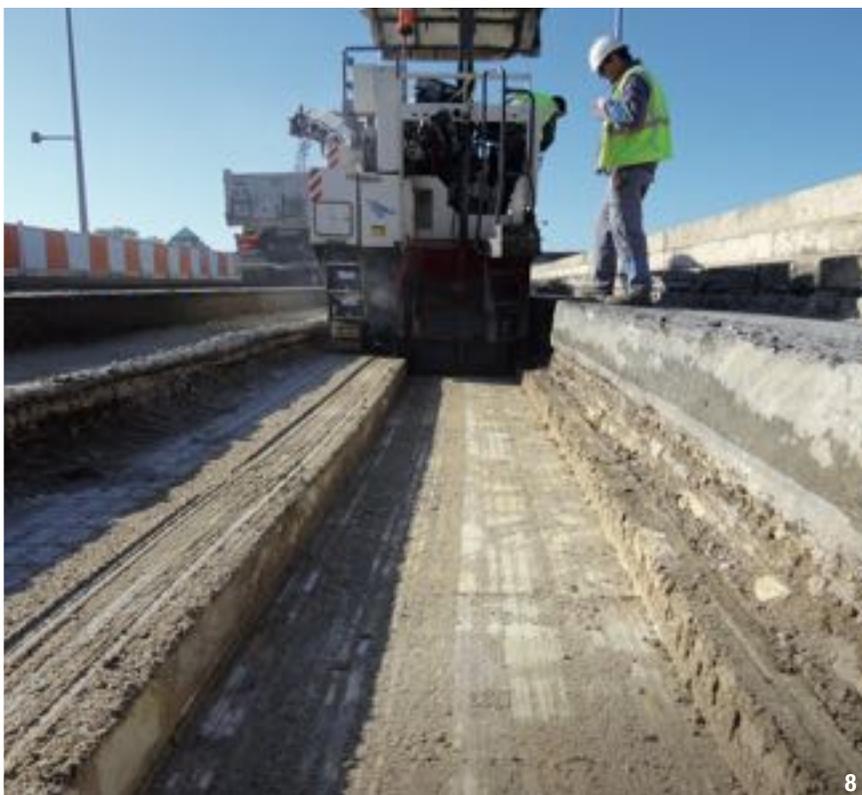
TRAMWAY CITADIS 302 D'ALSTOM - CHARGES PAR BOGIE ET ESSIEU



6



7



8

© SYSTRA

L'étude doit également aborder les désordres relevés sur l'ouvrage lors des inspections successives. Cette évaluation de l'état peut nécessiter des réparations afin de pérenniser l'ouvrage en prévision du développement du tramway.

Les conclusions sont tirées à l'issue du diagnostic et de l'expertise en cas de désordres constatés. L'expertise consistant à évaluer l'origine des défauts et à proposer des solutions de confortement.

TRAMWAY DE TOURS

La ligne nouvelle du tramway de l'agglomération tourangelle, qui doit être inaugurée en septembre 2013, emprunte l'axe routier Nord-Sud qui franchit 6 ouvrages existants, le Pont Wilson sur la Loire, le Pont sur le Petit Cher, qui sont constitués de voûtes en maçonnerie mais aussi de voûtes reconstruites en BA, le Pont Saint Lazare (avenue de Grammont) qui est une voûte en BA, et le Pont RFF Grammont qui est un pont à poutres-portiques en BA.

VOÛTES EN MAÇONNERIE

Le pont Wilson est un ouvrage de 436 m de longueur totale constitué de 15 voûtes en anse de panier construites de 1765 à 1774.

Les voûtes 9 à 11 ont été détruites en 1944 et reconstruites après-guerre.

Les six voûtes situées en rive gauche se sont effondrées en 1978 et reconstruites en béton armé entre 1979 et 1982. Les voûtes ont une largeur de 14,7 m.

Les 13 voûtes centrales ont une ouverture de 24,50 m maximum, et celles de rive ont une ouverture de 23,50 m. Les voûtes supportent 4 voies de circulation et 2 trottoirs.

Il a été considéré que les désordres relevés sur l'ouvrage ne nécessitent pas de disposition particulière en prévision de l'installation du tramway.

Le pont sur le Petit Cher est constitué de 3 voûtes surbaissées en maçonnerie construites en 1881. Les voûtes 2 et 3 partiellement détruites pendant la deuxième guerre mondiale ont été reconstruites après-guerre en béton avec la même géométrie que les voûtes d'origine. Le surbaissement des voûtes est de 1/8, pour une ouverture de 9 m. Les voûtes ont une largeur de 7,6 m, leur épaisseur est de 0,60 m à la clef et de 1,10 m aux naissances. Les voûtes ont été élargies par des consoles en béton armé supportant les trottoirs qui prennent appui sur les tympans et le matériau de remplissage.

Les calculs réalisés avec le programme VOUTE du Sétra, ont permis de vérifier la portance des arches en maçonnerie du Pont Wilson et du Pont sur le Petit Cher, ils ont montré une très faible modification du coefficient de sécurité

7- OA3 du tramway T7 - pose directe sur selles avec plateforme mixte en enrobé.

8- Pont Wilson à Tours - enlèvement du matériau de remplissage.

7- Engineering structure OA3 of the T7 tramway - direct placing on rail bearing plates with asphalt mix platform.

8- Wilson Bridge in Tours - removal of filler material.

avant et après aménagement qui reste supérieur au minimum requis de 3. La substitution du matériau de remplissage par la dalle support en BA et une partie de la plateforme ne modifie pas le niveau fini de l'extrados sur l'ouvrage, en conséquence la charge permanente augmente très légèrement du fait de la variation de la masse volumique des matériaux.

Sur le Pont Wilson, le matériau de remplissage a été enlevé entre les

tympans sur environ 45 cm (figure 8), on en profite également pour réaliser un décaissement afin d'y intégrer la multitubulaire. Cette disposition est bien évidemment possible si l'épaisseur du matériau de remplissage à la clef est suffisante.

VOÛTES EN BA

Les six voûtes du Pont Wilson reconstruites en 1979 avec un habillage en pierres sont des arcs en béton armé de 80 cm d'épaisseur à la clé et 1,20 m aux naissances, articulés aux extrémités par l'intermédiaire d'articulations Freyssinet renforcées par des goujons inoxydables. Les tympans de 65 cm d'épaisseur forment un U avec les arcs et les trottoirs sont encastres en console sur les tympans, et la poussée sur les tympans est reprise à l'aide de tirants en BA.

Le Pont Saint Lazare est une voûte en BA construite en 1878 élargie par 2 encorbellements métalliques supportant les trottoirs ; l'arc bi-encasté a une épaisseur de 68 cm à la clé et de 1,88 m aux naissances. Les consoles métalliques en encorbellement sont fortement corrodées et présentent un risque pour les usagers. Pour pallier les dommages, il sera procédé à une réfection complète des consoles.

Pour ces deux structures, la modélisation a été faite à l'aide du logiciel ST1 du Sétra pour évaluer la capacité por-



© EIFFAGE TP / BBAUNGARTNER
9

tante de l'ouvrage selon les différents états (avant et après aménagement) et ainsi conclure sur l'influence de la plateforme sur l'ouvrage.

Pour les deux ouvrages, les résultats montrent que la modification des sollicitations conduit à une augmentation très faible des efforts et des contraintes dans la voûte à vide et en charge avec la nouvelle plateforme.

PONT À POUTRES-PORTIQUES EN BA

Le pont RFF Grammont est un pont construit en 1925 constitué de 10 poutres-portiques parallèles en BA à 2 travées de 17 et 18,55 m, il permet à l'avenue de Grammont de franchir des voies ferrées. Une campagne de reconnaissance a été menée par Ginger afin d'identifier les aciers en place dans les poutres et leur résistance caractéristique. Au droit des poteaux d'extrémité, il a été supposé que la continuité de ferrailage entre les nervures et les poteaux n'est pas réalisée et donc que la liaison est une rotule.

Les désordres constatés sur l'ouvrage sont des fissures et des aciers corrodés avec propagation d'un front de carbonatation. La charge permanente est augmentée du fait de la mise en œuvre d'une dalle BA d'épaisseur 25 cm au droit de la plateforme.

Il a été décidé de vérifier l'ouvrage sous les charges routières du titre II

9- Besançon - Pont Charles de Gaule après renforcement.

9- Besançon - Charles de Gaule Bridge after strengthening.

fascicule 61, plus proches du trafic réellement supporté par l'ouvrage. Les charges routières A(l) du titre II fascicule 61 se sont avérées dimensionnantes vis-à-vis des sollicitations maximum dans les poutres des portiques. Le recalcul a donc été réalisé sous charges A(l) avec 4 voies chargées, car les 2 voies centrales sont mixtes Tram/Bus.

La modélisation a été faite à l'aide du logiciel RDM6 pour évaluer la capacité portante de l'ouvrage projeté.

Cette étude a permis d'évaluer les sollicitations dans les différentes poutres puis de les comparer aux capacités résistantes des sections. Cette étude a montré l'incapacité de l'ouvrage à supporter les nouvelles charges, principalement au droit des poutres situées sous la plateforme.

Une solution de renforcement par précontrainte additionnelle, avec tracé

rectiligne, a donc été étudiée. Sur un ouvrage ancien en BA, l'ajout d'un effort normal de compression doit refermer les fissures et accroître ainsi la durabilité de l'ouvrage. De plus, le fait d'avoir des poutres raides appuyées sur des poteaux minces garantit que l'effort de précontrainte additionnelle se transmettra principalement aux poutres du tablier.

TRAMWAY DE BESANÇON

La première ligne du tramway de Besançon, dont la mise en service est prévue en 2014, emprunte 4 ouvrages existants franchissant le Doubs. Le Pont Charles de Gaule qui est un pont bicaissons en BP, le Pont Canot qui est un pont en arcs à trois travées avec dalle nervurée en BA, le Pont Battant qui est pont à poutres en BP, et le Pont de la République qui est un pont dalle en BA. Après diagnostic le Pont de la République a été aménagé en l'état, le Pont Charles de Gaule a été renforcé par précontrainte additionnelle (figure 9), le Pont Battant a été reconstruit après démolition car il ne pouvait pas supporter le nouvel aménagement, et le Pont Canot a été réparé.

Nous allons présenter ci-après le principe de recalcul et de diagnostic du Pont Canot (Cf. article revue Travaux N°896 avril/mai 2013 « *Renforcement et gros entretien du Pont Canot à Besançon* »).

PONT EN ARCS À DALLE NERVURÉE

Le Pont Canot est composé d'un pont en arcs à 3 travées et d'une voûte de décharge en rive gauche, il a été construit en 1949 (figure 10). L'ouvrage a été élargi en 1979 par des encorbellements, pour atteindre une largeur hors tout de 17,80 m.

Les arcs de l'ouvrage principal ont une portée de 27,40 m, une hauteur à la clé de 4,31 m et une largeur de 2,20 m. La hauteur des arcs est variable de 0,80 m à la clé jusqu'à 1 m aux naissances. La chaussée est supportée par une dalle en BA reposant sur des longerons en BA, qui s'appuient sur des éléments transversaux (voiles et entretoises) espacés d'environ 4,25 m (figure 11). Comme il a été dit précédemment la charge permanente augmentée du fait de l'augmentation du poids des superstructures. L'accroissement du poids de superstructures entre la situation actuelle et la situation de projet est de l'ordre de 30 %, principalement due à la plateforme tramway d'une épaisseur de 20 cm.

Il a été décidé de vérifier l'ouvrage sous les charges routières du titre II fascicule 61, plus proches du trafic réellement supporté par l'ouvrage, et sous les charges de tramway roulant sur la plateforme.

Les charges d'exploitation (camions Bc et tramways) sont positionnées longitudinalement au quart de la travée, afin de solliciter au maximum les arcs.

Le recalcul réalisé par Arcadis en considérant une redistribution des efforts internes a montré que les arcs supportent le surplus de charge permanente, et la charge d'exploitation.

Toutefois, l'incidence de l'évolution des surcharges conduit à renforcer les éléments en béton armé du tablier, à l'aide de matériaux composites collés (figure 12).

De plus, de petits défauts sur le tablier ont nécessité des travaux de ragréage sur le béton dégradé.

TRAMWAY DE TOULOUSE

La ligne E du tramway de Toulouse, qui doit être inaugurée en décembre 2013, emprunte le Pont Saint Michel qui franchit la Garonne. Ce pont est constitué de 5 ouvrages distincts, deux ponts-voûtes en maçonnerie élargis par des voûtes en BA (OA1 et OA5), deux pont à poutres préfabriquées de type VIPP (OA3 et OA4), et un pont à 5 ouvrages successifs constitués chacun de 10 poutres en béton précontraint à béquilles (OA2).



10

© SYSTRA PVIION

L'OA2 est constitué de 5 ouvrages identiques, chaque ouvrage est un pont à poutres précontraintes à béquilles de hauteur variable. Les poutres sont reliées entre elles par une dalle située au niveau du hourdis et par des entretoises intermédiaires et d'about.

Les poutres à béquilles sont reliées deux à deux par une dalle inférieure dans les parties proches des béquilles et par des voiles entre béquilles (figure 13). Le fonctionnement mécanique des poutres en console est original : leurs extrémités sont aménagées en limiteurs de flèches grâce à l'alternance des sens d'appuis sur chaque poutre élémentaire.

Une campagne de reconnaissance a été menée par Concrete afin de déterminer les caractéristiques des aciers de précontrainte et du béton sur les OA2, OA3 et OA4, pour pouvoir les prendre en compte dans les modèles de calcul. Les investigations réalisées par la société Concrete, portent sur des mesures de tensions à l'arbalète dans

les câbles de précontrainte ainsi que des mesures de résistance caractéristique en compression du béton.

Après investigations, la valeur de tension dans les câbles 12 Ø7 qui a été retenue pour les calculs est de 27,6 kN, ce qui correspond à une tension exprimée en termes de contrainte de 717 MPa. La valeur de résistance en compression moyenne du béton obtenue sur les éprouvettes est de 38,5 MPa, cependant pour la simplicité du calcul et de manière sécuritaire, nous avons retenu un béton C35/45.

Le profil en travers fonctionnel existant est de 6 voies routières encadrées par deux trottoirs d'environ 4 m de largeur, et le profil projeté est de deux voies tramway + deux voies routières encadrées par deux trottoirs et une piste cyclable d'environ 3 m de largeur chacun.

La justification a été faite avec les charges d'exploitation de l'Eurocode avec soit deux voies routières et deux voies de tramway, soit avec quatre voies

10- Besançon - Pont Canot vue aval avec platelage.

11- Besançon - Pont Canot vue de dessous.

12- Pont Canot renforcement en matériaux composites en sous-face de la dalle.

10- Besançon - Downstream view of Canot Bridge with decking.

11- Besançon - Bottom view of Canot Bridge.

12- Canot Bridge: strengthening with composite materials on the underside of the slab.

routières chargées, car les 2 voies sur plateforme sont mixtes Tram/Bus + les charges de trottoirs et de piste cyclable. Selon la norme NF EN 1991-1-5, le champ de température se décompose en variation uniforme et gradient thermique.

CONCLUSION

Les aménagements de tramway en site urbain empruntent les ponts routiers existants sur le tracé, et cela modifie leurs conditions d'exploitation.

Il est donc nécessaire de procéder à une évaluation des ouvrages d'art vis-à-vis de leur état et de leur capacité portante.

L'évaluation, et bien sûr le diagnostic et l'expertise menés par les experts ouvrages d'art permettent de conclure sur la possibilité du passage du tramway sur les ouvrages existants.

Il a été constaté sur différents projets de tramway auxquels SYSTRA a participé que l'évaluation de la capacité portante des ponts routiers existants pouvait



11



12

© SYSTRA PVIION



© SYSTRA P/ION

13

aboutir à des conclusions très diversifiées, en fonction du type d'ouvrage et du niveau de surveillance et d'entretien des ouvrages concernés.

Ces conclusions sur la capacité de l'ouvrage vont des travaux d'aménagement et d'entretien courant, aux travaux de renforcement lourds, en passant par

des travaux d'entretien renforcés. Il peut également être nécessaire de démolir et reconstruire l'ouvrage si les études ont montré son incapacité à supporter les charges liées à l'aménagement, c'est le cas du Pont Battant pour la première ligne du tramway de Besançon.



14

13- Pont Saint-Michel - OA2 - vue de dessous d'une travée.

14- Vue des béquilles de l'OA2.

13- Saint-Michel Bridge - structure OA2 - bottom view of a span.

14- View of the props of engineering structure OA2.

Sans pour autant tirer des conclusions générales et universellement applicables, il a été constaté que les ponts voûtes en maçonnerie avaient la capacité à supporter le passage du tramway sans réparation ou renforcement, car la plateforme et sa dalle support se substituent au remblai et à l'enrobé

existant sans modifier la charge permanente et les descentes de charges. Pour les ponts en arc à tablier en BA, il a été observé que l'arc pouvait aussi supporter le passage du tramway, à condition que le béton soit sain, car l'arc est sollicité en compression et la charge permanente a pour effet d'augmenter la compression dans l'arc ce qui est acceptable. Par contre le tablier peut nécessiter un entretien ou un renforcement, car souvent il a été justifié avec les règlements en vigueur lors de sa conception et que ceux-ci peuvent conduire à un niveau d'aptitude inférieur à celui obtenu avec une conception menée avec des règlements pour ouvrages neufs.

De plus, il a été constaté qu'il était difficile de justifier les ponts à poutres sous le passage du tramway, du fait de la répartition transversale des charges, et que ces ouvrages nécessitaient généralement des réparations et des renforcements. □

ABSTRACT

USE OF EXISTING ROAD BRIDGES FOR TRAMWAY DEVELOPMENT - STRUCTURAL ASSESSMENTS AND REPAIR REQUIREMENTS

PHILIPPE VION, SYSTRA DOAA

Numerous tramway projects have been planned in France in the past ten years to improve the development of urban communities by linking the city centre to the rest of the urban area. These tramway lines must be arranged to fit into the infrastructure existing along the route, so they often pass over existing road bridges. The performance of the existing road bridges must be assessed to take into account changes in operating conditions, and this assessment is performed by verifying the load-bearing capacity but also the apparent condition of the bridge. □

UTILIZACIÓN DE PUENTES DE CARRETERA EXISTENTES PARA EL DESARROLLO DEL TRANVÍA - EVALUACIONES ESTRUCTURALES Y EXIGENCIAS DE REPARACIÓN

PHILIPPE VION, SYSTRA DOAA

Durante los diez últimos años se han planificado en Francia muchos proyectos de tranvía para mejorar el desarrollo de las comunidades urbanas, comunicando el centro de la ciudad con el resto de la aglomeración. Dado que estas líneas de tranvía deben planificarse insertándose en las infraestructuras presentes a lo largo del trazado, frecuentemente utilizan los puentes de carretera existentes. Ha sido necesario evaluar las prestaciones de los puentes de carretera existentes para tener en cuenta la evolución de las condiciones de explotación. Esta evaluación se ha realizado comprobando la capacidad portante del puente, así como su estado aparente. □

CONCEPTION ET CONSTRUCTION DE CENTRALES THERMIQUES EN OUTRE-MER

AUTEURS : JEAN-MARC SACCONI, DIRECTEUR DE DÉPARTEMENT, EIFFAGE TP - VINCENT PREYSSAS, DIRECTEUR DE PROJET CENTRALES DOM, EIFFAGE TP - MICKAËL BIBIES, ADJOINT AU DIRECTEUR TECHNIQUE DURANT LA PHASE DE CONCEPTION PUIS RESPONSABLE DE LA MAÎTRISE ŒUVRE CENTRALE DE BELLEFONTAINE, EIFFAGE TP.

