

g é o t e c h n i q u e , f o r a g e e t f o n d a t i o n s

SOLSCOPE

MAG



CHANTIERS À CREUSER

REPRISE EN SOUS-ŒUVRE EN JET-GROUTING À L'ÉGLISE ST-ÉTIENNE DE BAR-SUR-SEINE

page 72

485 PIEUX BATTUS EN FONTE DUCTILE POUR LES FONDATIONS DU CLOS DE L'ANGELI

page 82

LA SIAAP SE REFAIT UNE BEAUTÉ

page 76

DES RÉSERVOIRS DE GNL SUR FONDATIONS SPÉCIALES

page 86

ZOOM TECHNIQUE
UNE PAROI FORÉE
À 100 MÈTRES DE PROFONDEUR

PAGE 36



ACTUALITÉS

Succès de la licence pro en alternance

page 18



SAISON WAGNER
ASSUREUR CONSEIL

UNE VISION DE SPÉCIALISTE
POUR CONTRIBUER À VOTRE RÉUSSITE PROFESSIONNELLE

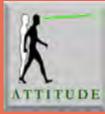


Gritchen Construction,
solution d'assurance
sur-mesure pour les
métiers de la fondation
spéciale et de la
géotechnique.

Découvrir nos offres d'assurance :

- › Responsabilité civile (*exploitation, professionnelle, décennale, générale, du fabricant et négociant*)
- › Constructeur maison individuelle (CMI)
- › Flotte véhicules, flotte engins
- › Bris de machine
- › Multirisque professionnelle
- › Assurance matériels loués
- › Responsabilité civile loueur
- › Police chantier (*tous risques chantier, responsabilité civile du maître d'ouvrage, dommage ouvrage, constructeur non réalisateur, contrat collectif de responsabilité civile décennale*)

Votre contact : **Laurent Tribèche**
06 88 43 72 63 / ltribeche@gritchen.fr



RPI

« Le Millenium » - 9, bd Pierre Mendès-France
77600 Bussy-Saint-Georges
Tél : +33(0)1 60 94 22 20
Fax : +33(0)1 64 77 51 82

Parution : semestrielle

Publication gratuite

Date de parution : avril 2018

Solscope mag

ISSN 2417-6508

Directeurs de la publication :

Jérôme Aubry et Dominique Rousseau

Comité de rédaction :

Aline Quenez, CFGI (Arcadis) ; Pascal Chassagne, USG (Alios) ; Jean-Paul Volcke, CFMS (Franki Fondation) ; Stéphane Monleau, SOFFONS (Soletanche Bachy) ; Michel Khatib, Syntec Ingénierie (Ginger CEBTP) ; Éric Garroustet, SFEG (Cofrasol) ; Pascal Sauvage, UFCMF (Socomafor) ; Frédéric Pellet, CFMR (MINES-ParisTech), Jean-Marc Gallet de Saint Aurin, CINOV (SEMOfI).

Rédactrice en chef :

Aude Moutarlier
+33(0)6 60 99 98 23
audemoutarlier@hotmail.com

Journalistes :

Dominique Roudy
+33(0)6 07 33 53 69
dominiqueroudy@neuf.fr

Philippe Morelli
pha.morelli@gmail.com

Coordnatrice et publicité :

Anne-Sophie Cuvillier
+33(0)1 60 94 22 23
cuvillier@rpi.fr

Service technique :

Hélène Fabris
+33(0)1 60 94 22 25
fabris@rpi.fr

Correction-Révision :

Philippe Loffredo
loffredo@noos.fr

Service abonnements :

RPI « Le Millenium »
9, bd Pierre Mendès-France
77600 Bussy-Saint-Georges
+33(0)1 60 94 22 20
cuvillier@rpi.fr

Conception graphique :

Singulier - Sandra Odin
www.singulier-communication.com

Impression :

Imprimerie IRO
ZI - Rue Pasteur
17185 Périgny cedex

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, faite sans le consentement de l'éditeur est illicite. (article L.122-4 du code de la propriété intellectuelle) toute copie doit avoir l'accord de l'éditeur et du Centre français d'exploitation du droit de copie, Paris.

Revue éditée par RPI - SARL

Gérant : Jérôme Aubry

Associé : Jean-François Narcy



Crédit photo couverture :
Kuwait Integrated Petroleum
Industries Company (KIPIC)

ÉDITO

Cette nouvelle édition de Solscope Mag comporte 124 pages (plus que les éditions précédentes), et vous propose à cette occasion un volume encore plus important de contenus, toujours en termes d'actualité, de réglementation, d'ordre technique ou relatant des expériences singulières.

Vous trouverez, entre autres, une approche globale des problématiques de cavités souterraines. Ce sujet, qui est une préoccupation majeure, non seulement sur les sites de cavités naturelles potentielles, mais également sur toutes les zones où peuvent exister des cavités artificielles, vides ou comblées, fera d'ailleurs l'objet d'un dossier lors d'une prochaine édition de Solscope Mag.

Au sommaire de ce numéro 9, vous pourrez également découvrir une synthèse du bilan sur les retours d'expérience tirés de l'application de la norme NF P 94 500 sur les missions géotechniques, prenant en compte aussi bien l'œil des maîtres d'ouvrage que l'avis des bureaux de contrôle, bureaux d'études ou entreprises.

Parmi les chantiers présentés, un exemple de solution d'avenir, écoresponsable, avec près de 500 pieux battus issus à 100 % de matériaux recyclés, dans les monts du Vaucluse.

L'actualité extrêmement riche liée aux chantiers du Grand Paris nous a conduits à vous proposer régulièrement une rubrique dédiée, et nous allons encore plus loin : une édition spéciale « Grand Paris » de Solscope Mag paraîtra en juin prochain.

Enfin, dans la perspective d'un Salon encore plus grand et d'un colloque dans lequel le Grand Paris Express tiendra une place importante, nous avons le plaisir de vous annoncer que SOLSCOPE 2019, se tiendra en juin, à Marseille.



Dominique ROUSSEAU

Créateur et co-organisateur de SOLSCOPE



Jérôme AUBRY

Co-organisateur de SOLSCOPE

LES PARRAINS DU SALON SOLSCOPE

USG : Union syndicale géotechnique

CFMS : Comité français de mécanique des sols et de géotechnique

SOFFONS : Syndicat des entrepreneurs de sondages, forages et fondations spéciales

CINOV : Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du conseil, de l'ingénierie et du numérique

SYNTEC INGÉNIERIE : Fédération professionnelle de l'ingénierie

CFG : Comité français de géologie de l'ingénieur et de l'environnement

SFEG : Syndicat national des entrepreneurs de puits et de forages pour l'eau et le géothermie

UFCMF : Union française des constructeurs de machines de forage

AITF : Association des ingénieurs territoriaux de France

CFMR : Comité français de mécanique des roches



EMCI SERIE E

UNE GAMME RECONNUE ET APPROUVÉE
POUR SES **PERFORMANCES** ET SA **FIABILITÉ**

3 AGENCES

POUR VOUS OFFRIR LE MEILLEUR SERVICE

EMCI

8, route de Saint-Hubert
ZI du chemin vert
78610 Le Perray en Yvelines
TEL : 01 34 57 86 90

AGENCE EMCI RHÔNE ALPES

8, rue Georges Polossat
69720 Saint-Laurent-de-Mure
TEL : 06 23 18 50 07

AGENCE EMCI SUD OUEST

ZI En Jacca
6, chemin de la Plaine
31770 Colomiers
TEL : 06 20 47 13 21



Sommaire

ÉDITORIAL	3	PORTRAIT D'ENTREPRISE	
AGENDA		■ Innovation permanente et proximité : les maîtres mots d'Uretek	52
■ Suivez les prochains rendez-vous de la profession	6	■ Alt'Ancre, c'est le savoir-faire en matière d'ancrage au sol	56
ACTUALITÉS	6	TÊTE D'AFFICHE	
■ Euroforgroup rachète les foreuses de l'américain Reichdrill – Passage de témoin chez BMS – Le CFMR fête ses 50 ans – Water Barrier, le nouveau procédé breveté d'Uretek – Speyser exploite la nouvelle pelle à câble compacte Sennebogen 624HD – Nomination chez Metso – Viaduc du littoral à La Réunion : Spie fondations installe les pieux de culées – Le groupe Ginger crée Ginger Deleo : un pôle d'ingénierie du démantèlement et de la déconstruction unique en France – Obligation AIPR : les collaborateurs de Ginger sont prêts – Signature d'un accord de partenariat entre le BRGM et le Cerema – Monaco veut gagner six hectares – L'Ontario investit dans la recherche sur les tunnels aérodynamiques – Fondasol : une stratégie ambitieuse soutenue par l'actionnariat salarié ! – Droit de réponse de la société DSI France		■ Interview de Philippe Margarit, directeur général de Ginger CEBTP	58
ACTUALITÉS Prévention		GRAND PARIS	
■ Fayat et SAML : un travail conjoint donnant naissance à VISa (<i>Virtual Safety area</i>)	16	■ Le lot T2A : 1 an déjà !	62
ACTUALITÉS Formation		■ La réforme anti-endommagement des réseaux enterrés : un outil profitable à tous, notamment aux entreprises	66
■ Succès de la licence pro en alternance	18	■ Grand Paris Express : n'oublions pas les palplanches !	70
ACTUALITÉS Salons		CHANTIERS France	
■ « Ressources et aménagement : quelles limites ? », un thème rassembleur pour le JNGG 2018	20	■ L'église Saint-Étienne de Bar-sur-Seine en rénovation	72
■ Geofluid : le Salon italien du secteur	22	■ L'usine de prétraitement du SIAAP se refait une beauté	76
RÈGLEMENTATION		■ Des fondations au cœur de la capitale	80
■ Une mise au point s'impose	26	■ Villas la Provençale : la ville du XXI ^e siècle s'inscrit dans une perspective de développement durable ..	82
■ NF P 94 500 : retours d'expérience	30	CHANTIERS International	
■ Cycle de vie des forages : la normalisation volontaire à la manœuvre	32	■ Des réservoirs de GNL sur fondations spéciales au Koweït	86
■ Détection et géoréférencement des réseaux : seules les entreprises certifiées peuvent désormais intervenir	34	■ En mer du Nord, retours d'expérience sur l'installation de parcs éoliens	92
ZOOM TECHNIQUE		■ Quand le recépage n'est plus une galère	96
■ Une paroi forée à 100 mètres de profondeur en région parisienne	36	■ Maroc : le port de Tanger Med II accueillera un nouveau terminal à conteneurs	100
■ Approche globale des problématiques de cavités souterraines	38	GÉOTECHNIQUE	
DOSSIER		■ Une vision 360° géotechnique	104
■ INTERMAT 2018 : un événement incontournable de la construction et des infrastructures	44	■ Pourrons-nous un jour « percer » le secret de Rochechouart ?	108
		■ Couplage des techniques pour le diagnostic et les études des ouvrages hydrauliques en terre ..	112
		GÉOPHYSIQUE	
		■ Quand le bruit ambiant devient un avantage pour l'étude des sols	114
		FORAGES EAU & GÉOTHERMIE	
		■ Le BRGM se dote d'une première plateforme expérimentale de stockage géothermique basse température	118
		ANNONCEURS	122
		ABONNEMENT	122

AGENDA

INTERMAT

Paris-Nord Villepinte
23 – 28 avril 2018

Salon international de la construction et des infrastructures du bâtiment et travaux publics et de matériels de chantier

JNGG 2018

Champs-sur-Marne
(Seine-et-Marne)
13 – 15 juin 2018

Journées nationales de géotechnique et de géologie de l'ingénieur

GEOFLUID 2018

Piacenza (Italie)
3 – 6 octobre 2018

Salon international des technologies et des équipements pour la recherche, l'extraction et le transport des fluides souterrains

SOLSCOPE 2019

Marseille
Juin 2019

Salon national de la géotechnique, du forage et des fondations

7 ICEGE 2019

Rome (Italie)
16 – 20 juin 2019

7^e Conférence internationale sur l'ingénierie géotechnique des séismes

ISRM

Foz do Iguazu (Brésil)
20 – 27 septembre 2019

14^e Congrès international de mécanique des roches

Euroforgroup rachète les foreuses de l'américain Reichdrill

Le groupe lyonnais complète sa gamme de foreuses pour les mines et les carrières. Hervé Cohade a dû s'y reprendre à deux fois pour acquérir l'entreprise américaine qu'il convoitait. Le groupe lyonnais Euroforgroup qu'il préside avait fait une première offre en 2012 pour acheter Reichdrill, l'un de ses fournisseurs. Mais il avait été recalé. Depuis, il avait noué des contacts avec les cadres exécutifs de la société américaine qui l'ont aidé à mieux préparer cette opération. Elle a été bouclée l'année dernière pour 4,8 M€, et financée pour 1/3 par des banques américaines et pour 3,2 M€ par les partenaires bancaires de la société lyonnaise, avec le renfort de Bpifrance à hauteur de 1,5 M€. Depuis le rachat de Reichdrill, 5 personnes ont été embauchées et 5 autres devraient l'être d'ici à la fin de l'année, portant à 40 salariés ses effectifs pour un volume d'activité de 16 M€. Celui-ci devrait doubler à terme et retrouver son niveau d'avant la crise minière américaine. Reichdrill est spécialisé dans les foreuses de

grande taille utilisées dans les mines à ciel ouvert. Au vu de la reprise du marché américain et de bonnes perspectives en Russie et au Chili, Hervé Cohade envisage d'agrandir les locaux de sa filiale en Pennsylvanie. L'acquisition du constructeur américain lui permet aussi de renforcer son indépendance par rapport aux fournisseurs de matériels, dont il assure le négoce. Après l'acquisition de Reichdrill, les activités de négoce du groupe ne représentent plus que 30 % de ses 90 M€ de chiffre d'affaires, contre 50 % pour celles de constructeur, et 20 % pour les services. Le secteur est dominé par les géants américains Epiroc (ex-Atlas Copco) et Caterpillar, ou le suédois Sandvik. Mais le groupe lyonnais mise sur l'Afrique pour se développer. Il y réalise déjà près de 1/4 de ses activités.



© Euroforgroup

Passage de témoin chez BMS

Jean de Saint Julien et son partenaire financier Peninsular Capital ont repris l'entreprise BMS, spécialisée dans la location et la distribution d'équipements d'injection, de projection béton et de forage (marques Casagrande, STA, Turbosol, Meyco, Beretta, Wimmer). Jean de Saint Julien a auparavant dirigé pendant 9 ans le constructeur d'équipements de fondations spéciales PTC. BMS, implantée à Meyzieu (région lyonnaise) et Argenteuil (région parisienne) a été fondée en 1993 par Christian Mallet qui a l'a ensuite dirigée et développée pendant près de 24 ans. L'en-

treprise compte aujourd'hui 26 employés et réalise un chiffre d'affaires d'une dizaine de millions d'euros. Jean de Saint Julien, qui s'est assuré du conseil de l'ancien dirigeant pendant une période de transition, partage avec lui la primauté du service au client et prévoit pour les prochaines années une croissance forte de l'entreprise, portée notamment par le projet du Grand Paris.



© BMS

Le CFMR fête ses 50 ans

Le 14 septembre dernier, le Comité français de mécanique des roches (CFMR) a célébré son 50^e anniversaire au cours d'une conférence* portant sur la thématique « Mécanique des roches : défis et enjeux ». L'événement qui s'est tenu à l'École des mines de Paris (Mines ParisTech) a rassemblé 120 participants venus du secteur de l'industrie (grandes, moyennes et petites entreprises), d'organismes publics et du monde de la recherche académique. Attaché depuis ses débuts à établir le lien entre la recherche fondamentale et les applications pratiques de l'ingénierie géotechnique, le CFMR œuvre dans des thématiques aussi diverses que le génie civil, le génie pétrolier et le génie minier. Après un rappel historique de la naissance du CFMR, replacée dans le contexte international de l'époque, la conférence a débuté par une session sur les fondements de la mécanique des roches. S'ensuivirent des exposés thématiques dédiés successivement au

génie civil, aux géo-énergies et aux géoressources, ainsi qu'aux risques naturels et environnementaux. La dernière session a permis de faire le point sur l'offre de formations disponibles dans l'Hexagone. La conférence s'est achevée par une table ronde réunissant différents acteurs de la profession.

*Les actes de la conférence, préparés sous la direction de Frédéric Pellet, ont été publiés par les Presses des Mines.



SOLUTIONS DE BUTONNAGE HYDRAULIQUE MODULAIRES

DIMENSIONNEMENT AUX EUROCODES EEC3

SURVEILLANCE DES EFFORTS PAR TÉLÉMETRIE

INSTALLATION ET DÉPÔSE RAPIDES

BUTONS SUPPORTANT 500T DE POUSSÉE

JUSQU'À 50m DE PORTÉE LIBRE

SUPPORT TECHNIQUE EXHAUSTIF

COMPATIBLE BIM NIVEAU 2

Groundforce est le leader du butonnage hydraulique offrant une solution complète de soutènement pour vos excavations, des études à la livraison assistée sur site. Notre gamme de butons va de 50T à 500T de capacité avec une portée libre allant jusqu'à 50m. Notre système de surveillance des efforts fonctionne à l'aide de jauges de contraintes calibrées avant livraison et transmettant des informations 24/7.

Visitez notre site:
www.vpgroundforce.fr

T: 0677 730 417

Groundforce

Solutions de Butonnage Hydraulique

Téléchargez la brochure: vpgroundforce.fr

Water Barrier, le nouveau procédé breveté d'Uretek



Spécialiste en amélioration des sols par injection de résine expansive, Uretek propose désormais une nouvelle solution pour assurer l'imperméabilisation des structures enterrées affectées par des

infiltrations d'eau. Nommée Water Barrier, cette technique génère une épaisse barrière imperméabilisante à l'arrière du voile contre terre pour pallier les infiltrations. Suite à un état des lieux déterminant l'ampleur des désordres et leur origine, c'est sans aucune démolition ni excavation que les équipes Uretek interviennent. Après avoir défini un maillage d'application, le procédé Water Barrier consiste à injecter une résine expansive dans le sol ou à l'arrière de la maçonnerie pour saturer les macro-vides avant de diffuser un gel saturant servant à remplir tous les micro-vides non atteints par la résine. Sans aucun temps de séchage, le résultat est immédiat ! Ce procédé convient parfaitement au traitement de parkings souterrains, garages, sous-sols, caves/VS, fosses d'ascenseur...

Nomination chez Metso



François Wintergerst a été nommé directeur commercial pour Metso en France. Avec l'expérience de nombreuses années chez Metso dans différentes fonctions, il animera l'équipe commerciale France, sera en charge du développement de l'ensemble de l'activité commerciale et aura tout particulièrement la responsabilité de l'équipe vente machines et installations. Au sein de l'équipe commerciale, Grégoire Daviron sera responsable du développement des activités de ventes et d'opérations de services. Le rôle de Grégoire Daviron sera d'être à l'écoute de nos clients pour développer de nouvelles solutions associant qualité de service et produits Metso. Cette responsabilité inclut la gestion des grands comptes pour les contrats de service.

Grégoire Daviron a assumé plusieurs fonctions en même temps durant plusieurs années. Avec la croissance du marché, cette situation était devenue incompatible avec les objectifs de Metso, c'est pourquoi il a été décidé de renforcer l'équipe commerciale France en créant un poste spécifiquement dédié au développement des services en France.

Metso a une position importante sur le marché français et a noué de fortes relations avec de nombreux clients actifs dans le secteur des granulats, des mines et de l'industrie. Nous sommes convaincus qu'avec ce renforcement de nos équipes commerciales en France nous allons pouvoir encore mieux répondre aux besoins de nos clients tant en termes de services, de machines que d'installations.

Viaduc du littoral à La Réunion : Spie fondations installe les pieux de culées

À la suite de l'intervention de Spie fondations sur le viaduc de la Grande-Chaloupe à l'Île de La Réunion en 2015, les équipes de Spie Batignolles ont débuté courant 2016 les travaux préparatoires nécessaires à la construction du nouveau viaduc de 5 400 m.

Depuis août 2017, les équipes de Spie fondations interviennent sur la culée C0 de ce nouvel ouvrage, en surplomb de l'océan Indien. Pour réaliser à travers le basalte le forage des 24 pieux de 40 m de profondeur, Spie fondations a recours à la méthode du marteau fond de trou de 1 m de diamètre avec tubage à l'avancement. Cette technique, inhabituelle pour un tel diamètre de forage, nécessite la dérivation de 8 compresseurs de 21 000 l. Du fait de la proximité du chantier avec la mer, des dispositions drastiques ont dû être adoptées pour préserver l'environnement naturel de la zone. Un éclairage spécifique a notamment été installé afin

de préserver le cadre de vie des oiseaux marins.

Pour protéger la faune et la flore marine, les équipes veillent à la rétention de toutes les sources d'hydrocarbures et de laitances de béton. Elles s'assurent également d'un traitement efficace des déchets, formalisé dans un cadre précis. Ces travaux de fondations se sont achevés fin janvier 2018. La mise en service de la nouvelle route du littoral (NRL) à La Réunion est prévue pour 2020.





Concepteur
de **Solutions** pour
votre laboratoire

Une excellence basée sur
la connaissance de votre métier

S

CONSEIL

L

INSTALLATION

M

MAINTENANCE

S

U

FORMATION

E

DISTRIBUTION

Les équipements les plus
performants du marché
adaptés à vos essais.

SOLS MESURES • info@sols-mesures.com • 01 30 50 34 50
www.sols-mesures.com

3 av. Le Verrier - ZAC des Bruyères - F 78190 TRAPPES

Signature d'un accord de partenariat entre le BRGM et le Cerema



© BRGM, Cerema

Le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), représenté par Michèle Rousseau, présidente-directrice générale, et le Cerema, représenté par Bruno Lhuissier, directeur général par intérim, ont signé en février dernier, un accord-cadre de partenariat. Les deux établissements, aux missions complémentaires, souhaitent

développer leur partenariat, sur les 5 prochaines années, au bénéfice de l'État, des collectivités territoriales, et du monde économique. Cet accord porte principalement sur le risque sismique, le risque gravitaire et la géothermie. Des synergies seront développées plus particulièrement sur 3 thèmes d'intérêts communs et les objectifs qui s'y rattachent : les risques sismiques (renforcer l'impact des activités de R&D ; répondre conjointement aux appels d'offres R&D ou à l'international...) ; les risques liés aux instabilités gravitaires (modéliser et surveiller les mouvements de terrain ; évaluer la vulnérabilité des territoires...) ; la géothermie de minime importance (accélérer de manière coordonnée et partenariale la

production des cartographies régionales ; développer l'intégration de la géothermie aux géostructures thermiques...). Pour atteindre ces objectifs, le BRGM et le Cerema mettront à profit leur complémentarité notamment sur la recherche et l'innovation, la capitalisation des connaissances et leur diffusion, la valorisation et le transfert des résultats de recherche, la réalisation d'études et d'expertise, la réalisation d'actions de diffusion, de démonstration et de communication communes comme des séminaires ou des journées techniques, l'appui à l'élaboration et à l'évaluation de politiques publiques et les actions de formation.

The logo for Fondasol, featuring the word "fondasol" in a bold, orange, sans-serif font. The letter "o" is stylized with a white and grey circular graphic element.

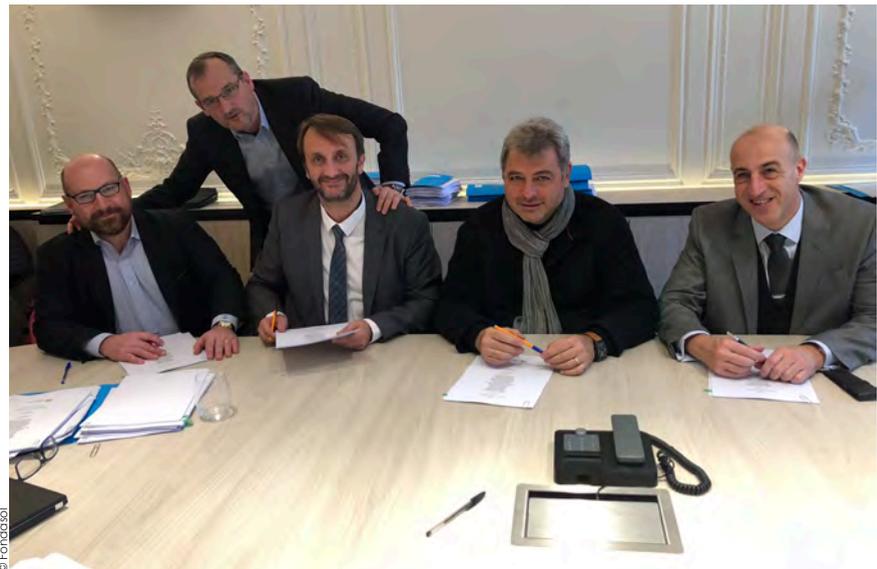
Partenaire
de la construction
d'un monde durable

fondasol.fr



Fondasol : une stratégie ambitieuse soutenue par l'actionnariat salarié !

Plus de 20 ans après la cession de l'entreprise à un fonds d'investissement par son fondateur, le groupe Fondasol vient de finaliser un MBO, conférant aux dirigeants et aux salariés une large majorité au capital. Le management du spécialiste français de l'ingénierie géotechnique devient majoritaire et s'associe à Amundi Private Equity Funds (PEF), BNP Paribas et BTP Capital. Cette opération, finalisée en décembre 2017, est le point de départ d'un plan de développement de long terme, collaboratif et responsable. Ses objectifs de croissance amèneront le groupe Fondasol à accueillir dans les prochaines années plusieurs centaines de collaborateurs supplémentaires en France et à l'international. En favorisant l'actionnariat salarié, Fondasol fait figure de précurseur sur son marché. Seulement 160 entreprises françaises non cotées ont offert cette possibilité à leurs collaborateurs ; une démarche



en plein développement, favorisée par la loi Macron votée en 2014. (photo : lors de la signature du MBO, de gauche à droite : Christophe Somàini, Amundi PEF ; Vincent Behr, Invest Corporate

Finance ; Olivier Sorin, président-directeur général de Fondasol ; Luc Pascal, BNP Paribas et Stéphane Currenti, BTP Capital Investissement).



**Ne restez pas suspendus
à vos interrogations
en matière de sol...**

Soyez à la pointe!





**RECONNAISSANCE
DES SOLS
PAR PÉNÉTRATION
STATIQUE**



YANNICK DURMEYER
T. 06 84 45 04 44

10 RUE DE LA BIÈVRE - 57400 SARREBOURG
yannick.durmeyer@geosoltis.com

Speyser exploite la nouvelle pelle à câble compacte **Sennebogen 624HD**

L'entreprise familiale Speyser, dans le Bas-Rhin, est reconnue dans le Grand Est et bien au-delà pour son savoir-faire dans le domaine des forages spéciaux, de grand diamètre ou profonds. Partenaire fidèle de Sennebogen, le foreur a renouvelé sa confiance au constructeur en lui commandant une nouvelle machine compacte totalement inédite ! Un des premiers chantiers menés avec cette nouvelle machine se déroule au sud de Strasbourg, sur le site d'une gravière pour laquelle Speyser réalise un forage de grand diamètre destiné à alimenter les installations d'exploitation du site.

« Nos clients nous demandent de réaliser des puits en milieu urbain ou sur leurs sites industriels, dans des environnements toujours plus contraints. Nous étions à la recherche d'une machine polyvalente, compacte, robuste, et immédiatement opérationnelle à sa livraison sur chantiers », souligne Christophe Sprauel, directeur général délégué de Speyser. Pour relever ces défis, Sennebogen a repensé la traditionnelle pelle à câble à flèche treillis et a développé le modèle 624HD. Spécialement conçue pour être équipée d'une louvoyeuse ou d'un outil de préhension bi-câbles (benne preneuse ou grappin par exemple), la nouvelle pelle à câble compacte concentre l'ensemble des savoir-faire et des expériences de

l'entreprise (un châssis industriel robuste issu des gammes de pelles de manutention ; une flèche articulée compacte et largement dimensionnée mettant en œuvre les structures des grues télescopiques de la marque ; des treuils en chute libre et une motorisation puissante pour assurer les fonctions de forage en toute autonomie). La puissance du moteur embarqué par Sennebogen sur la nouvelle 624HD permet évidemment d'entraîner les fonctions de déplacement, d'orientation et de levage de la pelle à câble, mais elle alimente également l'ensemble de l'équipement de forage : mouvements d'oscillations et de relevage

de la louvoyeuse, et fonctionnement de la benne preneuse qui permet d'évacuer les matériaux au fur et à mesure du forage, grâce à deux treuils en chute libre de 60 kN. « Cette nouvelle machine est très rapide à mettre en œuvre sur le chantier. Par son gabarit réduit, elle se place dans les endroits difficiles d'accès. Malgré sa petite taille, elle est très stable et particulièrement souple dans ses commandes », explique David Wagner, l'un des foreurs de l'entreprise, déjà habitué à conduire les autres machines précédemment livrées par Sennebogen à la société alsacienne Speyser.



L'Ontario investit dans la recherche sur **les tunnels aérodynamiques**

Le gouvernement d'Ontario (province canadienne) a signé le 15 septembre 2017 un partenariat avec l'entreprise RWDI afin d'investir dans les nouvelles technologies et dans de nouveaux équipements pour ses installations de Guelph, dont 3 tunnels aérodynamiques ainsi que des technologies liées aux chenaux hydrauliques. Cette aide permettra à l'entreprise de créer l'un des centres mondiaux les plus perfectionnés dans la

recherche sur les tunnels aérodynamiques ainsi que le prototypage et la modélisation rapide. RWDI est un leader mondial spécialisé en génie climatique, en rendement des immeubles et en génie de l'environnement. Grâce à ses services en génie éolien, l'entreprise a contribué à la construction de 7 des 10 plus hauts gratte-ciel au monde, tels que le Burj Khalifa, à Dubaï, et le One World Trade Center, à New York.



Obligation AIPR : les collaborateurs de Ginger sont prêts

Cette nouvelle année marque l'entrée en application de l'obligation des autorisations d'intervention à proximité des réseaux (AIPR). Cette autorisation est délivrée par l'employeur, mais, pour la remettre, chaque intervenant devra justifier de l'attestation de réussite à l'examen agréé par le ministère de la Transition écologique et solidaire. Les détenteurs de l'AIPR sont catégorisés de la façon suivante : concepteur, encadrant ou opérateur. En France, ce sont au total de 300 000 à 400 000 personnes qui sont concernées.

Le groupe Ginger a mis en place dès la fin de l'année 2016 et sur toute l'année 2017 un plan de formation massif pour toutes ses équipes d'intervention susceptibles d'intervenir à proximité des réseaux : ingénieurs et opérateurs géotechniciens, conducteurs de travaux, ingénieurs et techniciens en sites et sols pollués. Au total, 572 collaborateurs du groupe ont suivi un stage d'apprentissage



© Ginger

pour ensuite passer l'examen. Le profil des apprenants est de 395 concepteurs, 149 encadrants et 28 opérateurs. Ginger rappelle que la sécurité est au cœur de ses interventions, pour les tiers comme pour ses salariés. En 2013 déjà, Ginger avait procédé à la sécurisation de l'ensemble de ses machines géotechniques avant même l'appli-

cation de la nouvelle réglementation. En 2018, le groupe lancera des réunions de sensibilisation aux risques liés aux interventions à proximité des réseaux et à l'AIPR. Sous la forme de petits déjeuners, ces rendez-vous régionaux permettront de faire connaître cette réglementation et les conséquences pratiques sur chantier et en administratif.



CAJ Travaux Spéciaux

NOTRE EXPERTISE AU SERVICE DE LA PERFORMANCE

MATÉRIELS ET MACHINES POUR LES TRAVAUX SPÉCIAUX,
LE BÂTIMENT ET LES TRAVAUX PUBLICS.

JET GROUTING, INJECTION, FORAGES, BÉTON PROJETÉ

Distributeur exclusif : TECNIWELL, KRUPP, ARNABAT

Pompes pour préparation et injection de coulis ciment, jet grouting, stabilisation des sols. Forage géothermique, forage d'eau, confortement. Perforation, tête de rotation, marteau rotoperçant, vibro rotation. Projection béton par voie sèche et mouillée, pompe à béton...

www.caj-travauxspeciaux.com

contact@caj-travauxspeciaux.com • Tél. : 04 74 47 01 74

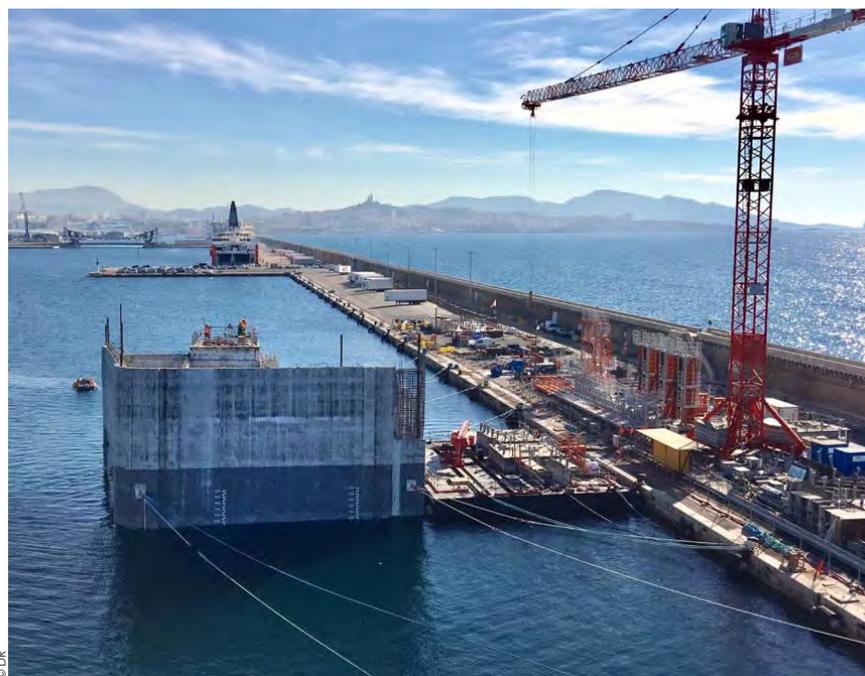
TVCCO-04 74 39 06 66

Monaco veut gagner six hectares

Le chantier de tous les records se déroule entre Marseille et Monaco. Avant de créer un nouveau quartier de 6 hectares sur la mer, il faudra construire et installer d'immenses caissons de béton jusqu'en 2020. Le tout avec un minimum d'impact sur l'environnement. C'est un chantier à 2 Mrd €, dont 1 Mrd pour les seules fondations du nouveau quartier dont va se doter Monaco. Il faut dire que sur ce « Rocher » de 2 km², où le mètre carré de logement dépasse désormais les 40000 €, tous les espaces supplémentaires sont aisément financiables. À terme, en 2025, le nouvel écoquartier de l'Anse du Portier sera installé sur un terre-plein de 6 ha gagnés sur la mer. Et l'endroit permettra au passage de développer 60000 m² supplémentaires de logements et de commerces. Les phases actuelles du chantier ne concernent que les infrastructures immergées qui doivent se dérouler jusqu'en 2020. Des travaux pilotés par Bouygues Construction doivent permettre l'installation de 18 caissons de béton géants, créant une ceinture de protection de l'écoquartier contre la houle. Pour ce faire, il a fallu acheminer depuis la Pologne un immense « caissonnier », véritable usine flottante dans le port de Marseille, où sont coulés jour et nuit les fameux caissons de béton. Ceux-ci sont

ensuite tractés en mer jusqu'à la principauté. Et pendant qu'on s'active en surface à Marseille et à Châteauneuf-lès-Martigues (la carrière d'où est extrait le remblai), on ne chôme pas non plus à Monaco, sous l'eau et autour. Dès l'an dernier, un écran acoustique a été installé pour limiter les nuisances sonores avant les travaux de retraits des enrochements et le dragage des sédiments pollués. Puis il s'agit d'installer au fond de l'eau les matériaux de remblai. Acheminés par bateau, ils sont déposés à l'aide

d'un tuyau robotisé permettant de mesurer très précisément l'obtention de la hauteur finale désirée. Et il ne reste ensuite qu'à compacter le tout. Lancée en novembre dernier, l'opération de mise en place du remblai devra laisser la place à la pose des caissons qui est prévue à partir de juin pour s'achever fin 2019. Ce n'est qu'à la mi-2020 que les travaux d'infrastructure devraient s'achever pour laisser la place à des constructions immobilières plus traditionnelles.



©DR

Droit de réponse de la société DSI France

À la suite de la publication dans Solscope Mag de novembre 2017 de l'article intitulé « De l'utilité de la norme EN 10210 sur les aciers de construction appliquée aux ancrages autoforeurs », rédigé par M. Laurent Souche de la société Ischebeck, la société DSI France conteste avec la plus grande fermeté les allégations mettant en cause la qualité des barres GEWI+ et des systèmes d'ancrage Dywidrill qu'elle produit et commercialise.

Les armatures GEWI+ sont des barres d'acier pourvues de nervu-

res laminées à chaud, formant un filetage continu et robuste. Mis en œuvre conformément aux normes et recommandations en vigueur, les systèmes d'ancrage GEWI+ assurent la pérennité la plus longue possible des ouvrages.

Les systèmes d'ancrage autoforant de notre gamme Dywidrill, parmi laquelle les barres R32 et R38, font l'objet d'un agrément technique européen (ATE) pour le clouage des sols et des roches. Ils bénéficient du marquage CE. Ils satisfont ainsi à toutes les exigences essentielles de la directive des produits

de la construction.

La société DSI est fière de disposer de la certification ISO 9001 relative à la mise en œuvre d'un système de management de la qualité, mais aussi d'agréments techniques pour nombre de ses systèmes d'ancrage. Nos clients peuvent ainsi avoir toute confiance dans les caractéristiques et la qualité de nos produits ».

Outre ce droit de réponse, l'article initial a provoqué une autre réaction que l'on peut lire en page 26.

jngg 2018

9^{èmes} JOURNÉES NATIONALES

de géotechnique et de géologie de l'ingénieur

13 et 14
Juin 2018

ÉCOLE NATIONALE DES
PONTS ET CHAUSSÉES
CHAMPS-SUR-MARNE

Exposition
technique

« Ressources et
aménagement :
quelles limites ? » »

RÉSERVEZ VOTRE STAND
6 ou 9 m² prêt à exposer

Contact : Carine AUBRY
c.aubry@solscope.fr

TÉLÉCHARGEZ VOTRE INVITATION GRATUITE SUR
<https://jngg2018.sciencesconf.org/>

En partenariat avec
SOLSCOPE

Fayat Fondations et SAML : un travail conjoint donnant naissance à VISa (*Virtual Safety area*)

Le sujet de la nouvelle réglementation concernant les machines de sondage a été évoqué plusieurs fois dans ces colonnes. Nous ferons seulement un bref rappel en indiquant que les pièces tournantes doivent être rendues inaccessibles, même si un régime « dégradé » reste toléré pour certaines actions très particulières, encadrées par des procédures strictes.

Les machines de forage de petit diamètre (classiquement inférieur à 300 mm) sont particulièrement concernées : d'une part, parce que les interventions autour de l'organe tournant sont fréquentes (pour allonger le train de tiges ou changer l'outil de forage) ; d'autre part, parce que la configuration de la machine se prête à des équipes réduites où le chef de manœuvre ne s'ajoute pas implicitement au couple opérateur-aide ; enfin, et surtout, parce que la conception des ouvrages géotechniques prend rarement en compte l'encombrement des cages de protection, solution la plus simple face à l'exigence réglementaire.

La Division Fondations du groupe Fayat n'échappe donc pas à des réalisations de tirants et de micro-pieux (en particulier) impliquant des conditions de gabarit incompatibles avec des protections physiques.

Une réflexion conjointe entre Fayat Fondations et SAML qui loue ce type de matériels a conclu au besoin d'engager des études et mettre au point une autre solution, satisfaisante du point de vue de la sécurité. Le résultat de ce travail conjoint s'appelle VISa pour *Virtual Safety area*. Il couple un avertissement lumineux, très visible en tête de mât de la foreuse, et une mise au ralenti automatique si l'opérateur ou son aide entrent dans un espace autour du train de tiges programmé comme dangereux.

Ce qui différencie cette sécurité d'un dispositif de détection de présence par infrarouge, caméra,



Exemple de cage.

RFID ou autre, c'est le choix de son fonctionnement, couplant le Bluetooth à une radiodétection basse fréquence. Cette dernière est intéressante en environnement de travaux, car elle est relativement insensible :

- aux boues et projections fréquentes sur les chantiers de fondations ;
- à un environnement où les perturbations électriques du signal sont fréquentes ;
- à un environnement où les armatures perturbent d'autres gammes d'ondes.

Le personnel habilité est équipé de bracelets de sécurité dialoguant en mode homme/machine.

Simple en apparence, la construction d'une solution fut en réalité longue, ponctuée de divers retours

d'expérience, et avec la volonté de passer par toutes les étapes :

- dépôt d'un brevet dès 2011 ;
- mise à disposition d'une notice d'utilisation dont la version ultime date de juillet 2017.

L'étape suivante sera la validation, sous contrôle de Bureau Veritas, de la conformité du dispositif – ce qui ne saurait tarder.

Il y a tout lieu de croire que ce dispositif équipera bientôt beaucoup d'autres engins, pour lesquels la proximité d'opérateurs dans un certain rayon d'action doit rester une préoccupation majeure de la prévention. ■

Benjamin Bryon
Directeur matériels SAML



SOCOMAFOR



EVENEMENT JUIN 2018 JOURNEES TECHNIQUES SOCOMAFOR

SOCOMAFOR
CONSTRUCTEUR
FRANCAIS DE
MACHINES DE
FORAGE



Rendez vous du **06 au 08 juin 2018**
à **STRASBOURG** pour participer aux
JOURNEES TECHNIQUES SOCOMAFOR
et découvrir la toute nouvelle
SOCOMAFOR 50.2

Au **PROGRAMME** :

- Démonstrations de toute la gamme
- Visite de l'entreprise
- Restauration
- Autres surprises...

(sur invitation)

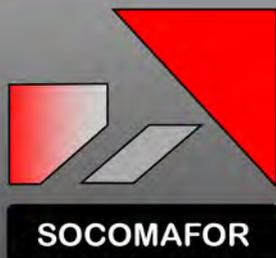
NOUVEAUTE

SOCOMAFOR 50.2

Puissance : 50 ch
Poids mini : 2650 kg
Largeur : 800mm
Traction : 5300 daN
Course : 2600 mm
Vitesse maxi : 680 tr/min
Couple maxi : 400 daNm



Toutes les
SOCOMAFOR sont
conformes à la
« Directive Machi-
nes 2006/42/CE
par respect de
l'EN 16228.



SOCOMAFOR
Sté de Construction de Machines de Forage
11, rue de l'Énergie
67720 HOERDT
Tél.: 03 88 68 26 80
Fax: 03 88 51 77 80

SOCOMALOC
Sté de Location de Machines de Forage
11, rue de l'Énergie
67720 HOERDT
Tél.: 03 88 68 26 80
Fax: 03 88 51 77 80

SOCOMAFOR - Ile de France
Entretien-Dépannage-Location
22, rue de la Longue Raie
91220 LE PLESSIS PATE
Tél.: 03 88 68 26 80
Fax: 03 88 51 77 80



www.socomafor.fr

Succès de la licence pro en alternance

Dispensée en alternance depuis septembre dernier, la formation « Conduite de travaux souterrains et ouvrages géotechniques » initiée par Anne Pantet à l'IUT Génie civil du Havre a trouvé son rythme de croisière. Avec neuf étudiants, tous motivés et impliqués, cette première promotion qui se terminera fin juillet en appellera d'autres, notamment dès la prochaine rentrée, en septembre 2018.