EDF A DÉCIDÉ DE MODERNISER SON PARC DE CENTRALES THERMIQUES DANS LES DÉPARTEMENTS D'OUTRE-MER ET EN CORSE. LES SITES DE PRODUCTION DE JARRY (GUADELOUPE), BELLEFONTAINE (MARTINIQUE) ET PORT EST (RÉUNION) SONT LES PREMIERS À AVOIR ÉTÉ LANCÉS ET CONFISÉS AU GROUPEMENT D'ENTREPRISES MCE (MAN SAS / CLEMESSY / EIFFAGE TP). LES DIFFICULTÉS TECHNIQUES SONT SPÉCIFIQUES À CHAQUE ENVIRONNEMENT : ZONES SISMQUES, CYCLONIQUES, INONDABLES. LA RÉALISATION SIMULTANÉE « CLEF EN MAIN » DES 3 CENTRALES A CONSTITUÉ UNE PROUESSE.

© EIFFAGE TP



UN PROJET D'EXCEPTION !

Le Groupe EDF au travers de sa filiale EDF PEI a décidé de moderniser son parc industriel de centrales thermiques dans les DOM et en Corse et de créer un palier technique adaptée à sa mission de service publique dans ces territoires.

Ainsi les sites de production de Jarry (Guadeloupe) (figure 3), Bellefontaine (Martinique) (figure 2) et Port Est (Réunion) (figure 1) sont les premiers à avoir été lancés par EDF PEI sous un type de contrat dit de « Clef en Main » confié au groupement d'entreprises MCE (MAN SAS / CLEMESSY / EIFFAGE TP).

Le groupement, mené par MAN SAS, a dû s'adapter au très haut niveau d'exigence du cahier des charges du Maître d'Ouvrage en termes de qualité et de délais de réalisation, de performances techniques et environnementales des sites et a dû aussi relever le défi, durant toute la phase de construction, de concilier un niveau d'excellence en terme de sécurité tout en gérant la

1- Vue aérienne de la Centrale de Port Est.

2- Vue générale de la Centrale de Bellefontaine B.

3- Vue aérienne de la centrale de Jarry - Zone Sud.

1- Aerial view of Port-Est power station.

2- General view of Bellefontaine B power station.

3- Aerial view of Jarry power station - Southern area.

complexité et la pluridisciplinarité de tels projets.

Outre les difficultés techniques proposées par un environnement à chaque fois très spécifique et différent (zones sismiques, cycloniques, inondables...), la réalisation simultanée « clef en main » de 3 centrales a aussi permis de relever des défis humains et organisationnels.

L'ensemble de ces défis à relever font de ces chantiers un projet d'exception.

LE CONTRAT DE CONCEPTION CONSTRUCTION

LE MAITRE D'OUVRAGE

La Société EDF PEI (Production d'électricité insulaire) a lancé en 2007 un appel d'offres pour la construction clé en main de nouvelles centrales Diesel sur les sites des îles de la Réunion, de la Martinique et de la Guadeloupe, chaque site étant équipé de 12 groupes fonctionnant au fioul lourd et convertibles au Gaz Naturel d'une puissance unitaire d'environ 18 MWe ainsi que

les études de conception et la fourniture des plus gros composants de la centrale de Haute Corse.

En octobre 2008 EIFFAGE TP, associé à MAN SAS (mandataire) et CLEMESSY a obtenu le Contrat de conception et construction des 3 centrales électriques à moteur diesel (200 MWe chacune) dans les Départements d'Outre-Mer et la conception de la centrale de Haute Corse. Ce projet clé en main est aujourd'hui en phase d'achèvement sur les sites de Port Est (La Réunion), Bellefontaine B (La Martinique) et Pointe Jarry (La Guadeloupe).

EDF PEI SAS est une filiale 100% du groupe EDF plus particulièrement chargée de la construction et de l'exploitation de centrales électriques dans les Départements d'Outre-Mer et en Corse. Ce marché est le premier exemple de contrat clé en main passé par EDF. EDF CIT (Centre d'Ingénierie Thermique) est associé au projet comme Assistant Maître d'Ouvrage.

LE GROUPEMENT

Le Groupement conjoint MAN SAS, CLEMESSY et EIFFAGE TP a été constitué à l'occasion de ce projet.

MAN SAS joue à la fois le rôle de mandataire de ce groupement, de concepteur général du palier technique (les usines), de concepteur du process, d'intégrateur et de fournisseur des groupes et des équipements mécaniques.

CLEMESSY est en charge de la partie électrique et des systèmes de contrôle commande des centrales.

EIFFAGE TP s'est vu confier l'ensemble du gros-œuvre des centrales ainsi que différents autres domaines de la construction : les terrassements, les ouvrages hydrauliques, les VRD, les corps d'états secondaires et la majeure partie des corps d'états techniques (désoxygénation, ventilation, climatisation...) logistique et base vie du chantier allant jusqu'à l'accueil de plus de 1 000 personnes simultanément.

SPECIFICITÉS DES SITES DICTANT LA CONCEPTION

OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les 3 sites réalisés en TKC (Turn Key Contract) ont dû systématiquement être protégés des eaux.

→ Protections contre la houle

sur les sites de Port Est et Jarry

La première centrale de Port Est à la Réunion, est située en bordure de l'Océan Indien, EIFFAGE TP a dû concevoir une protection du littoral contre la houle cyclonique et un tsunami. ▷



© EIFFAGE TP

Une étude complète des risques d'érosion du littoral et de submersion du site a ainsi été réalisée. Pour mener à bien cette étude, qui avait pour objectif de définir les paramètres d'agression des houles, la bathymétrie, les niveaux des marées et les surcotes cycloniques ont été définis en premier lieu.

Puis, afin de s'assurer de la pérennité de la solution retenue, il a été procédé à une analyse du régime hydro-sédimentaire du site consistant à étudier les mouvements de ceux-ci ainsi que les tendances évolutives du trait de côte du littoral.

Le site balayé par les houles australes et d'alizées est ainsi protégé des houles extrêmes de 12,5 m pour une période de retour centennale qui se traduit ici sur le littoral par un run-up (élévation maximale du niveau d'eau sur le front de plage) de 7 m.

Cette protection a été mise en œuvre à l'aide de nappes de géotextile selon le principe présenté figure 4.

Ces dispositions constructives ont été privilégiées aux protections classiques (enrochement ou tétrapodes) afin de tenir compte du futur projet d'exonération du secteur de Port Est. Cet ouvrage a été réalisé en même temps que les terrassements généraux afin de s'assurer de la mise en sécurité du site avant construction (figures 5 & 6).

→ Protections contre les inondations sur le site de Bellefontaine

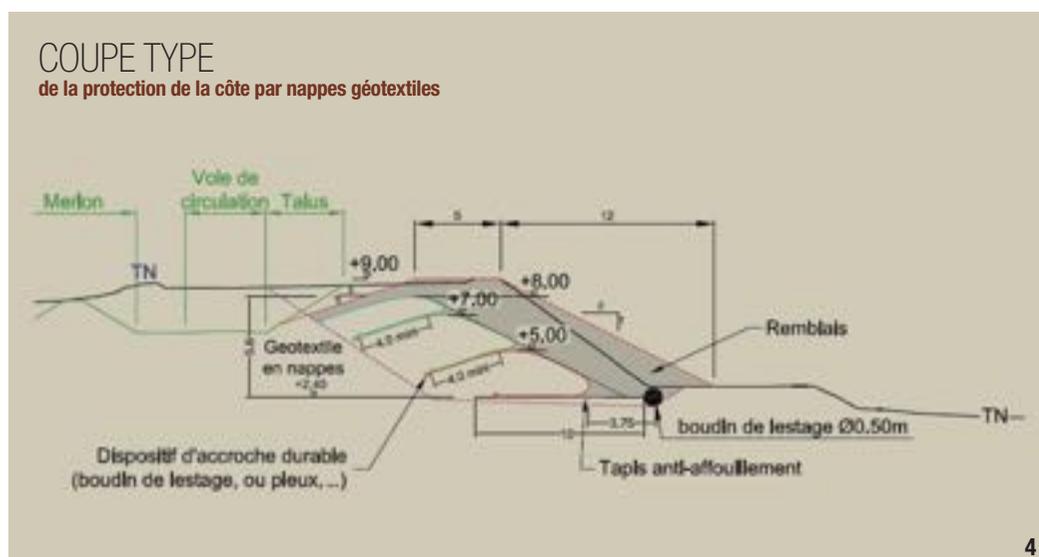
Avant de pouvoir intervenir sur le site de la centrale de Bellefontaine à la Martinique il a été nécessaire de sécuriser définitivement le secteur par la construction d'une digue de protection contre les crues de la rivière Fond Laillet.

Le dimensionnement de la digue (figure 7) a consisté en une étude hydrologique du bassin versant qui a conduit à retenir une crue de sûreté de période de retour de 2 500 ans soit 298 m³/s pour cette rivière à caractère torrentiel ainsi qu'une crue de surverse de période de retour 5 000 ans soit 350 m³.

L'étude hydraulique de la rivière aménagée a alors permis de définir les caractéristiques de la digue et de ses protections par enrochement.

Cette digue a également été équipée d'un déversoir de sécurité en gradins de gabions (figure 8).

Il a été nécessaire de s'assurer de la pérennité de l'aménagement dans le temps. Pour cela, l'étude hydro-sédimentaire a permis de définir le transport solide de la rivière et de s'assurer de son faible impact sur la



morphologie de son lit dans le temps. La réalisation de cette digue de 600 m de long et de hauteur maximale de 6,5 m a alors permis le démarrage des travaux de la centrale à proprement parler.

À noter que dans le cadre du programme environnemental décidé sur site une convention a été passée avec l'ONF afin de créer une pépinière et ainsi de replanter, après construction, des essences endémiques.

PARTICULARITÉS LIÉES AU SÉISME

→ Conditions sismiques

Les centrales EDF PEI sont considérées comme étant des installations ICPE (Installations Classées Pour l'Environnement), une étude de dangers menée par le pilote du groupement MAN SAS a conduit à classer certains bâtiments en risque spécial, les autres étant en risque normal. Ce sont les cheminées et le parc à combustibles

4- Coupe type de la protection de la côte par nappes géotextiles.

5- Vue aérienne de la protection contre la houle en cours de réalisation.

6- Vue générale de la protection contre la houle après réalisation.



4- Typical cross section of coast protection by geotextile layers.

5- Aerial view of work in progress on protection against the swell.

6- General view of protection against the swell after completion.

CHIFFRES RELATIFS À LA PROTECTION CONTRE LA HOULE DU SITE DE PORT EST

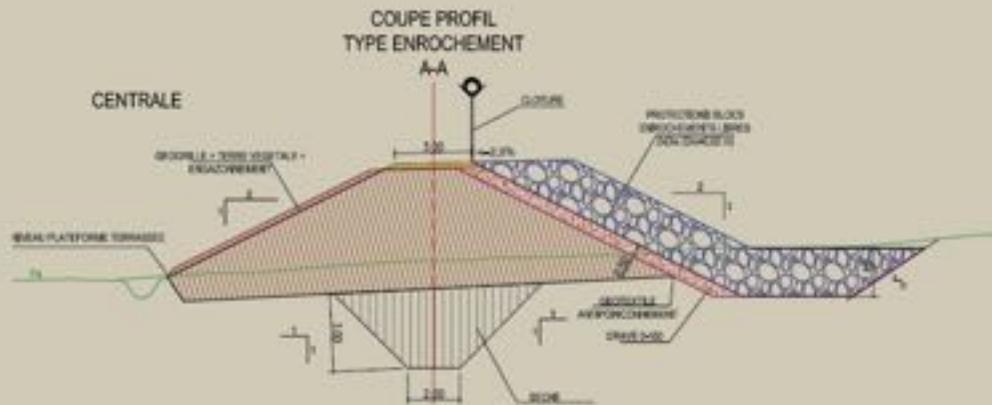
20 000 m² de géotextiles

18 000 m³ de matériau de remplissage

30 000 m³ de déblais

18 200 m³ de remblais

COUPE TYPE DE LA DIGUE DE BELLEFONTAINE



7

7- Coupe type de la digue de Bellefontaine.

8- Vue de la digue et de son déversoir de sécurité.

9- Réalisation des inclusions rigides sur le site de Pointe Jarry.

7- Typical cross section of the Bellefontaine breakwater.

8- View of the breakwater and its safety overflow.

9- Execution of rigid inclusions on the Pointe Jarry site.

(réservoirs fioul) revêtant un danger potentiel particulier vis-à-vis de l'environnement qui ont ainsi été classés en risque spécial.

Les centrales ont par ailleurs été assimilées à des ouvrages de catégorie d'importance III (Euro codes) à l'exception des ouvrages incendie qui ont été classés en catégorie d'importance IV. Pour l'ensemble des ouvrages, à risque normal et à risque spécial, l'évolution de la réglementation sismique alors en

cours durant les années 2008 et 2009 a pu être anticipée.

Les sites des Antilles se situent dans les zones françaises les plus sismiques (zone de sismicité 5 selon le nouveau zonage), conformément à la nouvelle réglementation, ce sont des accélérations nominales de $4,5 \text{ m/s}^2$ ou 5 m/s^2 qui ont été prises en compte pour les ouvrages à risque normal.

Pour les ouvrages à risque spécial, ce sont des approches spécifiques



© EIFFAGE TP

CHIFFRES RELATIFS AUX INCLUSIONS RIGIDES DE JP

Près de **8 000** inclusions rigides

Près de **80 km** d'inclusions rigides

Plus de **12 000 m³** de béton

(calcul du SMS) visant à déterminer l'aléa sismique local qui ont défini les paramètres sismiques à respecter aux Antilles.

À Bellefontaine en Martinique, c'est une approche déterministe menée par le BRGM qui a permis de fixer les spectres de réponse élastique du mouvement du sol à partir des paramètres sismo-tectoniques et géotechniques du sol. Cette analyse commandée par EDF PEI dans un premier temps a pu être optimisée ensuite par EIFFAGE TP et le BRGM après réalisation des reconnaissances de sol complémentaires et les niveaux de plateforme de terrassements du site définis.

Elle a conduit à prendre en compte deux SMS (Séisme Majoré de Sécurité) correspondant à des séismes de source proche d'une part et lointaine d'autre part.

Pour les hautes fréquences, la valeur d'accélération nominale définie est de $0,62 \text{ g}$ ($6,1 \text{ m/s}^2$).

→ **Soutènements et reconnaissances spécifiques à Bellefontaine et à Jarry**

La clé de voûte du génie parasismique se situe dans la connaissance du sol et la prise en compte de l'interaction entre le sol et les structures. Aussi, afin de conforter les premiers éléments transmis par EDF PEI au Groupement lors de l'appel d'offres, d'importantes reconnaissances complémentaires ont été menées par EIFFAGE TP sur les sites afin de préciser les contraintes sismiques à prendre en compte pour les fondations des ouvrages.

Tandis que le site de Pointe Jarry à la Guadeloupe est construit sur des terrains historiquement gagnés sur la mer, le site de Bellefontaine en Martinique est localisé dans une vallée alluvionnaire dont certaines zones pouvaient être potentiellement liquéfiables.

Les reconnaissances géotechniques ont alors permis d'écarter les suspicions de liquéfaction du sol en cas de séisme sur le site de Bellefontaine.

Sur le site de Jarry (Guadeloupe), la faible portance des sols en place a conduit à réaliser des substitutions de sol et des inclusions rigides sous les différents ouvrages (figure 9). Ce sont les tassements différentiels qui ont fait l'objet de l'attention particulière du concepteur, tous les bâtiments étant reliés les uns aux autres par l'intermédiaire des réseaux du process.

La conception, l'exécution et les contrôles ont été réalisés en considérant le projet ASIRI (Amélioration des Sols par Inclusions Rigides).



10a

© EIFPAGE TP

Pour le site de Bellefontaine, les contraintes sismiques ont été déterminantes dans le choix et la conception des soutènements (figures 10 & 11), le site étant décomposé en 2 plateformes avec une dénivellée de près de 7 m due à la forte déclivité de la vallée du Fond Laillet.

Les soutènements ont été réalisés en terre armée. Le soutènement principal revêt une importance majeure puisqu'il soutient la plateforme du parc à fioul, défini en risque spécial.

→ **Structures complexes**
soumises au séisme

Les concepteurs des différentes parties prenantes ont dû gérer des délais courts et des interfaces complexes entre les ouvrages et les équipements de process, accrues par les aspects sismiques des zones concernées.

Partis de la feuille blanche, les ingénieurs ont dû travailler par itérations

successives afin de mener à bien toutes les vérifications des structures, malgré des délais de conception serrés. Ces structures sont toutes en relation d'une part avec le sol mais également avec les équipements de process fixés sur les ouvrages.

C'est le cas par exemple des aérofrigérants des groupes moteurs ancrés sur la toiture des blocs usine mais reliés également avec tous les équipements de process (figures 12 & 13).

Les masses correspondant aux aérofrigérants élevées à 8 m au-dessus des toitures de l'usine excitent les ouvrages lors des séismes.

De nombreux échanges de données ont permis au concepteur de l'usine d'intégrer les structures de process dans les modélisations des ouvrages. Ces éléments prennent une importance primordiale dans les analyses modales des ouvrages, ces masses jouant un

10a- Vue de l'ouvrage en terre armée M2 lors de sa réalisation.

10b- Coupe de l'ouvrage en terre armée M2 lors de sa réalisation.

11- Mur M2 en terre armée en cours d'achèvement.

10a- View of reinforced earth structure M2 during its execution.

10b- Cross section of reinforced earth structure M2 during its execution.

11- Reinforced earth wall M2 being completed.

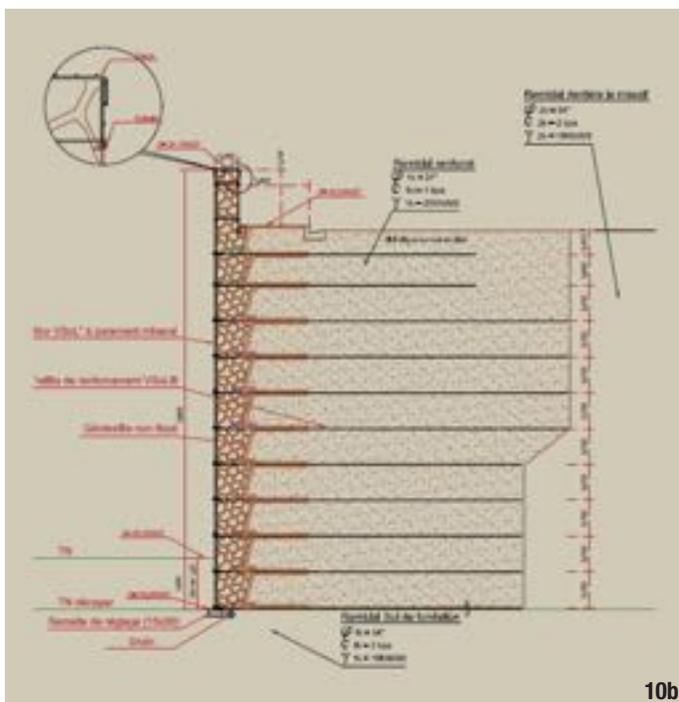
rôle majeur dans les excitations des bâtiments.

Le comportement des bâtiments rentrant en jeu dans la définition des structures de process, il a été nécessaire de procéder à de nombreuses itérations afin de vérifier in fine la stabilité d'ensemble et interne de l'ensemble des éléments et des ancrages.

Outre les impacts sur les superstructures, les contraintes sismiques ont aussi eu des conséquences sur les fondations.

Le paramètre le plus critique dans le dimensionnement des fondations est généralement le soulèvement. Ceci est notamment dû au fait que la composante verticale du séisme est très proche de la composante nominale horizontale (70 %).

Afin de respecter les conditions de surface minimale comprimée et éviter les décollements des fondations, il a



10b



11

© EIFPAGE TP

souvent été nécessaire de procéder au lestage de ces fondations.

Ainsi, les semelles les plus sollicitées des bâtiments auxiliaires - recueillant les contreventements - ont été réalisées sur des gros bétons de lestage liaisonnés aux semelles. De la même manière, différents racks de supportage des tuyauteries ont dû reposer sur des fondations filantes massives.

Le bâtiment de commande (Salle de Commande des centrales) situé au sein du bloc usine a été fondé sur un radier généralisé de manière à respecter les conditions de surface comprimée.

→ Points particuliers des parcs à fuel

Les calculs de structure du parc à fuel ont également eu une importance accrue du fait des contraintes sismiques. Les différentes centrales intègrent en effet des parcs de stockage de fuel nécessaires au fonctionnement des groupes.

12- Coupe type de bloc usine où l'on aperçoit les moteurs ainsi que les structures aéroréfrigérantes en toiture.

13a & 13b- Structure aéroréfrigérantes en toiture du bloc usine.

12- Typical cross section of the plant unit where the motors and the air cooler structures on the roof are visible.

13a & 13b- Structure of air coolers on the roof of the plant unit.

Sur les sites de Port Est et Bellefontaine, les stockages de fuel correspondent à trois réservoirs cylindriques de fuel lourd de 36 m de diamètre, 15 m de hauteur et de capacité unitaire de près de 15 000 m³.

Le cahier des charges du projet basé sur l'Instruction Ministérielle de 1989 régissant les stockages d'hydrocarbures demandait de prendre en compte les effets de la vague pouvant être engendrée par la rupture d'un de ces réservoirs en cas de séisme notamment, que ce soit par une rupture de type « zip⁽¹⁾ » ou à la jonction robe/fond (figure 15).

Les effets de la vague sont d'une part les déversements au-delà de la rétention et d'autre part les sollicitations mécaniques apportées sur les ouvrages. Ces paramètres ont été définis à l'aide d'une étude spécifique basée particulièrement sur une modélisation 3D des parcs à fuel (figure 14).

Cette étude a également conduit à modifier les paramètres géométriques de la rétention afin de limiter ces déversements. La hauteur de la rétention a ainsi dû être augmentée sur le site de Bellefontaine (figure 16) et des cornières anti-surverse ont dû être installées en tête des voiles sur les différents sites.

Il faut souligner que la mise en place de merlons de terre, technologie souvent retenue pour ses propriétés de tenue au feu, n'a pu être choisie dans le cas de ces centrales du fait de l'exiguïté des sites et de l'effet accélérateur en cas de surverse.

Les fonds de rétention ont pu être réalisés soit en dallage béton, soit en enrobé étanche anti-K selon les possibilités techniques rencontrées sur les sites.

DES VENTS EXTRÊMES POUR LES CHEMINÉES

Les 3 centrales se situent toutes en zone cyclonique ce qui a conduit le Maître d'Ouvrage à demander au groupement la prise en compte de vitesses de vents supérieures à celles imposées classiquement pour ce type d'ouvrage. Le vent accidentel pris en compte est donc de 250 km/h.

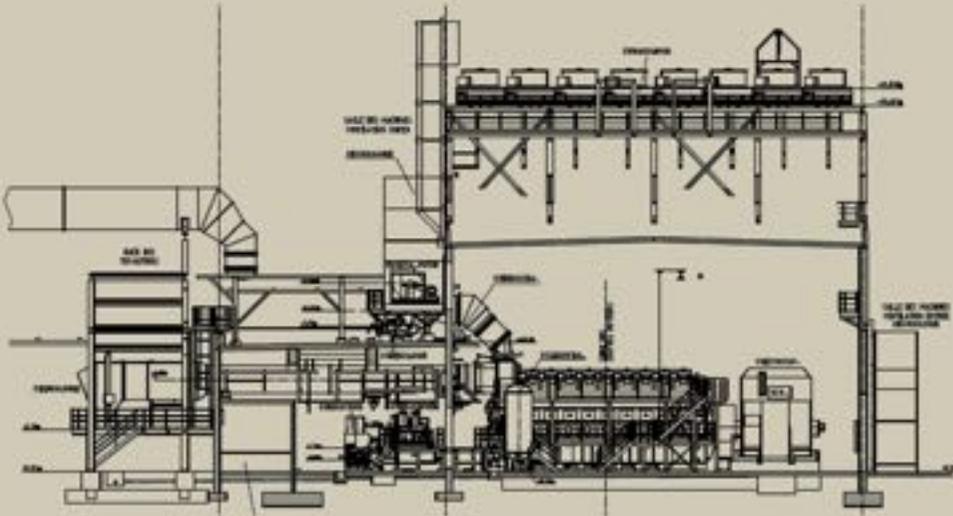
C'est pour les 2 cheminées de Bellefontaine (figure 18) que la prise en compte de ce vent accidentel a été la plus critique...

La hauteur des cheminées s'élève en effet à 109 m du fait de l'encaissement de la vallée entre les 2 mornes la délimitant.

Même si les contraintes sismiques sont extrêmement fortes et les efforts engendrés sur cette masse de 2 300 t sont alors extrêmement élevés, c'est bien le vent qui a été le paramètre dimensionnant des fondations. ▶

COUPE TYPE DU BLOC USINE

où l'on aperçoit les moteurs ainsi que les structures aéroréfrigérantes en toiture



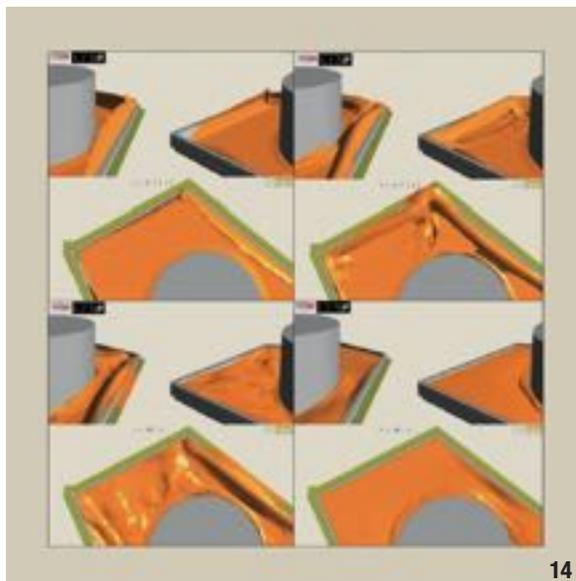
12



13a



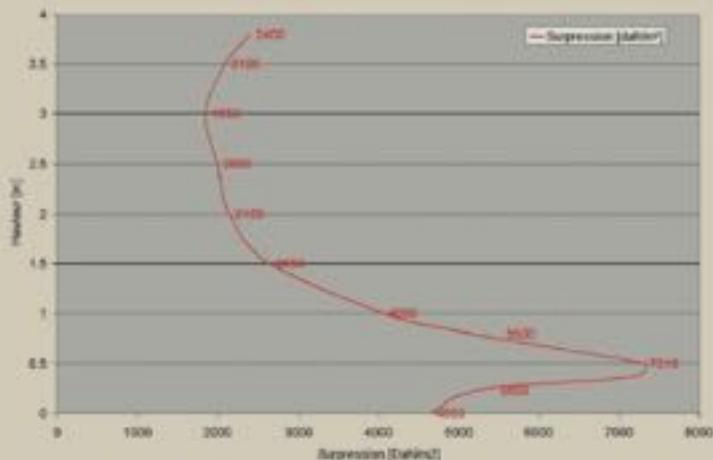
13b



14

DIAGRAMME

des surpressions appliquées sur les voiles de rétention de 4m de Bellefontaine B



15

© EIFFAGE TP



16

© EIFFAGE TP

14- Vues des simulations 3D des ruptures de fond de cuve.

15- Diagramme des surpressions appliquées sur les voiles de rétention de 4 m de Bellefontaine B.

16- Vue aérienne du Parc à Fuel de Bellefontaine B - les voiles sont vérifiées au feu des hydrocarbures ainsi que pour les surpressions apportées par une vague d'hydrocarbures.

14- Views of 3D simulations of bottom-of-tank failures.

15- Diagram of overpressures applied to the 4-metre retention shear walls of Bellefontaine B.

16- Aerial view of the Bellefontaine B fuel oil park. The shear walls are tested under hydrocarbon fire and for overpressures applied by a wave of hydrocarbons.

Plus précisément, c'est la condition de surface comprimée minimale au sol qui a conduit aux dimensions finales des fondations.

Ce paramètre a notamment été vérifié à l'aide d'une modélisation par le logiciel Plaxis 3D.

On peut souligner ici que les fondations des 2 cheminées ont des dimensions différentes. D'une part du fait de la lithologie légèrement différente du substratum, même si les cheminées sont assez proches l'une de l'autre, mais surtout du fait des niveaux caractéristiques de nappe.

Le sous-sol du site de Bellefontaine est alimenté par une nappe alluviale accompagnant la rivière Fond Laillet. Cette nappe présente des caractéristiques hydrodynamiques particulières puisque le gradient hydraulique varie entre 3 et 6,5 % au droit du site.

Pour pouvoir préciser ces paramètres hydrogéologiques, il a été nécessaire de réaliser des reconnaissances par-

ticulaires au niveau de ces ouvrages dont la mise en place de piézomètres le plus en amont possible afin de pouvoir recueillir un historique.

Afin de minimiser les impacts liés à ces contraintes fortes et notamment le volume de béton des fondations, EIFFAGE TP a eu recours à des fondations lestées par des remblais.

Ces remblais réalisés sur les semelles des fondations participent alors à sa stabilité (figure 17).

SPÉCIFICITÉS DES TRAVAUX LIÉS AUX PARTICULARITÉS DES SITES

ORGANISATION DES SITES

→ Organisation interne à Eiffage TP

Le projet étant réalisé en conception-construction, c'est une double organisation qui a été mise en place sur chacun des sites.

À l'équipe de production courante s'est associée une équipe de maîtrise d'œuvre mise en place spécifiquement

CHIFFRES RELATIFS AUX CHEMINÉES DE BELLEFONTAINE

HAUTEUR : 109 m

STRUCTURE MÉTALLIQUE : 2 300 t pour chacune des cheminées

FONDATIONS : 27 x 27 m à 5,2 m de profondeur

BÉTON TOTAL : 4 000 m³

pour le projet, l'ensemble étant piloté depuis une cellule de coordination installée à Paris.

Des équipes d'encadrement d'environ 20 personnes ont ainsi été dépêchées sur chacun des sites afin de mener à bien ces 2 fonctions de production et maîtrise d'œuvre pour l'ensemble des domaines à la charge d'EIFPAGE TP. Ces équipes ont notamment eu pour mission de trouver les ressources nécessaires à la réalisation de ce projet dans des secteurs où il est parfois difficile de trouver suffisamment de main d'œuvre ou des sous-traitants.

Si les travaux de corps d'état techniques et secondaires ont généralement été sous-traités, la production de gros-

œuvre a été largement réalisée par des entités d'EIFPAGE TP.

Par ailleurs différentes entités du groupe EIFPAGE ont pu être mises à contribution, que ce soit pour les travaux de gros-œuvre mais également pour les VRD ou même les corps d'état techniques au travers des entités de la branche EIFPAGE ENERGIE.

Les conditions particulières aux Départements d'Outre-Mer et leurs spécificités administratives et fiscales ont conduit à créer une équipe dédiée à la logistique des approvisionnements. Les fournitures spécifiques (équipements, charpentes, bardages, menuiseries...) proviennent de Métropole et imposent par là des transports et des

contraintes de planning. L'équipe en charge de la logistique a eu pour mission de répondre à ces exigences.

Ces contraintes ont également imposé aux équipes des sites une anticipation et une rigueur importante dans la gestion des commandes et des plannings. Toute modification ou oubli peut en effet conduire à des délais supplémentaires de 2 à 3 mois.

→ **Coordination de projet, complexifiée par le type de projet et les exiguïtés des sites**

La contrainte majeure pour EIFPAGE TP dans ce type de projet industriel en conception construction a été d'obtenir le plus rapidement possible les données d'entrée de l'ensemble du

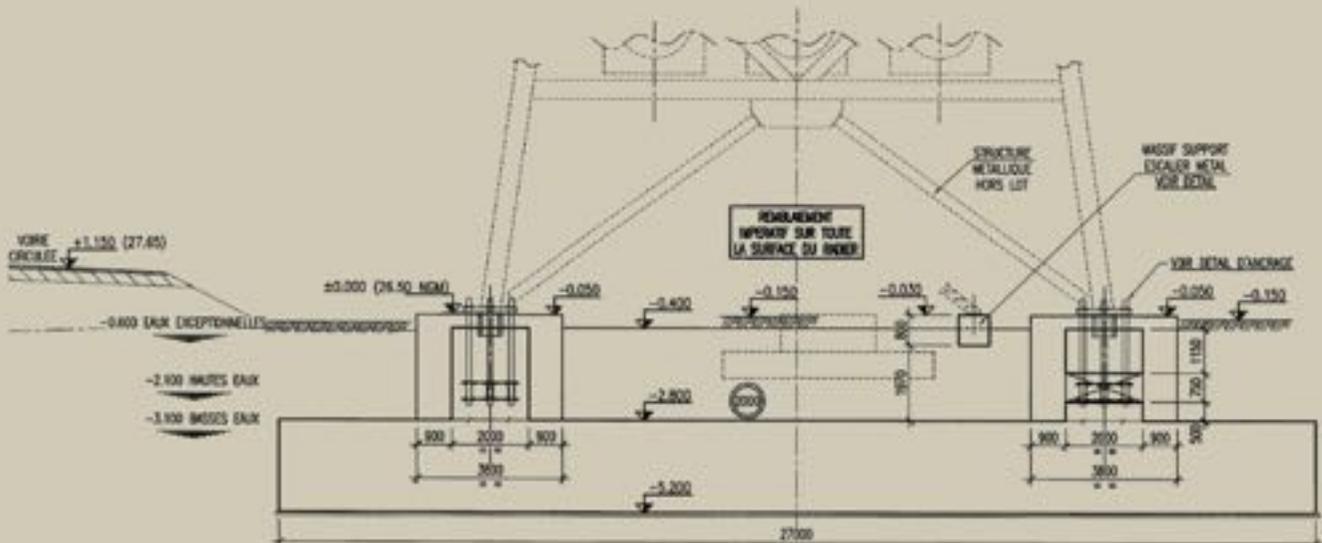
process nécessaires à la réalisation de ses propres études (APD, Exécution) et d'en gérer les modifications en cours d'exécution.

L'autre nécessité a été de pouvoir réaliser, dans les temps impartis, ses propres travaux afin d'être en mesure de livrer dans une première phase les ouvrages à ses cotraitants pour qu'ils déclenchent les leurs.

Cette mise à disposition en première phase s'est faite au fur et à mesure de l'avancement des travaux afin d'optimiser le planning global d'exécution.

Cette situation a contraint EIFPAGE TP à gérer en coordination avec le groupement l'ensemble des interfaces de travaux. ▷

DÉTAIL DE LA FONDATION D'UNE DES CHEMINÉES DE BELLEFONTAINE



© EIFPAGE TP

17

17- Détail de la fondation d'une des cheminées de Bellefontaine.

18- Vues des cheminées de Bellefontaine après montage.

17- Detail of the foundation of one of the Bellefontaine chimneys.

18- Views of the Bellefontaine chimneys after erection.



© EIFPAGE TP

18

Cette gestion d'interfaces a été plus ou moins difficile selon les surfaces disponibles de chacun des sites, le plus contraignant étant celui de Pointe Jarry :

- Surface du site de Port Est : 9,1 ha,
- Surface du site de Bellefontaine B : 6,3 ha hors emprises de digue,
- Surface du site de Pointe Jarry : 3,6 et 4,9 ha pour les sites Nord et Sud.

À l'intérieur du Groupement, EIFFAGE TP s'est employé à expliquer, comprendre, s'adapter et voire piloter cette problématique afin d'en limiter les conséquences sur le déroulement du projet.

MÉTHODES DE CONSTRUCTION

Les bâtiments ont été réalisés selon différents principes.

Les bâtiments auxiliaires de process ont été réalisés en charpente métallique. Afin de respecter les contraintes thermiques fixées par EDF PEI pour l'exploitation et les contraintes acoustiques en limite de site, la mise en place d'un bardage double peau avec isolant a été nécessaire.

Les bâtiments administratifs, l'atelier magasin et le bloc usine ont été réalisés en structure béton.

Du fait de sa longueur de plus de 170 m, le bloc usine a dû être découpé en 5 blocs séparés par des joints de dilatation respectant ainsi les règles sismiques.

→ Phasage des ouvrages

Le phasage du projet a été conditionné par les contraintes liées au process. Les différents projets ont en effet été rythmés en termes de planning par des mises à disposition aux équipes de MAN SAS et CLEMESSY pour l'installation des équipements, le montage des structures spécifiques (cheminées, catalyseur, échappements, aéroréfrigérants...).

L'importance des équipements et des moyens mis en œuvre pour leur montage a apporté de nombreuses contraintes de phasage de planning. Différents ouvrages n'ont pu être réalisés avant la mise en place des moteurs ou le montage des cheminées.

Les moteurs ont été livrés directement par voie maritime à proximité immédiate des centrales, à savoir sur les appointements des centrales à Bellefontaine et Port Est ou au port pour le site de Pointe Jarry.

Les entrées des moteurs dans leur cellule ont été réalisées selon une méthodologie et un phasage bien spécifiques. Les encombrements et contraintes au



19

© EIFFAGE TP

sol des convois n'ont pas permis d'anticiper certains ouvrages, le phasage d'entrée des différents moteurs ayant toutefois été optimisé afin de pouvoir réaliser d'autres ouvrages.

De manière similaire, le montage des cheminées (figure 19) ayant nécessité l'utilisation de grues à treillis de capacité maximale de 500 t, les ouvrages connexes n'ont pu être réalisés qu'a posteriori du montage des structures cheminées.

19- Montage de la cheminée Est de Bellefontaine.

19- Erection of the East chimney of Bellefontaine.

La réalisation des cellules moteur était un élément majeur pour le démarrage de l'activité de process.