IUT Le Havre.

Soutenue dans la démarche par l'association scientifique et technique FSIT (France sans tranchée technologies), mais également l'AFTES (Association française des tunnels et de l'espace souterrain) et la FNTP (Fédération nationale des travaux publics), cette formation diplômante s'effectue en alternance avec un contrat de professionnalisation. Elle forme des techniciens spécialisés en reconnaissance géotechnique,

capables de mener et d'interpréter les essais nécessaires à cette spécificité, même en sites pollués, et de suivre les travaux de construction des ouvrages souterrains : forages dirigés, tunnels, excavations, fondations spéciales, soutènements d'excavations profondes...

Une formation complétée par des intervenants du secteur ainsi que par des modules de conduite de travaux où il est question de sécurité, de réglementation et de

gestion de chantier, sans oublier les modules d'anglais technique et de recherche documentaire.

TOUT LE MONDE EST SUR LA MÊME LONGUEUR D'ONDE

Si on écoute les étudiants, mais également Anne Pantet, en charge de la licence pro sur le site normand du Havre, la formation est appréciée par tous. Les étudiants ont bien compris que dans un secteur où les opportunités d'emplois

MODALITÉS D'ADMISSION

Cette formation en alternance avec contrat de professionnalisation est accessible à tout étudiant titulaire d'un diplôme bac + 2 d'un domaine compatible avec celui de la licence professionnelle. Il faut savoir également que le diplôme est accessible dans le

cadre de la formation continue (reprise d'études pour les salariés, les demandeurs d'emploi...). Ce cursus, qui se compose de 16 semaines d'enseignement (dont une part importante est dispensée par des professionnels particulièrement motivés) et de 36 semaines en entreprise. Ils apprécient l'effectif réduit et les échanges ques-

tions-réponses avec les étudiants qui ont un début d'expérience professionnelle avec leur alternance, et des responsabilités à leur niveau. Chaque étudiant est suivi par un tuteur académique et un tuteur professionnel qui échangent et se rencontrent deux fois durant la formation pour évaluer ensemble la progression de l'étudiant.



Clément Delesalle sur le chantier de la gare de Villejuif – IGR.

TÉMOIGNAGES

Clément Delesalle, assistant conducteur de travaux sur le chantier de la gare de Villejuif-Institut-Gustave-Roussy pour le groupement CAP (Vinci-Spie fondations)

« Cette formation nous permet d'obtenir de solides connaissances sur les ouvrages souterrains et géotechniques grâce à une équipe académique impliquée, complétée par des témoignages de cas concrets d'intervenants professionnels. Le monde des ouvrages souterrains est un milieu très intéressant avec divers débouchés (reconnaissance géotechnique, fondations profondes, soutènement, réseaux sans tranchées : micro-tunneliers et forages dirigés, tunnels et GC en souterrain...). Peu abordé dans les formations classiques, le secteur est en plein essor actuellement avec, notamment, les chantiers du Grand Paris. L'alternance nous permet d'appliquer

sont nombreuses, ils avaient une belle carte à jouer pour leur avenir professionnel.

Du côté des enseignants et intervenants, ils se sont tous montrés très intéressés par le fait de pouvoir partager leur vécu à travers des expériences ô combien enrichissantes pour les étudiants.

En dehors des cours, Anne Pantet, qui a mis en place des visites de



La promotion 2017/2018.

ces connaissances en entreprise et de nous préparer à l'insertion professionnelle ».

Nicolas Faucon, en alternance chez Ginger CEBTP (agence de Caen)

« La licence professionnelle possède un programme assez complet et des enseignants très qualifiés. C'est vraiment également très enrichissant d'avoir de nombreux cours avec des intervenants extérieurs qui apportent un réel plus à la formation grâce à leurs retours d'expérience. Au sein du groupe, l'ambiance est vraiment sympa, et, en petit groupe, on apprend plus facilement à se connaître et à s'entraider. Chacun à ses petites expériences du terrain acquises lorsque nous sommes en entreprise. Cela nous permet de nous entraider sur les projets tuteurés dont les sujets regroupent les différents corps de métiers dans lesquels nous travaillons. Du coup, on apprend par nos enseignants, par les intervenants extérieurs et par nos camarades de classe, et on n'a pas de quoi s'ennuyer... »

Paul Vicaire, adjoint coordinateur affaires externes chez Trapil

« C'est une licence qui, à mes yeux, sort du lot et permet à de jeunes techniciens (fraîchement

chantiers et des sorties géologiques, est satisfaite de constater que « certaines entreprises adhérentes à la FSTT – CEBTP, Groupe Gendry, Sade STS, Keller, Vinci, Trapil et Valentin TP – ont joué le jeu puisque 9 étudiants ont trouvé une alternance. D'autres entreprises et des grands groupes ont montré un intérêt et ont pris des contacts ».

Il est sans doute intéressant, pour les

sorties d'IUT ou de BTS) de s'orienter dans un secteur d'activité ciblé et précis. L'avantage de cette formation nous permet de nous introduire dans un monde du BTP peu connu, et qui manque de techniciens qualifiés pouvant faire la liaison entre les équipes de terrain et les maîtres d'œuvre et/ou maîtres d'ouvrage. Parmi les 9 élèves qui suivent cette formation, je suis, à ma connaissance, le seul à avoir trouvé une entreprise qui ne faisait pas partie des entreprises "partenaires" de cette formation. La formation m'a apporté plusieurs points positifs :

- une année entière en entreprise crée une véritable relation avec elle ;
- l'entreprise me confie énormément de travail et de responsabilités, et cela me donne confiance en moi ;
- la plupart des cours sont dispensés par des professionnels très qualifiés ce qui apporte une grande valeur ajoutée ;
- j'ai une plus-value vis-à-vis de certains de mes homologues, car nous avons une forte expérience dans un milieu spécifique, et, à la fin de mon année avec un diplôme bac + 3, je pourrais travailler à l'étranger où le diplôme est reconnu ».

entrepreneurs, d'avoir le regard de jeunes professionnels qui, demain, seront certainement parmi les acteurs majeurs du secteur. Toute entreprise souhaitant faire découvrir ses chantiers (pas uniquement en Normandie) peut se rapprocher d'Anne Pantet (02 32 74 48 02 – anne.pantet@univlehavre.fr). ■

Dominique Roudy

« Ressources et aménagement : quelles limites ? », un thème rassembleur pour le JNGG 2018

Sous l'égide des Comités français de mécanique des sols et de géotechnique (CFMS), de mécanique des roches (CFMR) et de géologie de l'ingénieur et de l'environnement (CFG), l'École des Ponts ParisTech et l'Ifsttar accueilleront du 13 au 15 juin 2018, à Champs-sur-Marne, les 9^{es} Journées nationales de géotechnique et de géologie de l'ingénieur (JNGG).

À l'heure où les enjeux dans le secteur des TP sont de plus en plus importants, notamment avec les travaux du Grand Paris, ces journées revêtent un intérêt particulier. En parallèle aux communications produites dans les différentes sessions, l'exposition technique représentera, outre une priorité, un moment fort puisqu'une quarantaine d'exposants ont d'ores et déjà répondu présent. L'occasion pour chacun d'échanger et de découvrir les innovations dans le domaine de la géotechnique et de la géologie.

Cette année, le comité de pilotage et le comité d'organisation – les JNGG 2018 sont organisées par le laboratoire Navier (Cermes – équipe géotechnique) et le département GERS (laboratoire SV et SRO) – ont décidé de passer à la vitesse supérieure en offrant de multiples activités aux congressistes.

L'intérêt professionnel que suscitent ces Rencontres et ses thématiques est un succès puisqu'à ce jour les organisateurs ont déjà reçu pas moins de 189 demandes de contributions.

Le programme de communications placé sous le thème : « Ressources et aménagements : quelles limites ? », où l'idée de « limite » sous-entend la notion essentielle d'innovation qui doit guider les différentes approches des disciplines, que ce soit au niveau des institutions de recherche et d'enseignement, des

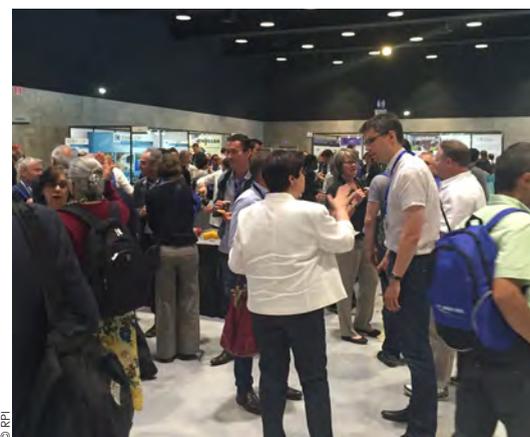
bureaux d'études ou des entreprises, prévoit des séances plénières et des sessions parallèles. 13 thématiques sont proposées pour des contributions orales ou l'exposition de posters. Parmi ces thématiques (détail sur le site des JNGG) : modèles numériques et physiques, analyse et gestion des risques, conception-réalisation et durabilité des ouvrages géotechniques, grands ouvrages et patrimoine, géotechnique offshore, et, bien sûr, une catégorie spécifique pour le Grand Paris.

D'ailleurs, le 15 juin, les congressistes se verront proposer (sur inscription préalable) la possibilité de participer à des visites techniques de chantiers du Grand Paris.

L'EXPOSITION TECHNIQUE AU CŒUR DU CONGRÈS

Un programme souple pour laisser du temps libre aux congressistes pour visiter l'Exposition, c'est également une des priorités des organisateurs qui restent persuadés, à juste titre, que c'est en parcourant les stands que sont engendrés des échanges constructifs entre congressistes et exposants : entreprises, bureaux d'études, fournisseurs de matériels et de logiciels venus pour promouvoir leurs activités, leurs produits et afficher leur savoir-faire en matière d'innovations.

Deux jours intenses à Champs-sur-Marne (Seine-et-Marne). Le choix de la région parisienne pour cette 9^e édition, au cœur des travaux du Grand Paris, devrait attirer les



acteurs majeurs de la profession. Une région qui a la particularité d'accueillir de nombreux sièges sociaux des grands groupes de TP, de bureaux d'études et d'administrations. ■

Dominique Roudy

INFORMATIONS PRATIQUES :

Campus de l'École nationale
des ponts et chaussées
Cité Descartes
(face au 9, boulevard Copernic)
77455 Champs-sur-Marne
Tél. : + 33 (0)1 64 15 30 00
Site internet :
<https://jngg2018.sciencesconf.org>

CONTACT EXPOSITION :

Solscope (Attitude – RPI)
Carine Aubry
+ 33 (0)4 95 28 78 82
+ 33 (0) 6 74 41 57 97
c.aubry@solscope.fr



**SIAMO PRODUTTORI DI...
WE MANUFACTURE...**



**ASTE FRIZIONATE
FRICTION WELDED DRILL PIPES**



**TUBI DI MANOVRA
CASING**



**MARTELLI FONDO FORO
HAMMERS DOWN THE HOLE**



**ASTONI STABILIZZATORI
DRILL COLLARS - STABILIZERS**



F.G.S. DRILL

Via dei Gerani, 36
70026 Modugno - Bari (ITALY)
Tel. +39 080.531.11.11
Fax +39 080.530.80.07
www.fgsdrill.it | info@fgsdrill.it





Geofluid : le Salon italien du secteur

Salon international sur les technologies et équipements pour la prospection, l'extraction et le transport de fluides souterrains, Geofluid se déroulera pendant quatre jours, du mercredi 3 au samedi 6 octobre 2018, à Piacenza, en Italie.

L'occasion également pour l'équipe de Solscope d'être présente au pavillon 1 - Allée Galleria - Stand 4, afin de promouvoir son Salon qui se déroulera en juin 2019 à Marseille, et de donner à ce rendez-vous majeur, un caractère international. Nous vous attendons nombreux pour de riches échanges !

Réservé aux professionnels et spécialisé dans les secteurs du forage et des travaux souterrains, le Salon Geofluid fêtera cette année ses 40 ans (1978-2018).

Tous les 2 ans, l'occasion pour les acteurs de ce secteur de se rencontrer et d'échanger. Si chaque exposant est là pour présenter ses gammes, et surtout ses nouveaux produits, l'innovation sera au cœur de ce Salon où de plus en plus de sociétés françaises exposent, voire effectuent le déplacement ne serait-ce que pour prendre la température du marché et observer les tendances.

Dans un milieu où les demandes des clients sont de plus en plus techniques et les contraintes budgétaires représentent un enjeu

important les évolutions sont très rapides, Geofluid est un carrefour de rencontres impliquant des entreprises générales de construction (travaux divers, chemins de fer, tunnels, barrages, ouvrages hydrauliques), des sociétés de forage (puits d'eau et de pétrole), des sociétés de fondations spéciales, des compagnies minières, des associations, des universités et des instituts de recherche.

SIX DOMAINES THÉMATIQUES EN 2018

Cette année, le Salon sera regroupé autour de 6 thématiques :

■ **Geo Fluid** : technologies et équipements pour la recherche, l'extraction et le transport des fluides souterrains ;

■ **Geo Tech** : réservé aux machines et équipements pour les études géognostiques et géotechniques et les fondations spéciales ;

■ **No Dig** : pour tout ce qui est perceuses, foreuses horizontales, machines à tuyaux et microtunnels ;

■ **Geo Tunnel** : concerne les machines, les équipements et instruments pour la construction de tunnels ;

■ **Geo Control** : relatif à l'instrumentation et l'équipement pour l'analyse, la surveillance de l'environnement, la remise en état des terres, l'hydrogéologie et la protection des sols ;

■ **Geofluid Green** : qui concerne les nouveaux secteurs thématiques tels que la géothermie.

ILS Y SERONT...

- **Controls** au pavillon 1 – Allée C – Stand 174
- **DATC** au pavillon 1 – Allée A – Stand 27
- **Eurodrill** au pavillon 1 – Allée E – Stand 316
- **Geopro** au pavillon 1 – Allée C – Stand 179
- **Grounforce** au Pavillon 1 – Allée C – Stand 173
- **Jean Lutz** au pavillon 1 – Allée B – Stand 105
- **Lim** au pavillon 1 – Allée D – Stand 228
- **Sandvik** au pavillon 1 – Allée D/E – Stand 262



■ **Sireg** au pavillon 1 - Allée C – Stand 180 présentera ses cages d'armatures en fibre de verre Durglass et Glaspree pour les travaux en souterrain. Dans le cadre des chantiers de prolongement des lignes du métro du Grand Paris, les fondations profondes des nouvelles stations sont souvent en parois moulées. Les cages d'armature en acier des parois moulées intègrent, pour certaines, dans leur partie centrale, des armatures en fibre de verre destinées à faciliter le passage du tunnelier lorsqu'il devra percer la paroi moulée pour assurer le creusement du tunnel principal. Les dimensions importantes des tunneliers demandent de mettre en place des panneaux d'armature en fibre de verre de



plus de 14 m de hauteur. Depuis 20 ans, Sireg fabrique et dimensionne les armatures en fibre de verre Durglass et Glaspree, selon un procédé qui s'appelle « pultrusion ». Les vérifications des portions des panneaux à renforcer avec des barres en fibre de verre se font en partant des sollicitations et des plans des armatures en acier en utilisant des normes spécifiques pour les matériaux composites.

■ **Massenza : 100 ans d'expérience et d'innovation**

Comme chaque année, Massenza va participer au Salon Geofluid 2018 et présentera les nouveaux produits de sa gamme de foreuses. Grâce à leurs dimensions réduites, les M13 et la M14 sur chenilles sont parfaites pour effectuer tous les travaux d'accès difficile. Une fois positionnées, ces petites sondeuses ont une puissance incroyable grâce à leur moteur Diesel de première classe de 73,4 HP Tier 4 final pour la M13 et de 100 HP Tier 4 pour la M14. Ces deux foreuses seront en mesure d'accomplir les nombreuses tâches requises dans le site de forage. Massenza proposera aussi la série MM avec laquelle il est dorénavant possible d'exécuter avec une seule machine des

puits d'eau, des puits géothermiques, des études de géotechniques, micropieux et ancrages dans toutes les directions et avec une incroyable stabilité. Et si le modèle MM4 a déjà rencontré un grand succès, grâce à son moteur de 107 HP, une antenne avec traction de 4500 kg et une tête avec un maximum de 9840 Nm couple et la vitesse maximum de 650 tours/min, Massenza est heureux de présenter sa grande sœur, la nouvelle MM8. Construite sur chenilles, compacte mais puissante et robuste, la foreuse Massenza MM8 est équipée d'un moteur Diesel Deutz avec 173 HP et d'un mât avec capacité 12000 kg et traction 8000 kg... D'autres machines sont à découvrir sur le stand de l'entreprise italienne.

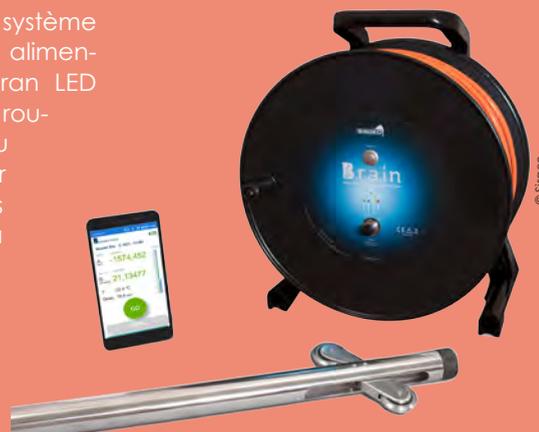


■ **Sisgeo** au pavillon 1 – Allée C – Stand 136 présentera B.R.A.I.N. sa dernière évolution du système inclinométrique.

Le nouveau système inclinométrique B.R.A.I.N. (*Borehole Readout Array for Inclinometers*) est la dernière évolution des systèmes inclinométriques Sisgeo. B.R.A.I.N. a été développé pour éliminer la nécessité d'utiliser un enregistreur portable et pour améliorer les performances de la sonde inclinométrique. Les parties électroniques pour la gestion du système sont logées directement dans le rouleau du câble, en simplifiant l'utilisation de l'entier système. L'opérateur peut effectuer les mesures en complète autonomie, simplement en descendant la sonde inclinométrique dans le tube. La gestion des mesures inclinométriques est effectuée à travers une application qui peut être utilisée sur n'importe quel dispositif commercial (tablette, Smartphone...) et sur plateforme IOS et Android. La communication entre la partie électronique et le dispositif s'établit à travers une connexion *Wireless Bluetooth Low Energy (BLE)*, qui garantit une liaison rapide et efficace et une

consommation réduite. Les lectures sont transmises directement sur le dispositif et sont gérées à travers l'application. L'application est simple et intuitive, et permet aussi bien la gestion des mesures inclinométriques que la transmission et le téléchargement des données à travers les services disponibles sur tous les dispositifs commerciaux (courriels, Dropbox, GDRIVE, OneDrive, iCloud Drive...). Grâce à une visualisation graphique simple, l'application permet à l'opérateur d'évaluer la pertinence de la mesure. En outre, les lectures peuvent être élaborées à travers des logiciels spécifiquement étudiés tels que notre logiciel Klion. L'opérateur peut vérifier l'état de fonctionnement du système (connexion Bluetooth, alimentation...) grâce à un écran LED multicolore installé sur le rouleau. L'alimentation du système est garantie par des batteries internes rechargeables, logées à l'intérieur du rouleau, qui permettent une utilisation continue pendant différentes journées de travail. En alternative, il est

possible de demander le modèle avec les batteries internes non rechargeables à haute capacité qui permettent l'utilisation quotidienne pendant plusieurs mois. En plus, Sisgeo a développé une nouvelle électronique de numérisation à l'intérieur de la sonde inclinométrique, qui permet une majeure vitesse de refresh de mesures, et inclut des fonctions de *debug* (température interne, humidité interne, tension d'alimentation) à acquérir avec les lectures inclinométriques classiques. L'utilisateur peut en outre choisir entre les unités de mesure les plus courantes (20000 sen alpha, mm/m, °, inch/feet).



■ **Lim vous attend à Geofluid 2018**

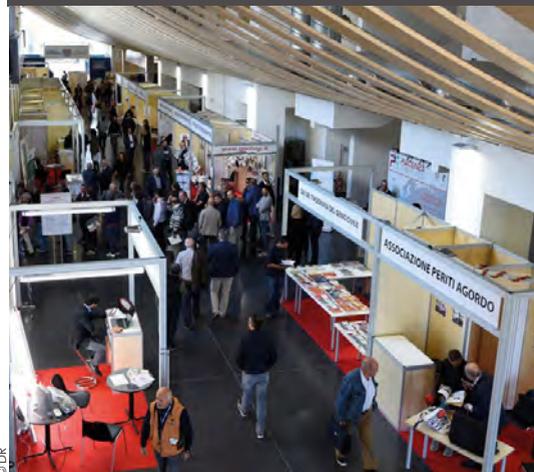
Le groupe Lim sera présent au prochain Salon Geofluid 2018, à en Italie, et vous espère nombreux pour découvrir ses produits et ses dernières innovations. Il présentera ainsi le Pressiolim Auto pour la réalisation de l'essai pressiométrique L. Ménard selon la norme NF EN ISO 22476 en mode automatique ou semi-automatique, ainsi que son logiciel Cloud Geo-Log4 qui continue de s'étoffer par de nouvelles améliorations et fonctionnalités, en particulier une nouvelle solution tablette de chantier complètement intégrée au système, et les sondes de diagraphies d'Electromind, partie intégrante du groupe Lim (leader pour la conception et la fourniture de sondes d'imagerie de parois, optiques et acoustiques). Lim a forcément une solution pour vous.



CONTACT :

PIACENZA EXPO

Via Tirotti, 11
Quartiere Fieristico di Piacenza
Frazione Le Mose
29122 Piacenza – Italie
Tél. : +39 0523 602711
www.geofluid.it



LEADER DANS L'AMÉLIORATION DES SOLS

Rendez-vous aux JNGG
STAND D6



LES PROJETS, C'EST VOUS, LA PORTANCE, C'EST URETEK® !

L'alternative aux micropieux

L'INJECTION DE RÉSINE EXPANSIVE URETEK®
EST ADAPTÉE À TOUT TYPE D'OUVRAGES



- Rapide et économique
- Propre et sans nuisance
- Intervention sans aucune interruption d'activités

- Respectueux de l'environnement
- Expertise et accompagnement durant le chantier
- Garantie décennale



URETEK TV
Intervention
sur un immeuble
Haussmannien

www.uretek.fr

0 800 312 312 Service & appel
gratuits



Contactez
un ingénieur
URETEK®
près de
chez vous !



LA RÉFÉRENCE

Un certain nombre de sujets suscitent le débat et *Solscope Mag* doit aussi être vecteur de ces échanges constructifs. Suite à l'article « De l'utilité de la norme EN 10210 » paru dans la rubrique « Réglementation » de *Solscope Mag* de novembre dernier, la société DSI nous a demandé de publier un droit de réponse (p. 14). Le même article a suscité une réaction de Jean-Paul Volcke, Président de la CN JOG, membre de la CN ETG, animateur du groupe de révision du TA 95. À découvrir ci-dessous.

Une mise au point s'impose

L'article « De l'utilité de la norme EN 10210 » mélange différents sujets dont l'amalgame pourrait entraîner le lecteur vers des malentendus. La présente mise au point vise à prévenir ces malentendus et à aider l'utilisateur à s'y retrouver.

Le principal malentendu vient du terme « tirant ». Pour un charpentier métallique par exemple, toute barre en traction est un tirant. Par extrapolation, tout ouvrage géotechnique travaillant en traction devient donc un tirant, et c'est une ambiguïté que l'on retrouve dans l'usage de « l'ancrage » de l'Eurocode 3-5. Mais pour le géotechnicien, le tirant est d'abord un tirant d'ancrage au sens de la norme NF EN 1537 ou de la section 8 de l'Eurocode 7-1 : une structure géotechnique avec partie libre et une partie scellée, généralement précontrainte. La suite ne fera que décliner ce problème de terminologie.

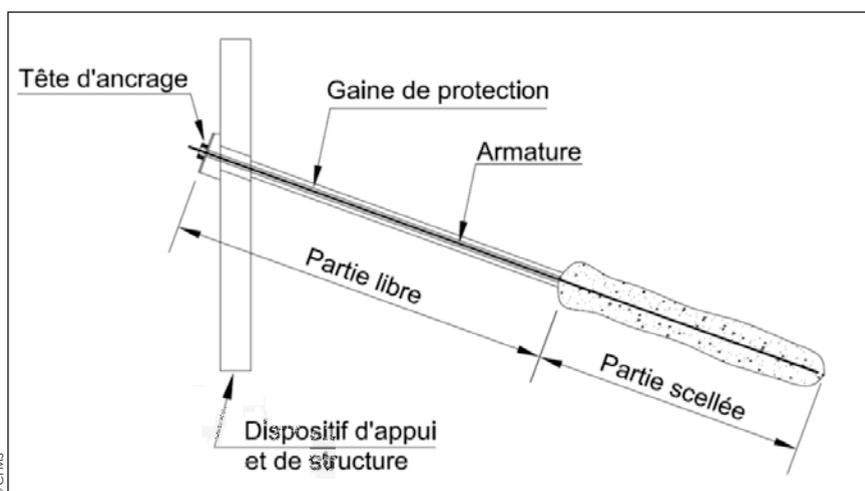


Transport de tirant.

DU POINT DE VUE DES RÉFÉRENTIELS DE CONCEPTION ET DE CALCUL

Le TA 95 est une recommandation qui date de l'époque où il n'existait aucune norme traitant des tirants d'ancrage, et bien avant l'avènement des normes européennes, dont les Eurocodes ; la question de la cohérence des textes doit se poser avant de juxtaposer des références à la norme européenne EN 10210 et au TA 95.

N.B. Conscient de l'intérêt d'un texte tel que les TA, le CFMS en a engagé la révision pour l'harmoniser avec les normes européennes, mais, à ce jour, il est prématuré et aléatoire d'extrapoler la version de 1995.



Exemple de tirant.

L'Eurocode 7 (NF EN 1997-1) a été amendé en 2014 justement sur la section 8 relative aux tirants d'ancrage ; cette section prend

en compte les tirants qui relèvent de la NF EN 1537 (NF EN 1997-1/A1 8.1.1 (2P)) ; la norme d'application nationale NF P 94 282 précise

**LEADER MONDIAL DES TRAVAUX
DE FONDATIONS SPECIALES**

- Renforcement de sol
- Fondations profondes
- Reprise en sous-œuvre
- Parois de soutènement

Présent en France métro,
DROM-COM, Maroc,
Algérie et Afrique
de l'ouest.

••• qu'« il convient que la longueur libre ne soit pas inférieure à 5 m » (NF P 94 282 12.1.1 (2) Note 2).

Tout autre ouvrage géotechnique travaillant en traction et sans longueur libre est calculé comme un pieu (NF EN 1997-1/A1 8.1.1 (3)P).

L'Eurocode 3-5 (NF EN 1993-5) peut sembler apporter de la confusion en utilisant le vocable « d'ancrage » pour décrire tous les systèmes travaillant en traction à l'arrière d'un rideau de soutènement (NF EN 1993-5 1.8.1). Mais la lecture du chapitre 7 lève vite cette ambiguïté en ne traitant pas des tirants précontraints (voir NF EN 1993-5 7.2.1 Note).

N.B. Rappelons en outre que les aciers de précontrainte (prEN 10138) sont en dehors du champ de l'Eurocode 3.

DU POINT DE VUE DES NORMES D'EXÉCUTION

Le texte du TA 95, même s'il annonçait vouloir traiter de tous les ancrages (au sens de l'Eurocode 3), ne décrivait de fait que les tirants d'ancrage (précontraints) ; pour ceux qui en douteraient

encore, qu'ils relisent le chapitre 5, « Mise en œuvre », qui s'achève sur le blocage du tirant !

Pour le géotechnicien, le tirant « d'ancrage » – terme souvent sous-entendu – relève de la NF EN 1537. Par défaut, il conviendra de se rabattre vers NF EN 14199 des micropieux et NF EN 1536 ou NF EN 12699 selon le type de pieux...

N.B. Mettons à part les clous qui sont associés à une notion de maille dans la norme NF EN 14490.

DU POINT DE VUE DE L'ACIER ET DES NORMES PRODUITS

C'est sur cet aspect, délibérément traité ici en dernier, que l'article est le plus exact. Bien entendu, la NF EN 10210 offre des garanties vis-à-vis de la ductilité, de la résistance à la fatigue ou de la durabilité. Effectivement les règles (de corrosion) reposent sur les caractéristiques des aciers de cette norme et des autres citées par l'Eurocode 3 (NF EN 10027, NF EN 10219, NF EN 10248...). Pour autant, les normes non citées (pensons à la NF EN 10080 des aciers de béton armé) doivent-elles être automatiquement rejetées ?

Par conséquent, il faut lire aussi la norme comme un pense-bête des questions non couvertes et des limites d'utilisation !

Si mon acier HA ne subit pas de sollicitations anormales pendant la mise en œuvre, pourquoi ne pas l'utiliser ?

Vous assemblez les barres par soudeure ? Dans quelles conditions sont-elles soudables ?

Les assemblez-vous par manchon ? Comment calculer le filetage ?

Si le manchon ne relève pas de la même norme (ce qui est très probable pour des barres nervurées), serait-ce neutre pour la corrosion ?

En conclusion, si vous avez besoin d'une structure géotechnique non précontrainte travaillant en traction, un acier relevant de la NF EN 10210 réunit probablement les qualités dont vous avez besoin (et ce n'est sans doute pas le seul).

Si vous avez besoin d'un tirant d'ancrage (avec longueur libre, a fortiori s'il est précontraint), un acier relevant de la NF EN 10210 n'est sans doute pas la solution à votre conception (mais cela ne peut être totalement exclu :



© DR

Sur le chantier du campus de Massy, 4 foreuses de tirants.



Lors de la mise en place de tirant.



Vue d'ensemble de tirants finis.

certain fournisseurs auraient des procédures et dispositions constructives pour matérialiser cette longueur libre).

Enfin, un tirant d'ancrage (au sens de la section 8 de l'Eurocode 7 et de la norme NF EN 1537) ne peut devenir définitif qu'au prix de protection (contre la corrosion). L'article ne fait pas mention de

cette possibilité pour un « ancrage autoforeur », ce qui l'exclurait de facto de ce domaine d'application. ■

Jean-Paul Volcke
Président de la CN JOG
membre de la CN ETG
animateur du groupe
de révision du TA 95



Vue dans un angle.



terrasol

setec

L'ingénierie géotechnique à forte valeur ajoutée

www.terrasol.com



INGÉNIERIE

- » Conception
- » Maîtrise d'oeuvre
- » Expertise

LOGICIELS

- » Développement
- » Assistance technique
- » Formation

Terrasol est un leader reconnu dans le domaine de l'ingénierie géotechnique, en France comme à l'étranger.



Paris
Tél : +33 (0)1 82 51 52 00
Fax : +33 (0)1 82 51 52 99
Email : info@terrasol.com

Lyon
Tél : +33 (0)4 27 85 49 35
Fax : +33 (0)4 27 85 49 36
Email : lyon@terrasol.com

Maroc
Tél : +212 537 77 48 41
Fax : +212 537 77 78 20
Email : t.elmalki@terrasol.com

Tunisie
Tél : +216 71 23 63 14
Fax : +216 71 75 32 88
Email : info@terrasol.com.tn

NF P 94 500 : retours d'expérience

Fin novembre dernier, le Syntec Ingénierie, l'UMTM, le CFMS, et la FNTP ont organisé une journée de présentation et de discussion autour de la version 2013 de la NF P 94 500.

L'objectif : dresser un bilan sur les retours d'expérience tirés de l'application de cette norme des missions géotechniques. Les apports de la norme, les difficultés rencontrées, les améliorations potentielles... Autant de points qui ont été également abordés lors de cette journée.

Un maître d'ouvrage (Windsor Ingénierie), un maître d'œuvre (Arcadis), une ingénierie géotechnique (Fondasol), une entreprise (GTS), un contrôleur technique (Socotec) et un assureur (SMA BTP) avaient répondu présent pour cet après-midi, ainsi que de nombreux participants (environ 170) représentant toutes les composantes de la filière géotechnique.

Les interlocuteurs ont tour à tour exprimé leur expérience de l'application de la norme, soulignant chacun les points qu'ils appréciaient et ceux qu'ils souhaitaient voir améliorer.

C'est Alban Martinat de chez Windsor Immobilier qui a pris la parole le premier pour donner l'avis du maître d'ouvrage. Après avoir rappelé les différentes phases de son intervention (prospection

foncière, obtention du permis de construire et enfin marchés de construction), il a situé son besoin à tous les stades d'optimiser techniquement ses projets... et d'éviter les sinistres. Partisan du travail en équipe, il a plaidé l'intégration à la maîtrise d'œuvre des missions géotechniques, soulignant qu'il avait été confronté à la coordination des prestataires et à la gestion des interfaces lorsque les missions géotechniques étaient fragmentées et sans vision d'ensemble. Il a également donné l'exemple de l'enchaînement des missions G2 à G4 qui pouvaient ne pas bien s'articuler, par exemple en cas de variante, ou lorsque la G4 n'a pas d'interlocuteur pour une G3 partielle.

Roland Parrot de chez Arcadis a complété cette vision. Il a, en effet,

présenté le fait que la géotechnique soit incluse dans la maîtrise d'œuvre comme une garantie qu'il y ait effectivement un géotechnicien à tous les stades de la construction. « *Il manque souvent d'un interlocuteur pour les G3, ou d'un "pilote" de G3 dès que les ouvrages géotechniques sont multiples* », a-t-il fait remarquer. Il a également ouvert la discussion sur l'absence de contenu obligatoire, selon les missions et les ouvrages.

Catherine Jacquard de chez Fondasol est à son tour intervenue, détaillant les différentes missions pour mieux insister sur les apports et les difficultés : difficultés lorsque les projets sortent de la loi MOP pour trouver la bonne lecture de la norme, et difficultés en cas de conception-réalisation, car « *l'application des missions n'est*



De gauche à droite : Alban Martinat, Windsor Immobilier ; Luis Carpinteiro, Socotec ; Christian Altazin, GTS ; Catherine Jacquard, Fondasol ; Jean Drivet, Terrasol ; Alexis Borman, SMA ; Jacques Robert, Arcadis.



Alban Martinat à gauche et Luis Carpinteiro.



Catherine Jacquard à gauche, Jean Drivet et Alexis Borman.

alors pas explicite », a souligné cette dernière. « Les G2 PRO sont parfois trop ciblées (sur un ouvrage particulier, sans recul suffisant). Les G3 présentent parfois le même défaut où la G3 est "complète", mais seulement sur une partie particulière de l'ouvrage. Certaines (petites) entreprises n'ont pas le savoir-faire requis pour des G3 satisfaisantes, et, enfin, les G4 interviennent encore souvent trop tard... », a déploré Catherine Jacquard.

Puis Christian Altazin de GTS a abordé la norme sous une perspective toute différente. « La norme a désresponsabilisé le maître d'ouvrage et le géotechnicien en faisant porter sur la seule entreprise les défaillances de l'enchaînement prôné par la norme », a-t-il commenté.

Christian Altazin a ensuite présenté les résultats d'une enquête interne. Cette dernière fait ressortir l'interrogation suivante : dans trop de circonstances la G2 PRO étant insuffisante, ne faut-il pas être plus directif dans les contenus ? « La G4 est au mieux trop tardive », constate Christian Altazin. Il a également souligné les lacunes de la rédaction actuelle vis-à-vis des variantes, des conceptions-réalisations, de la prise en compte de la méthode observationnelle...

Luis Carpinteiro de Socotec a insisté d'abord sur les points positifs : le rôle de chacun est maintenant connu, les missions sont clairement définies, le contenu des prestations est fixé. « Mais la G2 PRO n'est parfois pas assez exhaustive : il manque des paramètres,

seuls certains aspects sont traités, les niveaux d'eau sont souvent oubliés... Les G3 et G4 ne sont pas toujours au niveau des attentes ; en particulier, il y a rarement une coordination, par exemple au niveau de l'entreprise générale, de toutes les G3. Il y a aussi trop souvent confusion entre la supervision G4 et le contrôle technique », a-t-il commenté.

Enfin, Alexis Borman de la SMA BTP a apporté une vision différente et complémentaire, celle de l'assureur. Avec le bémol que 4 ans c'est trop court de son point de vue pour avoir suffisamment de retours. « La G2 (qui fait le dimensionnement) comme minimum et la concordance G3/G4 sont des points positifs. Les G2 qui s'arrêtent en phase AVP (en bâtiment) et les formalisations des missions G3 et G4 qui restent insuffisantes sont perfectibles », a-t-il détaillé. Ses propositions vont vers une G2 insécable ou pour rendre obligatoires les G3/G4 dans un certain nombre de cas, et que la G4 inclue une synthèse.

TABLE RONDE SUR L'UTILITÉ DE LA NORME

La journée s'est achevée avec ces participants autour d'une table ronde animée par Jean Drivet de Terrasol. Le débat fut consensuel sur l'utilité de la norme, animé quant au contenu des missions géotechniques et ouvert sur des améliorations utiles : sur le traitement des variantes, sur l'adaptation à des types de marchés très divers (bâtiment/génie civil ; « classiques »/ conception-réalisation, etc.).

Cette table ronde n'a fait que mettre en exergue les points communs aux divers intervenants, à savoir : unanimité pour trouver une place aux variantes ; acceptation du fait que scinder les types de marchés serait plus efficace ; prise en compte que certains sujets pourraient être mieux traités.

Mais le débat ne saura pas conclure sur un contenu minimal (qui serait plus précis que l'annexe A actuelle) des reconnaissances à mener selon les missions et les ouvrages.

La discussion fera aussi ressortir le fait qu'il n'est pas souhaitable de « révolutionner » le texte pour ne pas désorienter ceux qui commentent à peine à l'assimiler.

Cette journée fut riche en échanges et les organisateurs ont pu se féliciter de son succès tant du point de vue des discussions que de celui de la participation.

Le mot de la fin fut donné à Jacques Robert qui a reconnu que des adaptations à la norme NF P 94 500 étaient nécessaires. ■

Jean-Paul Volcke
du Soffons (UTM)

Cycle de vie des forages : la normalisation volontaire à la manœuvre

La France est à l'origine d'un programme européen visant à définir des bonnes pratiques tout au long du cycle de vie des forages d'eau et de géothermie. Explications avec Benjamin Laurent, chef de projet en normalisation, département construction et cycle de l'eau du groupe AFNOR – AFNOR Normalisation.

Solscope Mag : Pourquoi élaborer des normes volontaires ?

Benjamin Laurent : Parce que le marché et les professionnels du forage en premier lieu en ont besoin pour optimiser les ouvrages en limitant dans la durée leurs impacts environnementaux. Une norme volontaire franco-française, créée en 2007 à l'instigation du SFEG* et du BRGM**, a été révisée en ce sens en 2014 avec la contribution de l'AFPG***. Elle définit les bonnes pratiques pour la réalisation, le suivi et l'abandon d'ouvrages de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages. Ce document, référencé NF X10-999, apporte des repères là où la réglementation

fait défaut. En explicitant les principales caractéristiques d'un forage, il définit les moyens de prévenir ses impacts pendant sa réalisation, puis son exploitation. C'est un outil qui peut donc être utilisé par un donneur d'ordres lors de sa consultation.

Solscope Mag : Quels sont les enjeux du projet européen qui a débuté ?

Benjamin Laurent : L'objectif est de fournir aux professionnels en Europe un outil sur lequel s'appuyer pour améliorer la réalisation des forages. Cela passe aujourd'hui par une démarche collective visant à définir à l'échelle européenne et sur la base du document français les bonnes pratiques de forage et de la protection de l'environnement en utilisant l'expérience accumulée, l'un des principaux enjeux étant de capter l'eau sans polluer les nappes intermédiaires et le milieu environnant.

La France est à l'origine de la création du comité technique européen CEN/TC 451 qui couvre les forages d'eau et les boucles de sondes géothermiques. Elle en assure la présidence depuis sa création fin 2016. De nombreux pays européens comme l'Allemagne, l'Italie et la Suède sont impliqués. Plusieurs documents sont en cours de préparation ; ils seront soumis à enquête publique dans moins de 2 ans.



Un chantier de forage d'eau.

Benjamin Laurent, chef de projet en normalisation, département construction et cycle de l'eau du groupe AFNOR – AFNOR Normalisation.



Solscope Mag : Qui peut participer ?

Benjamin Laurent : La commission française est essentiellement composée de foreurs et d'hydrogéologues, directement ou via leurs syndicats professionnels. Le ministère de l'Environnement suit également les travaux. Nous espérons que des industriels, utilisateurs de forage, rejoignent le groupe. Plus nous serons nombreux et complémentaires, plus la voix de la France et le savoir-faire des professionnels de notre pays auront du poids. ■

Propos recueillis par
Aude Moutarlier

* SFEG : Syndicat national des entrepreneurs de puits et de forages

** BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières

*** AFPG : Association française des professionnels de la géothermie



EGA Rome : début des discussions avec les Italiens lors du congrès AQUA 2015 ; intervention de Jean-Pierre Cuny de chez Vauthrin Forages.

La location de qualité.

AIR COMPRIMÉ - ÉNERGIE - ÉLEVATION - MATS D'ÉCLAIRAGE

Rendez-vous au salon



PARIS

23-28 AVRIL 2018

Stand: 5A C 115



 **Giulloc**[®]
location et assistance d'excellence

LYON - PARIS

info@giulloc.fr - www.giulloc.fr

 **N° Indigo 0 820 31 30 64**

0,118 € TTC/MN

Détection et géoréférencement des réseaux : seules les entreprises certifiées peuvent désormais intervenir

En vigueur depuis le 1^{er} juillet 2012, la réforme anti-endommagement des réseaux et canalisations est entrée dans une nouvelle phase ce 1^{er} janvier 2018. Depuis cette date, seules les entreprises certifiées en localisation de réseaux sont habilitées à réaliser les prestations de géolocalisation des réseaux souterrains, de cartographie des réseaux pour géoréférencement et de géodétection des réseaux enterrés. Le point avec Laurent Poussereau, responsable d'exploitation chez Ecartip Groupe Fondasol.

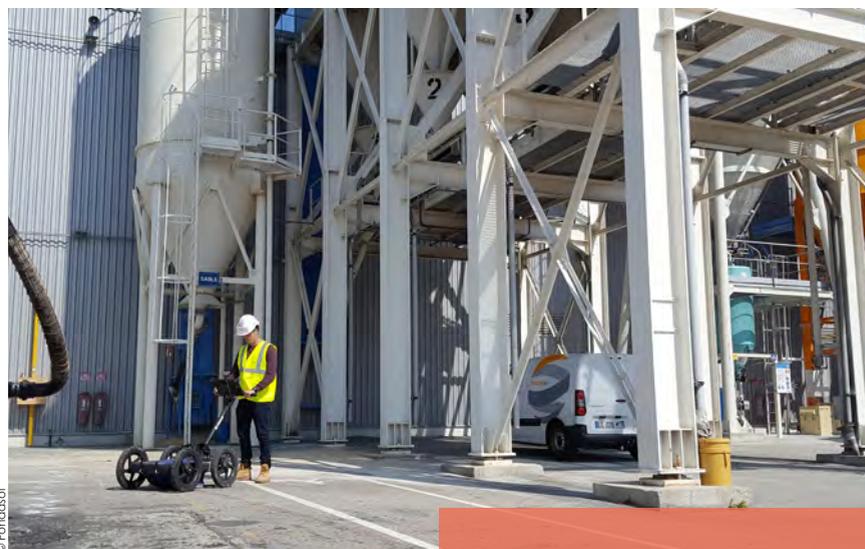
En effet, depuis le 1^{er} janvier de cette année, seules les entreprises certifiées en localisation de réseaux sont habilitées à réaliser les prestations de géolocalisation des réseaux souterrains, de cartographie des réseaux pour géoréférencement et de géodétection des réseaux enterrés.

Ces mêmes prestations sont sollicitées par les concessionnaires de réseaux ou les maîtres d'ouvrage en situation de devoir entreprendre des investigations complémentaires (IC) et de mettre en conformité leur patrimoine.

LES OBLIGATIONS AU 1^{ER} JANVIER 2019

Les premiers ont donc obligation, au 1^{er} janvier 2019, de mettre à disposition des maîtres d'ouvrage des fonds de plan et tracés géoréférencés de précision dite « Classe A » pour les réseaux sensibles (gaz, électricité...) enterrés en unités urbaines, et au 1^{er} janvier 2026 pour les réseaux hors zones urbaines.

Les seconds devront, au 1^{er} janvier 2019, en cas de présence de réseaux non classifiés A, mener toutes les investigations complémentaires nécessaires afin de garantir l'intégrité des réseaux et la sécurité des intervenants sur l'emprise des travaux pour les réseaux sensibles en unité urbaine. La certification en localisation de réseaux garantit au donneur



Lors d'une phase de détection.

d'ordre la fiabilité et la qualité d'intervention des prestataires sur un ensemble de critères administratifs, organisationnels, techniques, matériels et humains.

Certifié depuis novembre 2017 par Bureau Veritas, Ecartip Groupe Fondasol a ainsi procédé à la mise en place d'un système de management de la qualité portant sur l'organisation interne, les compétences et habilitations techniques des équipes, les moyens techniques et matériels, et les savoir-faire.

Dans une optique d'efficience organisationnelle optimale, certaines matrices ont par ailleurs été

Visant à prévenir et réduire les dommages et accidents susceptibles de se produire lors de la réalisation de travaux à proximité de réseaux souterrains, aériens et subaquatiques, la réforme anti-endommagement s'articule autour de 3 grands axes : la création d'un guichet national recensant tous les gestionnaires de réseaux afin de pouvoir identifier rapidement tous les exploitants sur un périmètre de travaux donné ; une nouvelle réglementation sur les déclarations préalables de travaux, incarnée par la demande de travaux (DT) et la déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) ; et un dispositif de qualification des intervenants, à travers l'autorisation d'intervention à proximité des réseaux (AIPR).



À droite sur le trottoir, marquage au sol après détection.



Signalisation lors d'une intervention.

créées en collaboration avec la chambre syndicale nationale des géomètres topographes (CSNGT).

La qualification du personnel et son respect de la réglementation anti-endommagement sont par ailleurs reconnus et garantis par l'attribution de l'AIPR (autori-

sation d'intervention à proximité des réseaux), obligatoire depuis le 1^{er} janvier 2018.

À l'issue de cette certification, Ecartip Groupe Fondasol est désormais référencé et enregistré sur le guichet unique national mis en place par le ministère de la

Transition écologique et solidaire, accessible depuis le site Internet «reseaux-et-canalisation.ineris.fr». ■

Aude Moutarlier en collaboration avec **Laurent Poussereau** Responsable d'exploitation, Ecartip Groupe Fondasol



FONDACTIONS SPÉCIALES & GÉOTECHNIQUE

Nouvelle interface pour les essais pressiométriques



Numero	Pression bar	V20 ml	V40 ml	Phase ml	A Volume ml
1	1,11	51	54	3	-
2	2,06	64	66	3	12
3	3,07	75	77	3	11
4	7,98	97	100	3	23
5	14,98	122	125	4	25
6	22,13	152	156	4	31
7	28,98	193	198	4	42
8	36,09	256	264	8	66
9	41,03	320	333	12	69
10	45,12	391	405	15	-

2 rue du Forbeth
64110 JURANÇON
FRANCE

+33 (0)5 59 06 34 22

www.jeanlutzsa.fr

Venez nous rencontrer !

PARIS
23 - 28 AVRIL 2018

INTERMAT Stand 5A B111

www.jeanlutzsa.fr

Une paroi forée à 100 mètres de profondeur en région parisienne



Dès l'annonce du lancement des travaux du Grand Paris Express et particulièrement des délais de livraison, les entreprises de fondations profondes ont été interpellées par les moyens matériels et humains utiles à ce challenge hors norme. Les premières esquisses ont situé nombre de stations à grande profondeur, ce qui impliquait que beaucoup de parois moulées devraient être réalisées au-delà des 50 mètres de profondeur : cette performance, rare jusqu'à présent, est donc devenue la règle dans ce projet d'exception.

Bien entendu, toutes les typologies des terrains de la région parisienne sont concernées ; certaines sont supposées faciles au forage, certaines sont connues pour être dures donc plus difficiles à forer, le pire résidant sans doute dans l'alternance des unes et des autres.

La stabilité des fouilles à de telles profondeurs dans ces sols, et la substitution du fluide stabilisateur par du béton dans ces conditions reposent au mieux sur une expérience ancienne et rare, au pire sont à inscrire sur une page blanche.

L'autre problème qui prend une ampleur particulière concerne l'étanchéité qu'on attend de tels ouvrages ; celle-ci va dépendre,

en effet, d'abord d'une verticalité très fine du forage et ensuite de la qualité des joints entre panneaux.

Est-il nécessaire de rappeler qu'on ne peut pas refaire un panneau « loupé » et qu'une réparation (qu'on peut imaginer sur un ouvrage en béton hors sol) est tout à fait hors de portée ?

Fort de ces constats, Sefi-Intrafor a pris le taureau par les cornes en s'imposant – avant tout chantier réel – une expérimentation en grandeur nature. Un emplacement fut donc libéré sur le dépôt de Grigny (Essonne), à moins de 50 m de la Seine, et les sondages (dont un carottage réalisé par les équipes spécialisées de Sefi-Intrafor) ont confirmé la



Carottage du chantier.

représentativité des sols. Peut-être même aurions-nous préféré étrenner notre nouvel atelier dans un sol moins difficile !



Sur le chantier, vue du cutter.

L'investissement dans un matériel de forage neuf, ayant les caractéristiques techniques appropriées au projet le plus lourd envisagé sur le Grand Paris Express, était une évidence. Le plot d'essai a permis à Sefi-Intrafor de valider les procédures de montage, d'effectuer les mises au point impossibles en usine, d'imaginer les procédures de maintenance... en un mot, de s'approprier le matériel.

Aussi expérimenté soit-il, le personnel a découvert ce nouveau matériel et, pour la plupart, les sensations de forage à grande profondeur. De ce fait, plus besoin d'une acclimatation sur le chantier : l'équipe est immédiatement opérationnelle.

Qui dit grande profondeur et forte épaisseur de paroi dit gros volume de boue à fabriquer, stocker, pomper puis traiter. L'espace n'étant pas la caractéristique première de la région parisienne, une centrale de traitement de boue compacte a donc été conçue, propre à travailler dans tous les sols. Le site d'essai, lui-même relativement exigu, a mis en situation les monteurs et les opérateurs, qui ont pu se familiariser avec cette unité de fabrication originale.

Du fait de la profondeur, les moyens de manutention et de bétonnage devaient être spécifiques. L'exiguïté du site a, là aussi, servi à l'entraînement des uns et des autres. Ne croyez pas que tout

se soit passé toujours simplement : la mise en place puis le dégagement d'une planche de 68 m ont nécessité plusieurs tentatives pour arriver au processus optimal !

Enfin, le forage d'essai n'a pas échappé à un aléa géologique majeur puisque, malgré des sondages préliminaires (jusqu'à plus de 100 m de profondeur), une dissolution de gypse s'est révélée en cours de forage : son traitement a requis la mise en œuvre de plus de 300 m³ de coulis. La perte de fluide stabilisateur lors de la descente du cutter fut l'occasion de solliciter la réactivité et l'initiative du personnel...

D'aucuns auraient trouvé ce programme déjà très riche, mais Sefi-Intrafor, fidèle à sa réputation, en a aussi profité pour mettre au point des innovations que l'on retrouvera prochainement sur de nombreux chantiers (et pas seulement à Paris).

Nous n'en décrivons qu'une, qui a fait l'objet d'un dépôt de brevet : la cale biaise.

Chacun sait que les panneaux ne s'emboîtent bien les uns après les autres que lorsque les plans de ces panneaux présentent un angle faible. Lorsqu'on réalise des parois circulaires (qui sont en réalité de plan polygonal), il est très difficile de disposer correctement la planche, et souvent on résout la difficulté au prix d'un hors-profil (un peu coûteux en espace, mais surtout vite onéreux en béton surconsommé).

La cale biaise se fixe sur la planche qui est donc « bien » positionnée et le forage du 2^e panneau est facilité.

Sefi-Intrafor n'a pas encore ouvert de chantier où les performances supérieures de son atelier seront mises à l'épreuve, mais d'ores et déjà la pertinence de la démarche a été démontrée puisque cet atelier a pris plus rapidement que prévu sa vitesse de croisière sur un chantier où la profondeur n'est « que » de 55 m, à Clichy. ■

Jean-Paul Volcke

Directeur scientifique, division
Fondations du groupe Fayat



Vue d'ensemble du chantier avec la centrale à boue (en jaune).

Approche globale des problématiques de cavités souterraines

Enjeu pour les villes car désormais situées en zones urbanisées, les cavités souterraines nécessitent plus que jamais d'être prises en compte dans les projets de construction. La gestion de leur problématique fait appel à plusieurs métiers qui peuvent exploiter des outils offrant une précision de captation et de modélisation croissante. Détails de la détection aux préconisations de confortement des problématiques de cavités souterraines.

Que les cavités soient d'origine naturelle (karst, vide de dissolution du gypse, suffosion...) ou anthropique (carrière souterraine, marnière, caves, sapes de guerre...), leur présence est un risque contre lequel le bâtisseur doit se prémunir.

Si l'on considère les cavités anthropiques, la situation la plus répandue est celle des marnières de l'ouest du Bassin parisien. Estimées à plusieurs centaines de milliers d'années, ces anciennes exploitations souterraines de craie ont été pour la plupart rebouchées de manière superficielle. Or, si elles se situaient à l'origine à la périphérie des villes et villages, elles se retrouvent aujourd'hui, avec le temps et le développement des zones urbanisées, en zones constructibles et fragilisées, provoquant chaque année plusieurs sinistres. (Figure 1)

La présence des cavités et le risque induit ne peuvent qu'inciter, lors d'un projet de construction, à conduire une étude spécifique. L'Inspection générale des

carrières (IGC) ou des organismes de contrôle (COPREC) émettent notamment des préconisations sur le contenu des études et la démarche globale à mettre en œuvre.

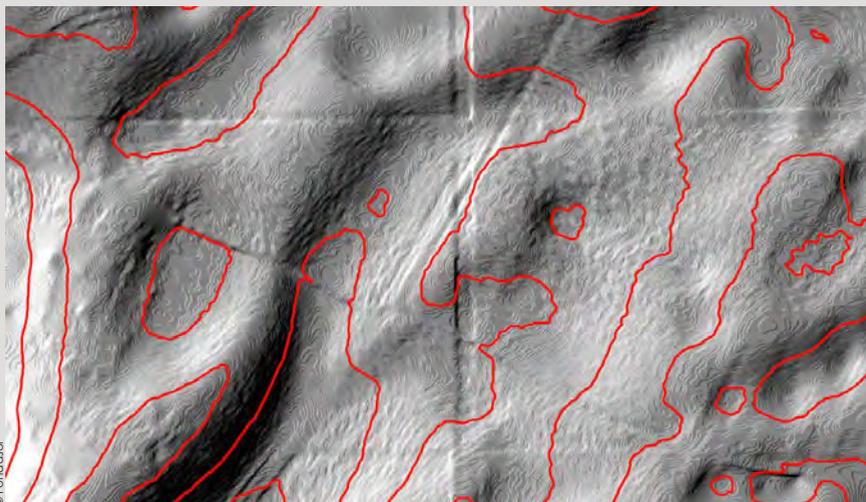
RECUEIL DE DONNÉES ET PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GÉOPHYSIQUE

Réalisées en plusieurs phases, ces études associent enquête bibliographique, enquête et reconnaissances de terrain, prospection géophysique et sondages de contrôle. De fait, qu'il s'agisse du géophysicien, du géologue ou du géotechnicien, chacun a son rôle à jouer.

La première étape d'identification de potentielles cavités repose, à l'échelle de la commune, sur la consultation des documents et cartes existants (cartes topographiques, cartes géologiques, modèles numériques de terrain (MNT) à grande échelle, cartes informatives, PPR, thèses et publi-



Figure 1 : Fontis à jour en zone résidentielle.



© Fondacoil

Figure 2 : Extrait de MNT RGE Alti®.

cations scientifiques, archives communales...), sans toutefois que cette liste soit exhaustive. (Figure 2)

Cette phase est complétée par une reconnaissance de terrain. Grâce aux nouvelles technologies, il est désormais possible de déceler des indices géomorphologiques en recourant à un drone. (Figure 3) Lorsqu'elle est possible, la visite de cavités accessibles permet par

ailleurs une meilleure caractérisation des cavités recherchées : taille, géométrie, morphologie...

Les éléments obtenus lors de cette première phase permettent de définir plus précisément la problématique et d'établir en regard le programme de reconnaissance géophysique le plus pertinent et le mieux adapté au contexte rencontré et aux cavités recherchées,



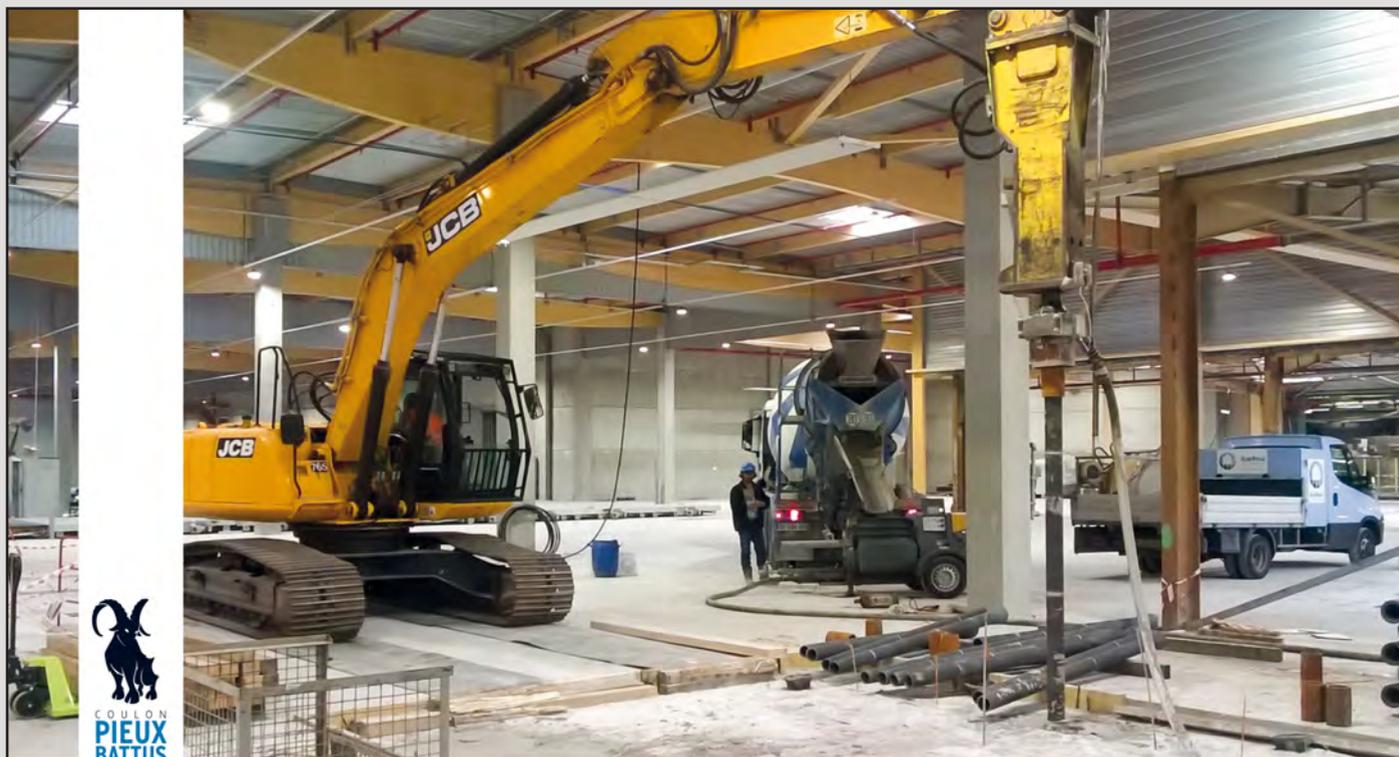
© Fondacoil

Figure 3 : Projet éolien : utilisation d'un drone pour recherche de dolines.

en termes de choix de méthode(s), de maillage, de longueur de dispositif...

DES OUTILS TECHNOLOGIQUES DE PRÉCISION AU SERVICE DE LA RECONNAISSANCE DES CAVITÉS

Différentes méthodes de reconnaissance peuvent, en effet, être mises en œuvre selon le contexte géologique (nature lithologique et épaisseur des formations), le contexte hydrogéologique (présence ou non d'une nappe) ...



PIEUX BATTUS EN FONTE DUCTILE TUBES PLUG&DRIVE® DE 5,0 M : RAPIDE, SIMPLE, SÛR !

Sarl COULON PIEUX BATTUS | 179 avenue de Paris, 71100 Chalon-sur-Saône, France | Tél. +33 (0)7 85 11 11 85 | contact@pieux-battus.fr | www.pieux-battus.fr

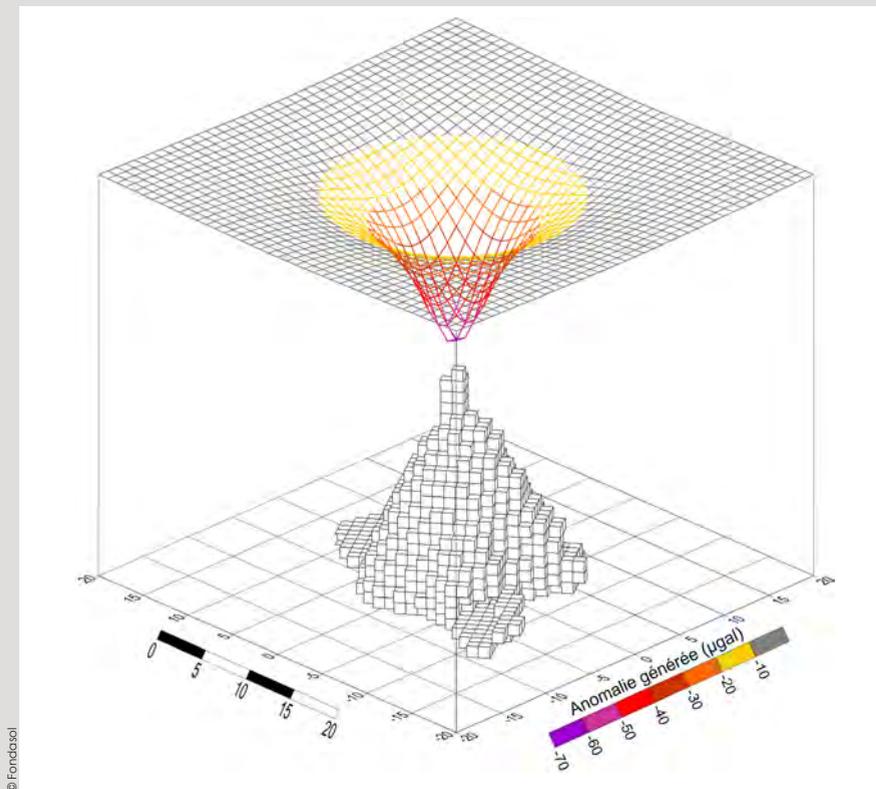


Figure 4 : Anomalie gravimétrique générée par une catiche.

... et les cavités recherchées (profondeur, géométrie, présence ou non de remplissage) : méthode microgravimétrique, méthode électrique multi-électrodes, méthode radar géologique, méthode électromagnétique, méthode sismique, méthode scanner 3D. Le contexte et le problème posé pourront déterminer le choix de la méthode, chacune présentant ses avantages et ses contraintes d'exploitation.

Les outils et les moyens de calcul du géophysicien lui permettent de modéliser la signature générée par une cavité en fonction de sa taille, sa profondeur et ses caractéristiques physiques (densité, résistivité...). Il peut ainsi évaluer la capacité de chacune des méthodes de prospection dont il dispose. (Figure 4)

Les anomalies mises en évidence par la géophysique doivent ensuite être contrôlées par sondages. Ceux-ci sont réalisés en rotation (et non en roto-percussion), en « gros » diamètre et avec enregistrement des paramètres de forage.

En cas de rencontre de vide franc, les sondages sont équipés pour permettre le passage d'une caméra endoscopique, et/ou d'une sonde laser ou sonar pour le dimensionnement. (Figure 5)

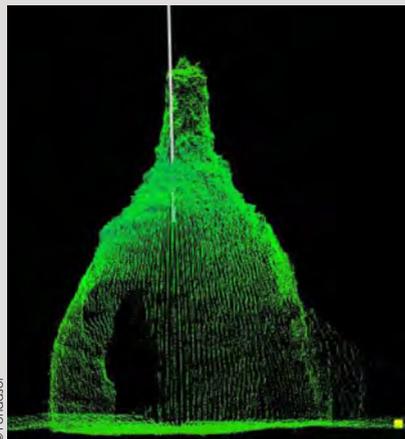


Figure 5 : Dimensionnement d'une catiche par sonde laser en sondage.

Si la taille du passage l'autorise, il est également possible de réaliser un scan 3D de la cavité, et de disposer ainsi d'une précision centimétrique. Dans le cadre du projet de construction d'un centre médical en zone urbaine à Lezennes (Nord), l'équipe géotechnique a fait appel à la technologie scan 3D proposée par Ecartip Groupe Fondasol pour modéliser avec une précision centimétrique la cavité d'origine anthropique située au droit du futur ouvrage (Figure 6). Si la modélisation 3D permet de définir et positionner les murs de barrage à poser avant injection

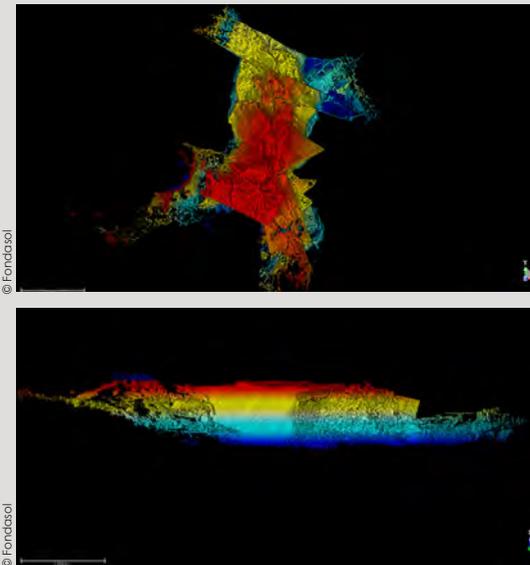


Figure 6 : Modélisation 3D de la cavité de face et de dessus.

et comblement, elle établit également avec exactitude le volume à combler, optimisant ainsi ce poste financier pour le maître d'ouvrage.

L'apport des nouveaux outils, et notamment des outils de dimensionnement des cavités identifiées, est à souligner en ce qu'ils permettent une plus grande compréhension de l'ensemble des données collectées. Corollaire du point précédent, ils peuvent également montrer combien l'interprétation de sondages ponctuels peut parfois être délicate et erronée.

PRISE EN COMPTE DES ANOMALIES DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES

Grâce à la caractérisation fine de la position et des dimensions des cavités, le géotechnicien est à même de modéliser l'impact de ces anomalies sur le projet, de définir le confortement ou le comblement le plus adapté, voire d'optimiser les coûts finaux pour le maître d'ouvrage.

La Figure 7 présente quant à elle un exemple de modélisation aux éléments finis de l'effet d'un effondrement de cavité dans le calcaire de Beauce, recouvert par environ 3 m de colluvions, avec apparition d'un fontis en surface. La mise en œuvre d'un réseau d'inclusions rigides sous radier (Figure 8) permet de limiter les effets de cet effondrement à des tassements acceptables pour la structure du projet. (Figure 9)

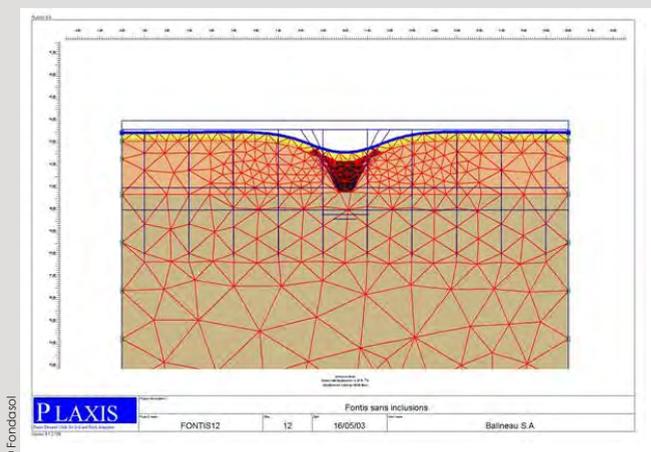


Figure 7 : Modélisation 2D de l'impact en surface, de l'effondrement d'un vide.

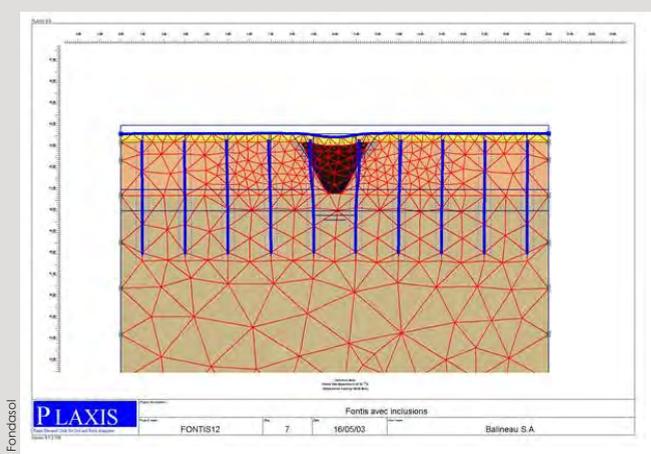


Figure 9 : Modélisation de l'efficacité du dispositif.

Dans d'autres cas, l'adaptation du projet va consister à conforter le sol en réalisant, selon le type d'anomalie, un comblement gravitaire des vides, un clavage des zones remblayées ou encore un traitement par injections des anomalies de type fontis.

Au stade de la conception, et pour ce type de traitement, Fondasol rédige des notes techniques définissant les principes de mise en œuvre du traitement : type d'injection ; produits à mettre en œuvre ; maillage et profondeur des forages d'injection ; principes d'injection et critères à retenir pour la réalisation des injections (volumes injectés, pressions atteintes, selon les débits d'injection) ; enfin, définition des objectifs à atteindre, généralement traduits par des critères de réception des injections, à partir d'essais *in situ* réalisés après traitement. La mise en œuvre d'une planche d'essai en début de travaux conditionne fréquemment ce type de travaux, car elle permet de valider la technique et la méthode proposée par l'entreprise retenue pour les travaux.

TRAVAUX DE TRAITEMENT ET MISSION G4

Au stade des travaux, la supervision géotechnique (mission G4 de la norme NF P94-500) est fondamentale pour ce type de travaux, car elle permet de s'assurer

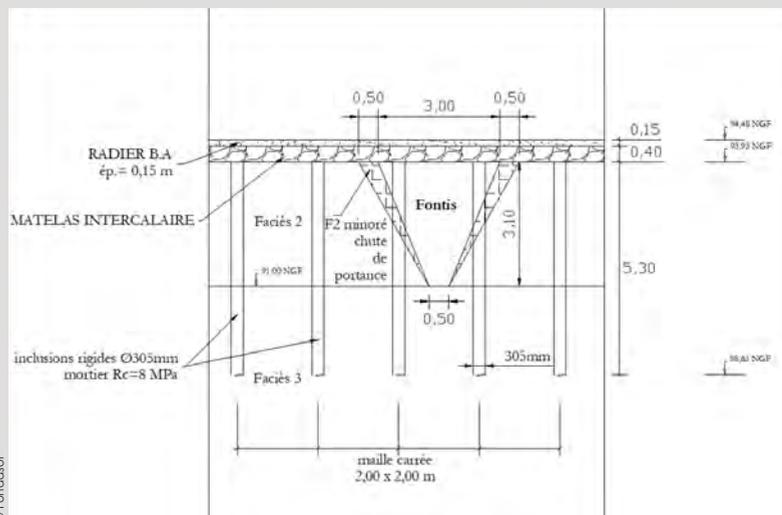


Figure 8 : Renforcement par inclusions rigides.

que le traitement envisagé est suffisant et permet d'atteindre les objectifs recherchés.

Les Figures 10 et 11 présentent ainsi un exemple d'injections de comblement d'anciennes carrières souterraines dans le calcaire grossier par injection gravitaire de mortier. ...

Le sol : une terre de réussite
Ingénierie et conseil en géotechnique • Expertise et diagnostic

3 agences :
Montluçon - Orléans - Nevers
Tél. : 09 66 98 21 32
www.appuisol.fr
contact.03@appuisol.fr

APPUISOL
Ingénierie Géotechnique

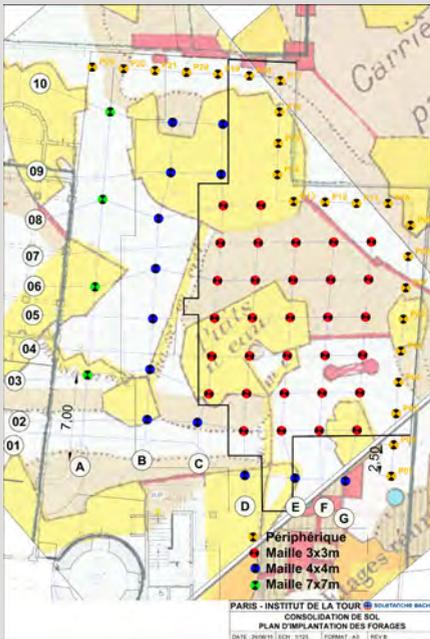


Figure 10 : Maillage d'injections de comblement du calcaire grossier (Institut La Tour, Paris 16^e).



Figure 11 : Remplissage gravitaire du forage B08 (Institut La Tour, Paris 16^e).



... Autre illustration à Antony, où la construction d'un EHPAD a nécessité le traitement préalable des zones de terrain très décomprimées par effondrement du toit des niveaux exploités au sein des masses et marnes du gypse du Ludien, et partiellement remblayées. Lors des investigations menées en étude G2, les enregistrements de paramètres de forage ont permis à Fondasol de localiser les niveaux à traiter, et de

définir les modalités de traitement pour réaliser les fondations du bâtiment en toute sécurité, à savoir : comblement gravitaire et par clavage des carrières souterraines et des zones broyées, et injection sous pression des anomalies de type fontis, à partir d'un tube à manchettes.

Afin de caler les modalités d'injection (zone à traiter et type d'injection), chaque forage réalisé par l'entreprise fait l'objet d'enregistrement de paramètres (Figure 12), tandis que les coulis ou mortiers mis en œuvre font l'objet de contrôles.

Après traitement, des sondages destructifs avec enregistrements de paramètres et essais pressiométriques sont mis en œuvre de façon à vérifier que l'objectif recherché est atteint, et conforme aux préconisations de l'Inspection générale des carrières.

Le compte rendu de fin de mission géotechnique G4 rassemble l'ensemble des données de suivi, rappelle les travaux réalisés et conclut quant à l'atteinte des objectifs par l'entreprise, ce qui permet au maître d'ouvrage une réception des travaux sans réserve. ■

Catherine Jacquard

Directrice technique Fondasol

Éric Petit-Jean

Expert géologue Fondasol

Franck Rivière

Responsable géophysique et mesures Fondasol

LA THP
La technologie haute performance

Fabricant de Sonde Pressiométrique Francis COUR

Courbes d'étalonnage

Volume (cc) vs Pression (bars)

Courbes d'étalonnage cellule d'eau

Volume (cc) vs Pression (bars)

LaTHP
ZI du Val d'Argent
8, rue des Indes
95100 Argenteuil

Tél : +33 1 39 80 01 06
Fax : +33 1 39 81 71 27
contact@lathp.fr

www.lathp.fr

Géotechnique
vision
360°

saga GROUPE **Ingenierie**

Une approche métier unique : **La vision géotechnique 360°**
Mobiliser tous les axes d'expertise **dans un esprit d'évolution et de service.**



- 20 Ingénieurs et Cadres
- 20 Techniciens
- Laboratoire géotechnique
- 50 personnes
- Dispositif informatique
- 1 500 dossiers par an
- 1 pôle R&D
- 10 ateliers de forage
- Parc machines de pointe
- Supports biblio. & doc.

info@saga-ingenierie.eu
www.saga-ingenierie.eu



Intermat 2018 : un événement incontournable de la construction et des infrastructures

Événement international majeur du secteur de la construction et des infrastructures, Intermat Paris a pour vocation de combiner tous les ingrédients de l'efficacité, mais aussi toutes les sources d'innovation et d'inspiration au service des projets de demain. Fort de sa position affirmée sur la zone EMEA (Europe, Moyen-Orient, Afrique), ce rendez-vous est devenu au fil des éditions une occasion unique de rencontres fructueuses entre tous les acteurs internationaux du marché de la construction.

Pour cette nouvelle édition, le Salon Intermat ouvrira ses portes du 23 au 28 avril 2018, à Paris-Nord Villepinte (Seine-Saint-Denis). Durant ces 6 jours, journées spéciales, conférences et tables rondes, visites de délégations étrangères... compléteront un programme unique pour accompagner les projets de construction de demain, accéder à des territoires à potentiel et en développement, favoriser

le business avec un écosystème qualifié et diversifié, et valoriser les innovations d'avenir d'un marché mondial en pleine expansion.

Cette année encore, le Salon, qui attend 180 000 visiteurs, est structuré autour de 4 grands pôles d'expertise : « Terrassement et démolition » ; « Bâtiment et filière du béton » ; « Levage, manutention et transport » ; et enfin : « Route, industries des matériaux et fondations ».

Ce dernier pôle qui concentre 21,3 % des 320 exposants du Salon se déroulera principalement dans le hall 5 A et réunira des produits phares du secteur du forage, du sondage, des fondations spéciales... *Solscope Mag* vous propose de découvrir les équipements de certains exposants présents sur ce salon. Le Hall 6 présentera aussi des nouveautés.

LE GROUPE LIM PRÉSENTE SES PRODUITS PHARES ET SES DERNIÈRES INNOVATIONS (HALL 5 A - ALLÉE AB - STAND 096)

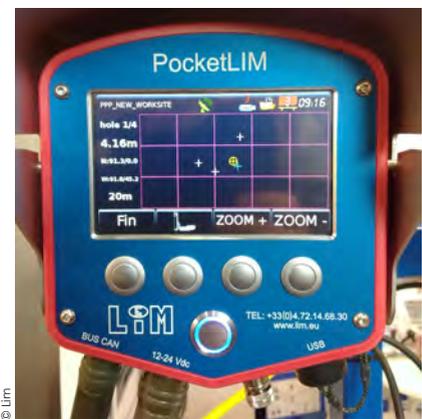
■ Le Pressiolim Auto permettant la réalisation de l'essai pressiométrique L. Ménard selon la norme NF EN ISO 22476 en mode automatique ou semi-automatique.

■ Une nouvelle solution de navigation et positionnement par GPS RTK (précision centimétrique) essentiellement dédiée au domaine du forage-minage.

■ Une solution Cloud Geo-Log4 qui

continue de s'étoffer par de nouvelles améliorations et fonctionnalités, en particulier une nouvelle solution tablette de chantier complètement intégrée au système.

■ Les sondes de diagraphies d'Electromind, partie intégrante du groupe Lim (leader pour la conception et la fourniture de sondes d'imagerie de parois, optiques et acoustiques).



© Lim

PTC DÉVOILE UNE NOUVELLE APPLICATION MOBILE (HALL 5 A - ALLÉE C - STAND 091)



© PTC

Spécialisé dans la conception et la fabrication des équipements pour les fondations et l'amélioration de sol, PTC expose des équipements « best-seller » tels que le vibrofonceur à moment variable 24HFV pour les travaux en zones sensibles, et le vibrofonceur sur pelle 7PHF pour les travaux d'extractions. L'une des actualités fortes de l'entreprise, au cours de ce Salon, est le lancement de sa nouvelle application mobile, qui est le prolongement des conseils donnés aujourd'hui par l'équipe commerciale et technique. Elle permet de définir en quelques secondes l'équipement adapté à un futur chantier de fondations à partir de quelques informations basiques telles que le type de profilé à enfoncer, la nature du sol et sa compacité. Le lancement de cette nouvelle application est le fruit d'un travail d'équipe, dont l'objectif est de répondre le mieux possible aux besoins des clients.

SENNEBOGEN MET À L'HONNEUR SES TROIS GRANDES FAMILLES DE PRODUITS (HALL E 6 - ALLÉE D - STAND 088)

Les gammes de produits Sennebogen à destination des professionnels de la construction sont articulées autour de 3 grandes familles de produits : les pelles à câble, les grues de chantier et les pelles de maintenance industrielle. Cette année, Sygmat et Sennebogen ont fait le choix de présenter 3 modèles emblématiques de ces gammes d'engins adaptés aux chantiers. La pelle à câble Sennebogen 670HD (70 T), dernière-née de la gamme des pelles à câble, sera présentée pour la première fois au public. Polyvalente, elle est idéale pour l'extraction de granulats en dragline, les fondations spéciales en benne à parois moulées, les forages de puits profonds à la louvoyeuse, Travaux de battage ou de forage, et bien sûr en opérations de levage ! La grue télescopique sur chenilles 673R (capacité nominale 70 t) est

présentée dans sa nouvelle définition, incluant des évolutions telles que : nouvelle cabine MaXcab2, nouveaux joysticks ergonomiques Sennebogen, garde-corps rabattables sur la tourelle permettant le transport de la grue sans démontage, fléchette longue de 15 m, rabattable sur la flèche offrant une hauteur de crochet jusqu'à 52 m, accessibilité optimisée aux organes mécaniques pour les opérations de maintenance...

Sygmat et Sennebogen ont aussi fait le choix de mettre en avant les pelles de maintenance industrielle, telle la 850 M, idéalement dimensionnée pour charger et décharger les barges, péniches ou camions, qui alimenteront les centrales à béton en amont des chantiers et permettront l'évacuation des déblais en aval.



© Sennebogen

JEAN-LUTZ PASSE DU BAP À L'ADN (HALL 5 A - ALLÉE B - STAND 111)

Avec le lancement de l'ADN au Salon Intermat 2018, le constructeur français modernise sa gamme et adopte les dernières technologies sur son système d'enregistrement des paramètres de forage et des essais pressiométriques. Rechargement des batteries par induction, modem et carte SIM désormais de série, connexion sans fil Bluetooth ou wi-fi entre la station d'acquisition et l'interface graphique, écran couleur à définition augmentée, et, surtout, la possibilité pour l'opérateur de saisir directement sur l'écran tactile les événements importants survenus en cours de forage en sont les principaux apports.

Le BAP qui, avec une première version en 2005, avait marqué le grand retour de Jean-Lutz SA dans la géotechnique, est désormais concurrencé par l'ADN, nouveau fer de lance de la marque pour l'enregistrement des paramètres de forage et des essais pressiométriques. L'ADN tire bien sûr parti de l'expérience acquise dans la mise au point du Dialog, lancé en 2011 pour équiper les machines de fondations spéciales, mais il a été spécialement développé pour s'adapter aux sondeuses conventionnelles utilisées en géotechnique. Pas besoin ici, par exemple, de piloter des électrovannes pour commander la remontée de la tarière ou l'injection de coulis. Il fallait en revanche concevoir un système moins encombrant et capable d'être installé sur des machines sans cabine. L'interface graphique, plus compacte, se présente ainsi sous la forme d'un écran de 8", mais disposant, par rapport au BAP, de la couleur (celui du BAP était monochrome) et d'une meilleure définition. Elle permet un confort de lecture sous toutes conditions de luminosité.

Liaison sans fil

Autre nouveauté, toujours par rapport au BAP, l'interface graphique n'a pas de liaison filaire avec la station d'acquisition embarquée qui recueille et « traduit » en paramètres de forages les signaux émis par les capteurs

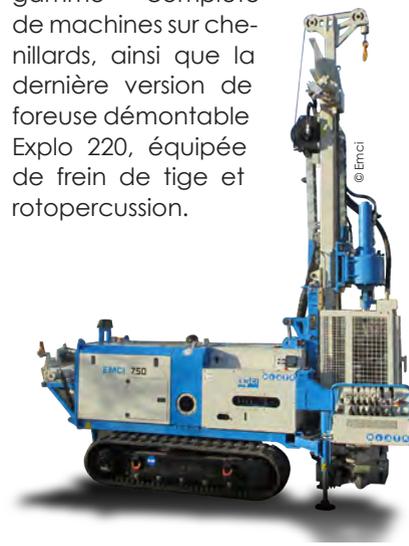


installés sur l'hydraulique de la sondeuse.

« En général, les paramètres sont au nombre de 5 : la profondeur de forage, la vitesse de forage, la pression d'injection du fluide de forage, la pression de poussée du train de tige et le couple de rotation. Mais le système n'est pas limité à 5 capteurs. La station peut parfaitement traiter des données supplémentaires telles que la vitesse de rotation d'outil ou le débit du fluide d'injection, qui sont fréquemment demandées en compléments pour les grands travaux autoroutiers ou ferroviaires », intervient Michaël Péronne, responsable du département géotechnique de Jean-Lutz SA. La station d'acquisition perd sa liaison filaire au profit d'une liaison wi-fi ou Bluetooth avec l'interface graphique. Cette dernière, dont la batterie dispose d'une autonomie prévue pour une journée, peut être rechargée par induction, lorsqu'elle est insérée sur la station d'acquisition.

EMCI PROPOSE SA GAMME DE CHENILLARDS (HALL 5 A - ALLÉE C - STAND 116)

3 ans après avoir exposé à Intermat le prototype de sondeuse E4.50, Emci exposera à l'occasion de cette nouvelle édition sa gamme complète de machines sur chenillards, ainsi que la dernière version de foreuse démontable Explo 220, équipée de frein de tige et rotoperçusion.



Écran tactile communicant

Le modem et la carte SIM sont fournis en série sur l'ADN, qui adopte d'ailleurs un modem 3G remplaçant le modem 2G proposé en option sur le BAP. Les données recueillies sont ainsi consultables en temps réel sur un serveur Jean-Lutz SA ou, si elle le souhaite, sur le serveur propre de l'entreprise de sondages. « L'intérêt est non négligeable puisque, grâce à l'écran tactile, l'opérateur peut saisir directement sur l'interface son carnet de chantier que l'ingénieur géotechnicien peut compléter à réception des données. De plus, nous adaptions ces fonctions aux méthodes propres à chaque entreprise. Des événements tels que le changement de l'outil de forage ou la panne d'un capteur peuvent ainsi être pris en compte plus rapidement. Cela permet d'être plus réactif pour lancer une intervention technique sur le matériel. Et même d'optimiser les temps de traitement des informations afin de délivrer au client son étude géologique au plus vite », conclut Michaël Péronne.