Les méthodes retenues par EIFFAGE TP ont conduit à réaliser les voiles en 1 à 2 levées (figure 20) et à recourir au maximum à la préfabrication pour la réalisation de la toiture.

Les poutres en I de 13 m de portée supportant la toiture ont été préfabriquées sur site à l'aide d'un outil spécifique.

Ces poutres clavées ont permis de recueillir après un temps minimum d'acquisition des résistances, des pré-dalles précontraintes (figure 21).

Ces prédalles autoportantes sont équipées de 24 torons de diamètre 5 mm au mètre linéaire, ce qui correspond aux limites des installations disponibles.

→ Points particuliers

liés aux contraintes des sites

Béton

Les températures élevées sur les différents sites ont été un élément primordial pour la formulation des bétons et leur mise en œuvre.

Les températures ambiantes étant en permanence élevées, les constituants du béton le sont également au niveau des centrales à béton. Ce point associé à l'alimentation en ciment des centrales en flux tendu conduit à des températures de béton frais particulièrement hautes.

Afin de respecter des températures de béton frais admissibles, EIFFAGE TP a dû équiper les centrales à béton des sites des Antilles en eau réfrigérée. Ce dispositif associé à un stockage tampon de ciment a permis de respecter les températures limites de béton frais imposées par EDF PEI.

Ces fortes températures ambiantes ont également conduit EIFFAGE TP à prendre des dispositions particulières pour réaliser les ouvrages massifs, ceci afin de limiter les températures à cœur et réduire ainsi les risques de RSI (Réaction Sulfatique Interne).

Ainsi, les bétonnages des massifs moteurs du site de Bellefontaine ont été réalisés de nuit (figure 22). Il faut noter que cette disposition permettait également de limiter les risques liés aux aléas du trafic des véhicules particulièrement importants sur les différents sites.

Les semelles des cheminées ont été coulées en 4 phases de manière à limiter les épaisseurs de béton frais à 1,2 m d'épaisseur.

Cette méthodologie a été validée par des convenances spécifiques avec des suivis de températures à cœur.

L'environnement industriel de Jarry

La zone d'activité de Jarry correspond au poumon économique de la Guadeloupe. Elle accueille de nombreuses activités et industries dont le Port Autonome de la Guadeloupe, les terminaux pétroliers de la SARA (Société Anonyme de Raffinerie des Antilles), deux centrales thermiques EDF (une en activité ainsi que celle objet du présent paragraphe) ainsi que de nombreuses



© EIFFAGE TP

20- Levée des voiles de l'usine de Port Est.

21- Poutres en I après clavetage, avant mise en place des pré-dalles précontraintes.

22- Coulage de la fondation de la cheminée Est à Bellefontaine.

20- Concrete lift for the shear walls of the Port Est plant.

21- I-beams after keying, before placing the prestressed formwork slabs.

22- Pouring the foundation of the East chimney at Bellefontaine.

entreprises industrielles et commerciales...

Conformément à la nouvelle réglementation, le site industriel de Jarry a dû faire l'objet d'un PPRT (Plan de Prévention des Risques Technologiques) porté par la préfecture via son service de la DEAL.

Les sociétés qui font l'objet d'un PPRT dans cette zone à forte activité sont la SARA (dépôt d'hydrocarbures) et RUBIS Antilles-Guyane (centre emplisseur de gaz).

Ce PPRT basé sur les études de danger des différents sites classés SEVESO a conduit à définir une cartographie des effets des phénomènes dangereux décrits dans ces études de dangers (figure 23).

Dans le cas de la Centrale de Pointe Jarry, le phénomène dangereux donnant les zones d'effets les plus importantes est le Boil Over⁽²⁾ du bac n°5 pour la SARA et le Flash Fire⁽³⁾ engendré par la rupture du plus gros

piquage du réservoir sous talus de gaz pour RUBIS.

Les contraintes qui en découlent correspondent notamment à des paramètres de construction à prendre en compte vis-à-vis des phénomènes de surpression ou thermiques (seulement surpression dans notre cas).

Le PPRT ayant pour objet la protection des personnes, seuls les bâtiments recevant des postes de travail ont été concernés par les vérifications nécessaires induites par le PPRT :

- Le bâtiment commande ;
- Le laboratoire d'analyses chimiques ;
- L'atelier magasin ;
- Les bâtiments administratif et poste de garde.

Concrètement, les conséquences en termes de conception ont porté sur la vérification des structures de ces bâtiments ainsi que sur les corps d'état secondaires de ces bâtiments (particulièrement les menuiseries).

La vérification des structures demande une définition des sollicitations correspondant à la surpression. Les paramètres de cette sollicitation dynamique correspondent à la valeur de la surpression incidente sur l'ouvrage, la forme et la durée de l'onde (déflagration ou détonation), mais sont également liées aux formes générales et à la raideur de la construction, l'orientation de cette dernière par rapport au front d'onde.

Les calculs de résistance des bâtiments doivent permettre de déterminer si l'explosion remet en cause leur stabilité. Mais les méthodes classiques de calcul se limitent au comportement élastique des matériaux (structure ne subissant aucune déformation irréversible) ou prennent en compte une faible plasticité des matériaux.

Le caractère accidentel de la sollicitation « explosion » nécessite d'appréhender le comportement des matériaux au-delà de leur limite élastique (les éléments peuvent être fissurés ou déformés si leur stabilité globale est assurée).

Dans ce cas, les critères habituels de résistance en contrainte ne sont plus applicables. Il est alors défini des critères d'acceptabilité en fonction des déformations.

Ces vérifications des structures aux surpressions ont conduit à des résultats satisfaisants (il faut rappeler que les ouvrages sont calculés au séisme ce qui conduit à prendre en compte des efforts horizontaux très importants). En revanche, les vérifications menées sur les menuiseries (vitrages, portes, ▷



© EIFFAGE TP

ouvrants de désenfumage) ont conduit à des préconisations particulières pour ces éléments :

- Types de vitrage,
- Renforts pour les vitrages, pour les châssis...

afin de s'affranchir du risque de blessure du personnel d'exploitation. □

- 1- Rupture brusque et soudaine le long d'une génératrice.
- 2- Un Boil Over observé sur un réservoir d'hydrocarbure est la conséquence d'une combustion de ces hydrocarbures combinée à la présence d'eau au fond. En cas de feu dans le bac, la chaleur dégagée par l'incendie vaporise l'eau, projetant des gouttelettes d'hydrocarbure enflammées, sous la forme d'une boule de feu.
- 3- Un Flash Fire est un front de flamme qui se déplace très rapidement. Il résulte de la présence combinée d'air et de fumées, dans lesquelles est placée une source d'ignition (étincelle, braise, flamme, ...). Ce mélange gazeux constitue un combustible qui s'enflamme de manière généralisée, d'où la vitesse du front de flamme observable.

23- Configuration géométrique du bâtiment commande par rapport à la source de l'explosion (et donc du front d'onde) ainsi que les isobares des surpressions.

23- Geometric configuration of the control building relative to the source of the explosion (and hence the wave front) and overpressure isobars.

VALEURS DE RÉFÉRENCE DES SEUILS D'EFFETS DE SURPRESSION RETENUES POUR LES INSTALLATIONS CLASSÉES PAR LE MINISTÈRE DE L'EDD

POUR LES EFFETS SUR LES STRUCTURES

- 20 mbar, seuil de destructions significatives de vitres
- 50 mbar, seuil des dégâts légers sur les structures
- 140 mbar, seuil des dégâts graves sur les structures
- 200 mbar, seuil des effets domino
- 300 mbar, seuil des dégâts très graves sur les structures

POUR LES EFFETS SUR L'HOMME

- 20 mbar, seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme
- 50 mbar, seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine
- 140 mbar, seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine
- 200 mbar, seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine

CHIFFRES CLÉS DES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL

LA CENTRALE DE BELLEFONTAINE B

- 200 000 m³ de terrassements généraux
- 50 000 m³ de béton, dont 40 000 m³ de béton structurel
- 400 t de charpente métallique
- 400 000 h de main d'œuvre en travaux propres

LA CENTRALE DE PORT EST

- 48 000 m³ de béton, dont 40 000 m³ de béton structurel
- 400 t de charpente métallique
- 500 000 h de main d'œuvre en travaux propres

LA CENTRALE DE POINTE JARRY

- 130 000 m³ de terrassements généraux
- 50 000 m³ de béton, dont 34 000 m³ de béton structurel
- 400 t de charpente métallique
- 375 000 h de main d'œuvre en travaux propres

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THERMAL POWER STATIONS OVERSEAS

EIFFAGE TP: JEAN-MARC SACCONI, VINCENT PREYSSAS, MICKAËL BIBIES

EDF Group, via its EDF PEI subsidiary, has decided to modernise its fleet of thermal power stations in the French overseas departments and Corsica. The production facilities of Jarry (Guadeloupe), Bellefontaine (Martinique) and Port-Est (Reunion Island) are the first on which work has been started, under a turnkey contract awarded to the MCE consortium (MAN SAS / CLEMESSY / EIFFAGE TP). The technical problems are specific to each environment: seismic zones, cyclone zones, and areas subject to flooding. The turnkey work performed simultaneously on the three power stations represented quite an achievement. □

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CENTRALES TÉRMICAS DE ULTRAMAR

EIFFAGE TP: JEAN-MARC SACCONI, VINCENT PREYSSAS, MICKAËL BIBIES

El Grupo EDF, a través de su filial EDF PEI, ha decidido modernizar su parque de centrales térmicas en los departamentos de Ultramar y en Córcega. Así pues, los centros de producción de Jarry (Guadalupe), Bellefontaine (Martinica) y Port Est (Reunión) son los primeros que se han lanzado y confiado a la agrupación de empresas MCE (MAN SAS/CLEMESSY/EIFFAGE TP) con un contrato "llave en mano". Las dificultades técnicas son específicas para cada entorno: zonas sísmicas, ciclónicas e inundables. La realización simultánea "llave en mano" de las 3 centrales ha constituido una proeza. □

PASSEZ VOTRE PUBLICITÉ DANS **TRAVAUX** POUR UN MAXIMUM D'IMPACT SUR LES ACTEURS DE LA PROFESSION DES TRAVAUX PUBLICS

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

VIADUC DE MILLAU © CEMM

■ NOTRE LECTORAT

41 % - Maîtres d'ouvrage, Maîtres d'œuvre, Bureaux d'études, Laboratoires de recherche, Architectes, Conseils généraux et régionaux, Collectivités locales et territoriales.

5 % - Enseignement.

54 % - Entreprises : Grands groupes / PME.

■ ÉDITEUR



Travaux est une publication de la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP) qui regroupe 20 Fédérations régionales et 17 syndicats professionnels des travaux publics.

■ DIFFUSION

9 à 10 numéros par an, de 70 à 100 pages, diffusés par abonnement - distribution dans les manifestations professionnelles, mise à disposition du public dans les institutions officielles.

Trage : 2 000 exemplaires.

Diffusion internationale : 1 800 exemplaires.

■ LIGNE ÉDITORIALE

Travaux est un mensuel technique et professionnel qui s'adresse à tous les acteurs de la profession des travaux publics : entreprises, bureaux d'études, maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre, fabricants de matériel, chercheurs, étudiants, importateurs, exportateurs, etc. Les articles sont rédigés par des directeurs de projets, des ingénieurs et chefs d'opération, ainsi que par des autorités scientifiques. Chaque numéro comporte un éditorial signé par une personnalité et, le plus souvent une interview d'une autre personnalité et un reportage sur une entreprise ou un fournisseur indépendant. Plusieurs pages d'actualités et un calendrier des manifestations viennent compléter l'information.

NOS TARIFS 2013

Surface	Prix (HT)	Format (L x H)	
2 ^e couverture*	3 390 €	215 x 315 mm	
3 ^e couverture*	2 980 €		
4 ^e couverture*	3 660 €		
Page*	2 650 €	215 x 315 mm	
1/2 page	1 630 €	185 x 121 mm	
1/4 page	1 150 €	90,5 x 121 mm	
Encart	Recto/Verso	2 680 €	
	4 pages	4 110 €	Nous consulter
Publi rédactionnel	1 page	2 690 €	
	2 pages	5 315 €	Nous consulter
Répertoire des fournisseurs	Rubrique	102 €	Par ligne/rubrique/an
	Module	235 €	Par cm/colonne/an

* Prévoir 5 mm de fond perdu sur les 4 côtés et ne pas mettre de texte ou logo à moins de 15 mm des bords gauche et droite

■ RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES

Remise des éléments d'impression : 5 semaines avant parution.

Documents d'impression acceptés dans les formats : PDF, JPEG, Photoshop EPS ou TIFF (sans compression) avec une définition de 300 dpi.

Délai d'annulation : 2 mois avant parution.

Frais techniques (PAO) : à la charge de l'annonceur. Nous pouvons nous charger de la réalisation de votre annonce avec les éléments que vous nous remettez. Ces travaux sont dans ce cas facturés en sus, avec la première parution. Forfait pour la modification d'une adresse, d'un numéro de téléphone, etc. : 63 € HT.

- **Dégressifs de surface** :
- - 2 à 4 pages : 6 %
- - 5 à 7 pages : 9 %
- - 8 à 10 pages : 12 %
- **Emplacement préférentiel** : + 15 %
- **Dégressifs d'insertions** :
- - 2 à 4 insertions : 3 %
- - 5 à 7 insertions : 6 %
- - 8 à 10 insertions : 9 %
- **Règlement** : 30 jours, à l'ordre de :
- ESI, 9 rue de Berri - 75008 Paris.
- **Conditions de vente sur demande.**

VOTRE CONTACT

Emmanuelle Hammaoui, chef de publicité
9, rue de Berri - 75008 Paris - France
Tél. : +33 (0)1 44 13 31 41 - Email : ehammaoui@fntp.fr



1

MODERNISATION DU BARRAGE DE VILLENEUVE-SUR-YONNE

AUTEURS : JÉRÔME SCOFFONI, DIRECTEUR, EIFFAGE TRAVAUX MARITIME ET FLUVIAUX - FRANCK CHAMBONNIER, DIRECTEUR COMMERCIAL, EIFFAGE TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX - ÉRIC VACHET, ADJOINT AU CHEF DU SERVICE GRANDS TRAVAUX, VOIES NAVIGABLES DE FRANCE, DIRECTION TERRITORIALE BASSIN DE LA SEINE

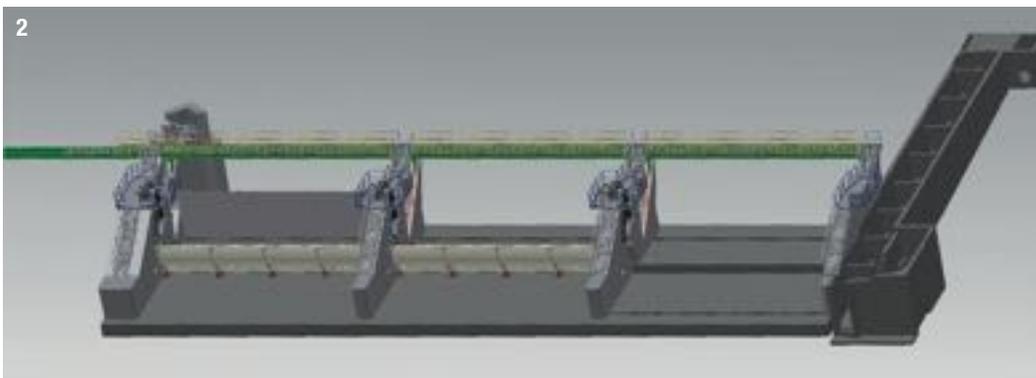
CONSTRUIT EN 1860 LE BARRAGE DE VILLENEUVE-SUR-YONNE A ÉTÉ PARTIELLEMENT MODERNISÉ EN 1992 PAR LA POSE D'UN CLAPET AUTOMATISÉ SUR LA PASSE EN RIVE DROITE. IL SUBSISTAIT DEPUIS, DU CÔTÉ RIVE GAUCHE, DES ORGANES DE MANŒUVRE MANUELS QUI NE RÉPONDAIENT PLUS AUX EXIGENCES DE SÉCURITÉ ET DE FIABILITÉ. C'EST POUR CETTE RAISON QUE VOIES NAVIGABLES DE FRANCE, MAÎTRE D'OUVRAGE, A DÉCIDÉ DE MODERNISER CE BARRAGE, POUR UN MONTANT GLOBAL DE 7 MILLIONS D'EUROS. LA DIFFICULTÉ PRINCIPALE DES TRAVAUX EXÉCUTÉS PAR EIFFAGE TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX ET ASTEN A ÉTÉ DE DÉMOLIR ET DE RECONSTRUIRE LE BARRAGE EN UNE SEULE PÉRIODE D'ÉTIAGE.

Voies navigables de France (VNF) a engagé un vaste programme de modernisation des ouvrages nécessaires au trafic fluvial sur l'Yonne (1,4 million de tonnes en 2011), qui compte 24 barrages et 26 écluses à l'aval d'Auxerre. La reconstruction

partielle du barrage de Villeneuve-sur-Yonne s'inscrit dans cette démarche. Le barrage de Villeneuve-sur-Yonne a été construit en 1860 et partiellement modernisé en 1992 du côté rive droite, au niveau de la passe, via la pose d'un clapet automatisé. Il subsistait depuis,

du côté rive gauche, des organes de manœuvre manuels (hausse « Chanoine ») dont la conception, l'entretien et l'exploitation ne répondaient plus aux enjeux modernes de sécurité et de fiabilité. C'est pour cette raison que VNF, maître d'ouvrage, a décidé dans le

cadre du Contrat de projets État-Région Bourgogne 2007-2013, de moderniser ce barrage (figure 2), pour un montant global d'environ 7 millions d'euros (cofinancement État-VNF, le Conseil régional de Bourgogne, le Conseil général de l'Yonne). L'Agence de l'eau Seine-



Normandie à quant à elle participé au financement de la passe à poissons. Cet article a pour but de décrire le phasage des travaux dont la difficulté principale a consisté à démolir le barrage existant et à le reconstruire en une seule période d'étiage, de juin à octobre 2012, avant l'entrée dans la saison de risque de crue, fixée au 1^{er} novembre 2012 par arrêté préfectoral.

Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux est mandataire de cette opération, Asten cotraitant pour la vantellerie, la maîtrise d'œuvre étant assurée par HYL-ISL. Il s'agit de démolir l'ancien barrage, reconstruire les piles du côté rive gauche et installer entre ces piles trois nouveaux clapets permettant une gestion automatisée du plan d'eau. Les travaux comprennent également la construction d'un nouveau local de

1- Barrage mis en service et passe à poissons attenante.

2- Modélisation 3D du barrage.

3- Mise à sec du batardeau.

1- Commissioned dam and adjacent fish pass.

2- 3D modelling of the dam.

3- Water removal from cofferdam.

commande permettant de piloter à distance le barrage et l'écluse, l'aménagement d'une nouvelle passerelle qui enjambera l'ensemble de l'ouvrage, la reconstruction d'estacades facilitant l'entrée des bateaux dans l'écluse, le confortement des berges et la construction d'une passe à poissons. VNF a veillé dans les choix architecturaux à une meilleure intégration paysagère de l'ouvrage, de la passerelle et du local de commandes - choix des matériaux et de l'éclairage de la passerelle notamment.