FRASTE



MITO8

- FONDATIONS
- MICROPIEUX
- TIRANTS D'ANCRAGE
- JET GROUTING



- PUISSANCE CAT C4.4
TIER 4 FINAL 110 Kw - 148 Hp
- POIDS 9900 Kg
- COUPLE MAX 2300 daNm
- TIR 7000 daN



www.fraste.com

CONTROLS : JOYEUX ANNIVERSAIRE ! (HALL 6 - ALLÉE H - STAND 023)

Controls Group, représenté par Controls France, présente des appareils de pointe conçus pour des essais de mécanique des sols, de route et de béton. Cette année, il fête un double anniversaire : les 50 ans de Controls Group et les 25 ans de Controls France.



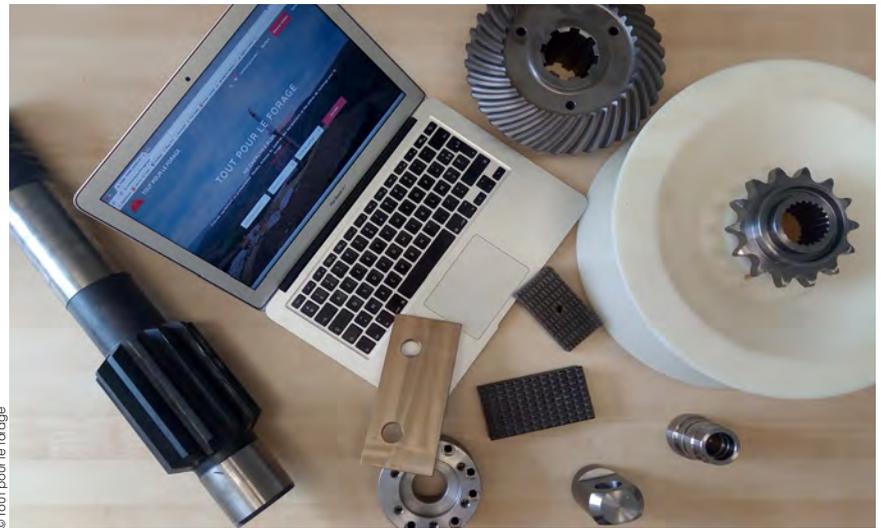
Controls présente de nouveaux appareils d'essais de mécanique des sols, technologie EmS. La nouvelle gamme d'appareils automatiques Wykeham Farrance donne accès à des systèmes d'essais de haute expertise, non seulement accessibles, mais de qualité supérieure et d'une grande précision. Adoptant la technologie la plus récente de servo-vérin électromécanique (EmS), la devise de la nouvelle gamme est de rendre les essais automatiques de sols accessibles pour tous. Les appareils suivants sont présentés : ACE EmS ; Shearmatic EmS ; et Hydromatic EmS. Une réelle innovation exclusive sera également présentée : les nouvelles Galileo & Galileo Recherche, presses de compactage à cisaillement giratoire entièrement électromécaniques. De plus, sur le stand, seront aussi



exposés : PAV (Pressure Aging Vessel) ; appareil bille et anneau automatique et pivot (pénétrömètre à bitume automatique). Enfin, Controls présente la machine de compression réputée Automax de 2 000 kN, comportant un bâti haute rigidité conforme à la norme EN, contrôlée par le système de commande et de contrôle automatique Automax.

« TOUT POUR LE FORAGE » : UNE PLATEFORME DE VENTE ET D'ACHAT DE MATÉRIELS SUR INTERNET (HALL 6 - ALLÉE A - STAND 019)

Lancé en mai dernier, « Tout pour le forage » met les vendeurs et les acheteurs de matériels et d'équipements de forage en relation. Fabricants, distributeurs et entreprises de travaux qui veulent se séparer d'équipements sous-utilisés ou qui souhaitent s'en procurer. La plateforme envisage également de leur proposer différents services : recherche de prestataires, formation, emploi, dépannage et réparation sur site. Spécialiste du numérique (gestion d'entreprise, e-commerce, réseaux sociaux...), Charles Ele a été responsable puis directeur « digital » d'un grand fabricant français de matériel de forage pendant 4 ans. Ce « *digital native* », comme il se présente, a mis cette expérience à profit pour connaître l'écosystème des métiers de la spécialité. Son passage dans le secteur lui a permis de dresser différents constats. Premièrement, les commerciaux ont tendance à travailler indépendamment les uns des autres, sur la base de leur seul portefeuille de clients ; deuxièmement, ils ne se servent pas ou peu des outils digitaux pour localiser



leurs prospects ; troisièmement, les techniciens des services après-vente ne sont guère plus familiers de ces outils. Le lancement de « Tout pour le forage » découle de cette autre observation : « *Pour acheter et pour vendre du matériel, ou pour le dépanner en cas de problème, ils privilégient la réponse la plus rapide et la plus proche.* » Le site vérifie le sérieux des vendeurs de matériels et des acquéreurs potentiels. « *Nous soulageons des aspects commerciaux et marketing de la transaction* »,

commente le fondateur. Les protagonistes négocient et finalisent la transaction sur son interface. Les premiers perçoivent le montant de leur vente (placé sur un compte séquestre) une fois que la machine ou l'accessoire a été livré. La plateforme se rémunère en prélevant une commission sur le montant de la vente. Comprise entre 5 et 12 % de celle-ci, elle varie en fonction de différents paramètres : la nature du produit, la distance ou le délai de livraison...



PIACENZAEXPO

SAVE THE DATE

3 - 6 October 2018
Piacenza - Italy

GEO FLUID

Drilling & Foundations

22nd International Exhibition & Conference
of Technology and Equipment
for Prospecting, Extracting and Conveying
Underground Fluids



www.geofluid.it

The most important international event for Drilling & Foundations

PIEUX BATTUS EN FONTE DUCTILE : TUBES PLUG&DRIVE DE 5 MÈTRES : RAPIDES, SIMPLES ET SÛRS ! (HALL 5 A - ALLÉE B - STAND 091)

Coulon Pieux Battus Sarl est présent avec une solution de pieux battus en fonte ductile. Le distributeur officiel et exclusif pour la France, la Suisse et le Benelux expose en grandeur nature son système d'emboîtement conique Plug&Drive et une gamme complète d'accessoires

pour pieux type BAF « battu acier fermé » et BE « battu enrobé ». Un multimédia permet aux visiteurs d'apprécier les avantages des techniques de mise en œuvre par battage avec refoulement du sol. La société de négoce basée à Chalon-sur-Saône témoigne de

plus de 200 références en France et participe au concours des Intermat Innovation Awards 2018 sur le thème « Les pieux battus en fonte ductile : une solution de fondations profondes écoresponsable, un matériau 100 % recyclé, extrêmement résistant aux chocs et

SOL SOLUTION PRÉSENTE PLUSIEURS NOUVEAUTÉS (HALL 5 A - ALLÉE B - STAND 112)

La première nouveauté est la nouvelle génération du pénétromètre dynamique léger à énergie variable Panda, pour réaliser de la reconnaissance des sols et du contrôle de compactage. Le tout dernier modèle de Panda conserve les fondamentaux qui ont fait son succès international, à savoir utiliser l'énergie variable manuelle pour battre le train de tiges et la pointe du pénétromètre à enfoncer dans le sol, et s'affranchir d'avoir en plus à transporter une source d'énergie. Ce concept lui permet de rester un matériel aisément portable (valise ou sac à dos), que ce soit en voiture, en avion. Là où l'opérateur peut accéder, l'essai au pénétromètre peut être réalisé, quelles que soient les conditions. De plus, l'opérateur peut adapter son énergie de battage à la dureté des terrains rencontrés,

notamment dans les sols mous et très mous, de manière à obtenir un signal composé d'une multiplicité de points, rendant le pénétrogramme plus riche et d'une meilleure finesse que n'aurait donné un pénétromètre beaucoup plus lourd. Les évolutions de cette nouvelle génération résident sur le traitement des données enregistrées sur le terrain et l'interprétation immédiate que l'opérateur peut en faire. Des nouvelles fonctionnalités (écran couleur et tactile, GPS intégré, multilingue...), le logiciel associé évolue aussi avec des applications de contrôle de compactage et de reconnaissance. Les étalonnages annuels sont d'ores et déjà disponibles sur cette version.



Sol Solution propose aussi une batteuse légère électrique d'un poids total de 18 kg (masse de battage de 10 kg).

SOMAC : L'ARMÉE DE L'AIR LUI FAIT CONFIANCE (HALL 5 A - ALLÉE C - STAND 095)

La société Somac, créée en 1990 par Christophe Palica, actuel gérant, accompagné de ses 17 salariés, a conçu, fabriqué et entretenu dans ses ateliers un total de 1200 machines de forage. Historiquement distribuée et vendue par Sedidrill pour la géotechnique, la géothermie, le forage d'eau et les microfondations, sa gamme de sondeuses et de foreuses s'étend de 10 à 300 ch, et de 500 kg à 25 t. Somac commercialise également à travers sa filiale Pariquip, tout l'équipement de forage lié aux différents domaines d'activités (tarières, tiges, outils, compresseurs...). Pariquip dispose aussi

d'un important parc de location de machines et d'accessoires. De plus, Somac est fière d'avoir remporté courant 2017 l'appel d'offres de l'armée de l'air pour la fourniture d'un ensemble de forage comprenant une machine de forage type SD 410 W, un rack à tiges, un compresseur et une unité de cimentation. Les contraintes techniques étaient diverses, avec entre autres : obligation de pouvoir utiliser un carburant soufré avec des moteurs Diesel homologués CE ; aérotransportabilité de tous les sous-ensembles (adaptés au dernier avion de transport français l'A 400 M Atlas). Cet ensemble sera exploité par le GAAO



(groupement aérien d'appui aux opérations) qui sera en charge de réaliser les forages d'eau pour les bases aériennes en opérations extérieures.

à la corrosion ». Les tubes, d'une longueur standard de 5 m, sont préfabriqués et commercialisés en 2 diamètres et 5 épaisseurs. Le procédé permet de réaliser des pieux de longueurs infiniment variables jusqu'à des charges de service de 15 t - 150 t ELS avec du matériel compact et léger. « Le Salon Inter-mat est un temps fort de rencontres

et d'échanges entre professionnels, et l'édition 2018 collabore à une conjoncture économique déjà bien orientée. Nous attendons une forte affluence de visiteurs et nous réjouissons de ce moment », souligne le gérant Jérôme Coulon.



© Coulon PieuX Battus Sort



© Llamada

LLAMADA, UN CONCEPT SPÉCIFIQUE (HALL 5 A - ALLÉE C - STAND 105)

Après plus de 40 ans d'innovation, les machines de forage Llamada sont considérées comme efficaces et rentables pour les sociétés les plus exigeantes et spécialisées dans le domaine de la fondation et des pieux. Les produits concentrés dans les foreuses de tarière creuse sont conçus afin d'être très adaptables aux besoins de chaque client. Sur ces dernières machines, l'industriel a réduit le poids et les dimensions d'environ 40 % par rapport aux autres fabricants, ce qui améliore la stabilité de la machine et les conditions de travail des

opérateurs. Ces aspects, avec une forte performance en termes de productivité, rendent les foreuses très compactes et particulièrement efficaces. Llamada propose aussi de nombreuses options pour configurer et adapter les machines à chaque projet spécifique.



© Llamada

ARCELORMITTAL, LE SPÉCIALISTE DES PALPLANCHES ACIER LAMINÉES À CHAUD (HALL 5 B - ALLÉE H - STAND 002)

Les palplanches en acier laminées à chaud et profilées à froid sont largement utilisées à l'échelle mondiale pour la construction d'ouvrages portuaires, tels que murs de quais et brise-lames, d'écluses, ou pour le confortement de berges dans les rivières et canaux. D'autres applications typiques sont les batardeaux, les blindages de fouilles, les culées de ponts, les murs de soutènement de trémies ou parkings souterrains, les murs de confinement étanches, etc.

ArcelorMittal est le n°1 mondial de l'exploitation sidérurgique et minière. La société est également leader mondial dans la production de palplanches acier laminées à chaud. ArcelorMittal Palplanches est responsable de la vente, du marketing et de la promotion de solutions de fondations. Elle propose par ailleurs une gamme complète d'accessoires nécessaires à la réalisation d'une solution complète de fondations, tels que des tirants d'ancrages, des liernes, des palplanches spéciales, des palplanches revêtues de peinture, des casques de battage, etc.

© ArcelorMittal





BOHRTECHNIK FÜR DEN SPEZIALTIEFBAU

TECHNIQUE DE FORAGE POUR FONDATIONS SPÉCIALES

- Tarières CFA et refoulement
- Godets Kelly
- Soilmixing
- Table de rotation
- Touret d'injection





STDS-JANTZ GmbH & Co. KG
 Röntgenstraße 44 • D-57439 Attendorf
 Tel.: +49 (0) 27 22 - 93 83 - 3 • www.stds.de
 Service de vente: Marnik Janssens
 Tel.: +32 (0) 4 78 - 74 82 60 • marnik@stds.be

Innovation permanente et proximité : les maîtres mots d'Uretek

« *Dynamisme, savoir-faire et qualité sont les valeurs propres à Uretek et font partie de son ADN* », explique Andrea Birtele, directeur général d'Uretek France. Spécialiste depuis plus de 25 ans dans l'amélioration des sols en profondeur et la stabilisation d'ouvrages par injection de résine expansive, cette entreprise n'a de cesse de se développer et se lancer dans de nouveaux procédés.

La société Uretek France est, en effet, spécialisée depuis plus de 25 ans, dans l'amélioration des sols en profondeur et la stabilisation d'ouvrages par injection de résine expansive. Ses procédés exclusifs sont une alternative aux techniques traditionnelles de reprise en sous-œuvre (micropieux, pieux, coulis) avec l'avantage d'être plus rapides à mettre en œuvre, plus économiques et surtout moins invasifs. Grâce à son savoir-faire et sa parfaite maîtrise technique, plus de 14 000 bâtiments ont d'ores et déjà été traités sur le territoire français.

Attachant beaucoup d'importance à ces vertus que sont l'innovation permanente et la proximité, Uretek, qui vient de renforcer son équipe commerciale, ne cesse de se développer grâce à une équipe de R&D recherchant constamment des solutions pour améliorer les procédés existants, de nouvelles formulations de résine ou encore des techniques inédites pour élargir le champ de ses compétences. Elle propose ainsi pour cette nouvelle année deux nouveaux procédés : Deep Injections Ultra et Water Barrier.

UN RENFORCEMENT DE SA FORCE COMMERCIALE

Afin de toujours apporter une réponse sur mesure et 100 % adaptée à ses clients, Uretek innove régulièrement. Pourtant, là n'est pas sa seule préoccupation comme le souligne Richard Moulettes (directeur commercial d'Uretek France) : « *L'innovation est certes indispen-*



© Jean-Eric By / TOUTÉcrit

Réalisation des injections avec retrait des tubes d'injection sur le chantier de la RD 990 à Gilly-sur-Isère.

sable pour perdurer, mais garantir une qualité de service optimale l'est tout autant. Cela passe par la proximité avec nos clients, le délai des réponses apportées ainsi que la parfaite maîtrise technique de nos ingénieurs pour offrir la prestation la plus adaptée. » Avec le recrutement et la formation de trois nouveaux ingénieurs d'affaires hautement qualifiés et d'un responsable grands comptes, Uretek renforce sa couverture sur le territoire national pour optimiser l'expérience client.

À LA CONQUÊTE DE NOUVEAUX MARCHÉS

Avec le développement du Grand Paris, Uretek cherche également à faire valoir son expertise pour le traitement des infrastructures

de transports. Actuellement en plein essor, l'usage des procédés d'injection de résine expansive Uretek permet d'intervenir en curatif pour solutionner les problématiques d'affaissements ou de pianotages de dalles en stabilisant l'infrastructure, ou en préventif grâce à l'amélioration des caractéristiques mécaniques du sol pour prolonger la durée d'exploitation de la voie et, le cas échéant, lui permettre de résister à de nouvelles sollicitations (charges supplémentaires, augmentation du trafic...).

À ce titre, de nombreux chantiers ont déjà été réalisés :

- Sur des routes : traitement d'un battement de dalles sur la barrière de péage de La Négresse, à



LGV nord-européenne à Guyancourt.

URETEK EN BREF

- Plus de 25 ans de savoir-faire
- 14 000 ouvrages stabilisés en France
- 25 agences régionales réparties sur tout le territoire
- 1^{re} société d'amélioration de sols à avoir obtenu un ATec du CSTB
- 50 pays où Uretek est présent



Chantier d'un mur de soutènement à Sainte-Maxime.

Biarritz ; renforcement de la RD 990 à Gilly-Sur-Isère ; intervention sur la RD 1555 à Trans-en-Provence suite à des effondrements sous un mur de soutènement...

- Sur des aéroports : élimination d'un battement de dalles à l'aéroport Lyon-Saint-Exupéry ; plusieurs traitements de sols pour les aéroports de Paris...
- Sur des voies ferrées : stabilisation d'une voie SNCF à Cestas suite à la réalisation d'une TSV ; intervention sur la LGV nord-européenne ; consolidation de postes d'aiguillage...
- Sur des digues et ouvrages de soutènements : renforcement des perrés du quai de la Divette, à Cherbourg ; confortement d'un mur de soutènement à Sainte-Maxime ; confortement du terre-plein sous le chemin côtier de Saint-Brevin-les-Pins...

En 2018, les gros chantiers seront aussi visés par Uretek, qu'ils concernent de grands ouvrages tels que des immeubles d'habitation ou tertiaires, des bâtiments industriels et entrepôts ou encore des bâtiments anciens et délicats.

LA SURVEILLANCE RADAR : UN ATOUT POUR LES OUVRAGES SENSIBLES

Après le succès international du procédé Deep Injections, l'entreprise vient de développer ...

APROMÉTAL

Atelier de production dédié aux chantiers de T.P.

Travaux de soudage et d'assemblage pour la fabrication de platelages, liernes et butons, de chaises d'appui, de structures simples ou complexes (passerelles, garde-corps, coffrages,...)

Et aussi la livraison de poutrelles type HEB, HEA ou HEM, de tôles planes ou pliées avec découpes, de palfeuilles,...

Visitez notre site www.aprometal.fr et contactez-nous par téléphone au 03 85 36 05 95 ou par mail à l'adresse contact@aprometal.fr

APROMÉTAL

342 Route de Senozan - 71118 Saint Martin Belle Roche - Tel. 03 85 36 05 95



◀ Radar utilisé dans la phase de travaux avec Deep Injections Ultra.



◀ Procédé Water Barrier dont l'objectif est de concevoir une épaisse barrière imperméabilisante à l'arrière d'une structure enterrée pour mettre un terme aux venues d'eau.

••• Deep Injections Ultra, une nouvelle technique d'amélioration des sols combinant la force de sa résine expansive à une surveillance radar du bâtiment sous-jacent à la zone du traitement. Ce dispositif radar offre un contrôle structurel tridimensionnel en temps réel : quelle que soit sa direction, le moindre mouvement sur l'ouvrage sera identifié et notifié sur un écran de contrôle. Les données sont relevées avec une précision de l'ordre d'un dixième de millimètre. À chaque instant, le bâtiment est scanné pour répertorier les mesures sur plus d'une centaine de points prédéfinis. Un opérateur spécialisé est chargé d'analyser les réactions de l'ouvrage et pourra,

si besoin, visualiser un point particulier de la structure. La solution

Deep Injections Ultra offre une amélioration des sols en toute sécurité pour tous les ouvrages sensibles tels que des monuments historiques, grands immeubles, ouvrages d'art... Ce procédé fait actuellement l'objet d'une demande de brevet international n° W02017/013014.

L'IMPERMÉABILISATION DE STRUCTURES ENTERRÉES

Nombreux sont les ouvrages sujets aux infiltrations d'eau qui favorisent l'installation d'une humidité excessive pouvant, à terme, rendre des locaux impropres à leur destination. Partant de ce constat, l'entreprise a mis au point le procédé Water Barrier dont l'objectif

est de concevoir une épaisse barrière imperméabilisante à l'arrière d'une structure enterrée pour mettre un terme aux venues d'eau. À l'aide de sa double action, cette solution garantit un remplissage homogène des cavités présentes dans le sol, mais également celles situées entre la maçonnerie et le sol. Dans un premier temps, une injection de résine expansive est réalisée pour saturer les macro-vides à l'arrière du voile contre terre. Par la suite, un gel saturant est utilisé pour compléter l'action de la résine en comblant tous les micro-vides non atteints. L'efficacité des injections est immédiate, aucun temps de séchage n'est à prévoir. La technique Water Barrier est parfaite pour traiter des structures pleines et enterrées, peu importe leur année de construction : parkings souterrains, sous-sols, caves, fosses d'ascenseur... Cette solution est protégée par le brevet européen n° EP 2 976 467. ■

Aude Moutarlier
avec la collaboration d'Uretek



GÉOTECHNIQUE

sciences de la terre sas

Bureau d'études en ingénierie géotechnique, le Groupe GEOTECHNIQUE SAS, est, depuis juin 2016, dirigé par Rémy BROSSARD, Président, Vincent JAMET, Directeur des Opérations et Nicolas BRUNET de SAIRIGNE, Directeur Technique, trois anciens salariés du Groupe.

Que vous soyez architecte, entreprise générale BTP, bureau d'études structures, promoteur immobilier ou une collectivité publique, industriel, entreprise publique ou para publique mais également particulier, le Groupe GEOTECHNIQUE SAS répond à toutes les demandes dès qu'il s'agit d'apporter une expertise en études des sols dans un projet de construction.



QUALITE / FORMATION / COMPETENCE :

Grâce à :

- leur parfaite connaissance des sols qu'ils étudient depuis plus 30 ans,
- leur haute technicité maintenue et développée par des formations continues,
- la maîtrise de la totalité de la chaîne de production de leurs études (sondage, laboratoire, ingénierie),

Les équipes de GEOTECHNIQUE SAS garantissent une qualité de service optimale à leurs clients. Nous sommes constamment à la recherche de nouveaux talents à chaque stade de notre métier (sondeurs, techniciens, ingénieurs).

Des collaborateurs diplômés des grandes écoles dirigés vers la géotechnique et l'environnement sont récemment venus renforcer nos équipes avec la création d'un « Pôle ingénierie et technique » au sein de notre groupe pour soutenir les ingénieurs dans leur mission G2 PRO, G3 et G4. Nos perspectives de développement sont importantes en France mais aussi à l'étranger, ce qui ouvre de réelles possibilités d'évolution pour nos collaborateurs. Avec une moyenne d'âge inférieure à 40 ans, notre Groupe s'inscrit dans une politique de fidélisation de ses salariés.



PROXIMITÉ / OPTIMISATION :

Avec 12 agences en France et 90 collaborateurs, GEOTECHNIQUE SAS propose des prestations les plus attractives en termes de délais d'intervention et de prix.

Au-delà des études de sol, la société complète son offre de service par un département « Environnement » qui réalise des études hydrogéologiques, d'assainissements, hydraulique, pollution et diagnostic amiante sur enrobé.

Le Groupe GEOTECHNIQUE SAS est présent dans les secteurs majeurs, à savoir : BTP, Génie Civil, Industrie, Energie.

Alt'Ancre, c'est le savoir-faire en matière d'ancrage au sol

Spécialisée dès sa création en 2013 dans les fondations superficielles à semi-profondes, puis, au fil du temps, dans les ancrages innovants au sol, Alt'Ancre est aujourd'hui une structure lyonnaise de huit personnes (ingénieurs de dimensionnement, ingénieurs-concepteurs de solutions techniques, conducteurs de travaux et techniciens de production) capable de proposer des solutions adaptées à moindre coût, dans le respect de l'environnement et en jouant la carte de « l'ancrage écologique ».

Enjeu essentiel de la construction dans le bâtiment, les fondations, qu'elles soient superficielles et/ou profondes, représentent un budget important pour une entreprise en charge de mettre en œuvre cette phase. Face à ce paramètre et reconnue pour ses compétences dans le domaine des ancrages innovants au sol pour les ouvrages légers (charpente aluminium, bois, métal), les équipements de chantier (barrières, potelets), le mobilier urbain (totems, arceaux à vélos, etc.), sans oublier le haubannage de pylônes électriques ou de bases nautiques, la société Alt'Ancre propose de nombreuses solutions économiques, rapides à mettre en œuvre et écologiques qui permettent de considérablement limiter les terrassements et les quantités de béton.

À LA POINTE DE L'INNOVATION

Pour répondre aux demandes de plus en plus spécifiques de ses clients, les ingénieurs et toute l'équipe de production de chez Alt'Ancre planchent constamment sur des solutions complémentaires telles que les techniques d'ancrage. Parallèlement, l'entreprise, fort bien implantée sur le territoire français, et qui intervient désormais en Belgique et en Suisse, a acquis un savoir-faire dans la mise en œuvre afin de répondre à toutes les problématiques liées à la géotechnique.

Tout en développant son activité première autour des ancrages actifs

(ancrage permettant de reprendre des efforts de traction), des pieux vissés (vis métallique tubulaire en acier galvanisé à chaud de forme conique munie d'un filetage extérieur hélicoïdal soudé), des pieux battus en fonte ductile (la fonte à graphite sphéroïdal est un matériau 100 % recyclé contribuant efficacement à la revalorisation des déchets d'alliage ferreux et à la préservation des ressources mondiales naturelles), des pieux forés traditionnels, et des travaux de fondations superficielles et VRD, l'entreprise rhodanienne engage des partenariats avec des sociétés spécialisées dans diverses techniques d'ancrage afin de proposer des solutions personnalisées et optimisées.

D'ailleurs, parmi les chantiers références d'Alt'Ancre, on retiendra la fondation par ancrages actifs avec du béton modulaire sur toute la partie de la charpente en aluminium de la patinoire de Reims (2014), mais également, à Paris, l'extension béton du stade Roland-Garros côté stade Jean-Bouin (2015-2016), et récemment, à Colmar, le bâtiment (charpente métallique de 18 m de haut) de la salle d'escalade avec des fondations en pieux battus.

ALT'ERNATIF ANCRAGE, LA DIVISION R&D DE CHEZ ALT'ANCRE

« Alt'ernatif Ancrage au sein de la division R&D a été créée car nous avons la volonté de faire évoluer



© Alt'Ancre
Les fondations du chantier de Colmar.

les fondations, notamment dans le domaine des fondations légères, en proposant aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et aux bureaux d'études en charge des projets des sols des solutions techniques adaptées et optimisées », explique François Chevalier, fondateur et directeur.

Par exemple, l'entreprise planche depuis quelque temps sur un système d'ancrage écologique non corrodif incluant une option de contrôle du déplacement. Dans ce cas, les parois principales de l'ancrage modulaire sont conçues de façon à être réalisables avec un

**Modulaire
2 étages.**



matériau issu du recyclage de nos déchets plastiques collectés. Cette performance technique va permettre de classer le produit dans la catégorie « Éco-conception de produit innovant ». D'ailleurs, pour cette innovation, Alt'Ancre est accompagnée de l'Ademe et de BPI.

LE RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

Soucieux des aspects environnementaux, Alt'Ancre met tout en œuvre pour que les matériaux et les techniques employés soient en adéquation avec les directives imposées par la COP 21, des atouts reconnus et appréciés par les clients présents sur les marchés publics, comme le souligne François Chevalier : « Nos systèmes de fondations permettent à nos clients de se démarquer et de remporter les appels d'offres ».

Alt'Ancre accompagne également les différents acteurs de la construction dans la démarche de l'éco-conception qui englobe la réduction du bilan carbone des constructions. Il faut savoir que le coût de la matière première est 25 % plus faible que l'équivalent en matière polymère issue des produits fossiles (pétrole brut). Tout cela en évitant la consommation de produits issus des ressources naturelles de la planète.

ALT'ANCRE S'ORIENTE VERS DEUX AXES

Pour le directeur d'Alt'Ancre, l'avenir passe par le développement en direction de 2 axes : « Tout d'abord, nous souhaitons être plus efficaces en optimisation de solutions techniques, mais également



À Paris, l'extension de Roland-Garros côté stade Jean-Bouin.



Les fondations de la patinoire de Reims.

innover dans le développement de nouveaux systèmes d'ancrage mieux adaptés aux contraintes, et pour cela nous travaillons avec la SNCF et RTE sur des problématiques particulières.

Un secteur qui évolue à la vitesse grand V comme le souligne François Chevalier : « Notre métier

se situe entre le maçon et l'entreprise de fondations spéciales, seulement notre plus-value est l'optimisation des coûts, sachant que notre entreprise dimensionne, fournit et installe ses solutions techniques. » ■

Dominique Roudy



Interview de Philippe Margarit, directeur général de Ginger CEBTP

Philippe Margarit : « Nous sommes toujours en quête de croissance externe pour élargir notre expertise et renforcer notre position de leader dans l'ingénierie de la prescription ! »



**Philippe Margarit,
directeur général
de Ginger CEBTP**

Solscope Mag : depuis 2016, Ginger CEBTP mène une politique active de développement par rachat d'entreprises. Cherchez-vous à atteindre une éventuelle taille critique ? L'objectif de 200 millions d'euros de chiffre d'affaires a été évoqué pour 2020.

Philippe Margarit : Les rachats de Burgeap, en 2016, et de Lehmann + Partner, en 2017, nous permettent certes d'accroître sensiblement notre chiffre d'affaires – en 2017 nous avons dégagé

environ 160 M€ avec 1 600 personnes réparties dans un réseau de 70 agences. Pour autant, le chiffre d'affaires ne constitue pas une obsession. Notre stratégie n'est pas financière, elle est qualitative, et se conçoit en termes de complémentarité de métier. Ginger CEBTP a son ancrage dans les métiers de l'ingénierie du sol et des matériaux. L'acquisition de Burgeap nous procure des compétences et des positions intéressantes dans le domaine de l'ingénierie de l'eau

et de l'environnement ; Lehmann + Partner dispose pour sa part d'une expertise spécifique et très pointue dans le domaine de la route et des infrastructures.

Solscope Mag : on peut s'interroger la logique d'ensemble de ces acquisitions dans des métiers aussi différents. Quel objectif poursuivez-vous ?

Philippe Margarit : Cela nous renforce évidemment dans les spécialités que je viens de citer. Et au-delà, cela fait de Ginger un



© Ginger CEBTP

Lors du diagnostic d'un bâtiment.

groupe pluridisciplinaire sans équivalent dans l'ingénierie de la prescription. Ainsi, si nous avons bien sûr des concurrents dans chacun de nos domaines d'intervention, aucun d'entre eux ne présente la diversité que nous pouvons afficher aujourd'hui. Au travers de ce profil singulier, notre ambition est d'offrir un panel de compétences assez large pour appréhender de manière globale l'ingénierie de l'aménagement du territoire.

Solscope Mag : dans quels métiers pourriez-vous encore vous étoffer ?

Philippe Margarit : Il existe toujours la possibilité d'améliorer nos compétences spécifiques. Dans certaines spécialités du domaine de l'environnement, nous sommes présents mais recourons à la sous-traitance. Je pense à des disciplines comme les risques naturels ou la sismicité où nous pouvons grandir, où nous sommes en phase aujourd'hui d'acquiescer des sociétés. Nous sommes considérés comme une entreprise qui se développe. Nous avons donc pas mal de dossiers qui nous sont proposés. Nous procédons par opportunisme raisonné en considérant l'apport que représenterait le rachat en termes d'implantation géographique ou de métiers. D'ailleurs nous continuons également à nous développer en interne dans nos métiers de base, qu'il s'agit de ne pas négliger.

Solscope Mag : plus qu'à de nouveaux rachats, 2018 serait donc marquée par l'intégration, la « digestion » des récentes acquisitions ?

Philippe Margarit : Attention, il ne s'agit pas de fusion ! Ces entités demeurent des sociétés à part entière. Le fait qu'elles soient en bonne santé financière et structurelle limite la dose d'énergie à y insuffler. L'indépendance des sociétés n'interdit évidemment pas de favoriser les synergies au sein du groupe. Depuis septembre 2017, par exemple, nous avons créé Ginger Deleo, un pôle d'ingénierie de la déconstruction qui fédère les moyens de Nudec, filiale de Burgeap, spécialisée dans le désamiantage, le démantèlement et les infrastructures nucléaires, avec ceux de Ginger CEBTP Démolition, expert des démolitions à l'explosif, des déconstructions mécaniques et des

études vibratoires. Au total, ce sont près de 80 personnes dans une dizaine d'agences réparties sur le territoire national qui présentent une réelle complémentarité technique et géographique, et permettent de réaliser l'ensemble des prestations en maîtrise d'œuvre du démantèlement.

Solscope Mag : y a-t-il d'autres rapprochements en cours ou à venir ?

Philippe Margarit : Oui, dans les services fonctionnels nous avons cherché à harmoniser les pratiques. Nous avons fusionné par exemple l'ensemble de l'informatique des filiales. La société Ginger Informatique assure aujourd'hui ces prestations pour toutes les sociétés du groupe. Mais il s'agit là de réorganisation purement interne, sans incidence sur le marché. En revanche, notre offre en matière de formation va évoluer demain. Notre société dédiée, Ginger Formation, doit fusionner des formations de Burgeap afin de créer un organisme proposant un large éventail de formations dans les métiers tournant autour de l'aménagement du territoire. ...

Ici, des billes qui remplacent les graviers ou les sables classiquement utilisés dans les massifs filtrants entre tubes de forage et sol.



© Ginger CEBTP



Travaux de Génie Civil, fondations et géothermie



Ouvrages béton armé, Reprise en sous-œuvre, Travaux de maçonnerie.



Murettes guide, Poutres de couronnement, Murettes pour pieux sécants. Raccordements géothermiques.

01 64 42 59 56

Z.I. Ampère - 54, rue de Maison-Rouge
77 220 Gretz-Armainvilliers

www.groupepoisson.com



En acquérant Burgeap en 2016, Ginger s'est doté de positions fortes en ingénierie environnementale, notamment dans le domaine de la géothermie, dont on voit ici un atelier de sondage.



Avec l'entreprise allemande Lehmann + Partner, le groupe Ginger complète ses activités dans le secteur des infrastructures et de la route et s'approprie une technologie de pointe dans la télédétection par laser (LiDAR), applicable aux chaussées comme au mobilier urbain.

...

Solscope Mag : l'acquisition de Lehmann + Partner qui évolue en Allemagne et en Pologne marque-t-elle une volonté de développer vos activités à l'export ?

Philippe Margarit : L'export est l'un de nos principaux axes de développement. Cet objectif est antérieur à l'acquisition de Lehmann + Partner. Burgeap réalise déjà environ 15 % de son chiffre d'affaires à l'export – à l'échelle du groupe Ginger, le pourcentage est de près de 20 % – et nous avons pour volonté de nous développer à l'international dans l'environnement. Nous avons investi dans la création d'une filiale en Chine qui doit représenter, à terme, l'ensemble des métiers du groupe. Cette filiale est déjà en activité et réalise des opérations d'ingénierie pour la dépollution de sols. Il existe une forte demande chinoise dans ce domaine, où l'Europe a une compétence indéniable et où les enjeux sont considérables.

Solscope Mag : et la route ?

Philippe Margarit : Le marché du diagnostic routier est beaucoup plus européen que franco-français. Avec Lehmann + Partner, nous avons la volonté de faire un marché européen de la mesure de la route. Si ce n'est pas encore annoncé, c'est en tout cas programmé. Et les besoins sont considérables puisqu'il s'agit désormais en Europe d'entretenir des infrastructures routières construites il y a une vingtaine d'années. Le secteur présente donc de bonnes perspectives de croissance.

Solscope Mag : vous avez considérablement diversifié vos activités : cela doit-il pâtir aux métiers d'origine de Ginger, tels que la géotechnique ?

Philippe Margarit : Il ne s'agit pas de défavoriser nos métiers de base, mais de nous y renforcer également ! La reprise des activités de sondage d'Arcadis en début d'année 2017 prouve notre attachement à la géotechnique. En reprenant les agences de Dunkerque, de Nantes et de Quimper, avec leurs moyens de sondage en propre, nous étoifons notre implantation dans des régions où nous n'étions pas ou insuffisamment présents. Notre stratégie consiste à intensifier notre proximité sur le territoire national de manière à apporter à nos clients service et réactivité. Pour ce faire, nous ne nous interdisons pas de procéder encore par rachat, mais privilégions toutefois aujourd'hui la voie de la croissance organique.

Solscope Mag : les projets du Grand Paris dopent l'activité, mais changent de nature. Cette évolution est-elle préjudiciable à votre activité ?

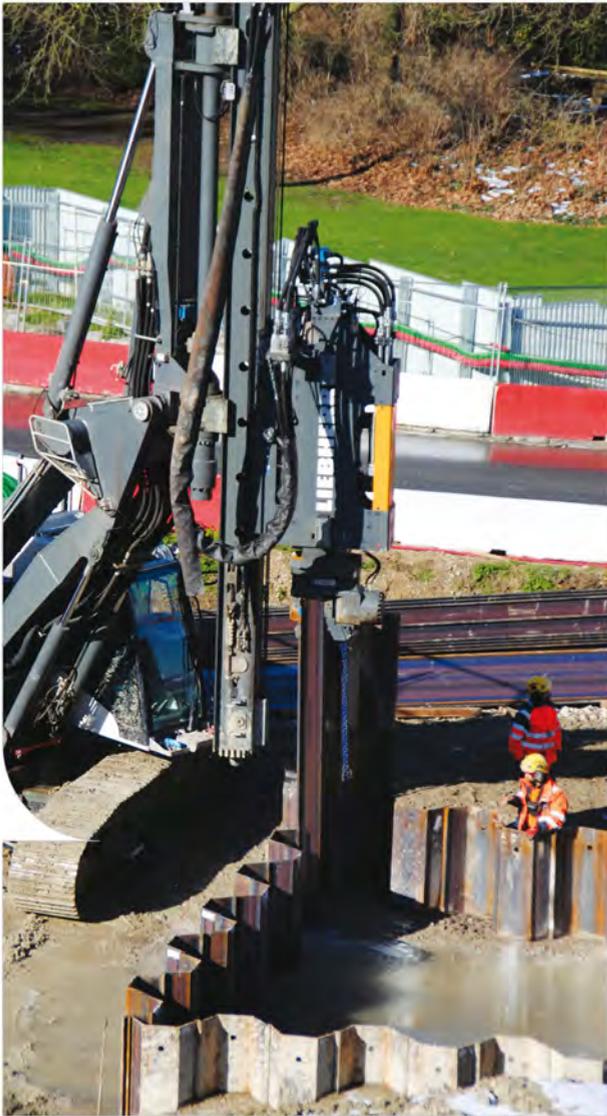
Philippe Margarit : Le Grand Paris nous a beaucoup apporté de travail en matière de géotechnique amont, de sondage de reconnaissance. Depuis 1 ou 2 ans, elle apporte un peu plus d'ingénierie où l'on travaille avec les maîtres d'œuvre à l'intérieur de groupements. Tout cela commence à se terminer pour entrer davantage en phase travaux. Cela nous conduit à effectuer peut-être un peu moins de sondages, mais cela est contre-

balancé par la montée en puissance des prestations de contrôle des matériaux et de contrôle de travaux, spécialité du CEBTP.

Solscope Mag : l'avenir de la géotechnique sur le plus long terme est-il assuré ?

Philippe Margarit : Je le crois. La profession sort en tout cas par le haut de son atonie. Il y a de plus en plus d'ingénierie de la géotechnique adossée à de plus en plus de sondages. Les nombreux dossiers soutenus par les unions syndicales, notamment en matière de normalisation, permettent de faire évoluer le métier avec la volonté que le géotechnicien intervienne à toutes les phases de travaux, à toutes les phases d'études. Mécaniquement, cela est porteur d'une activité plus importante et change l'image du géotechnicien. L'ingénieur géotechnicien est mieux considéré qu'il y a 10 ou 15 ans ! Il y a aussi, du côté des sondages, des grands travaux qui ont été engagés pour améliorer tant la sécurité des machines que de la qualité des essais. Il y a aujourd'hui un grand programme de formation des sondeurs qui est en cours, la qualification « Sondeur » est en passe d'être reconnue par l'Éducation nationale. Nous avons suffisamment travaillé avec les unions syndicales pour faire que non seulement le métier de sondeur soit reconnu, mais que, d'ici 1 ou 2 ans, la notion de « Sondeur qualifié » soit inscrite dans les CCTP. Cette meilleure reconnaissance crée un environnement favorable à l'ensemble de la profession. ■

Propos recueillis par
Philippe Morelli



© ArcelorMittal Palplanches | © GTS Groupe NGT



ArcelorMittal Palplanches

Le Grand Paris Express OA 813 | Champigny sur Marne, France

ArcelorMittal propose des solutions complètes et économiques pour vos projets de fondations spéciales tels que les murs de quais, batardeaux, parkings souterrains, aménagements de berges, les protections anticrues, etc., sans oublier les blindages de fouille. Nos palplanches sont gage de rapidité d'exécution, de rentabilité, de fiabilité et de durabilité. Elles se caractérisent par un excellent rapport module de flexion / poids et par un moment d'inertie élevé. Notre département technique et marketing offre des services complets à tout stade d'un projet, à savoir une assistance personnalisée à tous les acteurs de la conception, de la prescription et de la mise en œuvre.



ArcelorMittal



ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l.
Palplanches | 66, rue de Luxembourg | L-4221 Esch/Alzette | Luxembourg
T +352 5313 3105 | +33 (0)3 82 59 11 20
palplanches.arcelormittal.com | palplanches@arcelormittal.com

 ArcelorMittal Sheet Piling (group)



**Le lot T2A :
1 an déjà !**

Les équipes arrivées sur le lot T2A viennent de souffler la première bougie du projet. Deux ouvrages sont déjà terminés pour les travaux spéciaux ! Petit tour d'horizon sur l'ensemble des ouvrages de ce lot de la ligne 15 du Grand Paris, remporté par le groupement Horizon constitué des entreprises Bouygues et Soletanche Bachy.

L'ouvrage spécial « friche Arrighi », point de départ des deux tunneliers principaux TBM2 et TBM4, est sur le chemin critique du projet. En effet, il permettra le départ des tunneliers, une fois les travaux de terrassement et de génie civil réalisés. Concernant les travaux de parois moulées, ils se sont achevés en décembre 2017, et les essais de pompage ont été concluants, ce qui a permis aux équipes de travaux spéciaux de laisser la place aux équipes de terrassement et de génie civil.

LA GARE DES ARDOINES ET LA TRANCHÉE DU SMI

Les travaux de parois moulées de la boîte principale de la gare ont également été finalisés en décembre dernier. S'est ensuivie la réalisation de la jupe injectée, ainsi que les essais de pompage qui ont également permis de valider l'étanchéité de la boîte. Dans la foulée, les travaux de terrassement ont donc commencé, afin de respecter un délai partiel de libération.

La centrale de traitement des boues, quant à elle, restera en place, puisqu'elle sera connectée au chantier DSMI qui dispose d'une zone travaux trop contrainte pour accueillir sa propre centrale. Les conduites devront être tirées sur près de 400 m de longueur, avec un passage aérien pour traverser une route : un chantier à part entière ! Il restera néanmoins la boîte TBM5 qui nécessitera le retour des équipes sur le site des Ardoines dès la libération de la zone par la SNCF. La tranchée ouverte du TSMI poursuit donc ses travaux avec un phasage ultra-séquenté, rythmé par les délais partiels de libération et de prise de possession. L'hydrofraise a quitté le chantier début janvier. Les panneaux restants étant plus courts, seul un KS terminera les travaux jusqu'au printemps 2018, avec les équipes de génie civil sur les talons.

L'OUVRAGE SPÉCIAL DSMI OU « 1401P »

L'ouvrage de débranchement DSMI est l'original de la bande :



Hydrofraise sur le Vert-de-Maisons – mise en place de joints CWS à 72 m de profondeur.

la boîte en forme de Y permettra le débranchement du TBM5, tunnelier de plus faible diamètre qui réalisera une boucle jusqu'au site de maintenance des infrastructures. Le site a démarré des travaux de jet-grouting et d'injection des bouchons. Les premiers essais n'étant pas satisfaisants, une campagne de reconnaissance géologique complémentaire a été lancée, et la méthodologie d'étanchement repensée en conséquence. Les travaux de petite perforation sont maintenant sur les rails ; les équipes se préparent pour enchaîner avec les travaux de parois moulées.

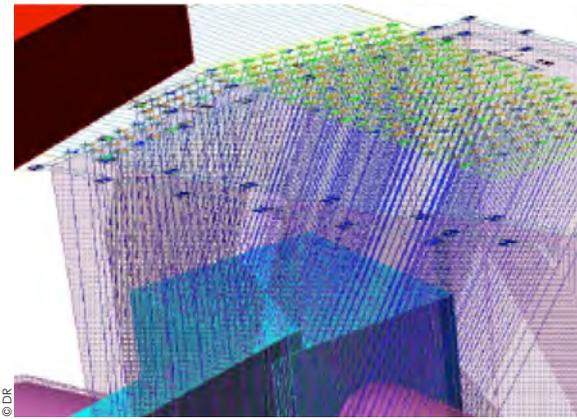
LA GARE DE CRÉTEIL-L'ÉCHAT

Les travaux de parois moulées sont toujours en cours sur la future gare de Créteil-L'Échat. Une hydrofraise et une benne KS tournent depuis septembre 2017, et ce jusqu'au mois de mars 2018. Les travaux de jupe injectée doivent démarrer début février sur une première moitié de la boîte, afin de réduire le délai d'exécution et de permettre aux équipes de génie civil d'arriver plus rapidement.

LA GARE DU VERT-DE-MAISONS

La fin de l'année 2017 a vu la validation d'une première moitié des travaux d'injection de la caverne. Après quelque 10 km de forages et 1 420 m³ de coulis injectés, les essais de mesure de perméabilité ont montré des résultats inférieurs à 10-6 m/s, ce qui était l'objectif. En parallèle, les injections du bouchon d'entrée sous les voies SNCF se sont déroulées sans soulèvements significatifs.

Enfin, les installations pour les travaux de parois moulées ont démarré en novembre 2017, pour un premier coup de benne le 15 janvier 2018. L'hydrofraise à gripper est à l'œuvre avec une deuxième hydrofraise pour atteindre le rythme de croisière. Les injections attaquent un nouveau chapitre en 2018, puisque les travaux ont commencé dans l'enceinte du square Dufourmantelle avec des contraintes fortes d'enclavement. Les travaux d'installation et de préparation, tous pensés et réalisés avec soin, ont permis un démarrage serein de ce nouveau

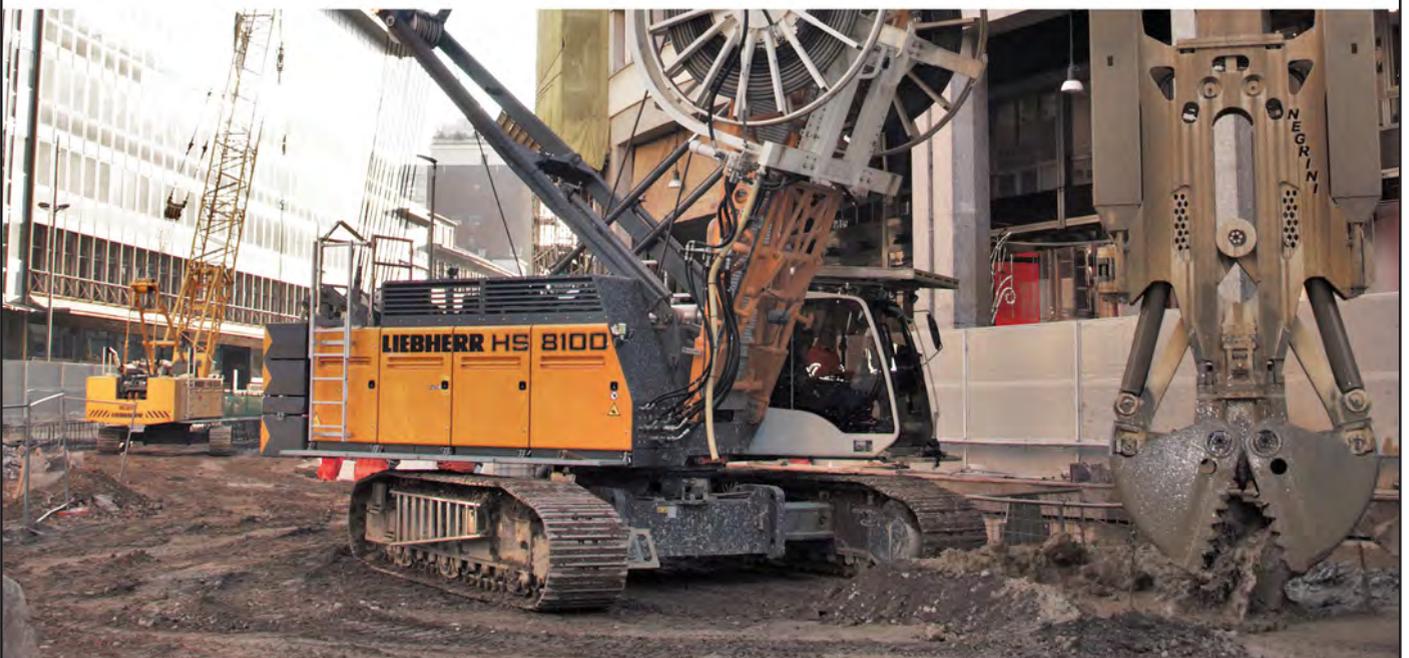


© DR
Vue 3D des injections sur DSMI.

marathon : ces travaux devraient durer plus d'un an !

Tous les projecteurs sont braqués sur ce chantier qui cumule les difficultés. Toutes les équipes (chantier, direction technique, bureau d'études et matériel) sont à pied d'œuvre avec la mise en place et le décoffrage de joints CWS à 72 m de profondeur, le capotage de la foreuse DCH147 pour une réduction de 10 dB des nuisances sonores, l'emprise déportée et réduite. ...

Vivre le progrès.



Liebherr-Nenzing Equipements SAS
ZA, Rue Liebherr, F-68127 Niederhergheim
Téléphone: 03 89 86 33 33, info.lpc@liebherr.com
facebook.com/LiebherrConstruction
www.liebherr.com

LIEBHERR



Réalisation des parois moulées pendant l'été 2017 sur la gare des Ardoines.

LES DIFFÉRENTS INTERVENANTS DU CHANTIER :

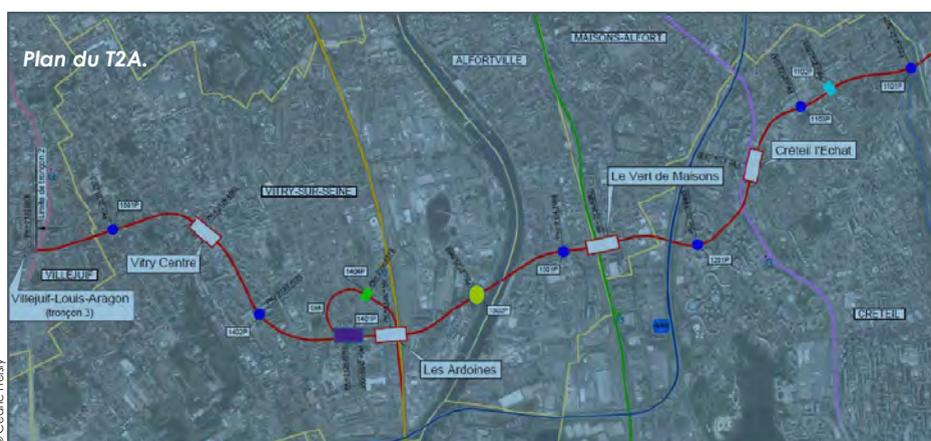
- **Maître d'ouvrage** : Société du Grand Paris
- **Maître d'œuvre** : Systra
- **MOA** : Société du Grand Paris
- **Conduite d'opération et AMO** : Artemis (Gpt. Artelia, Arcadis, BG Ing. Conseils)
- **MOE infrastructure, gare et OPC** : Gpt. Systra / Ag. Nicolas Michelin & Associés,
- **Atelier d'Architecture** King Kong, Richez associés, Valode et Pistre (missions AVP / PRO / ACT / VISA / EXE / DET / OPC / AOR)

QUELQUES CHIFFRES-CLÉS DE CES TRAVAUX DE GRANDE AMPLÉUR :

Ouvrages : 4 gares ; 3 ouvrages spéciaux ; 5 ouvrages annexes

Quantités :

- Excavation paroi moulée : 156 000 m³
- Béton paroi moulée : 146 000 m³
- Aciers paroi moulée : 12 000 t
- Forage pour injection : 168 000 ml
- Injection de traitement : 24 000 m³



- 3 tunneliers :
 - Tunnel 2 voies D_{int} 8,70m sur 7 231m (Créteil/Villejuif), 2 TBM
 - Tunnel 1 voie D_{int} 6,70m sur 1 138m
- Raccordement en tranchée

- 5 ouvrages annexes + rameaux
 - 1 boîte de raccordement en Y
 - 1 puits d'accès à la friche d'Arrighi
 - 4 gares

LA GARE DE VITRY-CENTRE OU « VIC »

Vitry-Centre est la dernière gare du Lot T2A. Les travaux des installations générales ont été particulièrement complexes sur ce site en pente, ancien parc municipal ayant comme voisin la mairie de Vitry-sur-Seine. Au programme, des déblais/remblais, des soutènements, des créations de pistes,

de plateformes, avant de démarrer enfin les travaux spéciaux. Mi-février 2018, les travaux d'injection des bouchons sont en cours, ainsi que les prétraitements, prérequis aux travaux de parois moulées. Fin mars, les premiers coups de benne devraient intervenir.



Foreuse insonorisée sur la gare du Vert-de-Maisons.

LES OUVRAGES ANNEXES 1404P ET 1402P

Les équipes Horizon sont mobilisées sur les ouvrages annexes depuis début 2018. Il s'agit de puits de secours et de puits de ventilation. Le 1404P est un ouvrage carré dont les parois moulées seront descendues à 60 m. Des travaux de congélation seront réalisés pour la construction du rameau dans les sables de Beauchamp. Quant au 1402P, c'est un puits circulaire descendu à 48 m.

Les mises à disposition des parcelles au chantier ont eu lieu le 26 janvier pour le 1404P et fin février pour le 1402. Les installations générales interviendront très rapidement pour un démarrage des travaux spéciaux mi-avril avec des travaux de prétraitement, la réalisation d'une berlinoise et enfin les parois moulées durant l'été 2018. ■

Enora Primault

Adjointe au directeur production travaux spéciaux de Soletanche Bachy



SEINEBOGEN



PELLES À CÂBLES, des outils puissants, fiables et robustes étudiés et conçus pour :

- les porteurs pour outils de forage hydrauliques
- les travaux à la benne à parois
- l'extraction de déblais à grande profondeur

GRUES SUR CHENILLES ET GRUES TÉLESCOPIQUES, des outils polyvalents, dynamiques et compacts étudiés et conçus pour :

- la pose de cages d'armatures
- la pose de butons
- les opérations de levage en milieu contraint
- le déplacement de charges sur chantiers



530 route du parquet
26800 Etoile s/Rhône
T 04 26 52 80 40
contact@sygmat.fr



La réforme anti-endommagement des réseaux enterrés : un outil profitable à tous, notamment aux entreprises

Projet gigantesque, le Grand Paris s'inscrit dans une zone urbaine particulièrement dense qui oblige à composer avec un maillage de réseaux divers et variés visant à assurer le transport et la distribution d'eau potable, d'hydrocarbures, d'électricité, de gaz, d'assainissement, sans oublier les réseaux de communication (fibre optique).

Le territoire national compte 4 millions de kilomètres de réseaux dont 2 725 000 km d'ouvrages enterrés ou subaquatiques et 1 325 000 km d'ouvrages aériens. 40 % d'entre eux sont considérés comme sensibles pour la sécurité (électricité, gaz, matières dangereuses, réseaux de chaleur). Pour des raisons évidentes de sécurité sanitaire et économique, la préservation des infrastructures souterraines constitue donc une priorité pour les pouvoirs publics français.

Les travaux réalisés dans leur voisinage impliquent des risques considérables. Par exemple, en 2008 plus de 100 000 endommagements étaient dénombrés, dont 4 500 sur les seuls réseaux de distribution de gaz. L'accidentologie a mis en exergue l'imprécision des plans fournis par les exploitants de réseaux, l'insuffisance des demandes de renseignements avant travaux, ainsi qu'un manque de formation des personnels.

PRIORITÉ : UNE PRÉVENTION DES RISQUES ET DE LA SÉCURITÉ LORS DE TRAVAUX À PROXIMITÉ DE RÉSEAUX

Constatant que la réglementation applicable (un décret de 1991 et un arrêté de 1994) avait atteint ses limites, les pouvoirs publics entreprirent dès 2010 un plan d'action de grande ampleur.

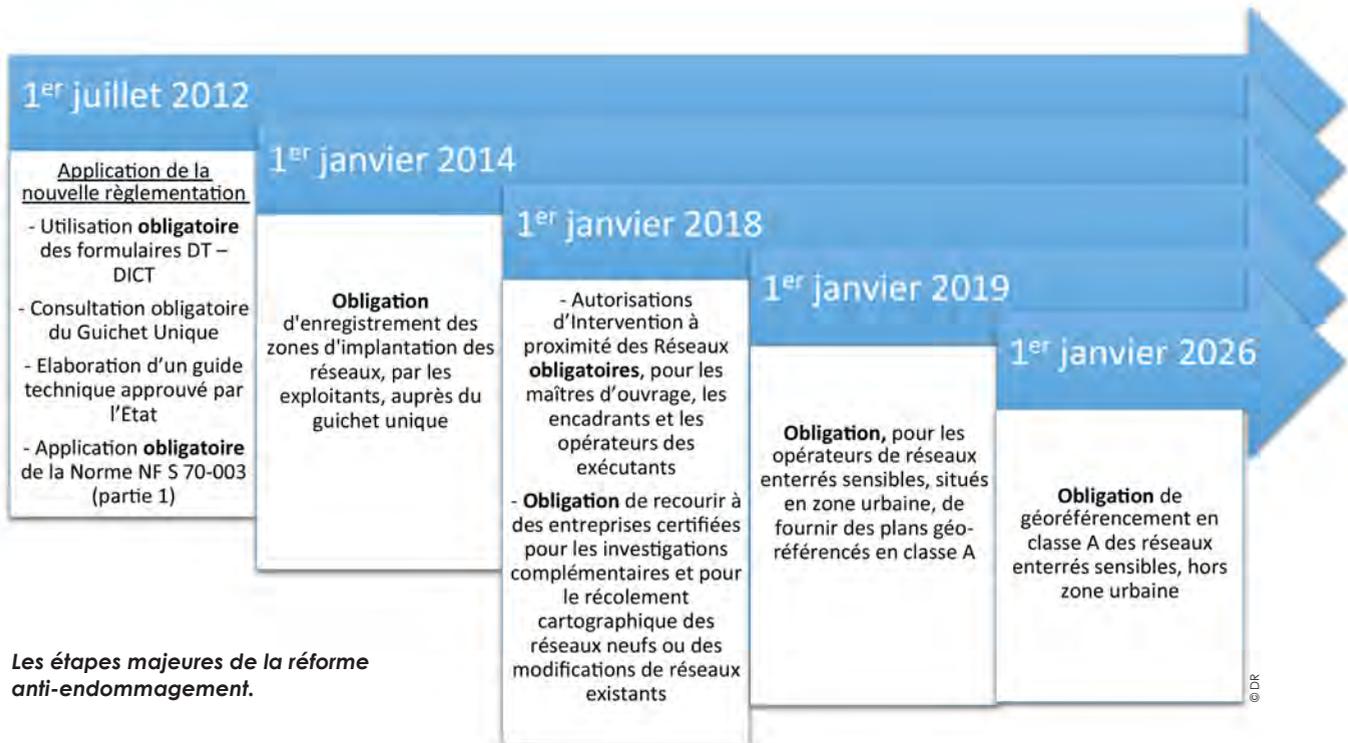
Le législateur inscrit dans le Code de l'environnement un volet traitant de la prévention des risques et de la sécurité lors de travaux



Suite à la rupture d'une canalisation d'eau potable, renversement d'une machine consécutif à l'inondation du chantier.

à proximité de réseaux et une nouvelle réforme est entrée en vigueur au 1^{er} juillet 2012, qui s'appuie sur 2 textes : le décret

n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution des travaux et l'arrêté d'application du 15 février 2012.



La nouvelle réglementation « anti-endommagement » était née, fondée sur 4 principaux piliers :

- un rééquilibrage des responsabilités entre les acteurs : maître d'ouvrage, exploitant de réseau et entreprise ;
- la création d'un téléservice (le Guichet unique) accessible en permanence pour fournir aux maîtres d'ouvrage tous les éléments nécessaires à leurs déclarations de projet de travaux (DT) et aux entreprises leurs déclarations d'intention de commencement de travaux (DICT) ;
- la création d'un observatoire national DT/DICT qui mobilise tous les acteurs dans des démarches de progrès : exploitants de réseaux, maîtres d'ouvrage, entreprises, administrations, collectivités, prestataires de services en ligne, assureurs ;
- l'élaboration d'une norme Afnor (NF S70-003).

Cette nouvelle réglementation a pour intérêt principal de responsabiliser les maîtres d'ouvrage et les exploitants.

LES OBLIGATIONS DES MAÎTRES D'OUVRAGE

Les maîtres d'ouvrage sont les garants de la sécurité sur leurs chantiers. L'étendue de leurs obligations est déterminée par la classe de précision des réseaux :

Classe A : lorsque l'incertitude maximale de localisation du réseau est \leq à 40 cm (si rigide) et \leq à 50 cm, (si flexible) ;

Classe B : lorsqu'elle est supérieure à celle relative à la classe A et \leq à 1,5 m ;

Classe C : lorsque cette incertitude maximale est \geq à 1,5 m.

Dans le cas des tronçons de réseaux classés B ou C, ils doivent, avant de consulter des entreprises, demander à un prestataire certifié de réaliser des investigations complémentaires pour localiser avec précision ces tronçons. Les résultats de ces investigations sont transmis aux exploitants et ajoutés au dossier de consultation des entreprises (DCE), en complément des réponses reçues aux DT.

Il est important de souligner que les réponses aux DT doivent obligatoirement figurer aux DCE, ...



Réseau d'eau potable endommagé et situé en limite séparative de domaine privé/public.

... à charge pour les exécutants de les comparer à celles reçues dans le cadre de leurs DICT. Toute incohérence résultant de cette analyse est à signaler aux responsables du projet qui initient alors des investigations complémentaires.

En principe, les investigations nécessaires sont donc supposées avoir été envisagées en amont du chantier. Or, dans la pratique, nombre de responsables de projets imputent aux entreprises un défaut de repérage des réseaux, occultant de facto leurs propres manquements.

LES OBLIGATIONS DE L'EXPLOITANT

L'exploitant du réseau doit connaître l'ouvrage qu'il exploite. Sur des tronçons en classe C, il est prévu qu'il prenne en charge la totalité du coût des investigations complémentaires, au prorata des longueurs investiguées. En tout état de cause, l'exécutant des travaux ne saurait subir de préjudice en cas de dommage accidentel sur un tronçon dont la position exacte s'écarterait des données de localisation qui lui ont été fournies par l'exploitant.

Ce postulat empreint de bon sens a été rappelé par la cour d'appel d'Aix-en-Provence qui, dans une décision du 23 mars 2017 (3^e chambre B), a considéré qu'en ne s'acquittant pas de son obligation de fournir des plans exacts et compréhensibles sur le tracé de son réseau enterré, la société Orange avait commis un manquement ayant pour conséquence d'écarter la responsabilité de l'entreprise à l'origine du dommage. L'exploitant n'avait en effet fourni, en guise de plan, qu'une photocopie qui ne comportait aucune légende ni aucune précision sur la nature des installations, aucune échelle ni aucune date de mise à jour, de sorte qu'elle s'avérait inexploitable.

Quant aux obligations de l'exécutant, il doit réaliser les travaux conformément à la réglementation et au guide relatif aux travaux à proximité des réseaux ; et signaler les éventuelles incohérences, inexactitudes et manques qui lui apparaissent en confrontant les réponses données à ses DICT à celles de la DT.

LE VOLET RÉPRESSIF DE LA RÉFORME

Des actions de contrôle ont été mises en place, en parallèle. Menées par la DGPR (Direction générale de la prévention des risques) et les DREAL (Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement), elles visent les 3 acteurs de la réforme, par le biais d'inspections programmées et inopinées sur les chantiers pouvant donner lieu à des avertissements, voire des sanctions administratives et pénales.

Ainsi, 1 298 courriers d'avertissement ont été émis en 2016, dont 284 aux responsables de projets, 85 aux exploitants et 929 aux exécutants. 142 sanctions ont été prises sur la même période, dont 94 pour les exécutants et 32 pour les responsables de projet.

LES SANCTIONS ENCOURUES

De nombreuses sanctions administratives réprimant les infractions à la réglementation applicable ont été édictées. Elles peuvent atteindre 1 500 € et être doublées en cas de récidive (absence de DT, de DICT, défaut de marquage/piquetage etc.). Elles viennent compléter les sanctions pénales prévues par la loi n° 2006-1537 du 7 décembre 2006, relative au secteur de l'énergie, qui :

- qualifie de « délit » et punit d'une amende de 25 000 € le fait de procéder à des travaux à proximité d'un ouvrage de transport ou de distribution de gaz régulièrement identifié sans DT ou DICT préalable ;
- punit d'une amende de 80 000 € et d'une peine de 6 mois d'emprisonnement celui qui porte atteinte à un ouvrage de transport ou de distribution de gaz, de nature à mettre en danger la sécurité des personnes et des installations ou la protection de l'environnement, et sans le signaler à l'exploitant de l'ouvrage (160 000 € et 12 mois d'emprisonnement en cas de récidive).

Pour autant, le volet répressif de la réforme ne saurait en être la clé de voûte, et il convient d'ailleurs de se féliciter des premiers effets positifs induits par l'arsenal préventif mis en place.



Regard obturé par du béton.

LES PREMIERS EFFETS POSITIFS DE LA RÉFORME ANTI-ENDOMMAGEMENT

Ils sont encourageants, ainsi qu'en témoignent les tendances fournies par l'Observatoire DT-DICT. Fin 2016, le nombre total de dommages aux réseaux avait diminué d'environ 1/3 depuis 2008, pour descendre aujourd'hui à 65 000 dommages par an (260 par jour ouvrable). Le progrès est considérable s'agissant des réseaux de gaz et de matières dangereuses, avec une baisse des dommages de l'ordre de 53 % entre 2008 et 2015 et de plus de 30 % depuis 2012. Quant au Guichet unique, il fonctionne à plein régime avec 18 200 exploitants, 4 millions de km de réseaux enregistrés et près de 2 millions de déclarations annuelles. Les entreprises se montrent plus attentives aux marquages piquetages et à l'adaptation des techniques de travaux. À l'évidence, avec une sinistralité d'environ 65 000 dommages par an, des efforts restent cependant à fournir.

DES EFFORTS À POURSUIVRE

Les exigences de la réforme ne sont pas pleinement assimilées. Dans de trop nombreux cas, malheureusement, c'est le dommage qui révèle l'existence du réseau affecté. Si cette remarque prête à sourire, elle exprime pour autant une réalité qui tient à la mauvaise préparation des projets et au manque de prise en considération des existants par les maîtres d'ouvrage. C'est le cas d'une canalisation d'eau potable signalée dans l'emprise du chantier, en réponse à une DT régularisée 1 an

avant le premier coup de pioche. Faute d'avoir relevé et traité l'information en temps utile, en organisant notamment le dévoiement du réseau, le promoteur se retrouve confronté à l'arrêt de son chantier, à l'émergence de surcoûts et à l'impossibilité de livrer ses appartements dans les délais convenus.

La plupart du temps, les causes de dommages constatées sont : des réseaux mal répertoriés et mal cartographiés ; l'absence d'investigations ; des personnels insuffisamment sensibilisés aux risques ; des contextes d'urgence imposés aux entreprises, difficilement conciliables avec le formalisme DICT ; marquage-piquetage défaillant ; tentation de faire prévaloir l'observation sur le terrain, en se fiant par exemple à l'alignement supposé du réseau enterré par rapport au domaine public ; importance donnée à des informations orales non vérifiées (terrain annoncé libre de toute servitude alors qu'un réseau n'a pas été dévoyé).

Il appartient donc aux maîtres d'ouvrage de mettre l'accent sur

les investigations complémentaires et sur les informations données *in fine* dans les DCE. Les exploitants de réseaux doivent avoir pour souci constant d'améliorer la précision, la lisibilité de leurs plans et l'optimisation des délais de réponse aux DT et DICT. Quant aux exécutants, ils doivent s'approprier le guide technique et refuser notamment de démarrer un chantier si les conditions de sécurité ne sont pas réunies (absence de réponses aux DICT relatives aux ouvrages sensibles pour la sécurité). Peu importe que l'entreprise soit titulaire ou sous-traitante du marché, que les travaux soient situés sur un terrain public ou privé, gardons à l'esprit que la consultation préalable du Guichet unique et la DICT sont toujours obligatoires. À l'évidence, le succès de la réforme anti-endommagement passe par l'élévation des compétences.

À cet effet, depuis le 1^{er} janvier 2018, les personnels doivent justifier de compétences suffisantes pour intervenir près des réseaux. Avec la reprise économique amorcée et

VÉRIFIEZ VOTRE COUVERTURE D'ASSURANCE

Les travaux à proximité des réseaux impliquent des risques. L'exécutant expose notablement sa responsabilité civile du fait des dommages corporels (aux tiers et/ou à ses employés), matériels ou immatériels qu'il peut causer.

Une couverture d'assurance adaptée au risque encouru en cours de travaux, dite « Responsabilité civile exploitation », doit être souscrite en complément de la garantie décennale obligatoire. Elle a vocation à prendre en charge les coûts de réparation matérielle ainsi que les préjudices immatériels consécutifs (immobilisation des équipes et des matériels, retards de livraison des ouvrages), dans les limites accordées par l'assureur.

près de 400 000 mises en chantier par an, l'enjeu s'annonce considérable pour les entreprises, à l'instar du Grand Paris. ■

Olivier Thyarion
Directeur technique
Gritchen Construction



Wykeham Farrance
Established 1941
SOIL MECHANICS TESTING MADE EASY

Nouvelle gamme de matériels à Servo-vérin Electromécanique EmS

EPUREE | HAUTE PERFORMANCE | CONVIVIALE



25
CONTROLS
1993-2018





INTERMAT
PAVILLON 6
STAND H-23



HYDRUMATIC | ACE | SHEARMATIC



CONTROLS S.à r.l.
Zone Artisanale - 68130 WALHEIM France
Tél. + 33 (0)3 89 40 26 55 - controls@controls.fr

Découvrez nos innovations : www.controls.fr
www.wfi.co.uk

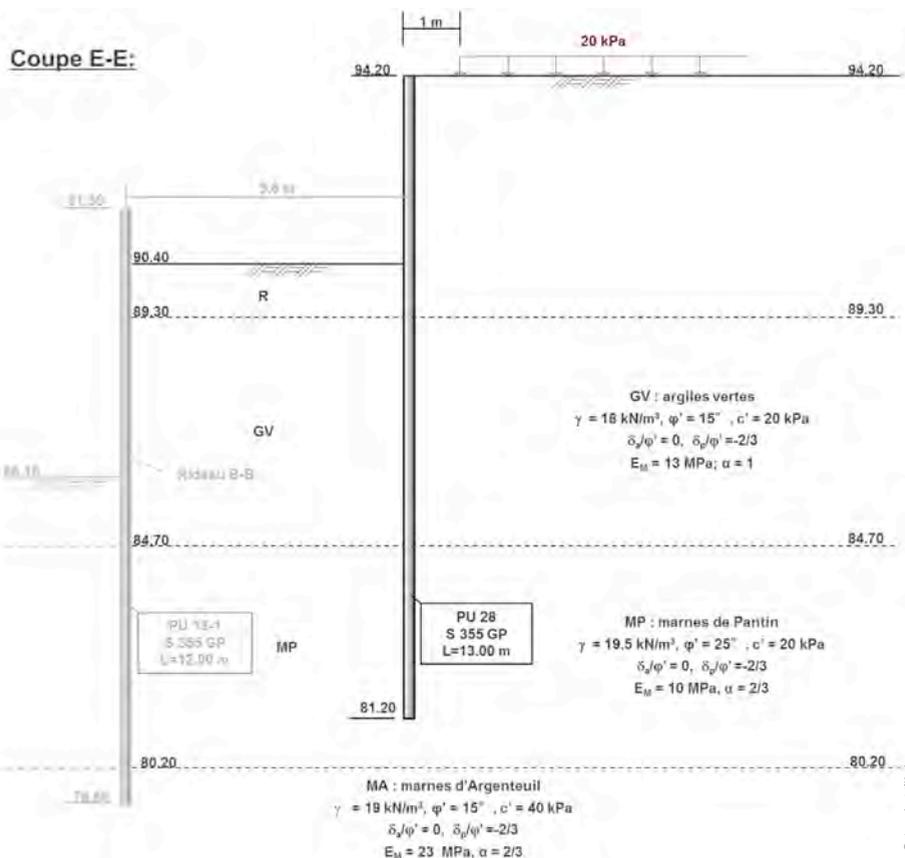


Grand Paris Express : n'oublions pas les palplanches !

Le 3 février dernier, à Champigny-sur-Marne, a eu lieu le lancement du premier tunnelier du Grand Paris Express. Ce grand rassemblement festif et populaire KM3 (symbole des kilomètres à franchir jusqu'à l'ouverture du réseau) a été organisé par la Société du Grand Paris, le département du Val-de-Marne, Orbival, la ville de Champigny-sur-Marne et le groupement d'entreprises Alliance. Mais c'est aussi une étape importante montrant la complémentarité soutènement en palplanches dans la construction des ouvrages du Grand Paris Express.

L'ouvrage annexe concerné est un casier à déblais pour le puits « Champigny Plateau », entrée du premier tunnelier de la ligne 15 sud. Il se situe dans le parc du Plateau de Champigny-sur-Marne (Val-de-Marne). Il est le premier maillon du schéma de gestion et de valorisation des déblais issus de la réalisation des tunnels entre le centre d'exploitation de Champigny-sur-Marne et les voies de la ligne 15 sud, qui reliera Pont-de-Sèvres à Noisy-Champs.

Le soutènement autour des casiers (h = 4,30 m) est assuré par un rideau autostable réalisé en palplanches PU 18-1 de 12 m. Le soutènement du parking et de la base vie 3,80 m au-dessus des casiers est assuré par un rideau autostable en palplanches PU 28 de 13 m. Le soutènement du noyau central des casiers, massif de fondation de la bande transporteuse, est assuré par un rideau en palplanches de largeur réduite GU 16-400. La bande transporteuse est fondée sur des pieux en tube métallique Ø 813 x 115 de 11,70 m.



Coupe de calcul au droit du soutènement de la zone vie du chantier.



Soutènement autostable de la base vie, h = 3,80 m en PU 28 de 13 m.

Le service technique d'ArcelorMittal palplanches a secondé GTS (groupe NGE) afin d'optimiser la conception de cet ouvrage.

En effet, les conditions de sols difficiles, la maîtrise des paramètres de calculs des logiciels et la norme écran NF P 94 282 ont permis de retenir des palplanches U pour des écrans de soutènements autostables voisins de 4 m, en respectant les critères de vérification ELS-déplacement, ELU GEO et ELU STR imposés par le projet. De plus, la gamme de profils de palplanches U a montré sa grande adaptabilité avec l'utilisation de la gamme actuelle PU 28/PU 22/PU 18 et de la gamme plus ancienne GU 16-400. Ainsi le plan de calepinage de palplanches a permis de répondre aux particularités de l'ouvrage regroupant et intégrant des soutènements et des fondations en tube acier dans un espace réduit avec une enceinte circulaire de petit diamètre.

Les travaux de battage ont débuté fin 2017. Malgré l'épisode pluvieux en début d'année 2018, l'équipe de battage GTS (groupe NGE) avec un équipement performant,

porteur avec mât Liebherr LRB18 + vibreur LV20 a mené à bien les travaux sans perturber les festivités KM3 de début février.

Pour cet ouvrage annexe temporaire de la ligne 15 sud, la gamme actuelle de palplanches PU mis en œuvre par une machine avec mât de battage et vibreur à haute fréquence variable a permis une mise en œuvre rapide dans des conditions géotechniques et climatiques difficiles. Le choix technique du groupement Alliance et de GTS (groupe NGE) de réaliser cet ouvrage en palplanches s'est avéré pertinent tant du point de vue de l'entreprise que des enjeux environnementaux de la construction des ouvrages du Grand Paris Express.

Les « épaulettes » renforcées des PU 18/PU 22/PU 28 ont contribué au fonçage sans refus prématuré dans le substratum marneux. Le fonçage avec une machine à mât de battage moderne équipé d'un vibreur à haute fréquence variable a réduit, voire éliminé les risques dus aux vibrations et les nuisances sonores lors du fonçage des palplanches. Les palplanches PU et AU produites dans le laminoir ArcelorMittal de Belval au Luxembourg sont exclusivement issues d'acier recyclé. Pour cet ouvrage provisoire, les palplanches seront certainement arrachées en fin de chantier, puis réutilisées ailleurs. Les palplanches PU en acier recyclé et ayant une parfaite aptitude au réemploi réduisent de façon drastique l'impact environnemental des chantiers pour lesquelles elles sont utilisées. ArcelorMittal est par ailleurs le 1^{er} producteur d'acier

CHIFFRES-CLÉS DE L'OUVRAGE

Palplanches : PU 28 + PU 22 + PU 18-1 + GU 16-400 + AU 20 : 556 t

Longueur des palplanches : 7,10 m à 13 m

Hauteur autostable à soutenir : 3,80 m à 5,40 m

Hauteur ancrée à soutenir : 3 m à 4,30 m

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : Société du Grand Paris

Maître d'œuvre : groupement Systra – A/NM/A – Richez Associés – Valode & Pistre

Année de livraison : 2018

Groupement : Alliance, GTS (groupe NGE – Battage de palplanche)

Palplanches : ArcelorMittal

au monde à avoir élaboré en 2010 une « Analyse du cycle de vie (ACV) » dédiée aux palplanches. Une « Déclaration environnementale de produit », conforme aux normes ISO 14025 et EN 15804, a été publiée en 2016 pour les palplanches laminées à chaud.

Parfaitement adaptée aux ouvrages provisoires, la gamme actuelle de palplanches PU est complétée par la gamme AZ, dont les nouvelles AZ-700 et AZ-800 pour les ouvrages définitifs. Fortes caractéristiques mécaniques, rendements mécaniques élevés sans les pertes d'inertie et résistance liées à la position des serrures des palplanches en U, les palplanches AZ peuvent supporter les contraintes, sollicitations et déformations imposées par les ouvrages définitifs du Grand Paris Express. Les techniques de fonçage utilisées ici, associées aux techniques modernes de fondations spéciales comme le Soil Mixing ou CSM, ont permis en Belgique et en Allemagne, depuis plusieurs années, la réalisation de nombreuses parois périphériques d'infrastructures en sites urbains sensibles. ■

Marc Gratier de Saint Louis
Ingénieur commercial – France
ArcelorMittal Sheet Piling
ArcelorMittal Europe - Long Products



Vue d'ensemble du chantier sous la neige en février dernier.



L'église Saint-Étienne de Bar-sur-Seine en rénovation



Florestan Siret,
ingénieur
travaux Botte
Fondations

Suite à l'apparition de désordres consécutifs à une déficience de portance des sols d'assise, l'église Saint-Étienne de Bar-sur-Seine a fait l'objet de travaux de reprise en sous-œuvre, comprenant entre autres la réalisation de colonnes de jet-grouting, méthodologie de contrôle non destructif en place des colonnes. Des travaux dont se sont chargés Botte Fondations et le groupe Esiris pour la phase G3 de géotechnique.

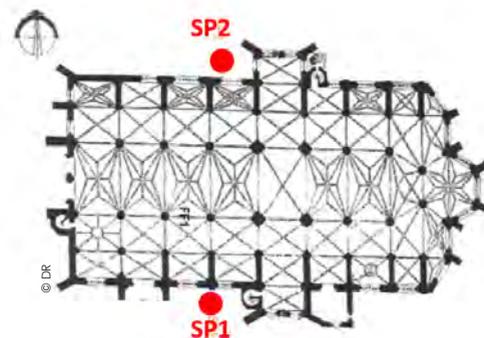
L'église Saint-Étienne située à Bar-sur-Seine (Aube) est une église au style principalement gothique, construite au XVI^e siècle. Elle est classée en totalité au titre des monuments historiques depuis 1907. L'église comporte dans son ensemble des fissures réparties dans toutes les parties du monument (intérieures et extérieures), à savoir le chœur, le transept, la nef et le sanctuaire en trois plans. Elle présente aussi des tassements différentiels sur la façade sud.

Les déformations étant toujours en cours, une reprise en sous-œuvre est décidée pour tenter de les stopper. Au regard de la sensibilité de l'édifice, les travaux ont été réalisés après plot d'essai en vraie grandeur et sous surveillance topographique. Le plot d'essai a permis de fixer les paramètres de jet

permettant de développer les colonnes compatibles avec la reprise des charges de l'édifice. Les colonnes du plot d'essai ont été auscultées par la méthode d'impédance mécanique qui permet de qualifier le diamètre des colonnes sans terrassement, donc en toute sécurité vis-à-vis de l'ouvrage.

CONTEXTE GÉOTECHNIQUE

Pour ce projet, deux sondages pressiométriques ont été utilisés provenant d'une ancienne campagne d'investigation. Les sondages sont situés de part et d'autre de l'église. De même, un sondage piézométrique provisoire a été réalisé afin de déterminer la classe d'agressivité chimique de l'eau. La nappe phréatique a été relevée à - 4,30 m au droit du sondage SP1 et à - 3,80 m pour le sondage SP2.



Implantation des sondages.

ÉLÉMENTS DE CHOIX ET DIMENSIONNEMENT DU RENFORCEMENT DE SOL

Une étude menée en 1992 et complétée en 2015 démontre la nécessité d'une reprise en sous-œuvre, soit par la consolidation du sol sous les fondations (méthode du jet-grouting), soit par un report



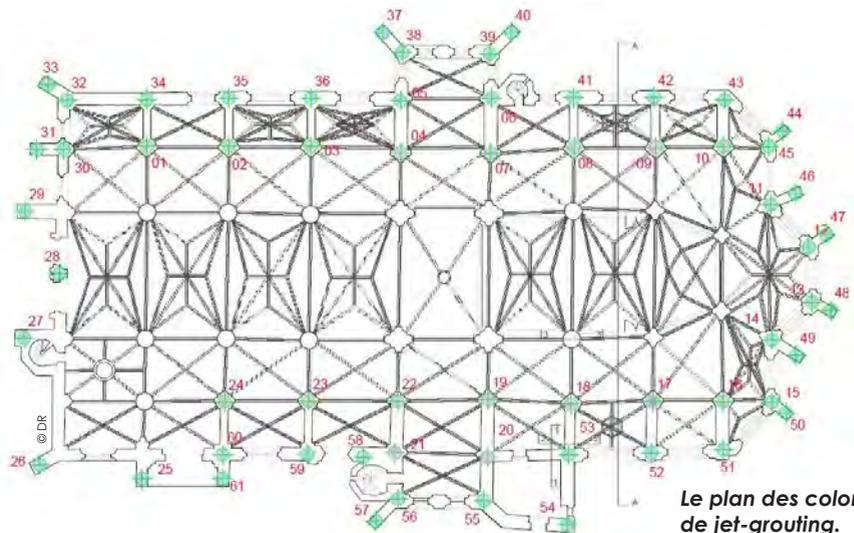
de charges via des micropieux. La seconde solution nécessite la création de longrines sous les fondations actuelles situées pour la plupart à 4 m de profondeur, et entraîne l'étalement des fondations, le rabattement de la nappe phréatique et des risques accrus de déstabilisation de l'édifice. C'est pourquoi la solution de reprise en sous-œuvre par la méthode du jet-grouting a été retenue.

EXÉCUTION DES TRAVAUX DE JET-GROUTING

Le moment critique pour la stabilité de l'ouvrage se situe entre la réalisation des colonnes et le séchage : les colonnes fraîches ne pouvant pas reprendre de charge, il existe une période assez courte pendant laquelle la semelle traitée par jet-grouting voit sa portance chuter. Les charges sont alors reportées sur les semelles voisines. Afin de garantir une stabilité de l'édifice, le phasage des travaux a été adapté pour ne pas solliciter en même temps des semelles voisines : colonnes réalisées depuis l'intérieur, les plus chargées, et colonnes réalisées depuis l'extérieur.

SURVEILLANCE DE L'ÉDIFICE

La surveillance de l'édifice a été réalisée par une station automatisée mesurant les déplacements de l'église via des cibles fixées à l'intérieur (40 cibles), mais aussi via 2 cibles situées sur 2 maisons ...



Le plan des colonnes de jet-grouting.



Colonne réalisée depuis l'intérieur de l'église.



Colonne réalisée depuis l'extérieur de l'église.



Dispositif d'auscultation automatisé.

••• environnantes à l'édifice. Ces deux dernières mesures permettaient de connaître le déplacement du monument par rapport aux autres constructions. La tolérance est de +/- 20 mm avec une première alerte à +/- 8 mm.

Les mesures prises permettent de suivre les déplacements 24 h/24 et 7 j/7. Une période d'auscultation de 2 semaines avant le début des travaux a été nécessaire pour connaître le comportement naturel de l'église. Une fois les travaux commencés, le cycle de visée était le suivant : 1 visée par heure entre 8 h et 18 h, et 2 visées entre 18 h et 8 h.

Les colonnes de jet-grouting ont fait l'objet d'un dimensionnement qui a permis de définir le diamètre des colonnes nécessaire pour reprendre les charges de l'édifice et les transférer au substratum. Il s'avère nécessaire de réaliser des colonnes de 0,65 m, depuis la sous-face des semelles jusqu'au substratum marneux, situé à 7 m de profondeur.

La technique du jet simple a été retenue en raison du diamètre



Les têtes de colonne étaient encastées d'environ 50 à 60 cm dans le sol.



Mise en place de la foreuse sur une colonne.

des colonnes et de la sensibilité de l'ouvrage. Une énergie de 10 MJ/ml a été testée lors de colonnes d'essai, et au vu des résultats concluants, les paramètres ont été utilisés ensuite en chantier.