DÉMOLIR ET RECONSTRUIRE EN UNE SEULE SAISON ESTIVALE

La difficulté principale a résidé dans le délai restreint autorisé par arrêté préfectoral, du 1^{er} juin au 31 octobre 2012, pour mettre en place le batardeau et

l'assécher, démolir le barrage existant, construire les nouvelles piles, et mettre en place les clapets et leurs systèmes électromécaniques. Cette échéance a été tenue en dépit de difficultés géologiques. Au-delà, le risque de crue de l'Yonne aurait été trop élevé et, le cas échéant, aurait nécessité le démontage de tout obstacle à son écoulement, dont le batardeau, repoussant le redémarrage d'un an.

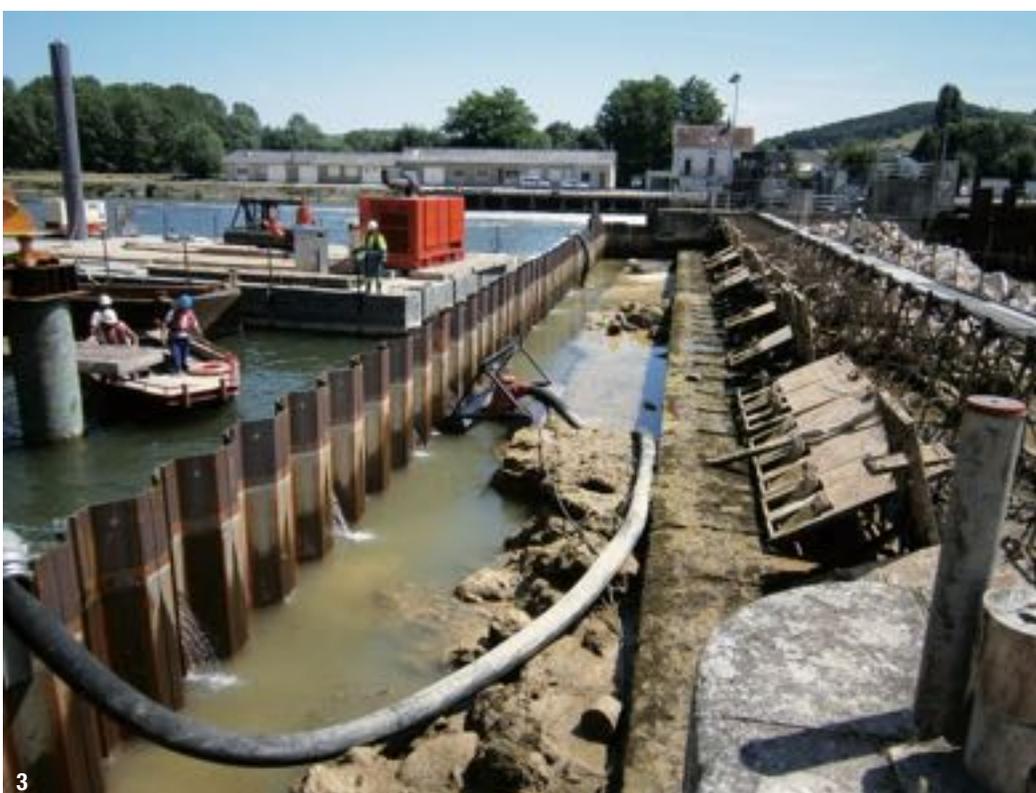
Une fois le barrage démolí, la régulation du niveau du plan d'eau ne s'effectue plus que par les deux passes restantes de la rive droite, déjà modernisées par le passé. La section hydraulique de ces deux passes étant insuffisante pour permettre le libre écoulement des eaux en cas de crue, il était crucial de tenir le délai. Ce déroulement s'avérait d'ailleurs une première puisque ce type d'intervention est classiquement réalisé en un minimum de deux saisons estivales. Par ailleurs, l'ancien barrage n'est usuellement démolí qu'à l'issue des travaux de reconstruction du nouvel ouvrage pour garantir la continuité de régulation du plan d'eau même en cas de retard de livraison de l'ouvrage neuf. L'opération globale s'est néanmoins déroulée en deux phases sur un délai global de 21 mois.

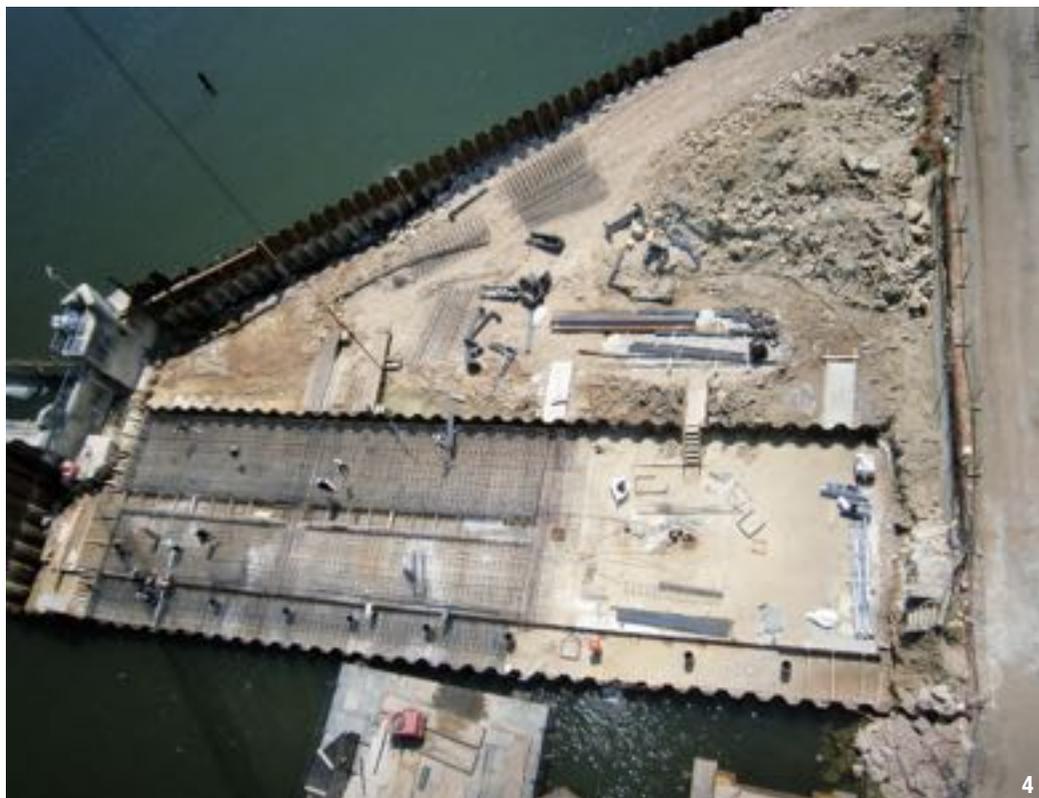
RÉALISATION DU BATARDEAU

La première phase concernait le remplacement du déversoir par 3 passes à clapets a débuté par le montage d'une estacade au-dessus du plan d'eau.

Cette estacade de quatre pieux destinée à accueillir la grue à tour en charge des manutentions courantes du chantier a nécessité certaines adaptations. Les contrôles de portance s'avérant non satisfaisants, deux des pieux ont dû être rallongés par enture. Cet événement a été le premier à mettre en évidence l'hétérogénéité des sols en place, puisque des résultats fortement variables furent obtenus sur des points distants de seulement six mètres.

Parallèlement au montage de l'estacade, le battage du batardeau a été lancé dans une volonté d'anticipation maximale de la date de mise à sec de son emprise, seul moment à partir duquel peuvent commencer la démolition et la reconstruction du barrage. Ces travaux de battage ont été menés à la fois par voie fluviale et terrestre avec trois ateliers distincts, deux ateliers nautiques et un atelier terrestre. L'un des ateliers nautique a d'ailleurs été mobilisé en urgence pour faire face au traitement de quantités importantes d'enrochements à l'aval du barrage. ▷





4- Génie civil du radier du barrage au sein du batardeau mis à sec.

5- Génie civil des piles en cours d'achèvement.

4- Civil works on the dam invert in the dry cofferdam.

5- Civil works being completed on the piers.



grâce à un porteur hydraulique à chenilles ABI 18-22 équipé d'un vibrofoncteur à haute fréquence.

Une équipe de scaphandriers a été mobilisée pour la réalisation des travaux de connexion et d'étanchéité du batardeau sur les existants.

Chaque rideau a fait l'objet d'une note de calcul permettant d'optimiser les quantités de palplanches à mettre en œuvre, fournies par le maître d'ouvrage. Ainsi, des profilés différents ont été utilisés en fonction des sections concernées :

- PU18-1 pour le rideau amont ;
- AZ12 pour le rideau aval ;
- PU28 pour le rideau transversal.

MISE À SEC PUIS LANCEMENT DU GÉNIE CIVIL

Le batardeau terminé, les opérations de vidange ont été engagées à l'aide de quatre pompes d'un débit unitaire de 1200 m³/h.

Douze heures après la mise à sec, est survenu un renard hydraulique noyant l'ensemble du batardeau en moins d'une minute.

Après inspection subaquatique, les intervenants sur chantier ont convenu d'une solution palliative consistant à bétonner un bouchon en béton immergé au fond de l'enceinte, après avoir disposé par plongeurs des big bags remplis de sable jouant le rôle de coffrage perdu. Cette technique s'est montrée concluante et a permis la remise à sec du batardeau, de façon durable (figure 3).

Compte-tenu de cette nouvelle difficulté géotechnique, et de l'arrêt de chantier subi, l'organisation du chantier a dû être revue, ainsi que ses méthodes et son phasage, afin de continuer à respecter la date butoir du 31 octobre 2012, l'enjeu étant crucial pour le maître d'ouvrage et donc l'entreprise.

Cet atelier s'est attelé à déposer ces enrochements, condition sine qua non de la mise en œuvre des palplanches. Le premier atelier nautique, en charge de la mise en fiche et du battage des palplanches, se composait d'un ponton modulaire de 30 m x 9 m, d'une grue treillis à chenilles de 50 t, d'un vibrofoncteur hydraulique ICE-416,

d'un marteau diesel Delmag D16-32, l'ensemble manœuvré par un pousseur. Le deuxième atelier nautique, en charge de la dépose des enrochements à l'aval du barrage était composé d'un ponton modulaire de mêmes dimensions que le premier, mais équipé de pieux hydrauliques, d'une pelle de 50 t à grand balancier, le tout manœuvré par un

pousseur de manœuvres de 250 cv et de deux barges de 350 t. Les enrochements étaient stockés provisoirement sur site pour remise en place une fois le barrage reconstruit.

La mise en œuvre du rideau de palplanches transversal sur la rive gauche, assurant la liaison entre le rideau amont et aval a été effectué par voie terrestre



Pour ce faire, les équipes travaux et les moyens de levages ont été renforcés avec des postes de travail allongés, tandis que les outils de coffrages et les négatifs ont été doublés.

Ces efforts ont permis de tenir le délai pour l'enlèvement du batardeau, malgré la réalisation d'un génie-civil particulièrement phasé (figure 4). On citera pour exemple les nombreux scellements de pièces réglées au millimètre, les formes architecturées complexes des piles et culées ainsi que le réglage fin des passerelles mobiles et des clapets (figure 5).

Complexité supplémentaire, il n'était pas possible de repousser la réalisation de la passe à poissons attenante car elle devait se faire à sec et a donc dû être menée en parallèle (figure 1). Le challenge a finalement été relevé avec l'appui de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre : démolir et reconstruire en à peine quatre mois un ouvrage complètement équipé permettant la régulation de l'Yonne.

6- Vue du barrage depuis l'estacade rive droite.

6- View of the dam from the right-bank jetty.

CONSTRUCTION DES OUVRAGES ANNEXES

La deuxième phase du chantier, toujours en cours (figure 6), a regroupé les travaux suivants :

- La construction du local de commande accueillant l'ensemble des armoires électriques et des automates nécessaires au pilotage et au fonctionnement en mode automatique du barrage et de l'écluse ;
- Le remplacement des estacades amont et aval en béton par des estacades sur pieux métalliques ;
- La reconstruction des perrés en moellons calcaire à l'abri d'un batardeau en palplanches ;

→ La dépose de deux passerelles en béton d'un poids de 50 t chacune par un ponton bogue de 50 t. Enfin, le projet prévoit le rallongement de la pile et de la culée des deux passes rive droite ainsi que le confortement du radier, ce dernier ayant subi des désordres importants au fil des années.

Ces travaux actuellement en cours ont débuté par le confortement de la masse de l'écluse maçonnée, par forages et injection, pour lui faire retrouver un comportement monolithique.

Faute d'accès terrestre, la totalité de ces travaux est réalisée depuis la voie d'eau à partir d'un ponton. Ils doivent être achevés en octobre 2013. À terme, VNF prévoit de reconstruire, en partie ou totalement, l'ensemble des barrages non modernisés, notamment les 19 barrages présentant encore des organes manuels, afin de les remplacer par des barrages automatisés, plus adaptés aux conditions modernes d'exploitation et de maintenance. □

PRINCIPALES QUANTITÉS MISES EN ŒUVRE

PALPLANCHES : 410 m

BÉTON : 1 516 m³

COFFRAGES : 2 197 m²

ARMATURES : 113 t

CLAPETS DE 10 TONNES : 3 u

FOURNITURE DE TUBES : 61 t

MISE EN FICHE ET BATTAGE DE TUBES : 32 u

DÉMOLITION : 1 047 m³

DÉMOLITION DE 3 ESTACADES BÉTON

TERRASSEMENTS : 4 130 m³

ENROCHEMENTS : 1 116 t

PERRÉ MAÇONNÉ : 390 m²

ABSTRACT

MODERNISATION OF THE VILLENEUVE-SUR-YONNE DAM

JÉRÔME SCOFFONI, EIFFAGE - FRANCK CHAMBONNIER, EIFFAGE - ÉRIC VACHET

The Villeneuve-sur-Yonne dam was built in 1860 and partially modernised in 1992 on the right bank side, at the fish pass level, with the installation of an automated check valve. Since then, there still existed, on the left bank side, manual control apparatus whose design, maintenance and operation no longer met current safety and reliability requirements. That is why the owner, Voies Navigables de France, decided to modernise this dam, at a total cost of about €7 million. The article describes the sequencing of work performed by Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux and Asten. The main difficulty was to demolish the existing dam and rebuild it in a single low water period, before the winter floods. □

MODERNIZACIÓN DE LA PRESA DE VILLENEUVE-SUR-YONNE

JÉRÔME SCOFFONI, EIFFAGE - FRANCK CHAMBONNIER, EIFFAGE - ÉRIC VACHET

La presa de Villeneuve-sur-Yonne se construyó en 1860 y se modernizó parcialmente en 1992 por el lado de la margen derecha, a nivel del paso, con la instalación de una válvula automatizada. Por el lado de la margen izquierda quedaron órganos de maniobra manuales cuyo diseño, mantenimiento y explotación ya no respondían a las actuales exigencias de seguridad y fiabilidad. Por este motivo, el promotor, Voies navigables de France, decidió modernizar la presa, por un importe total de aproximadamente 7 millones de euros. El artículo describe las fases de las obras ejecutadas por Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux y Asten, cuya principal dificultad residió en demoler la presa existente y reconstruirla durante el período de estiaje, antes de las crecidas invernales. □

DE L'ACIER AUTOPATINABLE POUR UN CAISSON MIXTE AU-DESSUS DE L'A86 À BELLE ÉPINE

AUTEURS : PATRICE AUFFRET, INGÉNIEUR EN CHEF, INGEROP - CHRISTOPHE DOUL, INGÉNIEUR, INGEROP - BENOIT COMBLIN, INGENIEUR PROJET, ATELIERS PONCIN

LA NOUVELLE LIGNE DE TRAMWAY T7 EN SITE PROPRE ENTRE VILLEJUIF ET ATHIS-MONS FRANCHIT UN SECTEUR TRÈS DENSE D'INFRASTRUCTURES AU SUD DE PARIS. LA RATP EN A CONFÉ LA MAÎTRISE D'ŒUVRE À SYSTRA ET AU CABINET D'ARCHITECTES LAVIGNE CHÉRON. LE CAISSON COURBE, RÉALISÉ PAR PONCIN, EST EN ACIER AUTOPATINABLE ALORS QUE LA NORMALISATION FRANÇAISE RESTE EN RETARD SUR CETTE TECHNIQUE PAR RAPPORT À D'AUTRES PAYS. L'OUVRAGE A ÉTÉ LANCÉ À PARTIR DES APPUIS DE LA RAMPE D'ACCÈS EN UTILISANT UN PROCÉDÉ PLUS PROCHE DU POUSSAGE QUE DU LANÇAGE.



© PATRICE AUFFRET ET BENOÎT COMBLIN

TRACÉ COURBE SURPLOMBANT L'AUTOROUTE : UNE SOLUTION CAISSON MIXTE S'IMPOSE

L'ouvrage dit OA2 traverse en courbe l'Autoroute A86 et la RN186. Il se prolonge par deux rampes d'accès. Au nord-est de l'A86, cette rampe est constituée d'un long mur de soutè-

nement, de 163 m environ, qui longe la bretelle d'insertion vers la RN186. Au sud la rampe est constituée d'une estacade en béton armé, de 112 m de long. Cette rampe prend appui à l'arrière de murs de soutènement existants. Ses caractéristiques sont simples : une pente unique de 0,85 % vers

1- Vue d'ensemble de l'ouvrage.

1- Overall view of the structure.

le sud ouest et un tracé circulaire de 241,70 m de rayon.

L'ouvrage présente trois travées : 44 m - 55 m - 63 m.

Deux difficultés : la RN186 impose cette longue travée de rive et l'espace de travail pour l'installation de chantier est très exigü au point de devoir



© PATRICE AUJFFRET ET BENOÎT COMBLIN

2

assembler et lancer l'ouvrage à partir des appuis de la rampe d'accès.

La largeur hors tout du tablier, incluant les garde-corps et les corniches est de 9,55 m pour une largeur utile de 8,20 m.

La maîtrise d'œuvre s'est orientée vers un caisson mixte à pièces de pont, solution bien adaptée au fonctionnement en torsion sous l'effet de la courbure.

La hauteur du caisson est de 2 m, dont 1,75 m d'ossature métallique

2- Atelier de fabrication.

3- Tronçon de charpente sur l'aire de lançage.

2- Manufacturing workshop.

3- Section of the structure on the launching area.

et 0,25 m de dalle. L'élançement de l'ouvrage est donc classique pour une travée centrale de 55 m.

À l'origine trapézoïdal, le caisson large de 2,90 m a été ramené pour la réalisation à une section plus simple à âmes verticales compte tenu de la présence de la tôle d'habillage de 10 mm d'épaisseur souhaitée par l'architecte. Cette tôle dont le concept initial devait être assez simple s'est révélée plus délicate à gérer. L'axe du caisson suit en effet un rayon constant.

Pour suivre le raccord parabolique de la ligne de tramway, un décalage entre l'axe de l'ouvrage et l'axe de la ligne apparaît progressivement entre P1 et C0 jusqu'à atteindre 525 mm sur la culée C0. Pour absorber ce décalage, la partie en console à l'extérieur de la courbe s'allonge progressivement. Cet allongement des consoles complique la géométrie de la tôle d'habillage qui subit un gauchissement sur l'aile extérieure à la courbe.