ESSAIS RÉALISÉS

Des essais sont réalisés à l'exécution ; ainsi la densité du coulis et du spoil est mesurée à chaque journée de production. La densité du coulis était d'environ 1,50 et celle du spoil d'environ 1,80. Des écrasements sur le coulis et le spoil sont aussi effectués une fois par semaine. 6 éprouvettes pour le coulis et de même pour le spoil. Et dans le cadre de la vérification de l'intégrité et la forme de la colonne de jet, une série d'essais d'impédance mécanique a été aussi réalisée après un délai de cure de 10 jours, avant et après terrassement de la partie supérieure de la colonne.

PHASES D'ESSAIS

Après dégarnissage de la tête de colonne, le béton de sol a été préparé afin de procéder à 8 essais sur la colonne non dégagée en tête.

Chaque essai a fait l'objet de 3 frappes cumulées sur l'ensemble de la surface saine de l'élément, et en inversant la frappe au centre et géophone à la périphérie. Cette première série d'essais permet d'identifier les différents régimes vibratoires de tête, intermédiaires et en fond de la colonne.

Le diamètre identifié varie de 800 à 900 mm sur une hauteur d'environ

LES DIFFÉRENTS INTERVENANTS DU CHANTIER :

- **Maître d'ouvrage** : mairie de Bar-sur-Seine
- **Maître d'œuvre** : Pierre Bortolussi, architecte en chef des Monuments historiques
- **Entreprise titulaire du lot jet-grouting** : Botte Fondations
- **Géotechnicien phase G3 et suivi** : Esiris Group

80 cm. Cette seconde série d'essais permet le calage des conditions en tête pour les simulations, la caractérisation plus précise des régimes intermédiaires et en fond, et de l'admittance en partie inférieure de colonne. Les résultats se présentent sous forme de courbes d'impédance en fonction de la fréquence, et d'échos en fonction du temps pour chaque essai.

Sur l'ensemble des essais réalisés avant et après dégagement de la tête de colonne, les premiers constats sont les suivants : l'intégrité et la continuité de la colonne sont confirmées ; la raideur dynamique en basse fréquence varie de 0,31 à 0,57 MN/mm ; pour une longueur de colonne de 6,70 m, la vitesse de propagation moyenne des ondes de compression dans le matériau se cale en moyenne à 2500 m/s au regard des écarts de fréquence entre les harmoniques de la mobilité ; et au-delà de 800 à 1000 Hz, l'augmentation de la mobilité résulte d'une sur-section de la colonne et d'une faible étreinte latérale du sol sur le premier mètre. La vitesse de propagation des ondes de compression étant influencée par la nature et la résistance du « béton de sol »,



© DR



© DR

◀ **Après excavation autour de la tête de colonne pour identification du diamètre en partie supérieure.**

son calcul est réalisé par analyse directe des courbes d'impédance connaissant la longueur de la colonne par les diagraphies d'exécution. Ce calage aboutit à une célérité moyenne de 2500 m/s, sachant qu'elle n'est pas uniforme sur l'ensemble du linéaire de colonne, comme le souligne l'analyse indirecte par simulations au paragraphe suivant.

ANALYSE INDIRECTE DES ESSAIS SUR COLONNE TEST

L'analyse est conduite conformément aux *Recommandations pratiques pour le contrôle du diamètre des colonnes de jet-grouting*, thème 3, éditées dans le cadre du projet national Criterre « Reconnaissance et identification des anomalies des terrains – Contrôle des améliorations des sols » (1998-2002).

Le logiciel de simulation développé dans le cadre de ce programme est un programme aux éléments finis qui simule la réponse fréquentielle d'un élément en le définissant, ainsi que le sol environnant, jusqu'à 10 segments selon la profondeur. Pour chaque segment, les informations suivantes sont nécessaires : longueur, diamètre, vitesse de propagation des ondes de compression, densité du matériau de l'élément, vitesse de cisaillement de l'onde dans le sol entourant le segment, densité du sol entourant le segment, le sol en fond de l'élément.

Le principe consistant à résoudre un problème inverse en calant au mieux la courbe d'impédance simulée à la courbe d'impédance

mesurée affinement des différents paramètres suscités. Seule la densité des spoils constitue un paramètre exploitable comme l'une des entrées du modèle de simulation. Ce qui caractérise le poids de l'élément sollicité en vibration impulsionnelle verticale est le « béton de sol » qui constitue la colonne de jet.

Le modèle géologique est celui communiqué au contexte géotechnique, ajusté par rapport aux enregistrements de la colonne à la phase foration, et ramené au niveau de la tête de colonne, à savoir : remblais (R) de 0 à 0,60 m, limons et argiles (LA) de 0,60 à 3,60 m, et marnes au-delà de 3,60 m. Pour les premières données d'entrée du modèle de simulation dynamique, il est indispensable de tenir compte des paramètres géotechniques, notamment pour la définition des fourchettes des ondes de cisaillement des sols. Ces vitesses sont ensuite ajustées dans ces fourchettes pour une convergence optimale signal mesuré/signal simulé. Des essais corrélatifs Ey statsol/Ey dynsol permettent de retenir pour les sols concernés : $Ey\ dynsol = (4 \text{ à } 10) * Ey\ statsol$.

Il faut néanmoins garder à l'esprit que comparer des vitesses de cisaillement obtenues par vibration de l'élément et celles obtenues par sismique réfraction peut être source d'erreur, d'où la fourchette de vitesses calculées.

Quoi qu'il en soit, ces valeurs seuils seront utilisées en entrée initiale de l'analyse indirecte par simulation des courbes d'impédance. Les analyses ont été conduites sur 3 essais montrant les signaux les plus propres. Les résultats des convergences optimales sur les essais permettent de retenir :

- un diamètre en tête évoluant de 800 à 900 mm ;
- un diamètre en partie courante évoluant de 650 à 675 mm ;
- un diamètre dans le SB évoluant de 710 à 720 mm.

La convergence est bonne en fond de colonne. L'effet du bulbe en tête ne permet pas un calage optimum de la mobilité au-delà de 1000 à 1200 Hz. Le diamètre de 650 mm déterminé par rétro-analyse constitue un minimum.

PRINCIPALES QUANTITÉS ET MATÉRIEL NÉCESSAIRE À LA RÉALISATION DES COLONNES DE JET-GROUTING :

- 61 colonnes de jet-grouting
- 430 ml de forage
- 104 m³ de coulis injecté
- 1 foreuse Comacchio MC400 électrique
- 1 centrale de jet 20 m³/h
- 1 pompe de jet Soilmec ST 400 J
- 1 pompe HP 50

Les paramètres du jet simple adopté pour la présente colonne permettent de garantir un diamètre minimal de 650 mm selon les différents terrains traversés.

L'édifice présentait des désordres importants qui ne devaient pas être aggravés par les travaux. Pour cela, toutes les dispositions permettant de réduire l'impact sur l'édifice ont été prises. L'entreprise Botte Fondations a fait appel à l'expertise d'Esiris afin de définir une méthode d'auscultation non destructive des colonnes. Moyennant une analyse fine indirecte des signaux mesurés selon un protocole d'essai spécifique, l'application de la méthode d'impédance mécanique à ce type d'élément d'infrastructure permet de confirmer le profil de la colonne, et ainsi garantir son diamètre minimum. Cette méthodologie est adaptée aux contraintes opérationnelles de ce type de chantier.

Grâce à ces auscultations, les travaux n'ont pas provoqué de désordres supplémentaires à l'édifice, et les mouvements enregistrés ont été limités au millimètre.

Ce type d'auscultation est également particulièrement adapté à la détection de vides ou défaut de raideur sur des surfaces en béton enterrées visitables, ou non enterrées (coque préfabriquée avec vide annulaire, dallages, voussoirs de tunnels, collecteurs visitables selon recommandations AFTES – Groupe de travail n° 14). ■

Florestan Siret

Ingénieur travaux Botte
Fondations et **Bruno Rosa**
Directeur technique Esiris



L'usine de prétraitement du SIAAP se refait une beauté

Construite il y a près de 160 ans, l'usine de prétraitement du SIAAP à Clichy-la-Garenne (Hauts-de-Seine) est le point de passage d'une importante partie des eaux usées de l'agglomération parisienne. Le gigantesque projet de refonte de cette usine comprend notamment un nouveau bassin de 70 000 m³ pour stocker les eaux excédentaires en temps de pluie, la modernisation de l'unité de prétraitement actuelle et la construction d'une seconde unité. Un chantier complexe pour Sefi-Intrafor et Soletanche Bachy qui vont mettre en œuvre des parois moulées, des parois au coulis, des injections de prétraitement, de fond injecté et de collage, des micropieux ou encore du jet-grouting !



Usine de prétraitement des eaux usées provenant de Paris, Clichy, Levallois et Neuilly, mais aussi station de pompage anti-crue, sa modernisation – les travaux s'étalent jusqu'en 2022 – va permettre de fiabiliser son fonctionnement, d'augmenter la capacité,

de réduire l'impact sur le milieu naturel, de réduire les nuisances et d'améliorer les conditions de travail des agents.

En groupement avec Soletanche Bachy, Sefi-Intrafor réalise les fondations spéciales du projet pour le groupement de génie civil

Bouygues Travaux Publics – Razel-Bec. Scindé en deux sites, de part et d'autre de l'usine actuelle, le projet comprend le site A avec le puits de chute T10 et le nouveau dessableur/dégrilleur amont, et le site B, avec le bassin de stockage T30. « Un chantier qui a regroupé



Vue d'ensemble du site A.

70 personnes en période de pointe, y compris l'encadrement sur les deux sites, soit 20 sur le site A et 50 sur le site B, le site B étant organisé en 2 postes », souligne Nicolas Launay, chargé d'affaires chez Sefi-Intrafor.

UN CHANTIER COMPLEXE DE 24 MOIS

Le chantier a débuté en avril 2017, avec une phase de 150 carottages (diamètre 1 200 et 1 400 mm) réalisés notamment par Franki Fondation, pour purger les obstacles existants sur le tracé de la future paroi du site A. 28 pieux de fondations à la tarière creuse ont pu également être forés jusqu'à 18 m à la fin de cette phase. Des travaux de prétraitement se sont ensuite déroulés, tant sur le site A (30 forages à 34 m) que sur le site B (140 forages à 55 m), pour se prémunir de potentielles pertes de fluide liées à d'éventuelles dissolutions de gypse lors du forage des parois moulées.

L'équipe « parois » s'est ensuite installée sur les sites A (grues) et C (centrale). De fin juillet à fin septembre, la paroi au coulis armée (de profilés métalliques jusqu'à 18 m de longueur) du futur dessableur/dégrilleur a été réalisée à la benne, en épaisseur 62 cm, sur des profondeurs entre 14 et 23 m, soit 4 500 m² de parois au coulis. Ce soutènement provisoire sera ensuite doublé d'un voile béton pour avoir un parement totalement

lisse permettant une bonne maîtrise des sections hydrauliques, et donc des vitesses de circulation de l'eau. Une autre paroi au coulis a été construite pour le canal d'amenée à côté du puits de chute T10.

À 24 M DE PROFONDEUR, MISE EN PLACE DE PANNEAUX DE PAROI MOULÉE

Début octobre, sur l'extrémité côté Seine du rectangle formé par la paroi au coulis, 4 panneaux de paroi moulée ont été exécutés à 24 m de profondeur devant un puits existant. Un rideau de jet-grouting (20 colonnes) viendra compléter le dispositif, pour parfaire l'étanchéité de la boîte. Jusqu'à mi-novembre, c'est le puits de chute T10 qui a été exécuté en paroi moulée circulaire de 13,6 m de diamètre intérieur à 32 m de profondeur (soit 1 450 m² de parois).

En parallèle, les équipes ont réalisé 1 500 ml de micropieux (46 unités à 33 m) pour le radier du dessableur. Ils ont ensuite continué avec le fond injecté du dessableur (159 forages, 3 800 ml environ) et le fond injecté du puits T10, dont les 36 forages (1 250 ml) se sont terminés fin décembre. La réalisation d'un bouchon en jet-grouting, pour le départ du tunnelier depuis le canal d'amenée, a démarré en janvier 2018.

Début avril, des essais de pompage seront réalisés sur le dessableur, afin d'affiner le dimensionnement du pompage définitif, avant ...

Phase de décoffrage LR1160 et HS8130, et phase de forage en premier plan.



LES PRINCIPALES MACHINES DE FAYAT FONDATIONS PRÉSENTES SUR LE CHANTIER

Site A :

- Foreuse Bauer BG30 pour les carottages en gros diamètres
- Centrale de fabrication et de retraitement des boues et unité de fabrication de coulis pour les parois moulées et les parois au coulis armé
- Grue de forage Liebherr HS855 avec benne Stein K810 ép. 820 mm
- Grue de manutention Liebherr HS855 avec 40 m de flèche
- Foreuses Soilmec SM18 et Domine DCH114, DCH218 (site A et site B pour les travaux de prétraitement, de fond injecté, de micropieux et de jet-grouting)
- Silos à ciment, unités de fabrication de coulis et pompe de Jet Soilmec 7T450

Site B

- Cutter Bauer constitué d'un porteur MC96 et poutre BC40
- Centrale de traitement des boues Sotres D550 et centrifugeuse GTech CG200S et silos de stockage de boue
- Grue de forage Liebherr HS8130 avec benne Stein K810II ép. 1020
- Grue de manutention principale Liebherr LR1160 avec 63 m de flèche
- Grue de manutention auxiliaire Sennebogen 630R
- 7 porte-joints CWS de 51 ml



Centrale PM et PAC du site A.

LES INTERVENANTS SUR LE CHANTIER

- **Maître d'ouvrage** : SIAAP
- **Groupeement Avant-Seine** : Stereau (mandataire) – OTV – Bouygues TP – Razel-Bec – HB Architectes
- **Sous-groupeement génie civil** : Bouygues Travaux Publics – Razel-Bec
- **Groupeement fondations spéciales** : Soletanche Bachy – Sefi-Intrafor

QUELQUES CHIFFRES-CLÉS

- Chantier de 24 mois
- Bassin de 70 000 m³
- 150 carottages
- 28 pieux de fondations à la tarière creuse
- 4 panneaux de paroi moulée
- Profondeur de ces panneaux : 24 m
- 1 500 ml de micropieux

que celui-ci soit rétrocédé à Bouygues – Razel-Bec. Mi-avril, le butonnage sera effectué en même temps que le terrassement. Enfin, à partir de mi-juillet, aura lieu la 2^e phase de pieux (35 unités) avec carottages préalable pour certains d'entre eux.

Sur le site B, la réalisation du bassin de stockage T30, monolobe de 71 m de diamètre et d'une capacité de 70000 m³, est en cours depuis mi-octobre.

Avec une benne Stein, Sefi-Intrafor réalise les avant-trous jusqu'au terrain compact ainsi que les décoffrages des (porte-joints) CWS. Les forages étant poursuivis jusqu'à 54 m par le cutter de Sefi-Intrafor ou par l'hydrofraise de Soletanche Bachy. Sefi-Intrafor gère aussi sur ce site la nouvelle grue de maintenance LR1160 de 160 t et 63 m de flèche.

Pour pallier les pertes de cadences liées à des passages fortement indurés dans les marnes et caillasses et les calcaires grossiers, Sefi-Intrafor a dépêché début janvier son cutter BC40 sur porteur MC96 ainsi que sa nouvelle centrale de dessablage D550, afin de sécuriser le planning de l'opération. À la fin de la paroi moulée début avril, les équipes ont commencé à réaliser, avec 4 ateliers, le fond injecté du bassin et ses 300 forages à 55 m de profondeur, soit 17 km de forages à faire en 4 mois ! Après la phase de terrassement, il



Vue du site B au premier plan, et au second plan le site A.

faudra exécuter 740 micropieux de 26 m en fond de fouille. Une activité qui devrait emmener le planning jusqu'en juin 2019. ■

Nicolas Launay

Chargé d'affaires Sefi-Intrafor



Micropieux et paroi site A.

SOMAC

www.somac-forage.com

T : +33(0)2 32 07 02 50

GUAINVILLE (28)

Fabricant Français
depuis 1990



SD 80



SD 500



SD 410 W



SD 90



SD 210 Hyb



SD 90 COMBI



SD 250-70



SD 200 RPVL

INTERMAT 2018

HALL 5A / STAND: C 095

Gamme complète de machines (500 Kg à 25 Tonnes) pour :

- La Géotechnique
- Les Micro-fondations
- Les Forages d'eau et la géothermie

www.pariquip.fr

T : +33(0)2 32 07 02 22

GUAINVILLE (28)

Pour une Location :



PARIQUIP
MATÉRIELS DE FORAGE

Des fondations au cœur de la capitale



© Franki Fondation

Depuis juillet 2017, les équipes de Razel-Bec, de Franki Fondation et de Sefi-Intrafor, filiales du groupe Fayat, interviennent à proximité de la tour Eiffel, face au musée du quai Branly et le long de la Seine, sur l'emprise de la gare RER Pont-de-l'Alma. Franki Fondation y réalise deux parois de pieux sécants et les fondations des ouvrages (pieux et micropieux), tandis que Sefi-Intrafor est en charge des bouchons injectés qui permettront d'effectuer les terrassements à l'abri des infiltrations. À la conclusion des travaux d'aménagement, la gare du RER C offrira une totale accessibilité aux personnes à mobilité réduite.

Le schéma directeur de l'accessibilité des transports en commun d'Île-de-France, financé par la Région Île-de-France (25 %), Île-de-France mobilités (50 %) et SNCF (25 %), est en marche et induit des travaux d'aménagement importants, notamment à Paris. C'est dans ce cadre que la SNCF a engagé la réfection de la gare du RER C Pont-de-l'Alma, avec pour ambition de favoriser l'accès des personnes à mobilité réduite au musée du quai Branly et à la tour Eiffel, toute proche. L'opération passe par la prise d'une série de dispositions : mise en place de portes automatiques dans le bâtiment Voyageurs, installation d'un guichet de vente adapté, mise en conformité des

escaliers, de la signalétique et de l'éclairage, mise aux normes d'accessibilité de la rampe d'accès au bâtiment Voyageurs, création de 2 ascenseurs, élargissement des quais au niveau des ascenseurs, rehaussement partiel des quais, création de 2 issues de secours et de passages élargis contrôlés sur chaque quai. Mais avant de mener ces travaux, ce sont les pelles et les foreuses qui sont et seront en action pour réaliser les fondations et les terrassements sur une emprise limitée entre les rails, les quais et la Seine.

DEUX PAROIS DE PIEUX SÉCANTS

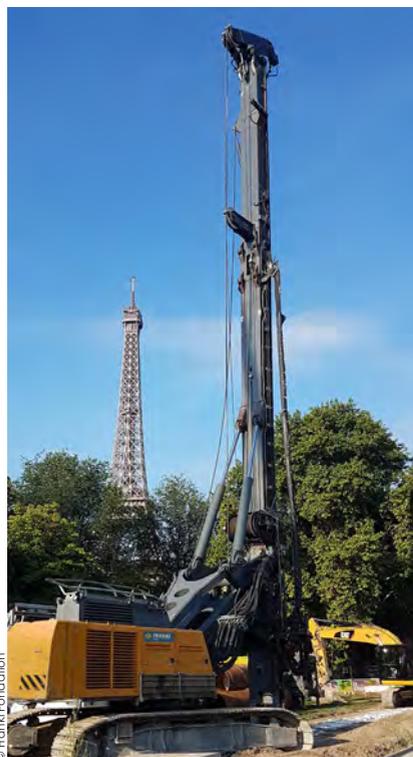
Le chantier de réhabilitation et d'extension se déroule sur quatre

zones situées de part et d'autre du quai Branly : côté musée, les deux chantiers dénommés « Issue de secours A » et « CAB A » ; côté Seine, les chantiers « Issue de secours B » et « CAB B ».

« L'objectif est de créer trois "boîtes" capables de supporter la poussée du terrain et d'empêcher les infiltrations durant la phase de terrassement », intervient Micael Rodrigues Lopes, ingénieur travaux de Franki Fondation. « Pour ce faire, nous devons réaliser deux parois de pieux sécants, des pieux à la tarière creuse et des micropieux tandis que Sefi-Intrafor doit effectuer des bouchons injectés. »

La 1^{re} phase de travaux se déroule côté du musée du quai Branly.

Entre quais, rails et Seine, l'atelier de pieux sécants doit intervenir dans un périmètre restreint.



Les fondations de la future gare RER Pont-de-l'Alma se déroulent au pied de la tour Eiffel.

Après une installation mi-juillet, les équipes de Franki Fondation ont débuté par la paroi de pieux sécants de l'issue de secours A. Au programme, la réalisation de 83 pieux de 1 080 mm de diamètre, et de 20 m de longueur. Ces pieux sont forés et tubés à l'avancement à l'aide d'une foreuse Liebherr LB 28 équipée d'un entraîneur de tubes. Pour favoriser l'étanchéité de la paroi, les pieux sont réalisés, par alternance, au coulis et au béton. 42 pieux ont ainsi été faits au coulis et 41 au béton armé. Les travaux ont ensuite enchaîné avec la zone CAB A. Là encore, il s'agit de réaliser une paroi de pieux sécants, constituée de 35 pieux de 1 080 mm de diamètre (dont 18 au coulis et 17 au béton armé) et de 20 m de longueur.

UNE ZONE LOGISTIQUE RÉDUITE

Durant la 1^{re} phase de travaux, l'entreprise n'a pas rencontré de problèmes techniques majeurs pour la réalisation des pieux dans un complexe géologique formé de remblais sur les 8 à 9 premiers mètres, puis d'une couche d'alluvions anciennes, d'argiles sableuses et d'argiles. Même si la

présence d'un terrain très aléatoire avec présence de blocs en tête de forage a pénalisé la progression de la foreuse, là ne réside pas la principale difficulté, l'emprise réduite du chantier. « Nous disposons en particulier de très peu d'espace pour stocker les tubes et les équipements. Parallèlement, il y a des restrictions de poids sur le parvis qui interdisent l'utilisation d'engins avec une contrainte supérieure à 1 t/m². Dans la zone du CAB A, à cause du manque de place, nous devons faire la manutention au moyen de la pelle de 21 t et de notre foreuse », relève Micael Rodrigues Lopes, dont le planning des mois de mars et avril prévoit la réalisation de pieux tarière creuse dans la zone Issue de secours B, des injections de coulis en zone Issue de secours A/CAB A, puis issue de secours B.

64 PIEUX DE STRUCTURE

En plus des parois de pieux sécants, Franki Fondation exécute depuis début décembre 2017 64 pieux de structures sur l'issue de secours A et le CAB A, qui présentent des diamètres de 620 à 920 mm et des longueurs comprises entre 20 et 28 m. Ces pieux sont réalisés à la tarière creuse, le béton étant injecté à l'intérieur de la vis pendant son retrait du forage. « Nous allons bientôt attaquer les pieux de structure de la zone Issue de secours B et les micropieux du CAB B, côté Seine. Ce qui nécessitera environ 1 semaine de travaux pour la dizaine de pieux et environ 3 à 4 semaines pour la trentaine de micropieux », précise Micael Rodrigues Lopes.

Ce sont les équipes de Sefi-Intrafor qui auront le dernier mot sur la partie fondations du chantier, pour faire des bouchons injectés sur les zones A et B, ainsi que des injections de collages entre les parois en pieux sécants et les ouvrages existants.

L'objectif de ces travaux d'injection est de réduire la perméabilité du terrain afin d'éviter les arrivées d'eau de la Seine voisine lors du terrassement à l'intérieur des parois, qui sera réalisé par Razel-Bec (qui



LES INTERVENANTS DU CHANTIER :

Groupe : Razel-Bec – Franki Fondation et Sefi-Intrafor – SMB – Désormaux

Maître d'ouvrage : SNCF

PLUIES, CRUE ET FROID

Les conditions extrêmes des derniers mois n'ont pas épargné le chantier parisien. C'est la crue de la Seine qui a sévi en premier lieu, perturbant le déroulement des travaux de forage. « Les pluies importantes ne nous ont pas gênés directement puisque les techniques appliquées pour les pieux de structure ne sont pas météo-dépendantes. En revanche, la crue de la Seine a bloqué un temps notre approvisionnement en béton. La centrale à béton d'Issy-les-Moulineaux qui nous fournit ne pouvait plus recevoir de matières premières, celles-ci étant livrées par barges ! » indique Micael Rodrigues Lopes, ingénieur travaux Franki Fondation. Les équipes de Sefi-Intrafor ont ensuite dû faire face à la vague de froid qui a ponctuellement engendré un arrêt de chantier.

supervise le chantier et réalise tout le génie civil du projet). Les bouchons injectés auront une épaisseur de 3 à 4 m, et les fondations auront nécessité plus de 10 900 ml de forages (parois, pieux, micropieux, injections confondus). ■

Philippe Morelli



Villas la Provençale : la ville du XXI^e siècle s'inscrit dans une perspective de développement durable

GLTP Fondations SAS exécute en deux semaines 485 pieux battus en fonte ductile pour la première tranche du Clos de l'Angeli à Velleron, dans les monts du Vaucluse. Les pieux préfabriqués, issus à 100 % de matériaux recyclés, constituent les fondations d'un vaste projet de conception bioclimatique. Les travaux ont débuté en novembre dernier sur un terrain de trois hectares. L'inauguration de la villa témoin est prévue au printemps.

La réalisation du Clos de l'Angeli relève d'une démarche environnementale affirmée. Fidèles à l'esprit du village, les bâtiments collectifs alternent avec les maisons individuelles. Ils sont conçus à l'échelle humaine. Les espaces extérieurs, cœurs d'îlots végétalisés, jardins et chemins piétons invitent à la convivialité et à la promenade.

« Nous avons conçu le Clos de l'Angeli comme une extension du

centre du village. Le hameau a été imaginé comme un prolongement harmonieux entre passé et présent. Il compte 49 appartements, 3 villas individuelles et 2 bâtiments avec commerces, dont l'expression architecturale concilie des lignes sobres et un design contemporain avec l'utilisation de matériaux traditionnels », expliquent Jacques Patingre et Mickael le Panse Jolly, architectes DPLG.

LE CLOS DE L'ANGELI : VELLERON UTILISE SES VALEURS PATRIMONIALES POUR CONSTRUIRE SON FUTUR

Le groupe Villas la Provençale s'attache à produire des maisons concepts esthétiques et performantes. D'autre part, il accompagne une nouvelle approche : l'émergence d'éco-quartiers. S'inscrivant dans une démarche de performance thermique, elle



Démarrage de la tranche ferme. Les fondations des 17 villas et 6 bâtiments ont nécessité la mise en œuvre en 2 semaines de 485 pieux battus en fonte ductile de type BAF 118/07,5 mm et BAF 170/07,5-09,0 mm.

multiplie depuis plusieurs années des expériences afin de concevoir et proposer des maisons innovantes à la portée de tous.

« La campagne de Velleron est reconnue pour ses belles exploitations horticoles, maraîchères et fruitières. La valorisation foncière de cette parcelle agricole marécageuse en jachère et l'adaptation au sol dans le respect de l'environnement constituent les réels défis du projet. Le Clos de l'Angeli conjugue une véritable démarche urbanistique et une maîtrise des coûts et des délais nécessaire », souligne François Giorgio, directeur travaux Villas la Provençale.

ANCIENNE PARCELLE AGRICOLE MARÉCAGEUSE : DÉPÔTS PALUSTRES ET INTERCALATIONS TOURBEUSES

Les terrains sont constitués par des alluvions quaternaires et des dépôts palustres plus ou moins développés, reposant sur des marnes sableuses versicolores d'âge oligocène. De nombreux sondages environnants ont révélé la présence d'intercalations tourbeuses (jusqu'à près de 9 m d'épaisseur) au sein des remplissages palustres. « En raison des faibles à très faibles caractéristiques mécaniques des terrains de recouvrement, et ce sur des épaisseurs importantes, toute solution de fondations superficielles ou semi-profondes entraînera inévitablement l'apparition de tassements absolus et différentiels importants. Aussi, les charges des ouvrages doivent être reportées au sein des formations compactes sous-jacentes, à l'aide de fondations profondes », commente Luc Tanniou, directeur Egsol Sud.

La campagne de reconnaissance des sols déployée par Egsol Sud a

révélé en surface des limons argileux remaniés en tête. Ils reposent sur des sables limono-argileux saturés et des argiles sableuses brunes à noirâtres observés jusqu'à 2,8 à 6,4 m de profondeur. En deçà, les terrains sont constitués par des marnes argilo-sableuses rencontrées jusqu'à 3,2 à 9,6 m de profondeur, puis des marnes et marnes calcaires reconnues jusqu'à 12 m, base du sondage pressiométrique. Les compacités sont faibles à très faibles au sein des terrains de recouvrement (R_{da} et $Q_c < 0,4$ MPa, $pl < 0,11$ MPa), puis elles augmentent rapidement jusqu'au refus dans le substratum marno-calcaire (R_{da} et $Q_c > 100$ MPa, $pl > 4,52$ MPa, $E_m > 154,8$ MPa).

« Le mode de fondations des ouvrages doit tenir compte de la nécessité de mobiliser un horizon portant, des compacités très hétérogènes tant en plan qu'en profondeur, de la présence d'eau à faible profondeur (entre 0,9 et 2,1 m de profondeur par rapport au terrain naturel), de la présence de niveaux tourbeux, ainsi que de charges de service élevées jusqu'à 85 t. Dans ce contexte, la solution de pieux préfabriqués battus en fonte ductile s'est avérée la plus économique et la plus sûre », note Thierry Guignon, directeur GLTP Fondations.

PIeux PRÉFABRIQUÉS BATTUS EN FONTE DUCTILE : LONGUEUR VARIABLE, ARMATURE TOUTE HAUTEUR

Au total 17 villas, 4 bâtiments locaux et 2 bâtiments commerciaux sont concernés par la première tranche ferme. Elle a nécessité la réalisation de 485 pieux pour un linéaire total d'environ 3000 m. Les



Battage au refus dans le substratum marno-calcaire des pieux préfabriqués au moyen d'une pelle hydraulique sur chenilles New Holland E305 équipée d'un marteau hydraulique BRH Atlas Copco MB1700.

LE CHANTIER EN CHIFFRES (TRANCHE FERME)

- 485 pieux battus BAF
- 3 000 ml de tubes en fonte ductile + accessoires (environ 80 t)
- 10 jours de battage
- 1 pelle sur chenilles New Holland E305 ;
- 1 marteau BRH Atlas Copco MB1700
- 2 essais de chargement statique
- 200 t : charge d'essai maximale

pieux de type BAF 118/07,5 mm et BAF 170/07,5-09,0 mm sont battus au refus et ancrés dans le substratum marno-calcaire dont le toit a été rencontré en phase d'exécution entre 2,3 et 8,5 m de profondeur.

« Grâce au système d'accouplement conique Plug&Drive®, il est possible de travailler avec une longueur de tube standard de 5 m facile à manutentionner et à mettre en œuvre. Les tubes s'emboîtent les uns dans les autres pour former des longueurs de pieux variables. À chaque moment le pieu peut être prolongé ou arasé, s'adaptant ainsi naturellement aux variations du toit rocheux. La chute après arasage est munie d'un nouveau sabot et sert de premier élément au prochain pieu », explique Jérôme Coulon, gérant de Sarl Coulon Pieux Battus.

« Le battage des pieux avec refoulement et sans introduction de béton dans le sol participe logiquement au projet d'éco-quartier. Cette technique, ... »



© GLTP Fondations SAS

Les pieux sont battus et arasés directement à l'intérieur des préfouilles. Les massifs de tête de pieux sont bétonnés pleine fouille. Panier frettant noyé dans le massif de tête de pieux et aciers verticaux en attente.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS :

Promoteur : Provence Concepts Projets Sarl, Salon-de-Provence (Bouches-du-Rhône)

Entreprise de construction : Villas la Provençale, Salon-de-Provence (Bouches-du-Rhône), François Giorgio

Architectes DPLG : Jacques Patingre et Mickael Le Panse Jolly

BET structure : PYC Ingénierie Sarl, Salon-de-Provence (Bouches-du-Rhône), Béatrice Désesquelle

BET géotechnique : Egsol Sud Sarl, Gémenos (Bouches-du-Rhône), Luc Tanniou

Bureau de contrôle : Apave Sud Europe, Avignon (Vaucluse), Rached Salmi

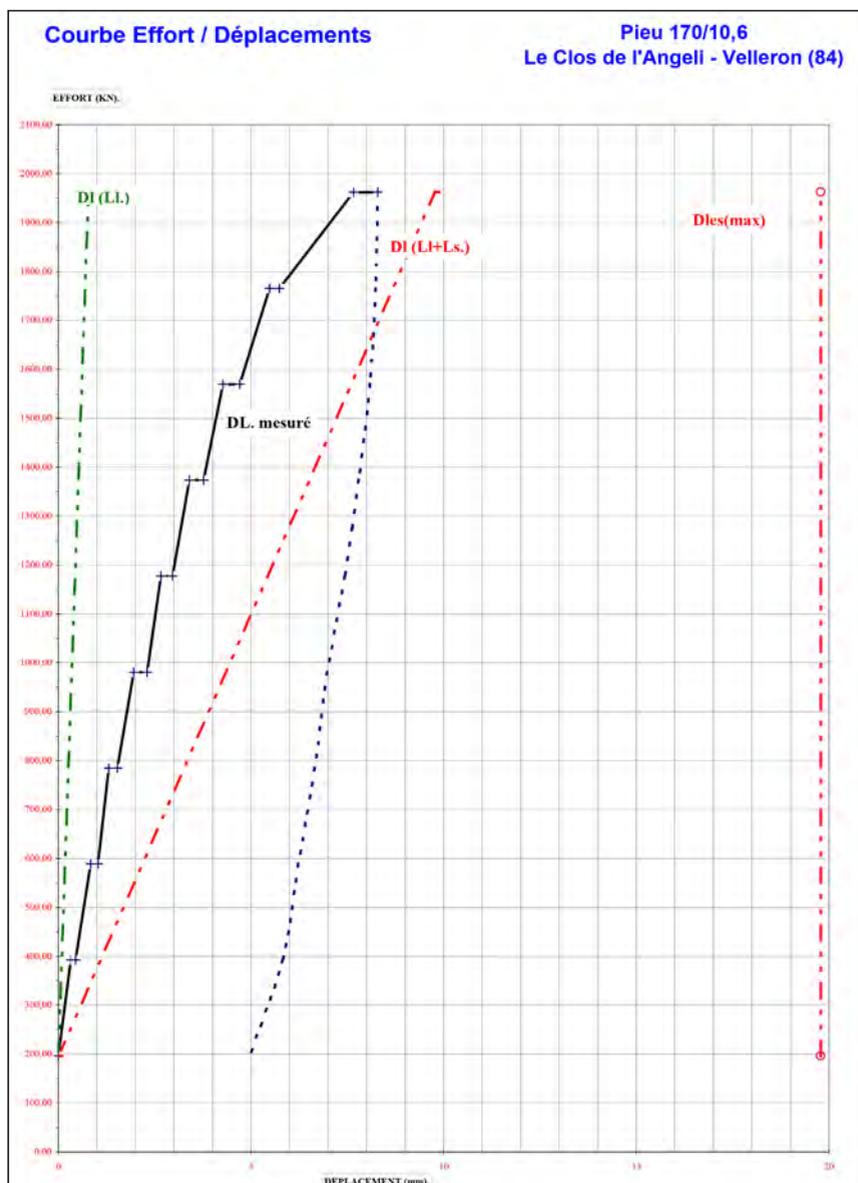
Entreprise de travaux spéciaux : GLTP Fondations SAS, Varages (Var), Thierry Guignon

... dite "par voie sèche", élimine les déblais de forage et l'impact potentiel des fondations profondes sur l'hydrologie souterraine locale. La fonte ductile est en outre un matériau 100 % recyclé contribuant à la revalorisation des déchets d'alliage ferreux et à la préservation des ressources mondiales naturelles. À la fin de sa durée d'utilisation, elle est à son tour intégralement recyclable », poursuit Jérôme Coulon.

L'énergie nécessaire au battage est fournie par un marteau hydraulique BRH Atlas Copco MB1700 (3 500 joules) monté sur une pelle New Holland E305. La capacité portante des pieux est vérifiée lors de l'exécution par contrôle du

critère d'arrêt de battage (enfouissement résiduel pour un temps de battage prédéfini).

« Les pieux sont tous descendus au rocher avec la certitude d'intégrité et de continuité garantie par une armature de forte inertie toute hauteur. Les charges sont transmises de la tête à la base du pieu par les tubes en fonte ductile servant à la fois de tube de battage et d'armature métallique. La technique permet d'écarter sûrement tout risque de striction, particulièrement élevé en présence de matière organique en décomposition au sein des niveaux argilo-sableux », commente François Giorgio, directeur travaux Villas la Provençale.



© CIEH Instrumentations Sarl

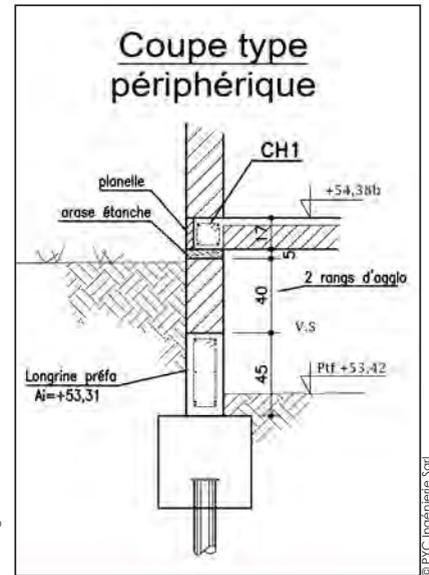
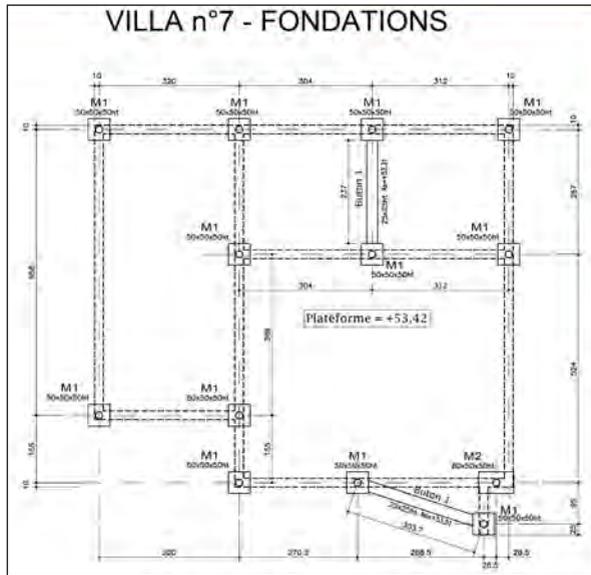
Courbe effort/déplacements jusqu'à la charge d'essai 1,962 kN (tassement 8,3 mm). La charge de rupture n'a pas été atteinte. Le tassement résiduel est de 5 mm pour un palier final de détente à 200 kN.

CONCEPTION PARASISMIQUE : DES TERRAINS EXTRÊMEMENT COMPRESSIBLES EN ZONE DE SISMICITÉ 3

La totalité de la commune de Velleron est concernée par le risque sismique. Le 9 février 1998, un séisme de faible intensité a eu lieu (épicentre situé à Morières-lès Avignon). Le 10 octobre 2002, un séisme de magnitude 2,63 avait eu lieu au nord-est d'Entraigues-sur-la-Sorgue, et, dernièrement, en 2006, un séisme de magnitude 2,6 s'est produit à Sorgues.

« Au regard de la norme NF EN 1998 (Eurocode 8), les paramètres sismiques retenus sont : zone de sismicité modérée 3, catégorie d'importance II et sol de type E. Pour chaque bâtiment ou villa, le contreventement est assuré par les murs réalisés en maçonnerie chaînée. Tous les pieux sont reliés entre eux par un système de longrines bidirectionnel, augmenté si nécessaire localement par des butons », signale Béatrice Désequelle, gérante PYC Ingénierie. Les longrines préfabriquées en béton précontraint sont positionnées en périphérie et en refend de bâtiments. Elles mesurent jusqu'à 6 m et s'appuient sur les massifs de têtes de pieux. Elles sont support des murs maçonnés jusqu'au plancher hourdis du vide sanitaire (PHVS). La zone de clavetage relie les têtes de pieux, les aciers en attente des longrines et le chaînage horizontal du PHVS. Ainsi liaisonnés, les pieux et le PHVS forment un socle monolithique indéformable qui permet d'assurer la stabilité de la structure en cas de séisme.

« La vérification du comportement transversal des pieux a pour objectif d'éviter la plastification des terrains en place (calcul de la réaction frontale à l'aide du module Piecoef + du logiciel Foxta v3). Il convient ensuite de vérifier que les efforts normaux, efforts tranchants et moments fléchissants ELU sont admissibles structurellement pour



les tubes en fonte ductile au sens de l'Eurocode 3. La vérification de la portance des pieux est, quant à elle, basée sur la méthode de calcul à partir d'essais de pieux », indique Charles Bernuy, ingénieur Terrasol Rhône-Alpes.

ESSAIS DE CHARGEMENT STATIQUE EN COMPRESSION : SOLIDE RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR PIEUX BAF

« Les travaux de battage ont duré 10 jours, avec un rendement moyen d'environ 50 pieux, soit 300 ml journaliers. La cadence est donnée par l'entreprise de terrassement qui aménage les pré-fouilles à l'avancement. Les pieux sont battus et arasés directement à l'intérieur des excavations, lesquelles sont immédiatement à la suite ferrillées et bétonnées pleine fouille pour servir de massifs de tête de pieux », souligne Thierry Guignon, directeur GLTP Fondations.

Deux essais de chargement statique en compression selon Eurocode 7 et NF P 94-150-2 clôturèrent les travaux de battage de la tranche ferme. Les essais ont été menés avec succès à pratiquement 2,4 fois leur charge de service, soit environ 120 t pour le pieu BAF type 118 et 200 t pour le pieu BAF type 170. Chaque massif de réaction a nécessité la réalisation de 4 micropieux forés Ø 200 mm de longueur 12 m.

« L'essai sur pieu BAF type 118 atteint la rupture à son niveau théorique de limite élastique

Thierry Guignon,
directeur
GLTP Fondations
SAS.



(palier 1,150 kN, tassement 9 mm). Aucune charge critique de fluage n'a été observée pour l'essai sur pieu BAF type 170. La rupture n'a pas été atteinte, l'essai est limité par la capacité maximale de 200 t du vérin hydraulique double effet (dernier palier 1,960 kN, tassement 8,3 mm) », explique Pascal De Méo, gérant CEM Instrumentations.

Les résultats des deux essais corroborent les retours d'expérience positifs déjà disponibles dans d'autres régions de France sur des pieux de même type BAF exécutés dans un contexte géologique similaire. Ils montrent que la capacité portante des pieux battus au refus dans un substratum rocheux est largement sous-estimée par le dimensionnement classique selon la procédure du pieu modèle ou du modèle de terrain décrit dans la norme NF P 94-262. ■

Aude Moutarlier, en collaboration
avec **Jérôme Coulon**
Gérant Sarl Coulon Pieux Battus



© Kuwait Integrated Petroleum Industries Company (KIPIC)

Des réservoirs de GNL sur fondations spéciales au Koweït

Afin de sécuriser ses importations et ses exportations de gaz naturel liquéfié (GNL), la Kuwait Integrated Petroleum Industries Company (KIPIC) a lancé la construction d'un gigantesque terminal sur le site d'Al-Zour, au Koweït. Des travaux dont se sont chargées les entreprises Hyundai Engineering & Construction, Kogas Tech et Terrasol.

Ce projet qui doit s'achever en 2020 comprend la construction d'une usine de regazéification et de 8 réservoirs de stockage d'une capacité unitaire de 225 000 m³, implantés sur une plateforme entièrement gagnée sur la mer. Cet important contrat en « *Design & Build* » a été remporté par Hyundai Engineering & Construction, qui en a confié le design au bureau coréen Kogas Tech, spécialisé dans l'ingénierie et la maintenance des installations gazières on-shore et off-shore, qui a lui-même confié à Terrasol le dimensionnement des

fondations des réservoirs (sur inclusions rigides).

Ces 8 ouvrages en béton précontraint de 96 m de diamètre et 45 m de hauteur doivent pouvoir en particulier vérifier des critères de tassements différentiels assez stricts et encaisser de fortes accélérations sismiques avec une période de retour de 2475 ans.

LE CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Le projet est implanté sur une plateforme gagnée sur la mer. La lithologie sous la mer, avant réalisation du remblai, est une

succession de couches sableuses dont la densité augmente avec la profondeur, jusqu'à un substratum situé à 70 m environ sous le niveau de la mer. Afin de limiter le risque de liquéfaction, il a été décidé de draguer, préalablement aux travaux de remblai, les couches de caractéristiques les plus faibles sur 6 à 7 m de profondeur. Des remblais hydrauliques sont ensuite mis en place et vibro-compactés sur une épaisseur de 20 m environ.

LA SOLUTION PROPOSÉE : DES INCLUSIONS RIGIDES POUR LIMITER LES TASSEMENTS

La solution retenue pour les fondations de ce projet consiste en la réalisation d'inclusions rigides à la tarière creuse, de diamètre 0,8 m, non armées, avec un maillage de 2,80 x 2,80 m au centre du réservoir, et 2,40 x 2,40 m en périphérie. Les inclusions sont ancrées de 1 m dans la couche de sable dense (DSD). Les inclusions rigides sont surmontées d'un matelas de 2 m d'épaisseur, de paramètres de cisaillement ($\phi' = 38^\circ$, $c' = 0$ kPa), et de module de déformation $E = 60$ MPa. Sous chaque réservoir, 1 128 inclusions rigides sont mises en place, avec une longueur variant entre 20 et 25 m. À l'échelle du projet, ce sera donc un linéaire de plus de 200 km d'inclusions qui sera mis en œuvre, soit l'équivalent d'un Paris-Le Mans.

Les vérifications de portance globale (à l'échelle du réservoir) et locale (sous les voiles périphériques du réservoir), ainsi que la vérification de la stabilité globale (stabilité du remblai hydraulique sous la charge apportée par le réservoir), menées à l'aide du logiciel Talren développé par Terrasol, ont démontré que la stabilité du réservoir était assurée en l'absence d'inclusions rigides. Ces vérifications ont été menées pour les phases statiques ainsi que pour les phases sismiques, en considérant une période de retour de 2475 ans, avec une accélération nominale (PGA) de 0,17 g. Les mécanismes de glissement sous séisme ont également été vérifiés, ainsi que la liquéfaction sous séisme.

Les inclusions ne joueront donc qu'un rôle de limitation des tassements (domaine 2 au sens des recommandations ASIRI), rôle néanmoins essentiel compte tenu des charges importantes apportées par le réservoir (jusqu'à 250 kPa lors de la phase d'hydrotest).

DES MÉTHODES SEMI-ANALYTIQUES POUR JUSTIFIER LES TASSEMENTS SOUS CHARGE STATIQUE

Afin d'évaluer les tassements sous le réservoir, et plutôt que d'utili-



© Kuwait Integrated Petroleum Industries Company (KIPIC)

Phase de forage.

ser un modèle 3D complexe et coûteux en termes de temps de calcul, une approche simplifiée a été choisie, basée sur les recommandations ASIRI, en considérant un modèle de cellule élémentaire permettant ensuite de modéliser le renforcement de sols par un monolithe équivalent.

Le principe de la cellule élémentaire est de ne modéliser qu'une maille correspondant à une inclusion et le sol l'entourant, dont on cherche la raideur. Il reste alors à déterminer la raideur de cette maille pour ne modéliser ensuite les renforcements de sols qu'à l'aide d'un monolithe équivalent de même raideur.

Un modèle simplifié axisymétrique est alors réalisé sous Plaxis 2D, avec des monolithes équivalents, de raideurs correspondant à celles calculées via le modèle de cellules élémentaires. 2 maillages différents étant considérés, au centre et en périphérie, 2 monolithes équivalents ont donc été introduits dans le calcul aux éléments finis.

Ce modèle simplifié a ainsi permis d'estimer les tassements sous le radier du réservoir pour les différents cas de charge considérés (réservoir vide, hydrotest, déchargement, rechargement avec GNL). Ces tassements respectent bien les critères de tassement

LE CHANTIER EN CHIFFRES :

- Budget : 1,52 Mrd \$
- Remblai gagné sur la mer : 1 000 x 500 m
- 8 réservoirs LNG de 96 m de diamètre et 45 m de hauteur
- Stockage total LNG : 1 800 000 m³
- Linéaire des inclusions : 200 km environ
- Volume béton des inclusions : 100 000 m³

différentiels imposés par le client, à savoir 1/300 vis-à-vis des tassements mesurés le long du diamètre du réservoir, et 1/500 vis-à-vis du basculement.

Les justifications structurelles (justification des efforts dans les inclusions sans ferrailage) ainsi que le non-poinçonnement du matelas ont également été vérifiés en suivant les recommandations ASIRI.

À la demande du maître d'ouvrage, une analyse de sensibilité a également été réalisée afin de vérifier l'influence sur les tassements différentiels, d'une part d'une variation du niveau supérieur de la couche d'ancrage, d'autre part d'une variation des paramètres de sols (dégradation de 30 % des modules ou amélioration de 50 % des modules), et enfin d'une variation de raideurs sous l'empreinte du réservoir (cas d'une dégradation de module de 30 % sur la moitié du réservoir uniquement, par exemple).

...

LES DIFFÉRENTS INTERVENANTS DU PROJET :

- **Maître d'ouvrage :** Kuwait Integrated Petroleum Industries Company (KIPIC)
- **Project Management Consultant :** Amec Foster Wheeler
- **Entreprise contractante en Design & Build :** Hyundai Engineering & Construction
- **Bureau d'études structure :** Kogas Tech
- **Bureau d'études géotechnique :** Terrasol
- **Bureau d'études remblai hydraulique :** Cowi



© Kuwait Integrated Petroleum Industries Company (KIPIC)

Réservoir 4, mise en place du matelas granulaire.

••• Pour ce dernier cas, l'utilisation d'un modèle axisymétrique ne permettant pas de modéliser une variation de raideur sur une moitié de réservoir, nous avons eu recours à un modèle éléments finis 3D utilisant 4 monolithes équivalents (centre/périphérie, et module intact/dégradé).

Cette analyse de sensibilité a permis de vérifier que les tassements différentiels étaient respectés malgré ces variations de paramètres. Une analyse comparative a également permis de montrer que les critères n'auraient pas été vérifiés dans le cas d'une solution de fondation sans renforcements par inclusions rigides.

ANALYSE DE RÉPONSE DE SITE EN CHAMP LIBRE...

Une analyse de réponse de site en champ libre a été effectuée à

l'aide du logiciel Shake 2000. Les données d'entrée principales pour le calcul sont les spectres de calcul (*outcrop*) et accélérogrammes de référence au rocher fournis par une étude spécifique (réalisée par Fugro), le profil des vitesses de propagation en cisaillement vs, ainsi que les courbes de dégradation des matériaux.

Pour chacun des 3 accélérogrammes de référence transmis, et pour chaque direction horizontale (nord et est), l'accélération ainsi que le niveau de déformation sont calculés à différentes profondeurs. Par ailleurs, 3 jeux de paramètres de modules de cisaillement ont été pris en compte ($0.66 G_0 = \text{lower bound}$, $G_0 = \text{best estimate}$, $1.5 G_0 = \text{upper bound}$) afin de tenir compte de la variabilité des paramètres de sol. On obtient alors $3 \times 3 = 9$ accéléro-

grammes pour chaque période de retour considérée et pour chaque direction horizontale. Pour chacun des 9 calculs, on obtient pour chacune des couches du modèle, la valeur des modules de cisaillement et d'amortissement qui sont cette fois compatibles avec le niveau de déformation.

On notera qu'une analyse préliminaire, menée avec l'appui d'AP Consultant, nous a permis de vérifier que, compte tenu du faible taux de remplacement (0,087), l'influence des inclusions sur l'effet cinématique pouvait être négligée, ce qui signifie que les modules de cisaillement dynamiques nécessaires aux vérifications sous séisme peuvent être déduits de l'analyse de réponse de site « en champ libre » décrite ci-dessus, en négligeant la présence des inclusions. L'analyse de réponse de site permet ensuite d'établir un spectre de réponse en surface moyen qui est alors transmis à l'ingénieur structure pour le calcul des efforts inertiels.

... ET JUSTIFICATION DES INCLUSIONS SOUS SÉISME

Le calcul des impédances dynamiques requiert au préalable de pouvoir déterminer le comportement des inclusions sous sollicitations sismiques.

Puisqu'il a pu être démontré que la présence des inclusions n'influait pas la réponse en champ libre du site, il est admis de négliger la contribution des inclusions pour les modes horizontaux et pour les modes de torsion. En revanche,



© Kuwait Integrated Petroleum Industries Company (KIPIC)

Inclusions rigides à la base du 4^e réservoir de stockage.



© Kuwait Integrated Petroleum Industries Company (KIPIIC)

AVIS D'EXPERT :

« La détermination du mouvement sismique en surface à partir du mouvement au rocher se fait classiquement à partir de calculs de propagation d'ondes unidimensionnelles en supposant chaque couche de sol isotrope. La présence d'inclusions invalide

l'hypothèse d'isotropie et rendrait inadaptés ces calculs. En réalité, on peut montrer d'un point de vue théorique que le sol traité comme milieu homogénéisé, hypothèse valide compte tenu du grand nombre d'inclusions (environ 1 000), possède un module de cisaillement peu affecté (18 % dans le cas présent) par la présence des inclusions. Ce module homogénéisé est calculé sur la base d'analyses théoriques statiques ; il est donc représentatif pour les faibles fréquences du mouvement ; pour les fréquences moyennes à hautes, il est modifié par les diffractions multiples des ondes, de faible

longueur d'onde, sur les inclusions, tout comme les rayons X en radiologie permettent par leur diffraction sur des zones de propriétés différentes du milieu environnant la détection de tumeurs. On a pu montrer dans le cas présent que ce phénomène n'affectait que les fréquences supérieures à 8 Hz, donc des fréquences dont l'impact sur le dimensionnement des fondations est très faible. Ces analyses ont permis de confirmer la méthode de détermination des spectres de surface ».

Alain Pecker
AP Consultant, professeur,
École des Ponts
ParisTech

les inclusions augmentent la raideur dans la direction verticale et modifient les impédances pour les modes de translation verticale et pour les modes de basculement. Pour estimer la raideur dynamique d'une maille {sol + inclusion} dans la direction verticale, une cellule élémentaire dynamique est modé-

lisée. Les dimensions de la cellule sont choisies de manière à être représentatives du maillage d'inclusions. Les lois constitutives des matériaux de cette cellule élémentaire sont des lois linéaires élastiques, dont le module de cisaillement de chaque sous-couche est calé sur le module dégradé obtenu

à l'issue du calcul Shake. L'application d'un incrément dynamique permet de calculer un module de Young équivalent dynamique de la zone renforcée par inclusions. Ce module sert de donnée d'entrée au calcul d'impédances dynamiques mené classiquement avec le programme Sassi. ●●●

IDETEC ; L'EXPERIENCE DU TERRAIN...

VIBRATIONS SUR CHANTIER ET EN MILIEU URBAIN

Impact des vibrations sur l'environnement
Etude du comportement dynamique des structures
Définition des critères de sécurité

DIAGRAPHIE : MICROSISMIQUE et R.A.N.

Etude des massifs rocheux
Reconnaissance des sols : carrières, terrassements et ouvrages d'art



un parc unique de plus de 100 appareils



Laboratoire mobile sur 4x4

Des produits et des techniques adaptés à vos besoins, une équipe à votre écoute

- Des sismographes et des sondes de diagraphe conçus et fabriqués en France pour une maintenance privilégiée (vente ou location).
- Des prestations de service complètes : mesures sur site, rapport d'étude des vibrations (seuils et charges admissibles, loi de propagation), installation de surveillance de vibrations (respect des critères), étalonnage, suivi géologique, suivi de chantiers, élaboration de plans de tirs, dossiers de récolement, contrôle externe ou extérieur de chantier...



15, Lot. Com. Pesquier
13120 GARDANNE - FRANCE
Tél. 04 42 51 57 13 - E-mail : idetec@idetec.eu

Vente - Location - Prestations de service

www.idetec.pro

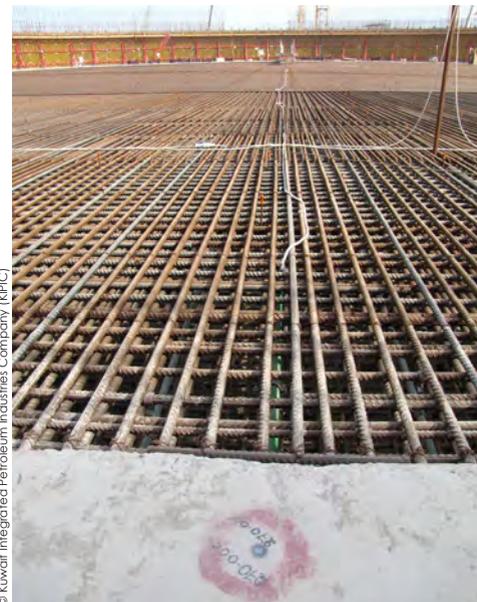


© Kuwait Integrated Petroleum Industries Company (KIPIC)

Réservoir 4.

••• Une fois le module équivalent dynamique calé, il est nécessaire de le réintroduire dans un modèle 3D afin de rendre compte du comportement du réservoir sous sollicitations sismiques à une échelle globale. Comme indiqué plus haut, le comportement en vertical est modifié par la présence d'inclusions, tandis que pour le comportement en horizontal l'influence des inclusions peut être négligée. Cela induit un comportement anisotrope du massif renforcé sous sollicitations sismiques. Pour ce calcul, les logiciels aux éléments finis couramment utilisés comme Plaxis ne disposent pas directe-

ment d'un modèle de sol dynamique anisotrope, utilisable pour des petites déformations. Pour ce calcul, il a fallu adapter la loi de comportement « *Jointed Rock* » existante dans le logiciel Plaxis, conçue initialement pour des matériaux rocheux avec plusieurs plans de fracturation et pour des analyses en grandes déformations, en le calant sur les résultats obtenus par analyse de réponse de site. Sous l'effet des efforts inertiels sismiques transmis par l'ingénieur structure, on obtient comme résultat du calcul 3D la déformée horizontale $g(z)$ inertielle impactant les inclusions (variable selon les



© Kuwait Integrated Petroleum Industries Company (KIPIC)

Ferrailage du radier dans le réservoir 7.

© Kuwait Integrated Petroleum Industries Company (KIPIC)

Vue d'ensemble du ferrailage.

coordonnées X et Y de l'inclusion considérée).

L'effet cinématique sur les inclusions est quant à lui calculé selon la méthode de Madera, en tenant compte des résultats de l'analyse de réponse de site.

Pour la justification structurelle des inclusions, on compare les efforts (moments, efforts tranchants) résultant de l'application de la déformée $g(z)$ inertielle seule, de la déformée $g(z)$ cinématique seule, et de l'effet cumulé des deux. La justification structurelle est alors menée selon les recommandations ASIRI, en retenant la configuration la plus défavorable.

Pour ce projet en cours de réalisation, il a été possible de démontrer que la solution innovante de fondations de réservoirs sur inclusions rigides était techniquement et économiquement intéressante. L'apport d'ASIRI est ici essentiel puisque l'ensemble des critères de déformations très stricts imposés par le marché ont pu être vérifiés en suivant les principes de dimensionnement détaillés dans les recommandations, en s'appuyant sur des méthodes semi-analytiques. Le référentiel ASIRI a ainsi pu s'imposer dans un contexte de projet Oil & Gas pourtant orienté historiquement sur des référentiels British Standard ou ACI. ■

Charles Bernuy

Ingénieur principal chez Terrasol

Nicolas Frattini

Ingénieur d'études chez Terrasol

Matériels pour

LOCATION - VENTE - RÉPARATION

Votre fournisseur de solutions
**POUR VOS FONDATIONS SPÉCIALES
ET TRAVAUX SOUTERRAINS**



»» INJECTION PROJECTION FORAGE ««



Venez visiter
NOTRE STAND

N°ED038 - ZONE EXT 5

ROUTE, INDUSTRIE
DES MATÉRIAUX
& FONDATIONS



PARIS
23 - 28 AVRIL 2018

SALON INTERNATIONAL
DE LA CONSTRUCTION
ET DES INFRASTRUCTURES

Agence BMS PARIS
01 34 34 50 50

Agence BMS LYON (siège)
04 37 44 15 15

En savoir plus
WWW.BMS-IPP.FR

En mer du Nord, retours d'expérience sur l'installation de parcs éoliens



L'entreprise G-Octopus (groupe Cathie Associates) a développé un savoir-faire reconnu dans l'instrumentation de pieux battus. Un atout pour l'industrie française en vue du développement des futurs parcs éoliens offshore français.

Créée en 2002, G-Octopus s'est spécialisée depuis 15 ans dans l'instrumentation de fondations offshore, d'abord à destination de l'industrie pétrolière et gazière, puis dans l'industrie éolienne offshore. En effet, depuis 2011, l'entreprise a adapté ses techniques à l'industrie éolienne offshore afin d'accompagner le développement des projets européens, notamment au Royaume-Uni, en Allemagne et au Danemark. Aujourd'hui, l'entreprise G-Octopus est en particulier spécialisée dans l'instrumentation sous-marine.

Malgré les contraintes spécifiques aux chantiers éoliens offshore, liées aux dimensions hors norme des pieux et des outils d'installation, et en dépit des difficultés d'accès aux sites dans des conditions de mer souvent délicates, l'entreprise a su faire évoluer ses méthodes

d'instrumentation afin de garantir le meilleur succès des opérations de contrôle en phase de battage. Elle s'est également adaptée à la multiplication des projets et à l'évolution considérable des moyens mis en œuvre par l'industrie, pour répondre à des demandes en énergie de plus en plus importantes. À l'image des fondations, les outils d'installation et de mesure ont dû suivre l'évolution des champs éoliens offshore, dont les turbines atteignent aujourd'hui des dimensions vertigineuses et visent des rendements comparables à ceux des centrales nucléaires.

Compte tenu des faibles profondeurs d'eau, le type de fondation le plus couramment utilisé pour les champs éoliens en Europe du Nord est le pieu métallique battu à fond ouvert. Il s'agit de tubes en acier aux diamètres variant d'un à

plusieurs mètres et aux longueurs pouvant atteindre 90 m en fonction des terrains et des charges à reprendre. L'instrumentation permet de vérifier que l'intégrité et la capacité portante du pieu sont préservées lors des opérations d'installation.

TROIS PROJETS D'INSTRUMENTATION SOUS-MARINE

En 2017, G-Octopus a été retenue par Geosea NV (groupe Deme) pour la réalisation de trois projets d'instrumentation sous-marine. Deux d'entre eux concernaient les pieux de fondation des turbines elles-mêmes, et le troisième, ceux d'une plateforme destinée à supporter un poste de transformation électrique.

Les instruments utilisés – accéléromètres et jauges de contraintes, de types très particuliers suite à la

nécessité d'un échantillonnage à haute fréquence et aux accélérations intenses (pouvant dépasser les 1 000 g) – ont été produits par PDI (Pile Dynamic Inc.), fabricant mondialement réputé d'équipements de contrôle de fondations profondes. Ces instruments ont ensuite été ajustés, installés et opérés avec succès par G-Octopus. Les méthodes de fixation des capteurs et des câbles ont été étudiées et adaptées dans chaque cas pour ne pas affecter l'intégrité des pieux, tout en garantissant la pérennité et la validité des mesures.

Les pieux ont été instrumentés sur les yards de fabrication avant leur embarquement sur les navires d'installation. Le risque existait que les instruments de mesure soient endommagés lors des opérations de levage et de manutention. La position des capteurs et des câbles le long du fût des pieux tout comme leur sécurisation ont été étudiées au regard de l'expertise acquise par G-Octopus, afin d'éviter toute interaction ou dommage lors des opérations de transport et de mise en place et de garantir la pérennité et la validité des mesures, y compris une fois les capteurs immergés.

Les opérations de mesure en cours de battage ont dû composer dans les trois cas avec un planning d'opérations dicté par des conditions marines et météorologiques parfois délicates. Les attentes différaient pour chacun des projets en matière d'exploitation des résultats fournis par l'instrumentation, comme détaillé ci-après pour chacun des projets présentés.

Les opérations d'installation des monopieux se sont déroulées entre juillet et septembre 2017, à environ 34 km au large des côtes belges. Les monopieux ont été fabriqués au SIF Terminal, dans le port de Rotterdam (Pays-Bas), où ils ont également été pourvus d'instruments par les équipes de G-Octopus. Leur transport sur site et leur installation ont été pris en charge par l'Innovation, barge d'installation auto-élevatrice opérée par GeoSea NV.

L'instrumentation de trois monopieux en cours de battage a

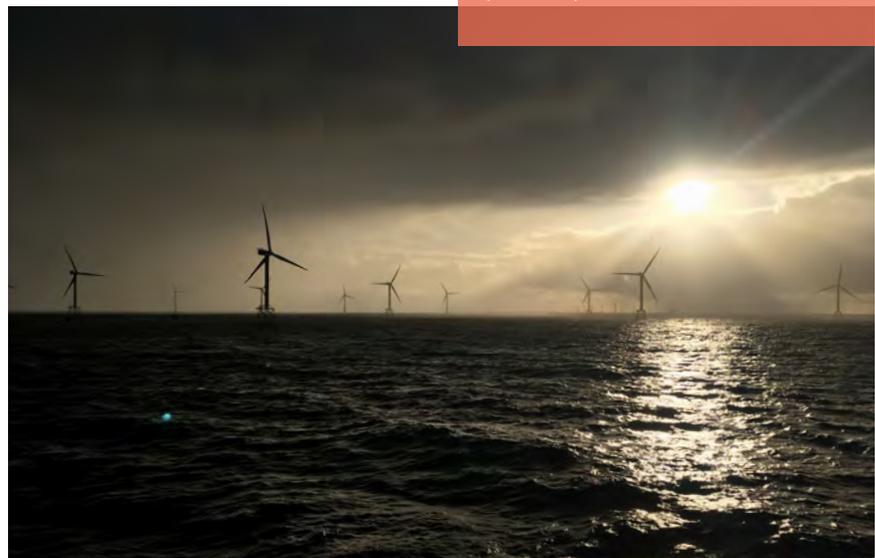
BELGIQUE : RENTEL

- 42 turbines de 183 m de hauteur totale
- 154 m de diamètre de rotor
- 7 MW de puissance par unité
- Fondations sur monopieux de 8 m de diamètre, de plus de 75 m de longueur, atteignant un poids de 1 250 t, et battus dans le sol à l'aide d'un marteau hydraulique IHC S-4000



Mise en place d'un monopieu durant la campagne d'installation de Horns Rev 3.

permis de vérifier le comportement du sol au battage sur des positions présélectionnées en fonction de leur contexte géotechnique. Les analyses des données ont été réalisées a posteriori depuis les bureaux de G-Octopus.



Champ éolien en mer du Nord.

Alexandre Crochelet,
responsable
des opérations
de G-Octopus.



Dr Emilio Nicolini,
gérant
et directeur
de l'ingénierie
de G-Octopus
SARL.

Les opérations d'installation des monopieux ont débuté en octobre 2017 et pris fin début janvier 2018. Les monopieux ont été fabriqués sur le yard de fabrication de EEW, dans le port de Rostock (Allemagne), où ils ont également été instrumentés par les équipes de G-Octopus.

DANEMARK : HORNS REV 3

- 49 turbines de 187 m de hauteur totale
- 164 m de diamètre de rotor
- 8 MW de puissance par unité
- Fondations sur monopieux de 6,5 m de diamètre, 40 à 50 m de longueur, installés à l'aide d'un marteau hydraulique IHC S-3000



© G-Octopus SARL

Plateforme du poste de transformation du champ éolien Merkur, sur cargo-barge.



© GecSeo et Deme Group

Navire ayant été utilisé lors des campagnes de construction des champs éoliens Rentel et Horns Rev 3.

ALLEMAGNE : MERKUR

- Poste de transformation connecté à 66 turbines de 6 MW
- Fondé sur 4 pieux de 2,4 m de diamètre et 82,3 m de longueur installés à l'aide d'un marteau hydraulique IHC S-2500

••• Leur transport s'est effectué en deux temps : d'abord par cargo-barge jusqu'au port d'Esbjerg (Danemark), puis via l'*Innovation* jusqu'au site de construction. Les opérations d'installation ont été réalisées depuis ce même navire, à environ 20 km des côtes danoises.

L'instrumentation de quatre monopieux a été réalisée sur des positions également sélectionnées au préalable, avec pour objectif de vérifier en priorité les contraintes subies par les pieux lors du battage et de valider les prédictions de fatigue de l'acier calculées à l'avance en bureau d'études.

Les opérations d'installation de la plateforme du poste de transformation se sont déroulées en octobre 2017. Les pieux ont été fabriqués sur le yard de Iemants Steel Constructions dans le port d'Anvers (Belgique). Ils ont ensuite été transportés avec la plateforme jusqu'au port d'Eemshaven aux Pays-Bas (point de mobilisation pour les installations en mer) où l'installation des capteurs et câbles sous-marins a été réalisée par les équipes de G-Octopus. L'ensemble a rejoint le site d'installation situé à environ 45 km au large des côtes allemandes, où il a été pris en charge par le navire de construction *Oleg-Strashnov*, opéré par Seaway Heavy Lifting (groupe Subsea 7).

L'instrumentation des 4 pieux de fondation a été effectuée en cours



© G-Octopus SARL

Monopieu dans le yard de fabrication – projet Horns Rev 3.

de battage, puis lors d'essais de sur-battage.

La longueur des pieux ayant été optimisée, les essais de sur-battage avaient pour but de démontrer l'augmentation de la capacité portante dans le temps par cicatrization des sols. Le design étant réalisé sur la base des Eurocodes, le test exhaustif de l'ensemble des pieux a permis de réduire les facteurs de sécurité.

Les données ont été analysées par G-Octopus directement après chaque phase de battage sur site. L'instrumentation des pieux a également permis de contrôler en direct les niveaux de contraintes exercées sur les pieux au moment du battage. ■

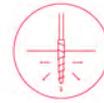
Alexandre Crochelet

Responsable des opérations de G-Octopus, et **Dr Emilio Nicolini** Gérant et directeur de l'ingénierie de G-Octopus SARL



© G-Octopus SARL

Plateforme du poste de transformation du champ éolien Merkur, avant installation sur site.



**Plateforme logistique,
Chaulnes**

Colonnes à Module Contrôlé

Le spécialiste de l'amélioration des sols

- + Compactage dynamique
- + Substitution dynamique
- + Colonnes ballastées
- + Colonnes bi-modules
- + Colonnes à Module Contrôlé
- + Vibrocompactage
- + Menard Vacuum™
- + Drains verticaux
- + Jet grouting
- + Paroi sol bentonite
- + Soil mixing
- + Injection solide refoulante
- + Dépollution des sols

2 rue Gutenberg - BP 28 - 91620 Nozay | France
Tél. : 01 69 01 37 38 | Fax : 01 69 01 75 05

www.menard-group.com

Suivez-nous  





Quand le recépage n'est plus une galère

Comsa Corporacion, l'un des géants des travaux publics espagnols avec ses 8 000 salariés, est présent sur tous les continents. L'entreprise construit actuellement l'autoroute A 21, reliant Jaca à Pampelune. Jordi Mallol, ingénieur civil, et son équipe utilisent le procédé Recépieux pour le pré-recépage des pieux de fondations sur plusieurs ouvrages du tronçon Jaca – Santa Cilia. Retours d'expérience très éclairants sur le chantier de deux échangeurs et de deux viaducs.



Jordi Mallol, ingénieur civil.

Jordi Mallol n'en est pas à son coup d'essai avec le procédé Recépieux. Il l'a découvert en 2013 sur le chantier de la rocade d'Albi en pré-recéplant une cinquantaine de pieux d'un diamètre de 1 m, avec un résultat parfait et un gain de temps d'environ 10 jours. Aujourd'hui, il utilise ce procédé de pré-recépage avec les éclateurs Recépieux sur le chantier de l'autoroute A 21 reliant Jaca

à Pampelune, dans le nord de l'Espagne. Une infrastructure située entre les provinces de Navarre et d'Aragon et qui terminera ainsi la connexion autoroutière de la haute Catalogne jusqu'au Pays basque.

« Le chantier sur lequel nous travaillons actuellement concerne 5 passages supérieurs au-dessus de la voie rapide, dont 2 ont été réalisés en fondations profondes. Ils ont

nécessité de couler 30 pieux de 1,20 m de diamètre. La construction de 2 viaducs est également en cours avec 64 pieux de 1,20 m de diamètre et 10 pieux de 1,50 m de diamètre », explique Jordi Mallol. La hauteur des viaducs en question est de 8 m ; les pieux devant s'enfoncer de 4 m dans le sol pour trouver la roche, la hauteur totale approche les 13 m.



Précision altimétrique parfaite.

Aciers intacts et parfaitement droits qui facilitent la mise en œuvre de cadres positionnés autour des attentes, évitant ainsi le temps passé à détordre les aciers.

UN PROCÉDÉ RAPIDE ET NON DESTRUCTIF

Quand on questionne l'ingénieur sur les avantages du recépage avec le procédé Recépieux, il place en tête deux arguments : sa rapidité par rapport aux autres méthodes de recépage et, surtout, la garantie de conserver l'intégrité du pieu et du ferrailage. «

J'estime que l'on peut recéper une vingtaine de pieux en moins d'une journée, alors que les méthodes classiques prendraient 5 à 6 jours. Faites le calcul, ça va trois ou quatre fois plus vite ! », ajoute Jordi Mallol.

Mais au-delà de la rapidité du recépage, il poursuit en citant un avantage encore plus important à

ses yeux, l'impact totalement nul sur l'état des attentes et des tubes soniques : « Elles sont parfaitement droites, il n'y a pas de détérioration du pieu ni des tubes soniques puisque nous n'employons pas de machines qui cassent tout. » ...



SOLUTION COMPLÈTE POUR DES ESSAIS PRESSIOMÉTRIQUES FIABLES DANS LES TERRAINS LES PLUS COMPLEXES






RotoSTAF®

STAF®

GeoPAC®

GeoBOX®

GeoVISION®

www.apageo.com

Rue Salvador Allende, 78114 Magny-les-Hameaux Tel : 01 30 52 35 42 - Fax : 01 30 52 30 28

...

PRÉ-RECÉPAGE RECÉPIEUX : COMMENT ÇA MARCHE ?

Recépieux fournit directement sur les chantiers du monde entier, sans intermédiaire, des kits de pré-recépage sur mesure adaptés à toutes les configurations des fondations à recéper : pieux tarières creuses ou forés à la boue, ou chemisés, barrettes, parois moulées, etc., sans limites de dimensions. Chaque kit est constitué des différents composants adaptés à chaque configuration ainsi que la fourniture de petits outillages de mise en œuvre. Seuls les crochets de levage des blocs restent à la charge du chantier. Le mode opératoire est extrêmement simple, mais nécessite précision et rigueur. Une assistance technique est toujours possible au démarrage du chantier, partout dans le monde, pour former une équipe qui ne connaîtrait pas le procédé. Il suffit d'équiper la cage d'arma-

ture avec les gaines en mousse fournies dans le kit pour protéger les attentes, fixer les platines sur la dernière cerce de la cage (si nécessaire), fixer les éclateurs sur les platines (s'il y en a) avec les écrous fournis à cet effet, et couler le béton, sans oublier de positionner les crochets de levage.

Dans les jours qui suivent – 3 jours minimum et sans limite maximum – remplir les éclateurs de l'agent expansif préalablement préparé avec les petits outillages prévus dans les kits à l'aide de doseurs également fournis.

Les éclateurs fonctionnent alors comme un vérin perdu, l'agent expansif durcit et gonfle comme une bouteille d'eau dans un congélateur. La géométrie de l'éclateur fait le reste en orientant la fissure sur le plan horizontal, ce qui donne une fracture parfaite et précise, au centimètre près.

La géométrie de cet éclateur a

été scientifiquement modélisée par le professeur Pierre Wyniecki (professeur à l'École des mines de Paris et d'Alès, l'École centrale de Lille, l'ESTP Paris, et co-encadrant de thèses à l'École normale supérieure de Cachan) à l'aide du logiciel de calcul de la propagation des fissures dans le béton du professeur Cervenka, de l'Université du Colorado, et la participation du professeur Viggiani, de l'École polytechnique de Naples (celui qui a réussi la stabilisation de la tour de Pise).

Il ne restera plus qu'à soulever les blocs ainsi pré-découpés, sans choc ni vibration, sans altération des aciers ni des tubes soniques, sans nuisances sonores (« Décibel d'or » décerné à Recépieux en 2016) ni pollution, et surtout sans fatigue. La fiabilité du procédé est totale, ergonomique et sans danger dès lors que la mise en œuvre a été rigoureusement respectée.

ZOOM TECHNIQUE

Quelle profondeur/hauteur maximale pour le pré-recépage ?

La profondeur usuelle maximale de recépage est de 4 m, y compris dans les nappes phréatiques. Toutefois, il est également possible de réaliser des pré-recépages sous de grandes hauteurs d'eau, par exemple 15 m pour le pont Chaban-Delmas à Bordeaux, réalisé par Vinci en 2012 (sous réserve de certaines spécificités de mise en œuvre à respecter scrupuleusement).

Aucune limite maximale de diamètre de pieux, de barrettes ou de parois moulées ne peut être opposée au procédé. Celui-ci est universel, quelles que soient les dimensions des fondations profondes, y compris les pieux sécants, les inclusions rigides ou les pieux munis de profilés type IPN.

Autre conséquence du pré-recépage : la propreté du chantier, facteur très important qui lui permet de rester agile sur le terrain et de gagner encore du temps. Il n'y a pas nécessité de terrassement lourd impliquant le passage d'engins susceptibles d'endommager les pieux et de générer des accidents.

LE LEVAGE, PHASE CRUCIALE

Pour réussir son pré-recépage, l'ingénieur civil espagnol insiste sur la phase finale, le levage des massifs de béton recépés et l'importance de se doter d'une machine avec une puissance bien

calibrée pour les soulever. « C'est important d'y penser, car les têtes de pieux peuvent peser plus de 2 t. De mauvais ancrages ou une machine inadaptée peuvent faire des dégâts sur les attentes. C'est un point sur lequel il faut être vigilant. »

Vue des trois piles de viaducs.



Jordi Mallol a commencé à utiliser le procédé Recépieux en France et l'utilise désormais de manière régulière sur ses chantiers, y compris à l'international. Et prochainement au Danemark. ■

Laurent Rivet pour Recépieux



since 1921
MASSENZA
DRILLING RIGS

NOUVELLE FOREUSE CHEZ MASSENZA !



- La plus petite foreuse de la gamme Maszenza.
- La sondeuse MI-3 multi usage pour géotechnique, petit forage d'eau, carottage, tarière...
- Cette petite foreuse entièrement radiocommandée est aussi proposée avec une cage de protection immatérielle par infrarouge.
- Une puissance de 75 CV pour un poids de 2700 kg,.
- Plusieurs type de rotatives proposées suivant les applications.
- Et une gamme d'options complète, du SPT à la lance de lavage.

Concessionnaire
exclusif
en France



EPD
Equipement Pièces Détachées

45 rue James Cook - Z.I. Portuaire
29200 BREST - FRANCE
Tél. : 02 98 43 06 55

E-mail : epd@wanadoo.fr
www.epd-france.fr

Maroc : le port de Tanger Med II accueillera un nouveau terminal à conteneurs



Avant même l'achèvement des travaux d'aménagement de la plateforme du terminal à conteneurs TC4 et sa mise en service prévue en janvier 2019, les autorités portuaires de Tanger Med II ont décidé de procéder à un approfondissement d'une partie du quai pour répondre aux besoins du concessionnaire néerlandais APM Terminals.

En effet, le terminal TC4, dédié à la compagnie maritime Maersk Line, maison mère d'APM, devra permettre l'accostage d'une part importante de navires à grands tirants d'eau. Dans sa configuration actuelle, le TC4 dispose d'un front d'accostage de 1 200 ml avec un quai en blocs à -16 m ZH entre QC0 et QC750 et à -18 m ZH de QC750 à QC1200. La zone concernée par les travaux d'approfondissement est le tronçon entre QC300 à QC750 qui devait être ramené à -18 m ZH également. Cet approfondissement en deçà du niveau d'assise du quai oblige à la mise en place d'un rideau en pied de quai permettant d'assurer la stabilité au grand glissement du quai après dragage, en particulier sous sollicitations sismiques. Ce système assurera aussi une protection contre les affouillements sous les fondations actuelles après dragage.

Dans le cadre d'un appel d'offres restreint à quelques entreprises spécialisées, Keller Fondations Spéciales a été retenu pour la conception et la réalisation d'un écran de soutènement en pied du quai existant, satisfaisant aux exigences du maître d'ouvrage.

GÉOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT

Le marché comprenait la définition et la réalisation d'une campagne de reconnaissance complémentaire destinée à établir la note d'hypothèses géotechniques à prendre en compte dans les justifications de stabilité du rideau de soutènement. Les sondages, essais et prélèvements ont été réalisés en pied de quai, depuis une plateforme autoélevatrice au droit du futur soutènement. Cette campagne a permis de valider, après de nombreux calculs et simulations



Vue de l'atelier de forage.

sur la sensibilité des différents paramètres, une synthèse géotechnique unique pour la totalité des 450 m de quai à rempiéter. Pour ce faire, la difficulté provenait de la non-continuité des couches de sol en présence le long de la section de quai à approfondir, en particulier une alternance de couches de grès dur et de pélite dure à altérée :



Les pieux sont alignés en subaquatique.

© Keller

Désignation	$\gamma_{\text{sat}} / \gamma_{\text{sat}}$	EM	A	Eoedo	ϕ'	c'	qs
[-]	[kN/m ³]	[MPa]	[-]	[MPa]	[°]	[kPa]	[kPa]
Épaulement	21/22	-	-	80	42	0	-
Filtre	20/21	-	-	20	37	0	-
Stérile de carrière	21/22	-	-	100	38	0	-
Remblais hydrauliques	20/21	-	-	20	35	0	-
Protection AAF	21/21	-	-	100	39	0	-
Remblais d'apport	23,5/23,5	-	-	80	35	0	-
Pélite/Grès	21/21	99*	1/2*	197*	28*	110*	160

Pour procéder à la vérification des différents états limites, les logiciels suivants ont été utilisés : Talren, pour la stabilité d'ensemble (vérification de la résistance au grand glissement en statique et au séisme) ; K-Rea, pour la stabilité interne du rideau (il est intéressant de noter que le facteur dimensionnant est la résistance du tube au voilement EL3 et non la plastification EL1 selon NF-EN 1993-1-6 § 4.1) ; et Plaxis, pour les calculs de déformation.

Dans Plaxis, la couche rocheuse a été modélisée par un modèle Hoek-Brown dont l'utilisation ne se limite pas à la modélisation du comportement d'une roche saine, mais aussi à des massifs fracturés

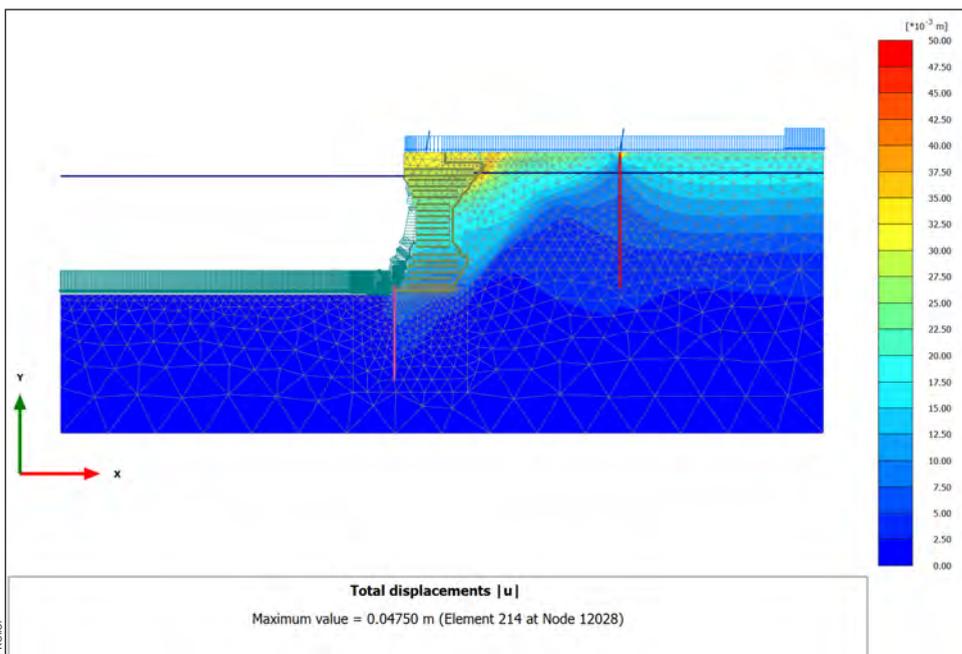
ou altérés, ce qui le rend beaucoup plus adapté pour la caractérisation du massif de sol étudié. Ainsi, les paramètres complémentaires pour les marnes/grès selon Hoek-Brown sont les suivants :

Faciès	$\gamma_{\text{sat}} / \gamma_{\text{sat}}$	Eoedo	N	E_y	σ_{ci}	m_i	GSI	D
[-]	[kN/m ³]	[MPa]	[-]	[MPa]	[kPa]	[-]	[-]	[-]
Pélite/Grès	21/21	197*	0,22	172*	3130*	10*	40*	0

* : conformément à la synthèse du rapport MedOcéan.

Le niveau d'eau côté mer est considéré à la cote + 0,75 m ZH et côté terre à la cote + 1,25 m ZH.

...



Présentation des déformées obtenues en phase « chargement ».

LES DIFFÉRENTS INTERVENANTS

Maître d'ouvrage :
TM II (Tanger Med II SA)

Maître d'œuvre :
TME (Tanger Med Engineering)

Entreprise principale :
Keller Fondations Spéciales SAS

Géotechnicien :
MedOcéan



Christophe Dudognon, responsable du département méthodes.