Les tôles inclinées ne relient pas tout à fait les rives de l'ouvrage aux semelles inférieures du caisson : pour répondre au souhait de l'architecte, l'inclinaison de ces tôles est telle qu'elles arrivent 10 cm au-dessus du niveau inférieur du caisson, le long des âmes verticales. Elles sont tenues par le haut à la rive de tablier et raidies par des bracons constitués de demi IPE300.

L'épaisseur des tôles de la semelle supérieure varie entre 24 mm et 75 mm.

L'épaisseur des tôles de la semelle inférieure varie entre 24 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm et 98 mm.

L'épaisseur des tôles de l'âme varie entre 16, 18 et 30 mm.

Les diaphragmes de 20 mm d'épaisseur sont espacés de 5,5 m.

Les appuis de rive se trouvent quant à eux à l'extérieur de la semelle inférieure du caisson, afin de limiter les soulèvements dus à la courbure prononcée de l'ouvrage. L'entraxe des appareils d'appuis est, sur ces appuis de rive, de 3,50 m.

LES CALCULS D'EXÉCUTION

Les calculs de sollicitations dans le tablier ont été menés à partir d'un modèle spatial filaire sur le logiciel ST1. Le lançage est modélisé pas à pas avec prise en compte des décollements d'appuis sous l'effet de la courbure. Pour prendre en compte l'effet de la courbure sur l'orientation des galets de lançage, une solution aurait été de placer en sous face du caisson deux cales continues de guidage des galets. Une étude particulière a permis de faire l'économie de ce dispositif onéreux et peu esthétique et de livrer un ouvrage à sous-face complètement lisse.

Lors du lançage, le caisson qui suit le tracé circulaire du projet passe par des étapes géométriques où il est désaxé par rapport à la position des galets. L'âme qui travaille en cisaillement général est alors soumise localement à un effort concentré supplémentaire et excentré, c'est un effet de patch loading au sens des Eurocodes : la justification ▷



© PATRICE AUJFFRET ET BENOÎT COMBLIN

3

du patch loading se fait par un calcul au 2nd ordre géométrique non linéaire avec déformation initiale et prise en compte des lois élasto-plastiques des matériaux.

Enfin, tramway oblige, la vérification de l'effet d'interaction voie-ouvrage a été faite suivant les recommandations et directives de l'UIC 774-3. Le calcul réalisé avec le logiciel Ansys en dynamique temporelle a été monté à partir du modèle filaire.

LA FABRICATION ET LA MISE EN PLACE

Les caissons ont été fabriqués dans les ateliers PONCIN à Ocquier en Belgique et acheminés sur place par tronçon de 25 m de long maximum et de 65 tonnes maximum.

Ils ont été assemblés sur les appuis de la rampe d'accès, espacés de 12 à 15 m. La longueur de plateforme de lancement est d'environ 75 m.

PLATEFORME DE LANÇAGE

Le lancement a été réalisé de nuit pour pouvoir couper la circulation au-dessus de la RN186 ou de A86 selon l'avancement. Il a suffi de trois phases, dans le sens de la montée, de PC3 au sud-ouest à C0 au nord. Une palée provisoire a été mise en place au milieu de la longue travée de rive de 63 m en dehors de la plateforme autoroutière. Les étapes du chantier sont classiques :

- Assemblage de l'avant bec et d'une section de 57 m de tablier.
- Lancement de la première travée au-dessus de la voirie. L'avant-bec est arrêté en console sur P2, il dépasse de 2,60 m sur la voie de droite de l'A86 direction Créteil. La longueur poussée est alors environ 36 m, afin de dégager un espace suffisant pour l'assemblage du tronçon suivant et préparer le deuxième lancement.
- Assemblage des 35 m de caisson à l'arrière, sur la plateforme d'assemblage.
- Lancement vers la pile P1, accostage de l'avant-bec, qui peut rester simplement appuyé sans dépasser en console au-dessus de la RN186.
- Assemblage des derniers tronçons.
- Lancement complet de l'ouvrage jusqu'à la culée C0, démontage de l'avant-bec.
- Mise en place des appuis définitifs.
- Bétonnage de la dalle.
- Vérinage sur appuis définitifs.

Le choix du dispositif de lancement vient de l'exigüité de la plateforme de lancement et de l'impossibilité de tendre des câbles dans la zone de travail.



© PATRICE AUFFRET ET BENOÎT COMBLIN 4

Il se rapproche du système de poussage par cycles successifs sur des vérins en tête de piles des ponts en béton (système Eberspächer).

Mais la charpente métallique restant relativement assez légère comparée à un caisson béton, la puissance utile au poussage du tablier est développée par un seul vérin de 200 tonnes.

4- Palée provisoire et avant-bec.
5- Dispositif de lancement.

4- Temporary bent and launching nose.
5- Launching system.

Le vérin est installé sur PC3, il prend appui sur la pile culée et pousse le tablier par l'intermédiaire d'un châssis spécial qui s'accroche au tablier par des mâchoires pinçant verticalement, à l'aide de vérins, les semelles inférieures du caisson.

Le déplacement du tablier se fait ainsi par pas d'1 m environ.

La cadence, les déformées et la précision des manœuvres ont été conformes aux prévisions.



5

© PATRICE AUFFRET ET BENOÎT COMBLIN

L'ACIER AUTOPATINABLE DANS LA NORMALISATION FRANÇAISE

Le choix de l'acier autopatinable répond à la volonté de minimiser les opérations de maintenance au-dessus de l'autoroute et de la RN186. C'est un choix du maître d'ouvrage suite à une proposition du maître d'œuvre.

L'ouvrage comporte donc de l'acier S355 autopatinable pour la tôle inférieure du caisson et les tôles d'habillage. Les autres éléments de structure jugés moins exposés sont en acier classique.

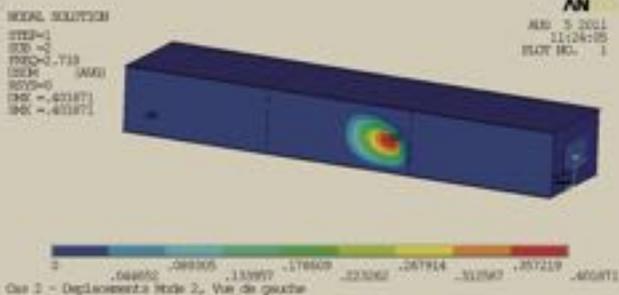
Si de nombreux ouvrages sont réalisés en Europe en acier autopatinable, c'est moins le cas en France et l'ouvrage du tramway T7 à Belle Épine est assez novateur dans le contexte normatif français. Pourtant une demande croissante se fait jour chez les maîtres d'ouvrage qui redoutent le renchérissement et les difficultés des remises en peinture des ouvrages métalliques.

À l'origine de cette difficulté, la superposition de deux normes :

- La version française de l'Eurocode 3 qui limite l'emploi des aciers aux

ANALYSE DU PATCH LOADING

6



6- Analyse du patch loading.
7- Cinématique de lançage.

6- Patch loading analysis.
7- Launching kinematics.

« aciers à grains fins » pour des tôles d'épaisseur supérieure à 30 mm dans les ouvrages d'art.
→ La norme NF EN 10025-5 qui ne considère pas les aciers autopatinables comme des aciers à grains fins.

Ces deux textes ne sont donc pas compatibles stricto sensu avec l'emploi de ces aciers en ouvrages d'art. Une révision de ces textes serait de nature à progresser et à apporter une réponse à la demande des maîtres d'ouvrage. Pour pallier cette difficulté, Ingérop a développé depuis, en lien avec la sidérurgie, des prescriptions permettant de garantir le niveau de finesse de grains requis des aciers autopatinables. Les coûts et les délais de commande des aciers sont légèrement augmentés mais l'avantage en coût global de maintenance reste nettement compétitif. □

QUELQUES CHIFFRES

ACIER S355 : 790 t

DÉLAIS :

- Fabrication : premiers éléments sur chantier : 4,5 mois
- Lançage : 6 mois

INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : RATP
MAÎTRE D'ŒUVRE : SYSTRA
ARCHITECTE : LAVIGNE CHERON
ENTREPRISE : Ateliers PONCIN
ÉTUDES D'EXÉCUTION : INGEROP
CONTRÔLE EXTÉRIEUR : SECOA

© PATRICE AUFFRET ET BENOÎT COMBLIN



ABSTRACT

SELF-PATINATING STEEL FOR A COMPOSITE BOX SECTION ABOVE THE A86 MOTORWAY AT BELLE EPINE

PATRICE AUFFRET, INGEROP - CHRISTOPHE DOUL, INGEROP - BENOIT COMBLIN, PONCIN

The new reserved right-of-way tramway line T7 between Villejuif and Athis-Mons passes through the very dense infrastructure of the Rungis-Belle-Epine sector south of Paris. The client, Paris public transport operator RATP, awarded SYSTRA and the Lavigne Chéron architectural firm a contract for project management. The small curved box section which crosses the A86 and the RN186 highway, executed by the firm Poncin, is an example of the use of self-patinating steel, even though French standards have not yet caught up the lost ground in this area by comparison with European and American uses. Another original feature of this structure was that, for want of space for a real work platform, it was launched from the access ramp supports using a process more like pushing than launching. □

ACERO AUTOPATINABLE PARA UN CAJÓN MIXTO POR ENCIMA DE LA A86 EN BELLE EPINE

PATRICE AUFFRET, INGEROP - CHRISTOPHE DOUL, INGEROP - BENOIT COMBLIN, PONCIN

La nueva línea de tranvía T7 en emplazamiento propio entre Villejuif y Athis-Mons cruza el sector con una gran cantidad de infraestructuras del sector Rungis Belle Epine al sur de París. El promotor, RATP, confió a SYSTRA y al estudio de arquitectura Lavigne Chéron la dirección de la obra del proyecto. El pequeño cajón curvo que cruza la A86 y la RN186, realizado por la empresa PONCIN, es un ejemplo de utilización del acero autopatinable, mientras que la normalización francesa aún no ha recuperado su retraso respecto a la utilización europea y americana. Otra originalidad de esta estructura, frente a la falta de espacio para una auténtica plataforma de trabajo, se lanzó a partir de apoyos de la rampa de acceso, utilizando un procedimiento más cercano al pretensado que al lanzamiento. □



1- Une capitale sous haute surveillance pendant près de 13 ans.

1- A capital under high surveillance during almost 13 years.

© SOLDATA

NOORD/ZUIDLIJN : L'HEURE DU BILAN POUR LE MONITORING DU CHANTIER D'AMSTERDAM

AUTEURS : CHRISTOPHE BOURLART, NICOLAS POTRINEAU, LOIC GALISSON, MATTHIEU BOURDON, GUILLAUME GEHU : DIRECTEURS DE PROJET SUCCESSIFS DE LA NOORD/ZUIDLIJN, SOLDATA

LA NOORD/ZUIDLIJN D'AMSTERDAM EST UN CHANTIER EMBLÉMATIQUE. SOLDATA, SPÉCIALISÉE EN SOLUTIONS DE DÉTECTION ET DE MONITORING, A SURVEILLÉ PENDANT 13 ANS LA CONSTRUCTION DE LA LIGNE DE MÉTRO NORD/SUD TRAVERSANT LE CENTRE HISTORIQUE SUR PRÈS DE 4 KM. AU-DELÀ DE LA DURÉE RECORD DU CHANTIER, CE SONT AUSSI LES DÉFIS LIÉS AUX CONDITIONS GÉOLOGIQUES, POLITIQUES ET CONTRACTUELLES QUI FONT DE CE PROJET, EN VOIE D'ACHÈVEMENT, L'UNE DES RÉFÉRENCES PHARES POUR LE MONDE DE LA CONSTRUCTION D'INFRASTRUCTURES URBAINES SOUTERRAINES.

Le 24 juin 2013, 11 h, rue Vijzelgracht, en face du Consulat de France, au cœur d'Amsterdam : une petite équipe en gilets jaunes est regroupée au pied d'une nacelle. C'est l'équipe Soldata-Grontmij, réunie pour démonter la dernière cible

d'un système de monitoring complet installé près de 13 ans auparavant (figure 2). L'occasion de marquer le coup de la fin de ces années en terres amstellodamoises pour les techniciens et ingénieurs qui se sont succédé sur le chantier.

LES DÉFIS

C'est en octobre 2000 que commence le projet de monitoring à Amsterdam. Quelques mois auparavant, la Ville a lancé, dans un contexte tumultueux, son projet controversé de ligne nord/sud. Cette ligne d'un total de 10 km, dont

3,8 km en souterrain, vise à contribuer au développement des quartiers nord et à désengorger Centraal Station en permettant notamment de déplacer le futur terminal de Thalys au Pôle intermodal d'Europa Plein. La ligne était planifiée depuis de nombreuses années,

mais les risques inhérents au creusement d'un tel ouvrage sous le centre historique de la ville avaient repoussé la décision jusqu'alors. Les difficultés étaient dues, en particulier, aux faibles caractéristiques mécaniques du terrain (argiles molles) et à la sensibilité des bâtiments dont la plupart, datant du 16^e siècle, sont fondés sur des pieux en bois. Les constructions existantes étaient donc fortement menacées par des tassements lors du passage du tunnelier sous les bâtiments et les canaux. À ce titre, lors de la construction de la première ligne de métro souterrain à Amsterdam dans les années 1970, la nécessaire démolition de bâtiments historiques dans la zone d'influence des travaux avait conduit à un mouvement contestataire de forte ampleur dont la population garde mémoire. Ces conditions politiquement et techniquement sensibles avaient incité la Ville à reporter son projet jusqu'au début des années 2000. Grâce aux techniques modernes de réalisation des infrastructures souterraines et aux nouveaux systèmes de gestion des risques, la Ville a pu relancer son projet. Afin de le réaliser dans les meilleures conditions de sécurité pour les biens et les personnes, elle a commandé

2- Une page se tourne avec le retrait officiel de la dernière cible le 24 juin dernier.

3- Plan de la Noord/Zuidlijn traversant le centre historique.

4- Design du système de mesures topographiques à la station Rokin.

2- A page is turned with the official removal of the last target on 24 June last.

3- Drawing of the Noord/Zuidlijn passing through the historical centre.

4- Design of the topographic measuring system in Rokin Station.

un système de surveillance très complet sur la partie sensible sous le centre historique, soit 3,8 km. Cette partie de la ligne (figure 3) comporte trois stations souterraines (Rokin, Vijzelgracht et Ceintuurbaan), une reprise en sous-œuvre de Centraal Station et un tunnel bi-tube creusé au tunnelier (tunneliers Herrenknecht à pression de boue de 7 mètres de diamètre).

Le contrat de monitoring, directement lié à la maîtrise d'œuvre, est attribué à la VOF Soldata-Grontmij fin 2000. Il comprend la conception détaillée de l'instrumentation manuelle et automatique, la fourniture et l'installation des instruments et du système d'acquisition automatique, la maintenance du système 24/7 ainsi que la transmission permanente des données au client.

2000-2003 : INSTALLATION & MESURES INITIALES

Dès l'obtention du contrat, Soldata et son partenaire néerlandais Grontmij, plus particulièrement chargé des mesures manuelles, débutent l'installation du système de monitoring. Théodolites, prismes, inclinomètres, extensomètres, jauges de contraintes, piézomètres... Un large éventail d'instruments géotechniques et structurels

sera installé dans les futures stations et autour d'elles, mais aussi tout le long du tracé de la ligne.

Grâce à une solution proposée par la VOF, qui comprenait notamment des inclino-extensomètres combinés, seulement la moitié des forages initialement prévus seront réalisés, ce qui constituait un avantage réel pour le client.

Mais c'est un système automatique en surface composé initialement de 74 Cyclops (théodolites automatiques), permettant de mesurer les mouvements toutes les heures au moment du passage des tunneliers, qui sera la clé de voûte de ce système de surveillance, crucial pour assurer la sécurité des immeubles et de la population (figure 4).

La construction de la Noord/Zuidlijn n'aurait jamais pu se faire sans la garantie donnée aux riverains que les risques étaient contrôlés par un système d'instrumentation fiable et permanent.

Alors que les entreprises de travaux ne sont pas encore choisies et que le projet même de la construction du nouveau métro est encore débattu par les politiciens, une première phase de mesures, dite de « base-line », com-



2



3

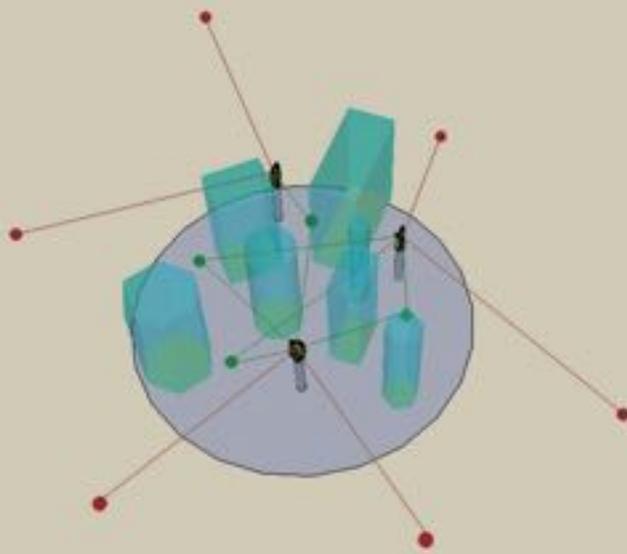


4



5

SCHÉMA DE PRINCIPE
du fonctionnement réseau des Cyclops



6

FIGURES 5 & 6 © SOLDATA



7

© SOLDATA / MATTHIEU BOURDON

- 5- Maison inclinée typique de la ville aux canaux.
- 6- Schéma de principe du fonctionnement réseau des Cyclops.
- 7- Installation d'un Cyclops.

- 5- Slanting house typical of the "city of canals".
- 6- Schematic diagram of networking of the Cyclops.
- 7- Installation of a Cyclops.

Ce monitoring préliminaire, par définition indépendant des entreprises générales, est nécessaire à l'établissement des mesures zéro qui feront référence et à l'identification des mouvements naturels, liés notamment à la présence d'eau dans le sol.

Au-delà des difficultés pour l'obtention des permis, c'est aussi la réalisation des forages qui sera parfois complexe. En effet, l'intervention des équipes se faisait le plus souvent dans des ruelles très étroites, parfois à peine 1,30 m de large. Ces difficultés d'accès étaient toutefois compensées par la structure elle-même des pavages du centre his-

torique de la ville, directement posés sur le sable. Les 174 forages, creusés entre 12 et 74 m de profondeur, contenaient l'ensemble des capteurs géotechniques automatiques, extenso-inclinomètres et piézomètres, sous forme de sections instrumentées perpendiculaires au tracé sur les sections des tunnels et de part et d'autre des stations. D'autres piézomètres spécifiques étaient installés sous les stations pour pouvoir évaluer la pression et l'étanchéité sous le radier, pendant toute la durée de construction des stations. Les 74 théodolites installés en quelques mois - une quantité à l'époque inégalée

dans le monde -, avaient quant à eux pour mission de surveiller en temps réel les 1 800 bâtiments situés dans la zone d'influence du projet, la particularité d'Amsterdam étant de présenter naturellement d'importants mouvements des bâtiments en raison de leurs fondations et des conditions géologiques. On peut d'ailleurs observer le long des canaux une inclinaison remarquable de certaines maisons typiques (figure 5). Grâce à son partenariat avec l'IGN (Institut Géographique National), Soldata a mis au point un système permettant de faire fonctionner plusieurs Cyclops en réseau.

Cette évolution permet de faire face à des géométries complexes et d'installer des appareils directement dans la zone d'influence des travaux.

Ainsi, certains appareils du groupe s'appuient sur des cibles de référence qu'ils peuvent ne pas « voir » directement, afin de garantir une bonne stabilité du réseau de mesures grâce au calcul des coordonnées par compensation 3D (figure 6).

Après une période de test de validation de la méthode réalisée à Vijzelgracht, lieu clé du chantier, la phase de construction peut débuter, sous l'œil attentif des Cyclops (figure 7).



© SOLDATA
8

8- Station Vijzelgracht en construction sous l'œil des Cyclops avec bâtiments affaissés au centre et Consulat de France à droite.

9- Flèche matérialisant la position des tunneliers en surface.

10- Le tunnelier Molly dans la station Vijzelgracht.

8- Vijzelgracht Station under construction under the eye of the Cyclops with sagging buildings in the centre and the French Consulate on the right.

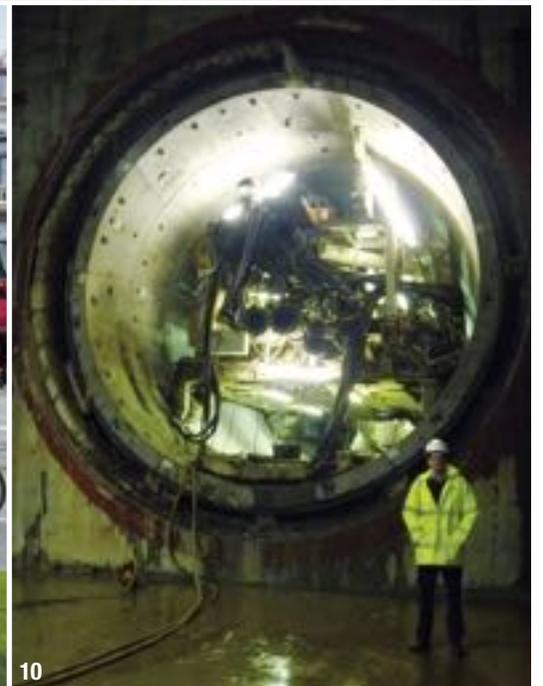
9- Arrow showing the position of the tunnel boring machines on the surface.

10- The Molly TBM in Vijzelgracht Station.



FIGURE 9 © SOLDATA / NICOLAS FOTRINEAU - FIGURE 10 © SOLDATA

9



10

2003-2008 : LES STATIONS

À partir de 2003, la construction de trois nouvelles stations et le réaménagement total de la Gare Centraal sont lancés. Le chantier entre alors dans ce que le jargon désigne comme la « Zone 2 » concernant le monitoring. Cela signifie qu'un système de pénalités plus important qu'en phase de pré-construction (« zone 3 ») s'applique. Concrètement, les cibles doivent être vues au moins une fois toutes les 4 h et toute panne ou problème de relevé des mesures doit être résolu en moins de 24 h sous peine de se voir appliquer un barème de pénalités coercitif.

L'objectif de performance exigé par la Ville nécessite une grande disponibilité des équipes, parfois en dépit des conditions météorologiques rigoureuses. À ce titre, la collaboration mise en place avec les fournisseurs de théodolites automatiques permettra de développer des instruments plus robustes pour continuer à fonctionner en toute fiabilité sous la pluie ou la neige. Des réunions de suivi régulières étaient requises dans le contrat et imposaient une bonne coordination, mais aussi parfois une certaine dose de pédagogie pour expliquer le rôle du monitoring aux constructeurs des stations ainsi qu'aux habitants.

2008-2009 : LE TOURNANT DU PROJET

Le projet connaît un coup d'arrêt suite à deux affaissements successifs en juin et septembre 2008.

Des défauts d'étanchéité de joints entre des panneaux de la paroi moulée dans la station Vijzelgracht ont provoqué des fuites de matériaux affectant directement les fondations des bâtiments adjacents et entraînant notamment un impressionnant tassement de 15 cm en 4 h (figure 8). Cet effondrement a dépassé les prévisions les plus pessimistes, tant en amplitude qu'en vitesse. À la même période, un effondrement - ▷



11



12

FIGURE 11 © SOLDATA / MICHEL BRUNEAU - FIGURE 12 © SOLDATA

hélas mortel celui-là - sur la construction du métro de Cologne, en Allemagne, accentue les tensions autour du projet d'Amsterdam. La remise en cause de la ligne nord/sud est telle que les travaux sont interrompus pendant un an. Le climat politique entraîne une réorganisation de l'équipe de direction du projet et la Ville rachètera les immeubles sinistrés, relogera les habitants, puis révisera totalement le design du monitoring.

Cette nouvelle équipe de la maîtrise d'œuvre, au vu des problèmes techniques, décide de mettre en place une campagne de communication sans précédent pour ce type de projet, afin d'expliquer les enjeux et de réconcilier les habitants avec leur futur métro. Axée sur l'humain et la transparence, cette communication fait la part belle aux travailleurs avec de nombreuses interviews, des points d'information, un site internet dédié au projet, la matérialisation sur le chantier de la position des tunneliers avec une grosse flèche en surface (figure 9). Des points de visites publiques des stations en cours de travaux sont même aménagés. Soldata-Grontmij VOF signe alors une extension de contrat qui donne une nouvelle ampleur au monitoring. C'est aussi le moment de se préparer à entrer en « Zone 1 » : la phase sensible de surveillance de l'avancement des tunneliers (figure 10).

2010-2012 : DES TUNNELS SOUS HAUTE SURVEILLANCE

Les spécifications du nouveau contrat imposent une telle densité de points de surveillance qu'il devient insuffisant et par ailleurs très coûteux de solliciter des mesures topographiques manuelles supplémentaires. Une technologie récemment mise au point avec l'IGN, appelée Centaur, basée sur des théodolites fonctionnant sans cible, est alors déployée. Une phase de test de mesures simultanées des bâtiments et de la voirie permet de confirmer son efficacité. Compte tenu de l'extrême densité de points de mesures demandée par le client et des contraintes de fréquence de relevé de ces mesures - toutes les heures -, le client décide de doubler les théodolites aux positions existantes sur le linéaire du tunnel (figure 11).

© SOLDATA

13	Phase des travaux	Période	Fréquence des livraisons	Délai de restauration du système
ZONE 1	Tunnels (zone d'influence de creusement du TBM)	2010-2012	1 h	4 h
ZONE 2	Construction des stations	2003-2012	4 h	24 h
ZONE 3	Base-line, post construction, hors zone d'influence des travaux	2001-2013	4 h	72 h

11- Cyclops et Centaur surveillant la voirie et les bâtiments.

12- 2,8 milliards de mesures effectuées en 13 ans.

13- Tableau de synthèse des « 3 Zones ».

11- Cyclops and Centaur monitoring the roads and buildings.

12- 2.8 billion measurements performed in 13 years.

13- Summary table of the "3 Zones".

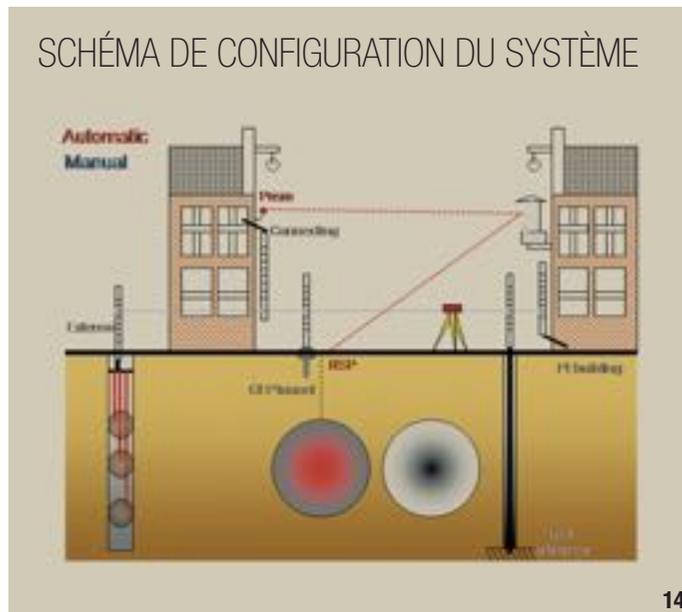
Ainsi, de nouveaux appareils automatiques sont adjoints aux théodolites déjà en place afin d'effectuer des relevés sur près de 8 000 points virtuels. Ces points, situés à la verticale du tunnel et le long de profils en travers dans les rues adjacentes avec un quadrillage métrique, permettront de suivre en temps réel, sans intervention humaine ni perturbation du trafic de surface (tramways, vélos, bus, voitures) l'avancée des tunneliers et leur impact. Ces nouveaux instruments seront déplacés en fonction de l'avancée des tunneliers. Avec la ligne 9 du métro de Barcelone et les travaux de CrossRail à Londres, Amsterdam est pour Soldata l'un des plus gros chantiers consommateurs de théodolites : jusqu'à 82 appareils y seront installés simultanément.

Comme expliqué, pendant cette phase de creusement des tunnels, le chantier est en « zone 1 » (figure 13). Cela oblige les « pompiers du monitoring » à identifier et à résoudre tout problème en 4 h dans la zone d'influence des tunneliers. Pendant deux ans et demi, leur réactivité est mise à l'épreuve. Afin d'assurer ce service 24/7, Soldata mobilise 15 ingénieurs à temps plein, en sollicitant également ses équipes implantées à l'international. Dès 2010, la filiale asiatique assure la maintenance à distance la nuit. Puis, fin 2011, c'est le bureau installé à Seattle en charge du monitoring du

tunnel de l'Alaskan Way qui entre dans la boucle. Un système 3x8 est ainsi mis en place pour réaliser une télésurveillance. Afin de pallier le défi de la pluri-localisation, une plateforme d'échange est développée par l'équipe d'Amsterdam. Ce sharepoint offre, pour les intervenants du projet, qu'ils soient à Hong-Kong, Seattle ou Amsterdam, un accès sécurisé aux données enregistrées ainsi qu'à tous les documents utiles, plannings, solutions techniques et logicielles...

Pour ce projet, Soldata a également adapté son système GIS, dénommé Geoscope, afin de transmettre automatiquement les données de monitoring au client qui seront traitées ultérieurement dans un système global. Pendant le creusement des tunnels, jusqu'à 20 000 mesures par heure (soit 5 par seconde) étaient effectuées et près de 70 000 données envoyées chaque jour au client (figure 12).

Contrairement aux déconvenues lors de la construction des stations, aucun incident significatif n'est survenu pendant les deux ans et demi de creusement des tunnels et la progression des deux tunneliers a été conforme au planning.



2012-2013 : À L'HEURE DU DÉMONTAGE

À partir d'août 2012, le démontage est entamé. Après avoir œuvré à installer tous ces instruments 13 ans auparavant, les équipes débutent leur retrait. Un travail laborieux qui nécessite de

14- Schéma de configuration du système.

14- System configuration diagram.

nombreuses démarches administratives, pour l'obtention des permis notamment, mais aussi des explications auprès de la population locale quelque peu excédée par ces longues années de travaux ! Ce travail est néanmoins facilité par la mise en place d'un système qualité assurant une bonne traçabilité des installations.

Avec l'arrivée du dernier tunnelier, le 4 décembre 2012, et la fin des travaux de gros œuvre dans les stations, la dernière phase de démontage du système de monitoring sera finie à la fin de l'été 2013.

Ce chantier de monitoring reste à l'heure actuelle inégalé, tant par sa durée que par la densité de mesures qu'il aura requis. Mais il restera aussi une référence pour les succès qu'il a remportés : zéro pénalité, zéro accident sur le chantier, une collaboration efficace avec le client, la mise en place de solutions innovantes, tant techniques (Centaur, inclino-extensomètres combinés, ...) qu'organisationnelles (fonctionnement 3x8 avec des bureaux implantés en Asie et aux États-Unis). Le premier métro devrait emprunter la Noord/Zuidlijn en juillet 2017. □

PRINCIPALES QUANTITÉS DU SYSTÈME DE MONITORING

- 128** théodolites, dont 82 fonctionnant simultanément sur le site
- 6 000** cibles fixées sur les bâtiments
- 1 800** sondes inclinométriques, 400 extensomètres, 70 piézomètres, 500 jauges de contrainte
- 2 300** points de nivellement manuel
- 9 km** de forages et 1,5 km de tranchées
- 2,8 milliards** de mesures réalisées et 500 millions de données envoyées au client

PRINCIPAUX ACTEURS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Ville d'Amsterdam

MAÎTRE D'ŒUVRE : Gemeente Amsterdam Din Noord/Zuidlijn

MONITORING : Soldata - Grontmij VOF⁽¹⁾, contrat direct avec la Maîtrise d'œuvre

ENTREPRISES DE TRAVAUX :

- Tunnels : Saturn VOF⁽¹⁾ (Dura Vermeer Groep - Züblin AG)
- Stations : Max Bögl

1 - VOF = Vennootschap Onder Firma = Groupement d'Entreprises en néerlandais

ABSTRACT

NOORD/ZUIDLIJN: EVALUATION TIME FOR MONITORING OF THE AMSTERDAM PROJECT

SOLDATA: C. BOURLART, N. POITRINEAU, L. GALISSON, M. BOURDON, G. GEHU

The Noord/Zuidlijn in Amsterdam is, in many respects, an emblematic project. Soldata, a specialist of detection and monitoring solutions, monitored for 13 years the construction of the North/South metro line passing through the historical centre of the Dutch capital over around 4 km. Apart from the record length of the project, it is also the numerous challenges related to geological, political and contractual conditions that make this project, nearing completion, one of the leading benchmarks for the construction world in the area of underground urban infrastructure. After completion of the structural work in 2012, the time has come for an evaluation of the monitoring system dismantled during the summer of 2013. □

NOORD/ZUIDLIJN: HA LLEGADO EL MOMENTO DE HACER BALANCE DEL MONITORING DE LA OBRA DE ÁMSTERDAM

SOLDATA: C. BOURLART, N. POITRINEAU, L. GALISSON, M. BOURDON, G. GEHU

La Noord/Zuidlijn de Amsterdam es una obra emblemática en muchos aspectos. Soldata, especializada en soluciones de detección y de monitoring, supervisó durante 13 años la construcción de la línea de metro norte/sur que cruza el centro histórico de la capital neerlandesa en unos 4 km. Además de la duración récord de la obra, los múltiples retos relacionados con las condiciones geológicas, políticas y contractuales convierten a este proyecto, a punto de terminar, en una de las referencias estrella del mundo de la construcción de infraestructuras urbanas subterráneas. Una vez finalizados los trabajos de obra gruesa en 2012, ha llegado el momento de hacer un balance para el sistema de monitoring desmontado durante el verano de 2013. □

RÉPERTOIRE DES FOURNISSEURS

MATERIEL DE TERRASSEMENT



AMMANN France - 21, rue des Moulins
27320 Nonancourt - 27400 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28 - Fax 01 30 69 83 39
E-mail : info@ammann-group.com
www.ammann-group.com



BOBCAT/BPV - B.P.3 - 27320 NONANCOURT
N° 99 11 10 11
Numéro Indigo
0 825 08 43 81



FRANCE
PLUS DE 350 MACHINES ET
700 ÉQUIPEMENTS EN TP, PL,
LEVAGE ET MANUTENTION
T : 00 33 (0)3 23 04 00 68
F : 00 33 (0)3 23 68 33 80
Mail : sodineg@wanadoo.fr
DEPOTS 02 ET 74

■ CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES

BOBCAT EUROPE
J. Huysmanslaan 59 B
1651 Lot - Belgique
Tél. 00 32 2 371 68 11
Fax 00 32 2 371 69 00

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ MINI-PELLE

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ NIVELEUSE AUTOMOTRICE

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ PELLE HYDRAULIQUE SUR CHENILLES

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ ÉQUIPEMENTS POUR ENGIN DE TERRASSEMENT

ONE - TP.COM
1 Place du 8 Mai 1945
60119 Neuville Bosc
Tél. 01 30 37 06 26
Fax 01 34 40 01 44

MATERIEL POUR LA PRODUCTION D'AIR COMPRIME ET TRAVAUX D'ABATTAGE

■ MARTEAU BRISE-ROCHE HYDRAULIQUE

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA
ZI du Vert Galant - 2, av. de l'Éguillette
BP 7181 - Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

■ PELLE HYDRAULIQUE SUR PNEUMATIQUES

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ TOMBREAU AUTOMOTEUR ARTICULÉ

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ CHARGEUSE PELLEUSE (BACKHOE LOADER)

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT - EUROPE SAS
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

MATERIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION



Coffrages et Etaisements
PERI S.A.S.
Z.I. Nord - 34/36, rue des Frères Lumière
77109 Meaux cedex
Tél. : 01 64 35 24 40 - Fax : 01 64 35 24 50
peri.sas@peri.fr
www.peri.fr

MATERIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES



AMMANN France - 21, rue des Moulins
27320 Nonancourt - 27400 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28 - Fax 01 30 69 83 39
E-mail : info@ammann-group.com
www.ammann-group.com



2, avenue du Général de Gaulle
91170 VIRY CHATILLON
Tél. : 01 69 57 86 00 - Fax : 01 69 96 26 60
www.bomag.com



WIRTGEN FRANCE
WIRTGEN
Fraiseuses sur roues et sur chenilles
Recycleurs à froid / Stabilisatrices de sol
Machines à coffrage glissant / Mineurs de surface
Outils au carbure. Betek/Sitek
VÖGELE
Finisseurs sur pneus et sur chenilles / Alimentateurs
HAMM
Rouleaux tandem vibrants
Compacteurs à pneus
Compacteurs monocylindre vibrants
KLEEMANN
Installations de concassage mobiles et fixes / cribles
Distributeur exclusif pour la France des épandeurs de liants pulvérulents
STREUMASTER série SW
WIRTGEN FRANCE
BP 31633 - 7, rue Marc Seguin
95696 Goussainville Cedex
Tél. : 01 30 18 95 95 - Fax : 01 30 18 15 49
E-mail : contact@wirtgen.fr
www.wirtgen.fr

METALLIANCE

ZI de la Saule - BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

■ MACHINE POUR LA STABILISATION ET LE RECYCLAGE DE CHAUSSÉES

RABAUD
Bellevue - 85110 Sainte-Cécile
Tél. : 02 51 48 51 58
Fax 02 51 40 22 97
www.rabaud.com
info@rabaud.com

MATERIEL TOPOGRAPHIQUE - LASER - GUIDAGE D'ENGIN

■ TRAVAUX SOUTERRAINS



AUSCULTATIONS Automatiques
Tél. 01 41 42 06 30
Fax 01 41 42 06 31
www.miretopo.com

■ LEVÉE BATHYMÉTRIQUE



Bureau d'Etude
Bathymétrie - Topographie
Suivi de travaux & Suivi d'Ouvrages
Tél : 06 67 79 05 16 - 06 99 48 45 27
www.bathys.fr - contact@bathys.fr

CE GUIDE RENSEIGNE SUR LES PRODUCTIONS DES FOURNISSEURS DE MATÉRIEL, ÉQUIPEMENT OU SERVICES. SI VOUS DÉSIREZ ÊTRE RÉPERTORIÉS DANS CES RUBRIQUES, ADRESSEZ-VOUS À : EMMANUELLE HAMMAOUI - 9, RUE DE BERRI - 75008 PARIS - TÉL. : +33 (0)1 44 13 31 41 - EMAIL : ehammaoui@fnfp.fr - TARIF : 100 € HT PAR LIGNE ET PAR RUBRIQUE OU 230 € HT LE CM COLONNE POUR UNE ANNÉE DE PARUTION.

MATERIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE



Concassage, broyage, criblage, manutention

Metso Minerals (France) S.A.
11, rue de la République - 75006 Paris Cedex 02
Tél. : 01 45 94 59 83 - Fax : 01 45 94 59 83
www.metso.com

POSTE D'ÉGOUTTAGE DES SABLES AVEC TRAITEMENT DES EAUX DE LAVAGE

SOTRES
Parc Européen des entreprises
BP 80072 - Rue Richard Wagner
63200 RIOM
Tél. 04 73 15 36 00
Fax 04 73 15 36 20

INSTALLATIONS MOBILES DE CONCASSAGE-CRIBLAGE

GRAVEL
1 Chemin de Villers à Combault
94420 Le Plessis Trevisé
Tél. 01 45 94 59 53
Fax 01 45 94 59 83

MATERIEL FLOTTANT ET MATERIEL DE PLONGEE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES

PONTON MÉTALLIQUE DÉMONTABLE

LEDUC T.P
1, rue de Folenrue
27202 VERNON cedex
Tél. 02 32 51 74 97
Fax 02 32 51 57 18

MATERIEL DE SONDAGE, FORAGE, FONDATIONS SPECIALES ET INJECTION



www.g-octopus.com
Tél. : +33 01 47 32 48 30

DÉSABLEUR DE BOUES

SOTRES
Parc Européen des entreprises
BP 80072 - Rue Richard Wagner
63200 RIOM
Tél. 04 73 15 36 00
Fax 04 73 15 36 20

SONDEUSE DE RECONNAISSANCE ET FOREUSE EN ROTATION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA
ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

POMPES À BOUES

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA
ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

PRESSE D'INJECTION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA
ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

MATERIEL SPECIAL POUR LA POSE DE CANALISATIONS



MARAIS CONTRACTING SERVICES
1, rue Pierre et Marie Curie
49430 DURTAL
Tél : 02 41 96 16 90 - Fax : 02 41 96 16 99
Email : info@marais.com - Web : www.marais.com

TRANCHEUSE

MARAIS CONTRACTING SERVICES
1, rue Pierre et Marie Curie
ZA "Les portes d'Anjou" - BP 20
49430 DURTAL
Tél. 02 41 96 16 90
Fax 02 41 96 16 99

MATERIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS



ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION S.A.S.
ZI du Vert Galant - 2, avenue de l'Eguillette
B.P. 7181 - Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise cedex
Tél. : 33 (0) 1 39 09 32 22
Fax : 33 (0) 1 39 09 32 49
www.atlascopco.fr



Ducrocq Ingénierie Process
ZA Ecoles 63200 MONTREUIL-AMER
Tél : 03 21 99 02 60 - Fax : 03 21 99 02 60
E-mail : ducrocq.industrie@wanadoo.fr
Site Internet : www.ducrocq-ingenierie-process.com

METALLIANCE
ZI de la Saule
BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

BERLINE
PATRY SA
24, rue du 8 mai 1945
95340 Persan
Tél. 01 39 37 45 45
Fax 01 39 37 45 44
www.patry.fr

TECHNICRIBLE
Zone industrielle
81150 LAGRAVE
Tél. 05 63 81 41 57
Fax 05 63 81 41 56

LOCOTRACTEUR DE MANŒUVRE
PATRY SA
24, rue du 8 mai 1945
95340 Persan
Tél. 01 39 37 45 45
Fax 01 39 37 45 44
www.patry.fr

MACHINE D'ATTAQUE PONCTUELLE À FRAISE (RADIALE-TANGENTIELLE)

METALLIANCE
ZI de la Saule
BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

ENGIN DE BOULONNAGE

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA
ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette
BP 7181 Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

ENGIN DE FORATION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA
ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette
BP 7181 Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

MATERIEL POUR TRAITEMENT DE LA TERRE



Lhoist France
Une société du Groupe Lhoist
100, Rue de France - 97000 Pointe à Pitre
Tél. : +33 (0)1 33 45 50 00 - Fax : +33 (0)1 33 45 50 14
www.lhoist.com

BUREAU ETUDES



Rincemont BTP
20 agences en France | 8 agences à l'international
www.rincemontbtp.fr
Tél. +33 (1) 60 87 21 25
direction.technique@rincemontbtp.fr



CATHIE ASSOCIATES
www.cathie-associates.com
Tél. : +33 1 47 32 48 30

MATERIEL DE PRODUCTION, DE TRANSFORMATION ET DE DISTRIBUTION DE L'ENERGIE

SDMO INDUSTRIE
12 Bis, rue de la Villeneuve BP 241
29272 Brest cedex
Tél. 02 98 41 41 41
Fax 02 98 41 13 10

MATÉRIEL POUR LES TRAVAUX PUBLICS

CHOISISSEZ VOS RUBRIQUES ET SOYEZ PRÉSENT PENDANT 1 AN DANS TOUTS LES NUMÉROS DE TRAVAUX. POUR TOUT CONTACT, APPELEZ :
EMMANUELLE HAMMAOUI - 9, RUE DE BERRI - 75008 PARIS - TÉL. : +33 (0)1 44 13 31 41 - EMAIL : ehammaoui@fnfp.fr

MATÉRIEL D'ALIMENTATION EN EAU ET D'ÉPUISEMENT

- POMPE À DIAPHRAGME
- POMPE BASSE PRESSION POUR EAUX CHARGÉES
- POMPE HAUTE PRESSION, LAVAGE, LANÇAGE
- ALIMENTATION GRANDE HAUTEUR
- POMPE POUR RABATTEMENT DE NAPPE
- POMPE SUBMERSIBLE

MATÉRIEL DE BATTAGE ET D'ARRACHAGE

- MARTEAU
- MOUTON
- VIBRATEUR DE FONÇAGE ET D'ARRACHAGE

MATÉRIEL POUR LA PRODUCTION D'AIR COMPRIMÉ ET TRAVAUX D'ABATTAGE

- CHARIOT DE FORAGE (WAGON DRILL)
- COMPRESSEUR À VIS SUR ROUES - INSONORISÉ
- ELECTRO-COMPRESSEUR, SEMI-FIXE - INSONORISÉ
- MARTEAU BRISE-ROCHE HYDRAULIQUE
- PINCE ET CISAILLE DE DÉMOLITION

MATÉRIEL DE TERRASSEMENT

- CHARGEUSE SUR CHENILLES
- CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES
- CHARGEUSE PELLEUSE (BACKHOE LEADER)
- DÉCAPEUSE AUTOMOTRICE AVEC OU SANS AUTOCHARGEUR (MOTORSCRAPER)
- MINI-PELLE
- MOTO-BASCULEUR
- NIVELEUSE AUTOMOTRICE
- PELLE À CÂBLES SUR CHENILLES
- PELLE HYDRAULIQUE SUR PNEUMATIQUES
- PELLE SPÉCIALE AVANCEMENT AU PAS
- TOMBREAU AUTOMOTEUR À CHÂSSIS RIGIDE
- TOMBREAU AUTOMOTEUR ARTICULÉ
- TRACTEUR INDUSTRIEL ET FORESTIER 4 X 4
- TRACTEUR SUR CHENILLES (BOUTEUR, BULLDOZER)
- TRACTEUR SUR PNEUMATIQUES

MATÉRIEL DE TRANSPORT ROUTIER

- CAMIONNETTE TOUTS CHEMINS 4 X 4 < 3,5 T
- CAMION TOUTS CHEMINS 4 X 4 > 3,5 T
- CAMION TOUTS CHEMINS 6 X 4 - 6 X 6 - 8 X 6
- REMORQUE POUR TRANSPORT D'ENGINS
- SEMI-REMORQUE À BENNE
- SEMI-REMORQUE POUR TRANSPORT D'ENGINS
- VÉHICULE TRACTEUR DE SEMI-REMORQUE 4 X 4
- VÉHICULE TRACTEUR DE SEMI-REMORQUE 6 X 4 - 6 X 6

MATÉRIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION

- ASCENSEUR MIXTE (MATÉRIAUX ET PERSONNEL)
- CHARIOT ÉLÉVATEUR DE CHANTIER À PORTÉE FIXE
- CHARIOT ÉLÉVATEUR DE CHANTIER À PORTÉE VARIABLE

- ELÉVATEUR HYDRAULIQUE À NACELLE
- GRUE AUTOMOTRICE SUR PNEUMATIQUES
- GRUE AUXILIAIRE DE VÉHICULE
- GRUE ROUTIÈRE
- GRUE SUR CHENILLES
- GRUE À TOUR (MONTAGE PAR ÉLÉMENTS)
- GRUE À TOUR (DÉPLIAGE AUTOMONTABLE)
- PLATE-FORME ÉLÉVATRICE

MATÉRIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES

- ALIMENTATEUR DE FINISSEUR
- BALAYEUSE PORTÉE OU SEMI-PORTÉE
- BALAYEUSE RAMASSEUSE AUTOMOTRICE
- BALAYEUSE TRACTÉE
- CITERNE MOBILE DE STOCKAGE ET DE CHAUFFAGE DES LIANTS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR À PIEDS DAMEURS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR À PNEUS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR MIXTE
- COMPACTEUR STATIQUE AUTOMOTEUR TANDEM
- COMPACTEUR VIBRANT AUTOMOBILE, MONOCYLINDRE VIBRANT - LISSE ET PIEDS DAMEURS - LIGNE MOTRICE À 2 PNEUS
- COMPACTEUR VIBRANT AUTOMOTEUR TANDEM - 1 ET 2 CYLINDRES VIBRANTS
- COMPACTEUR VIBRANT, GUIDAGE À MAIN ET DUPLEX
- COMPACTEUR VIBRANT TRACTÉ, MONOCYLINDRE, LISSE OU PIEDS DAMEURS
- DÉPOUSSIÉREUR À TISSU FILTRANT
- DÉPOUSSIÉREUR À VOIE HUMIDE
- DOSEUR À PULVÉRULENTS
- ÉPANDEUR LATÉRAL (ÉLARGISSEUR DE ROUTE)
- FINISSEUR
- FRAISEUSE AUTOMOTRICE ET RETRAITEMENT DE CHAUSSÉES
- GRAVILLONNEUR AUTOMOTEUR
- GRAVILLONNEUR PORTÉ
- MACHINE À COULIS BITUMINEUX À FROID
- MACHINE POUR FABRICATION DE BORDURES ET CANIVEAUX
- MALAXEUR CONTINU À FROID
- MALAXEUR DISCONTINU D'ENROBAGE
- MATÉRIEL DE RÉPANDAGE ET GRAVILLONNAGE INTÉGRÉ
- PILONNEUSE
- PLAQUE VIBRANTE
- PULVÉRISATEUR MÉLANGEUR (RETRAIEMENT DE CHAUSSÉE)
- RÉPANDEUR DOSEUR DE PULVÉRULENTS
- RÉPANDEUSE DE LIANTS (ÉQUIPEMENT)
- SABLEUSE-SALEUSE
- SÉCHEUR
- TAMBOUR SÉCHEUR AVEC TAMBOUR ENROBEUR SÉPARÉ
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À CONTRE COURANT
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À FLUX PARALLÈLES
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À ENROBAGE SÉPARÉ DOUBLE TAMBOUR CONCENTRIQUE
- TRÉMIE DE STOCKAGE D'ENROBÉS
- TRÉMIE DE STOCKAGE DE PRODUITS STABILISÉS
- TRÉMIE PRÉDOSEUSE À GRANULATS
- VIBREUSE SURFACEUSE DE BÉTON À COFFRAGE GLISSANT (SLIP FORM PAVER)

MATÉRIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE

- ALIMENTATEUR À MOUVEMENT ALTERNATIF
- ALIMENTATEUR À TABLIER MÉTALLIQUE
- ALIMENTATEUR VIBRANT
- BROYEUR À BARRES
- BROYEUR À PERCUSSION À AXE VERTICAL
- BROYEUR À PERCUSSION À MARTEAUX
- CONCASSEUR À MÂCHOIRES
- CONCASSEUR À PERCUSSION À BATTOIRS
- CONCASSEUR À TAMBOUR DE FRAPPE
- CONCASSEUR GIRATOIRE (PRIMAIRE, SECONDAIRE)
- CONCASSEUR GIRATOIRE (SECONDAIRE, TERTIAIRE)
- CONCASSEUR MOBILE SUR CHENILLES
- CRIBLE VIBRANT
- DÉCANTEUR ÉGOUTTEUR À AUBES
- DÉTECTEUR DE MÉTAUX
- LAVEUR DÉBOURBEUR
- MALAXEUR À TAMBOUR
- POSTE D'ÉGOUTTAGE DES SABLES AVEC TRAITEMENT DES EAUX DE LAVAGE
- SÉPARATEUR EXTRACTEUR MAGNÉTIQUE
- TRANSPORTEUR, CRIBLEUR MOBILE À COURROIE (SAUTERELLE-CRIBLEUSE)
- TRANSPORTEUR MOBILE À COURROIE (SAUTERELLE)

MATÉRIEL POUR LA FABRICATION, LE TRANSPORT ET LA MISE EN PLACE DES BÉTONS, MORTIERS ET ENDUITS

- AUTOBÉTONNIÈRE
- BÉTONNIÈRE
- BÉTONNIÈRE PORTÉE (TRUCK MIXER)
- CENTRALE MOBILE ET SEMI-MOBILE
- COFFRAGE (BANCHE)
- DESSACHEUSE AUTOMATIQUE
- DRAGLINE
- ECHAFAUDAGE AUTO-ÉLÉVATEUR
- MACHINE À PROJETER LE BÉTON
- MALAXEUR À AXES HORIZONTAUX
- MALAXEUR À AXE VERTICAL
- POMPE À BÉTON DE CHANTIER
- POMPE À BÉTON SUR PORTEUR
- SIDE-BOOM : VOIR TRACTEUR SUR CHENILLES, POSEUR DE CANALISATIONS
- TAPIS DISTRIBUTEUR DE BÉTON
- TRANSPORTEUR À AIR COMPRIMÉ
- TRÉMIE AGITATRICE À BÉTON SIMPLE
- TRÉMIE AGITATRICE À BÉTON RELEVABLE

MATÉRIEL DE PRODUCTION, DE TRANSFORMATION ET DE DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

- GROUPE ÉLECTROGÈNE À MOTEUR DIESEL
- POSTE MOBILE DE LIVRAISON TYPE EXTÉRIEUR
- POSTE MOBILE DE TRANSFORMATION TYPE EXTÉRIEUR
- TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ POUR CABINE

BARAQUEMENTS

- BARAQUEMENT MÉTALLIQUE DÉMONTABLE
- BARAQUEMENT MOBILE DE CHANTIER

MATÉRIEL FLOTTANT ET MATÉRIEL DE PLONGÉE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES

- CHALAND MÉTALLIQUE AUTOMOTEUR
- DRAGUE À CUILLÈRE (DIPPER-DREDGE)
- DRAGUE À GODETS, STATIONNAIRE
- DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE
- DRAGUE SUCEUSE REFOULEUSE STATIONNAIRE AVEC DÉSAGRÉGATEUR
- MOTO-PROPULSEUR AMOVIBLE
- PONTON MÉTALLIQUE DÉMONTABLE
- PONTON DE SERVITUDE
- REMORQUEUR

MATÉRIEL DE SONDAGE, FORAGE, FONDATIONS SPÉCIALES ET INJECTION

- BENNE POUR PAROIS MOULÉES
- DÉSABLEUR POUR BOUES
- FOREUSE TARIÈRE SUR PORTEUR
- FOREUSE TARIÈRE (MONTAGE SUR GRUE)
- FOREUSE TARIÈRE POUR POSE DE POTEAUX
- POMPE À BOUES
- POMPE POUR JET-GROUTING
- PRESSE D'INJECTION
- SONDEUSE DE RECONNAISSANCE ET FOREUSE EN ROTATION

MATÉRIEL SPÉCIAL POUR LA POSE DE CANALISATION

- CINTREUSE HYDRAULIQUE
- CLAMP INTÉRIEUR AVEC AVANCE AUTOMATIQUE
- FONCEUR À PERCUSSION, FUSÉE
- FONDOIR À BRAI
- FORAGE DIRIGÉ (INSTALLATION)
- FOREUSE HORIZONTALE À TARIÈRE
- GROUPE AUTONOME DE SOUDAGE
- MANDRIN DE CINTRAGE
- REMORQUE PORTE-TOURET
- TRACTEUR SUR CHENILLES POSEUR DE CANALISATIONS (PIPETAYER - SIDE-BOOM)
- TRANCHEUSE
- TREUIL À CABESTAN

MATÉRIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS

- BERLINE
- CHARGEUSE À ACTION CONTINUE, À BRAS DE RAMASSAGE OU GODET
- CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES CHARGE ET ROULE, ARTICULÉE MOTEUR DIESEL
- ENGIN DE BOULONNAGE
- ENGIN DE FORATION
- ERECTEUR DE CINTRE
- FOREUSE ALÉSEUSE
- LOCOTRACTEUR DIESEL
- LOCOTRACTEUR ÉLECTRIQUE
- MACHINE D'ATTAQUE PONCTUELLE À FRAISE (RADIALE-TANGENTIELLE)
- MICROTUNNELIER
- ROBOT DE BÉTONNAGE
- TOMBREAU AUTOMOTEUR POUR TRAVAUX SOUTERRAINS
- TRANSPORTEUR MALAXEUR
- TRÉMIE DE STOCKAGE DE DÉBLAIS
- TUNNELIER
- WAGON AUTOREMPLISSEUR ENCASTRABLE

CONSULTEZ
TRAVAUX
SUR INTERNET

revue-travaux.com

Vous pourrez

→ télécharger gratuitement l'article du mois

→ vous abonner en ligne

→ accéder à la présentation de la revue

SON HISTOIRE, SON PUBLIC, SA VOCATION, SON LECTORAT

→ consulter 12 ans d'archives de la revue

→ compléter votre collection

PLUS DE 100 NUMÉROS ET 1000 ARTICLES

THÈMES DES PROCHAINS NUMÉROS

- *International*
- *Transports, Routes et Terrassements*
- *Spécial : Stades*

CONSTRUIRE
LE MONDE
DE DEMAIN,
c'est l'assurer



JNC/ELA

Le Groupe SMABTP, premier assureur des professionnels du bâtiment et des travaux publics, s'ouvre à tous. Son engagement, son écoute, sa proximité et son accompagnement reflètent depuis toujours la qualité de ses services. Chaque jour, nous partageons notre expertise pour construire demain avec assurance et mieux vous protéger.

www.smabtp.fr



GROUPE
SMABTP
BÂTIR L'AVENIR AVEC ASSURANCE