MALGRÉ LA COMPLEXITÉ, UNE PREMIÈRE SUR CE CHANTIER

« Les équipes commerciales ont fait appel au département méthodes pour répondre à leur problématique de guidage pour le forage. En effet, l'installation de 409 tubes de 15 m de longueur de 1 m de diamètre, espacés les uns des autres de seulement 10 cm, à une profondeur comprise entre -16,50 m ZH et -31,50 m ZH, nécessite une certaine précision jamais réalisée en termes de tolérance de forage totalement immergé. Pour mémoire, il s'agit de la première fois au monde que la technique au "marteau fond de trou" est employée dans ces conditions, en déport de 6 m à l'arrière d'une poutre de couronnement béton située à + 4,50 m ZH, en aveugle

sous l'eau et dans ce diamètre. Le département méthodes a relevé le défi avec la collaboration du bureau d'études MCOA en développant 2 guides spécialement conçus pour ce chantier, d'un poids d'environ 30 t chacun. Le but étant de ne pas arrêter l'atelier de forage pendant qu'une grue auxiliaire de 200 t préparait le guide suivant. Les contraintes étaient de ne pas pouvoir s'ancrer sur le quai existant, de ne pas démonter les bollards d'amarrage et d'avoir une zone de travail très étroite basée à + 3,50 m ZH. Pour des raisons de logistique, la fabrication de ces guides a été donnée à un charpentier métallique basé à Kénitra, au Maroc. La conception du guide a permis de préparer puis de forer 5 pieux, avec la possibilité de travailler en console au-dessus de l'eau, sans déplacer la machine. »

Atelier de forage et retrait des tapis AAF.

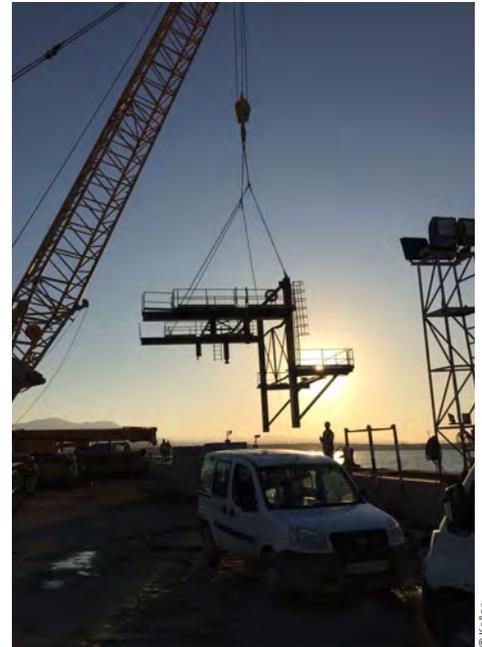
... Les déformées sont de l'ordre de 5 cm environ, au maximum, au niveau du sol à l'arrière du quai bloc et de 3,5 cm au niveau de la magistrale de quai.

450 M DE RIDEAU PROJÉTÉS EN 5 MOIS

La réalisation de ce projet a mobilisé beaucoup d'énergie et de créativité de la part des personnes chargées de l'étude et des méthodes, ainsi que l'ensemble du personnel de chantier. La machine de forage a été imaginée, conçue et fabriquée à partir d'éléments provenant du monde entier : un porteur (grue à flèche treillis) japonais, un mât de forage canadien et un marteau fond de trou finlandais, sans compter la multitude d'accessoires et consommables nécessaires au bon fonctionnement du système dans son ensemble.



Vue d'ensemble du projet.



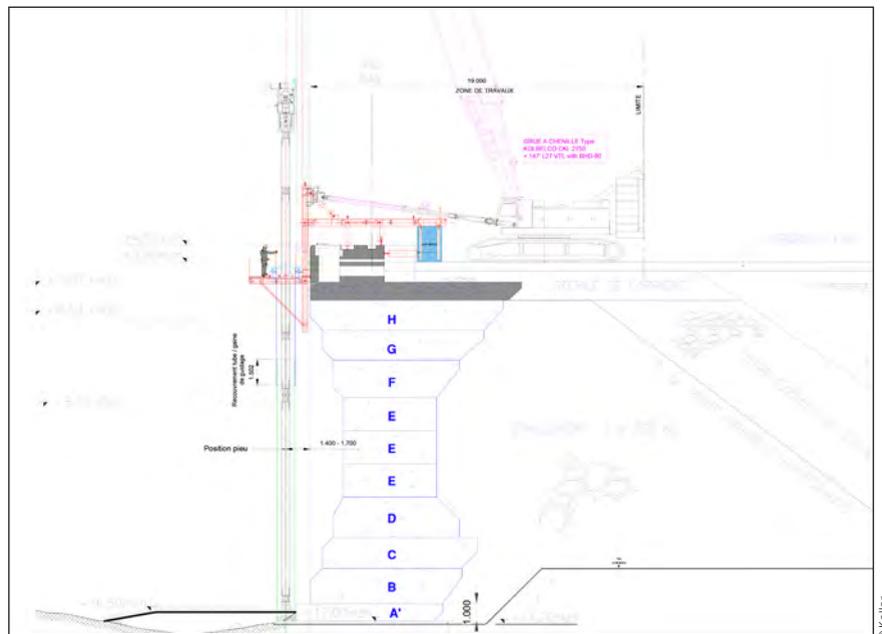
Levage du guide.

LE CHANTIER EN CHIFFRES

- 450 ml de quai à approfondir de - 16,00 à - 18,00 m ZH
- 409 pieux métalliques (Ø 1 016 mm, épaisseur 16 mm) installés en pied de quai
- 6 135 ml de forages au marteau fond de trou (Ø 1 032 mm dans un sol majoritairement rocheux, entre les cotes - 16,50 et - 31,50 m ZH)
- Machine de forage de 280 t avec mât de 45 m

Par exemple, pour faire fonctionner le marteau, 7 compresseurs belges dont 1 en stand-by, de capacité 27 000 l/min à 15 bar ont été requis. Après 4 mois de préparation, le premier pieu a été foré et le tube fiché dans 15 m de roche, en 2 à 3 heures de temps de forage effectif. Les 450 m de rideau projetés ont ainsi pu être réalisés, non sans difficultés, en 5 mois ; les principales difficultés étant le guidage et surtout le positionnement et l'attaque de la roche à l'aveugle sous 16 m d'eau. ■

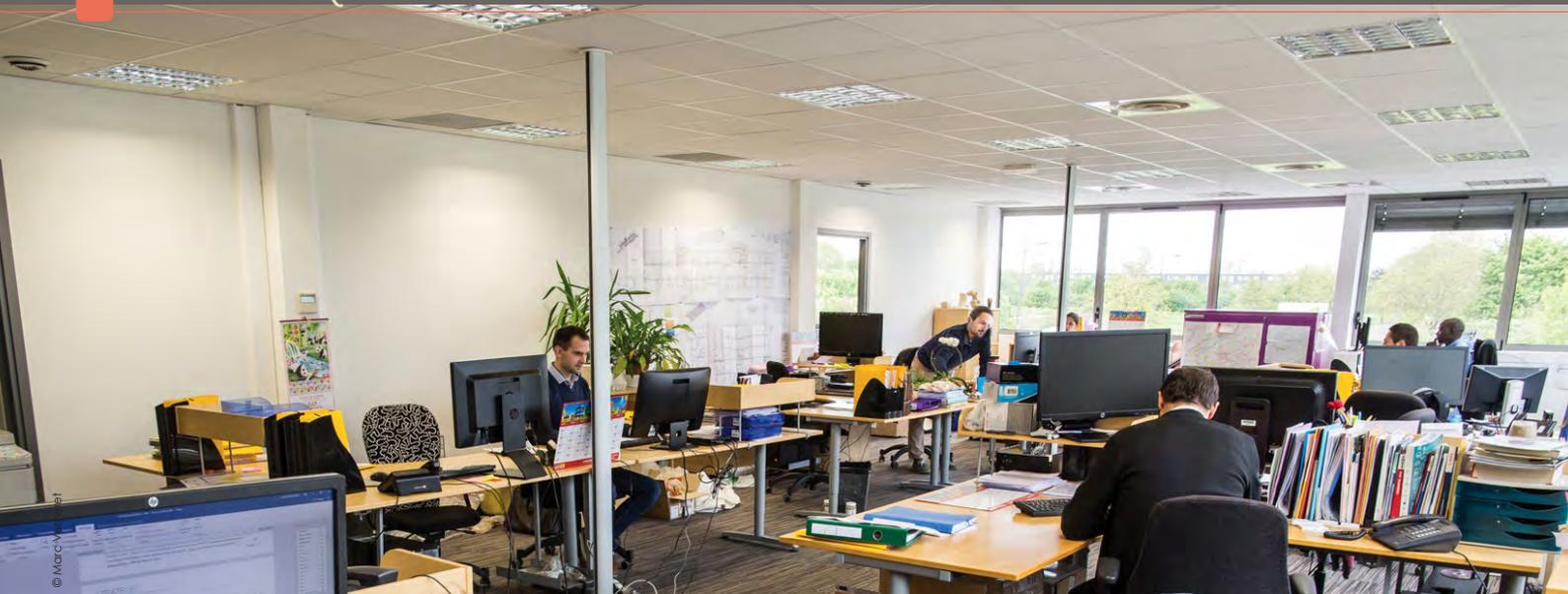
Thierry Hermges
Responsable technico-commercial export chez Keller



Coupe type d'un atelier de forage TM II.



Vue d'ensemble de la zone de stockage des tubes.



Une vision 360° géotechnique

À la suite de sa formation d'ingénieur en géotechnique obtenue à l'ISTG – devenu aujourd'hui Polytech Grenoble –, Laurent Glandut commence sa carrière dans une grande entreprise de BTP comme ingénieur travaux, puis s'oriente vers sa formation initiale, d'abord dans un bureau d'études à taille humaine, puis chez un major national. Suite à ces expériences, Laurent se lance dans l'aventure entrepreneuriale dans son domaine d'activité... et, justement, il a l'intention de créer une « aventure » au cœur de son expertise métier autour d'une vision qui lui est chère : le service.

Cette notion de service pourrait sembler évidente sauf que, sur le marché, en échangeant avec des personnes du métier, des clients surtout, Laurent Glandut a constaté que ces derniers déploraient un manque de service et d'accompagnement de nos métiers, ce qui nuit à la prestation globale.

Les années passent et, comme toutes les entreprises, Saga est confronté au contexte économique de la crise. Son positionnement, sa persévérance et son application permettent à Saga d'être parmi les cabinets retenus pour effectuer des missions auprès de clients tels que les mairies, agglomérations et collectivités locales, promotion immobilière, organismes HLM, entreprise de travaux et construction, contractants généraux, architectes, industriels et logisticiens.

Les clients commencent à demander à Saga Ingénierie d'élargir son spectre métiers en incluant des activités transverses au domaine de l'ingénierie géotechnique. Pour cela, Saga se met à la recherche à la fois de personnel compétent, mais également de nouvelles technologies, aussi bien informatiques que de machines type forage...

Ainsi elle donne naissance à une segmentation d'offres de service qui répondent à la fois au besoin d'évoluer et à la nécessité d'être opérationnel. Ces 6 axes prennent forme autour de structures humaines, d'installations, de process et d'engagement.

**2018, SAGA INGÉNIERIE :
4 ENTITÉS, 50 PERSONNES**

Ayant agi et finalisé ses axes de développement, Saga Ingénierie se présente auprès de ses clients

autour de la vision géotechnique 360° :

- un objectif pour satisfaire les clients : mobiliser tous les axes d'expertise pour réussir les projets confiés ;
- un but permanent de souplesse et d'ouverture sur les avancées du métier : un esprit d'évolution et de service.

« Notre bureau d'études agit auprès de chaque acteur de la construction et s'intègre à tout projet quels que soient son cycle de vie et sa dimension. La veille technologique permanente et la R&D, au cœur de notre esprit d'expert, représentent notre capacité à offrir la meilleure vision de nos métiers et la meilleure réponse à tout besoin. Bien plus qu'un mot, le service porte le sens de nos valeurs pour nos clients : écoute, réactivité, proximité, respect et sérénité », explique Laurent Glandut.



© Marc Vernehet

Laboratoire géotechnique.

De plus, pour compléter ses compétences, Saga s'est structuré par la création de 4 entités, à savoir : Sol Sondages (sondages, essais *in situ*, piézométrie), Solpol (sites et sols pollués), Strategeo (hydrologie, géothermie environnementale) et Ingelabo (laboratoire, observations et expertises).

UNE PARCELLE DE 20 000 M² AU BLANC-MESNIL (SEINE-SAINT-DENIS) : UN EXEMPLE RÉALISÉ EN VISION 360° GÉOTECHNIQUE

Le projet prévoit, sur une parcelle d'environ 20000 m², occupée depuis plusieurs dizaines d'années par des activités diverses ayant à

SAGA GROUPE EN CHIFFRES

- 2004 : Création
- 20 ingénieurs et cadres
- 20 techniciens investigations, dessin et laboratoire, et administratif
- 1 pôle R&D

Laboratoire géotechnique

- 10 ateliers de forage : Teredo – Comacchio – Socomafor
- 50 personnes au total
- Logiciels : Talren, Krea, Foxta, Plaxis, Geomur, Geolog 4
- Supports bibliographiques et documentaires
- 1 500 dossiers par an

plusieurs endroits distincts pollués les sols, la réalisation d'un complexe immobilier de 9 ensembles de bâtiments de type R+2+C à R+5+C sur un niveau de sous-sol commun et débordant. ...

ESIRIS

GROUP

SOLUTIONS STRUCTURÉES

Esiris Group, voir l'essentiel ...
proposer des solutions structurées et pérenniser vos ouvrages
... en toute indépendance.

Vos prestations de services associés aux métiers de la construction requièrent des process, des méthodes adaptées et fiables.

ESIRIS Group vous garantit une intervention efficace sur l'ensemble des métiers de services du BTP.

Du suivi de travaux à l'expertise & l'ingénierie, ESIRIS Group, innove en terme de recherche & développement, de qualité et d'environnement pour satisfaire vos besoins... toujours.

ZOOM sur nos prestations en géotechnique

Compétences en essais-contrôle & ingénierie dans les domaines :

- Etudes, expertises, essais in-situ & laboratoire
- Diagnostics et recherche de pathologie
- Instrumentation, monitoring & géophysique

Interventions France et International sur tout type d'ouvrage :

- Ouvrages & infrastructures
- Travaux spéciaux & soutènement
- Centre de stockage des déchets



www.esiris-group.com - contact@esiris.fr

LA VISION 360° GÉOTECHNIQUE, C'EST :

- **R&D** (une équipe et un laboratoire intégré ; une veille technique permanente ; des essais et expérimentations ; une formation)
- **Qualité** (l'engagement « tous concernés » ; une approche managériale intégrée ; une exigence technique de pointe ; une action collaborative ; les enquêtes de satisfaction client ; des formations externes)

■ **Maîtrise d'œuvre géotechnique** (assistance aux contrats de travaux [fondations spéciales, injections, terrassement, plateforme...] ; CCTP et DGE ; contrôle et suivi d'exécution)

■ **La reconnaissance des sols in situ et au laboratoire** (reconnaissance par sondage géotechnique [carotté, pressiomètre, destructif, tarière, pénétromètre] ; essais et prélèvements *in situ* ; essais d'eau et piézométrie ; reconnaissance

géophysique ; essais de laboratoire mécanique des sols-routes [identification et essais mécaniques])

■ **Contrôles et mesures** (contrôle sur chantier ; réception de travaux ; auscultation gamma ray ; inclinométrie)

■ **Expertise et ingénierie** (diagnostic sinistre ; pathologie ; diagnostic de bâtiment surélévation ; réhabilitation ; réparation des ouvrages sinistrés)



Atelier de forage.

Aujourd'hui, les clients font appel à Saga Ingénierie pour tous types de missions de G1 à G5 :

- **Bâtiments** (mécanique des sols ; étude des fondations ; terrassement ; dallage)
- **Ouvrages d'art** (étude de stabilité de pente ; soutènement ; fondations ; ouvrages fluviaux)

• **Tracés linéaires** (voiries, réseaux) (reconnaissance géologique de tracé linéaire ; réutilisation des matériaux en remblai ; dimensionnement des voiries)

• **Risques naturels** (glissement de terrain ; retrait gonflement des sols argileux ; exploitations souterraines/exploitations à ciel ouvert ; dissolutions)

... La demande du client est de réaliser par chacune des entités :

- **Saga** : une étude géotechnique spécifique permettant de définir les fondations des projets dans un contexte de dissolution du gypse antéludien jusqu'à 55 m de profondeur ;
- **Solpol** : une étude environnementale afin d'analyser les études déjà réalisées dans le cadre d'une expertise et d'affiner les connaissances de ce site quant au degré de pollution ;
- **Stratego** : une étude hydrogéologique permettant la défini-

tion des niveaux NPHE dans un contexte de versant ;

■ **Ingelabo** : la réalisation d'essais de laboratoire et de diagraphes Gamma Ray

LES SOLUTIONS APPORTÉES PAR CHACUNE DES ENTITÉS

■ **Saga** : Identifier qu'une partie du site est le siège d'altération à faible profondeur des assises marneuses en raison de phénomènes de dissolution dans la zone de battement de la nappe phréatique qui nécessitera la réalisation de fondations profondes et de travaux

d'injection de faible ampleur ;

- justifier que le reste du site reste acceptable pour fonder les ouvrages plus classiquement sans réalisation de fondations et travaux particuliers ;

- montrer sur l'ensemble du site l'absence de phénomènes profonds liés à cette même dissolution ce qui permet économiquement de valider le projet dans son ensemble.

■ **Solpol** : Localiser les zones de pollution en surface et profondeur nécessitant un retrait des terres vers des décharges spécialisées, et valider qu'une large partie du site ne fait pas l'objet d'une pollution particulière.

■ **Stratego** : Démontrer que l'ensemble du sous-sol commun n'est pas sujet à une inondation de récurrence décennale, mais cinquantennale.

■ **Ingelabo** : Définir les paramètres de dimensionnement des ouvrages enterrés. ■

Aude Moutarlier, avec la collaboration de **Laurent Glandut**

Ingénieur en géotechnique et président de Saga Ingénierie Groupe



Exemple de chantier sur lequel Saga Ingénierie est intervenue.

-AIPR-

RÉUSSIR L'EXAMEN

POUR INTERVENIR SANS DÉTRUIRE



TROUVEZ LA FORMATION LA PLUS PROCHE DE CHEZ VOUS SUR
WWW.GINGER-FORMATION.COM

Pourrons-nous un jour « percer » le secret de Rochechouart ?

Rochechouart, petite commune du Limousin, fait l'objet d'une attention soutenue de la part de la communauté scientifique internationale depuis fort longtemps, en raison de la particularité des roches qu'on rencontre sur son territoire et sur celui des communes avoisinantes. Ces roches sont tellement singulières (voire énigmatiques) que les avis des géologues et hommes de sciences qui se sont penchés sur elles ont différé, faisant même, parfois, le grand écart. Explications.



Machine Hydrofore 1200 de 120 ch, conçue et réalisée dans les ateliers d'Hydrogéotechnique.

C'est ainsi que Nicolas Desmarest¹ qui séjourna à Limoges entre 1762 et 1777 décrit ces roches en 1809 comme des « granites à bande » d'origine plutonique, tandis que Pierre Beaumesnil², à peu près à la même période, envisageait qu'elles puissent correspondre à des tufs volcaniques. En 1833, Guillaume Manès³ leur attribuera une origine volcanique, et, en 1858, Henri Coquand⁴ puis Louis Paul Urbain Le Verrier⁵ en 1901 pencheront plutôt pour une origine sédimentaire, tout en doutant de leurs propres hypothèses, tandis qu'en 1859 François Alluau⁶ considèrerait qu'il s'agissait de brèches primitives d'origine pyrogène.

En 1910, Louis Glangeaud⁷ reprend l'hypothèse volcanique et, en 1937, François Kraut⁸ suggère une possible origine volcano-sédimentaire, mais sans être convaincu de ses propres hypothèses en raison de la structure des cristaux de quartz et feldspaths contenus dans ces roches.

Co-auteur de l'avant-dernière édition de la carte géologique de Rochechouart, parue en 1967, dans laquelle les brèches apparaissent encore d'origine volcanique et sédimentaire*, François

Kraut reprendra ses observations de terrain et penchera alors pour l'origine impactite, en considérant que les verres relevés dans les brèches résulteraient de la fusion des roches frappées par une météorite. La certitude sur l'origine de ces roches singulières arrive en 1969, lorsque François Kraut, accompagné de Bevan French, spécialiste des impacts à la Nasa, découvre des cônes de percussion dans les affleurements et apporte ainsi une preuve que la région a été affectée par un impact météoritique.

En 1972, Eugène Raguin⁹ confirme la découverte de l'astroblème, et Philippe Lambert¹⁰ publiera entre 1974 et 1982, un ensemble de travaux sur la géologie, la géochimie, la géophysique, l'âge de l'impact, ainsi que sur l'emprise et la nature des dommages causés par cet impact. En 1975, il découvre le « signal météoritique » à Rochechouart, à savoir la contamination des brèches par le projectile, faisant de Rochechouart le premier astroblème dont l'origine extraterrestre est incontestable.

À partir de 2006, Philippe Lambert publie de nouveau sur Rochechouart et appelle la

1. Nicolas Desmarests, géographe français (1725-1815), membre de l'Académie des sciences.

2. Pierre Beaumesnil, illustrateur, comédien français (1718-1787) membre de l'Académie des inscriptions et Belles Lettres.

3. Guillaume Manès, géologue français, ingénieur du corps des Mines (1798-1881).

4. Henri Coquand, géologue et paléontologue français (1811-1881).

5. Louis Paul Urbain Le Verrier, astronome et mathématicien français (1848-1907).

6. François Alluau, fabricant de porcelaine, archéologue et géologue français autodidacte.

7. Louis Glangeaud, géologue et minéralogiste français membre de l'Académie des sciences (1903-1986).

8. François Kraut, géologue et minéralogiste austro-hongrois et français (1907-1983).

9. Eugène Raguin, géologue français (1900-2001)

10. Philippe Lambert, astrogéologue français

* S. Caillère, F. Kraut, J. Gandillot, P. Pruvost, 1967. Carte géologique de la France (1/80 000), feuille Rochechouart (163) – 2^e édition, Paris, Service de la Carte géologique de la France.

communauté scientifique internationale à étudier plus en détail cet impact comme analogue des cratères d'impact sur la Lune, Mars et autres objets planétaires.

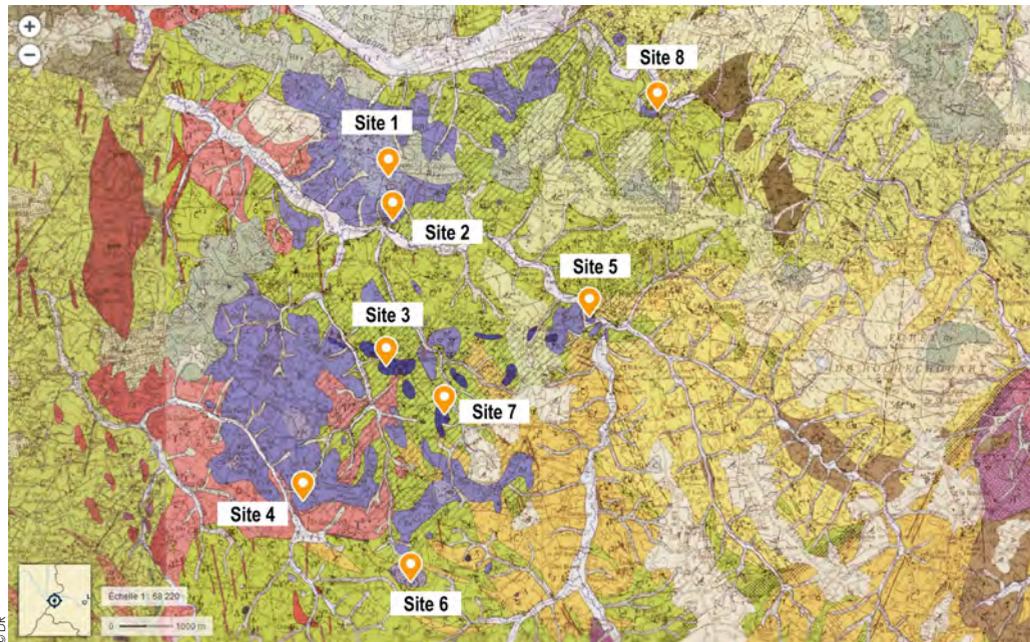
Hubert Reeves¹¹ en visite en 2011 dans la Réserve naturelle nationale de l'astrolème de Rochechouart-Chassenon déclare alors : « Vous avez une pépite sous les pieds... Il est temps maintenant de l'explorer et de la faire connaître ! »

En 2013-2014, Philippe Lambert propose la réalisation de forages carottés dans la Réserve naturelle nationale de l'astrolème de Rochechouart-Chassenon, et l'installation à Rochechouart, d'un centre de recherche destiné à gérer et valoriser le patrimoine géologique. En 2016, le projet CIRIR (Centre international de la recherche sur les impacts et sur Rochechouart) est lancé par la POL (communauté de communes Porte Océane du Limousin). En 2017, la POL, qui gère la Réserve pour le compte de l'État, lance la campagne de carottages confiée à la société Hydrogéotechnique, sous la conduite de Philippe Lambert.

Ces premiers sondages sur l'astrolème qui se sont déroulés entre le 4 septembre et le 18 décembre 2017 font partie d'un vaste programme de recherche dont le but est de reconstituer les caractéristiques du cratère à son origine, d'en définir les conditions de formation, de refroidissement, la composition du projectile, et, si possible, l'âge de l'épisode d'impact. Et pourquoi pas se servir des réponses apportées pour appréhender en quoi et comment ces phénomènes météoritiques peuvent jouer un rôle majeur dans l'émergence de la vie.

Aujourd'hui, le cratère résultant de l'impact de la ou des météorites est impossible à voir dans le paysage en raison de l'érosion, et pourtant il doit correspondre à l'un des 40 plus gros cratères au monde.

L'astrolème de Rochechouart-Chassenon, daté d'il y a 206 millions d'années environ, peu avant



Extrait carte géologique 1/50 000 édition BRGM.

SITES	COMMUNES	Profondeur sondage en mètres
1 : Les vignes et les trous	Chassenon (Charente)	120
2 : Les Clides	Chassenon (Charente)	10
3 : Grosse Pierre	Pressignac (Charente)	60
4 : Puy de Chiraud	Videix (Haute-Vienne)	60
5 : Site du château	Rochechouart (Haute-Vienne)	60
6 : Montoume	Chéronnac (Haute-Vienne)	60
7 : Le Recoudert	Rochechouart (Haute-Vienne)	60
8 : Carrière de Champagnac	Rochechouart (Haute-Vienne)	60

Détail des 8 sites.

la limite entre le Trias et le Jurassique, s'est écrasé sur la Terre à une vitesse comprise entre 11 et 70 km/s.

Le cratère qui s'est formé devait faire *a minima* 20 km de diamètre, voire plus. L'énergie et la chaleur libérées par l'impact furent énormes au point qu'aucun fragment de la météorite n'a subsisté et que tout s'est « vaporisé » et dispersé dans les produits de fusion, puis disséminé dans toutes les roches, entraînant des anomalies en fer, nickel, chrome... et générant différents types de brèches (polygéniques, monogéniques de dislocation et hydrothermales), voire des roches vitrifiées.

Les conséquences de cet impact sont également visibles dans les minéraux puisque les cristaux de quartz sont choqués et que les « cônes de percussion »,

développés en raison de l'onde de choc, sont observables dans les roches compactes et homogènes du socle. Compte tenu de la diversité des roches et de leur répartition aujourd'hui diffuse en raison de l'érosion qui a dû laisser au maximum 80 à 100 m de terrain impacté par la météorite avant de rencontrer le socle, le programme de sondage prévoyait la réalisation de carottages, d'une profondeur comprise entre 10 et 120 m, répartis sur 8 sites distincts et au droit desquels les impactites étaient sub-affleurantes.

Outre les contraintes de mise en place, les emplacements mêmes des sondages au sein d'une réserve naturelle qui ont contraint l'équipe à installer un système de récupération et de filtration des boues de forage, une inconnue résidait dans la technique de carottage

...

11. Hubert Reeves, astrophysicien franco-canadien (né en 1932)



© Hydrogéotechnique



© Hydrogéotechnique

Exemples de carottage.

RENCONTRE AVEC PHILIPPE LAMBERT QUI NOUS LIVRE SON EXPÉRIENCE

« J'ai commencé à travailler sur la région de Rochechouart en septembre 1972. Pendant la campagne de forage, le 13 octobre 2017, on fêtait le 40^e anniversaire de la soutenance de ma thèse d'État, consacrée à l'étude de notre astrolème et aux effets de choc associés. Aujourd'hui, notre programme de forage est une grande réussite tant sur le plan technique, qu'économique et scientifique. Ce succès tient d'une part à la qualité et à la richesse de notre patrimoine géologique ; mais il tient aussi au savoir-faire et à la persévérance de tous ceux qui ont participé, depuis le personnel de la Réserve, aux opérateurs sur la foreuse, en passant par les services de gestion, tant du côté de la communauté de commune (POL) que d'Hydrogéotechnique.

L'enjeu est d'instituer le site de l'astrolème comme un laboratoire naturel au bénéfice de la recherche nationale et internationale. C'est bien parti. Les premiers résultats sont à la hauteur de nos ambitions. On commence à parler de nous. Nous allons continuer et transmettre, et ce faisant, susciter des vocations et faire rêver... »



Philippe Lambert montrant une carotte avec le contact des brèches avec le socle.

© Hydrogéotechnique

... à adopter dans ce type de roches jamais forées jusqu'alors à ces profondeurs, sans aucune donnée sur la dureté et l'état de la fracturation.

C'est une machine Hydrofore 1200 de 120 ch, conçue et réalisée dans les ateliers d'Hydrogéotechnique, qui a été utilisée pour ce chantier, équipée d'un carottier à câble PQ.

Dans l'ensemble, la roche bréchique polygénique a été facile à carotter avec des cadences de forages ayant permis d'atteindre 6 m/h. Par contre, lors des passages vitrifiés ou au sein des formations métamorphiques, au contact entre le fond de cratère et le socle, les avancements étaient beaucoup plus réduits. Globalement, la cadence a permis de réaliser 13 m/jour. Au final, la roche était

peu fracturée, assez facile à carotter et la gestion de l'eau de carottage s'est avérée conforme aux attentes de l'entreprise. L'équipe de sondeurs mobilisée sur ce chantier a dû trouver un fin équilibre entre vitesse d'avancement et pression sur l'outil, tout en réglant la quantité d'eau injectée pour garantir un prélèvement de qualité.

Aujourd'hui les carottes sont à la disposition de la communauté scientifique internationale, et peut-être qu'avec leur analyse obtiendrons-nous quelques réponses à bon nombre de questions sur le mystère de l'astrolème de Rochechouart-Chasseron. ■

Aude Moutarlier

en collaboration avec l'équipe d'Hydrogéotechnique

RENCONTRE AVEC HERVÉ GRISEY, DIRECTEUR TECHNIQUE HYDROGÉOTECHNIQUE, DOCTEUR EN GÉOLOGIE APPLIQUÉE

Solscope Mag : À vos débuts, que vous disait Jean-Claude Gress, fondateur de l'entreprise Hydrogéométrie qui deviendra Hydrogéotechnique ?

Hervé Grisey : Au démarrage de la société, lorsque nous n'étions qu'une petite dizaine de salariés, il me disait : « Une société comme la nôtre ne pourra se développer que si elle s'ouvre à d'autres horizons, et seul un tandem géologue-ingénieur génie civil peut analyser, comprendre, cerner, interpréter les phénomènes et se représenter comment les couches géologiques

s'agencent sous nos pieds, même si nos sondages n'apportent que des éléments ponctuels. » Aujourd'hui, le temps lui a donné raison puisque 30 ans après nous sommes plus de 250, dont 80 ingénieurs et géologues répartis pour moitié entre les universitaires et les ingénieurs grandes écoles. Des projets, il y a en toujours, et aujourd'hui c'est vers l'international que notre ingénierie s'envole. Notre équipe aime relever les défis et sa curiosité l'avait amenée en 2016 à participer à une aventure enrichissante



© Hervé Grisey

avec l'Université de Bourgogne – Franche-Comté (voir article Solscope Mag n°6 – Novembre 2016) sur le théâtre antique de la plaine de l'Arroux à Autun. Aujourd'hui, nous remontons à nouveau le temps avec toujours autant de dynamisme et d'enthousiasme.



© DR

RENCONTRE AVEC JULIE COUTURIER, TITULAIRE D'UN MASTER PRO DE L'AMÉNAGEMENT DE CLERMONT-FERRAND.

Philippe Lambert, a tout de suite voulu nous montrer que nous devons nous impliquer en amont sur ce dossier, et, pour ce faire, il a souhaité nous rencontrer dans nos locaux à Clermont-Ferrand, dans le but de se présenter aux personnels susceptibles d'intervenir sur le chantier et pour indiquer les objectifs de la campagne de

forages, la singularité du projet, sa médiatisation et les retombées potentielles pour Hydrogéotechnique.

Pendant ce chantier, qui a duré plus de 3 mois, la communication au quotidien entre le chef d'équipe, Emmanuel Saron, et Monsieur Lambert s'est faite naturellement et de manière très constructive. Pour marquer le demi-kilomètre de carottes prélevées, c'est au champagne qu'ils fêteront cet événement !

Cette machine utilisée pour ce chantier a été équipée d'un carottier à câble PQ sans qu'il soit nécessaire de faire appel à du télescopage en HQ.



© Hydrogéotechnique



© Hydrogéotechnique

Couplage des techniques pour le diagnostic et les études des ouvrages hydrauliques en terre

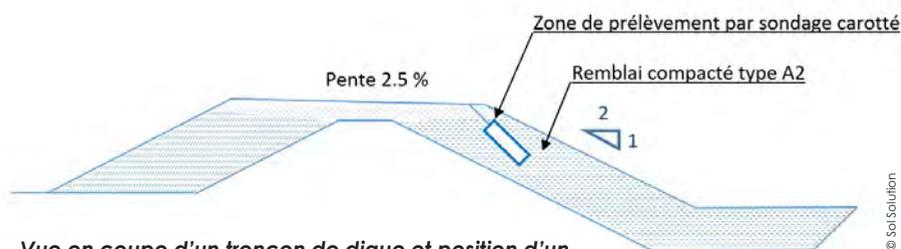
Les barrages et digues de protection contre les inondations représentent un enjeu stratégique pour la sécurité des biens, des personnes et de l'activité économique. Depuis le décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 et le décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 modifiant le Code de l'environnement, les gestionnaires sont tenus de réaliser des études avancées de leur patrimoine pour accroître la connaissance de leur ouvrage et garantir leur bon fonctionnement. Sol Solution met en œuvre une succession d'investigations appropriées aux besoins des gestionnaires afin d'obtenir une vision globale de l'ouvrage avant de se focaliser sur des points sensibles.

Le diagnostic visuel et l'étude bibliographique sont la première approche des investigations. Les méthodes géophysiques permettent ensuite d'acquérir une vision étendue du corps d'un ouvrage. Puis les sondages géotechniques permettent de reconnaître les matériaux de chaque faciès et d'interpréter plus finement les résultats des méthodes géophysiques. Enfin, les essais en laboratoire vont permettre de mesurer les propriétés mécaniques des matériaux échantillonnés.

DIAGNOSTIC DES DIGUES DU DELTA DU RHÔNE POUR SE PRÉMUNIR DU RISQUE D'ÉROSION

Dans le cadre du plan Rhône, Sol Solution est intervenue pour le diagnostic des digues de protection contre les inondations du Rhône et du Grand-Rhône, entre Beaucaire et Port-Saint-Louis-du-Rhône, pour le compte du Symadrem. L'objectif de la mission est de caractériser le matériau constitutif du masque étanche recouvrant les digues et d'alimenter les études de dangers exigées par la réglementation.

La campagne d'investigations géotechniques menée en 2016 et 2017 par Sol Solution couvre un linéaire de près de 20 km sur 5 tronçons distincts. Elle intègre 5 essais de perméabilité et 44 sondages carottés. Les sondages carottés sont verticaux ou inclinés depuis



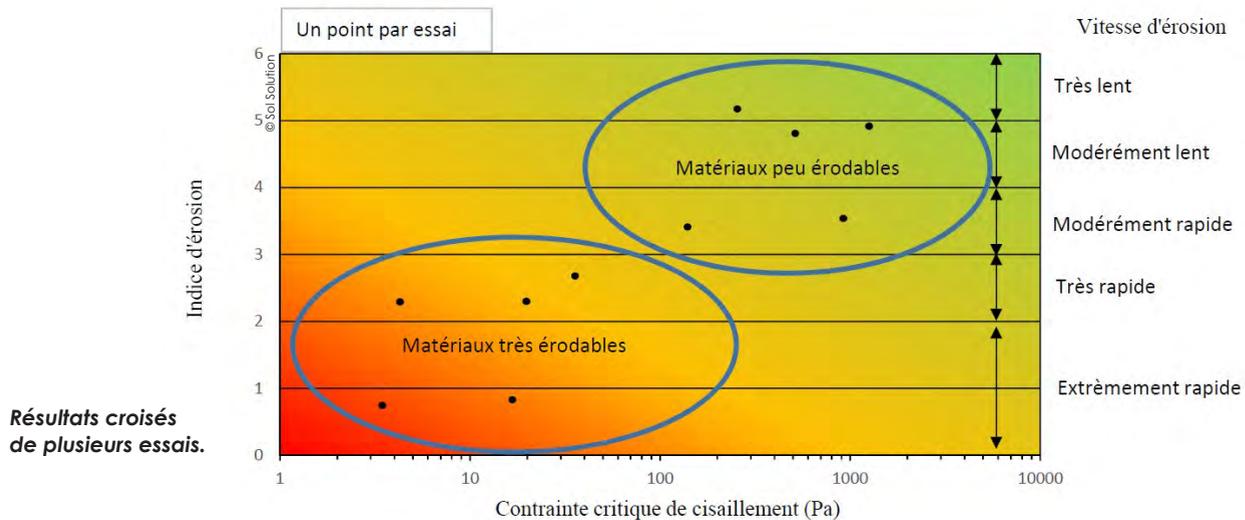
Vue en coupe d'un tronçon de digue et position d'un sondage carotté incliné dans le masque étanche.

la crête de la digue sur une profondeur de 2 à 4 m. Le choix de l'orientation du forage est lié à la structure de l'ouvrage : dans certains cas, le masque étanche recouvre la crête de digue : les sondages sont alors verticaux ; dans d'autres cas, il recouvre seulement le parement amont (côté fleuve) :

les sondages sont alors inclinés. Les carottages sont effectués tous les 500 m. Ils sont battus sans ajout de fluide avec un carottier de 116 mm (diamètre externe). Les matériaux prélevés sont conservés sous gaines opaques (diamètre 90 mm) fermées aux extrémités.



Digue de protection contre les inondations.



La description des faciès et l'analyse GTR des prélèvements ainsi que la mesure systématique des teneurs en eau et des densités pour chaque mètre de carotté ont été réalisées par Sol Solution. Suite à cette première analyse, des essais d'érosion interne HET (Licence IRS-TEA) ont été réalisés sur les échantillons. Ils permettent d'évaluer la sensibilité du sol à l'érosion interne. Pour compléter cette étude, 4 essais d'érosion de surface JET sont exécutés en laboratoire. Enfin, un essai de cisaillement triaxial consolidé non drainé est mené sur 4 échantillons représentatifs. Ces derniers résultats alimentent les études de stabilité au glissement qui font partie des études de dangers.

LE DÉVELOPPEMENT D'UNE MÉTHODE DÉDIÉE À L'ÉTUDE DU RISQUE SISMIQUE

Dans le plan des études de dangers défini dans l'annexe 1 de l'arrêté du 7 avril 2017, le gestionnaire d'ouvrage doit traiter les « éventuelles particularités sismiques concernant l'implantation de ces ouvrages » (§ 3.2 : Description des conditions naturelles) et traiter « les séismes et leurs effets potentiels » (§ 4.5 : Caractérisation des aléas naturels).

Dans ce contexte, on cherche à évaluer le comportement des digues de protection contre les inondations sous séisme. La crue d'un fleuve et une secousse sismique peuvent amener à la

liquéfaction des matériaux sensibles saturés en eau. Une ruine de l'ouvrage devient alors possible, car le sol perd sa résistance au cisaillement. L'évaluation du risque est traditionnellement faite à l'aide des essais en laboratoire (reproduction du remblai dans une colonne montée sur un plateau vibrant), ce qui limite la représentativité à l'échelle de l'ouvrage. L'intérêt d'une méthodologie *in situ* adaptée à ce nouveau besoin des gestionnaires d'ouvrages est avéré.

Sol Solution développe depuis plusieurs années une méthode s'appuyant sur sa 3^e génération des pénétromètres dynamiques, Panda 3 et Grizzly 3, bénéficiant des capteurs intégrés pour estimer la vitesse de propagation V_s des ondes dans l'ouvrage (Solscope Mag n° 8, novembre 2017). Le choc produit par la frappe du marteau sur le train de tiges crée une onde transformée au cours de sa propagation en fonction du matériau de remblai. Elle est enregistrée, traitée et analysée pour déterminer notamment la vitesse de cisaillement. L'essai pénétrométrique étant facilement multipliable à l'ensemble du linéaire de l'ouvrage, un volume de données conséquent permet alors d'avancer vers une approche probabiliste du risque de rupture par sollicitation sismique. ■

Jean-Christophe PELLEZ

Responsable service Sols et Fondations, Sol Solution

Charly PEYRE

Chargé d'affaires, Sol Solution



Dispositif pour la réalisation des essais d'érosion HET.

Quand le bruit ambiant devient un avantage pour l'étude des sols

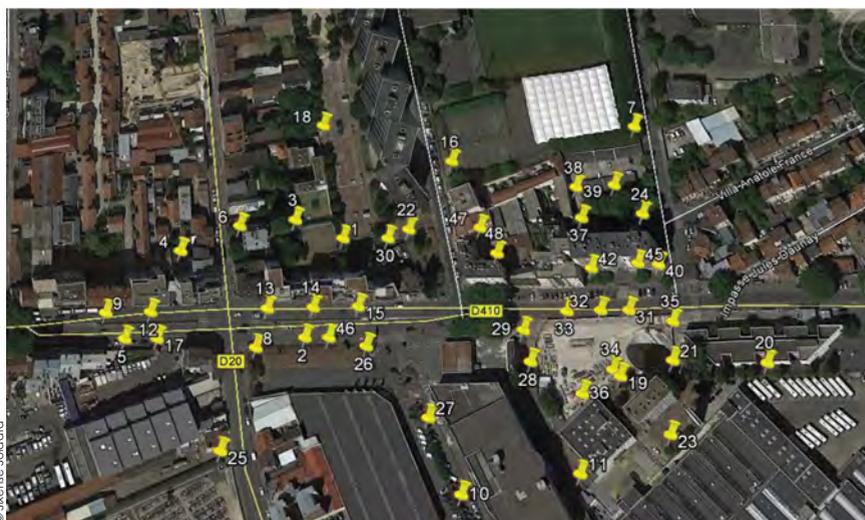
Le bruit est partout, et tout particulièrement au niveau de nos aires urbaines qui ne cessent de s'accroître. Traditionnellement, on entend par « bruit » l'ensemble des sons parvenant à nos oreilles (bruit aérien et solidien). Or il ne s'agit là que d'une partie du « bruit ». Explications avec Simon Robert, responsable du développement chez Sixense Geophysics.

Une grande partie du bruit généré par un ensemble de sources, telles que l'activité humaine ou terrestre, transite par le sol. Ces ondes mécaniques, qui peuvent être mesurées en surface à l'aide de capteurs de type géophone ou accéléromètre, contiennent donc en leur sein un grand nombre d'informations sur les couches de sol traversées. L'analyse de ces ondes mécaniques transitant dans le sol est à la base d'une discipline majeure de la géophysique : la sismologie. Son objectif final est de réaliser une imagerie du sous-sol à partir de la variation de la vitesse de transmission de ces ondes dans le sol. C'est le même procédé qui est employé dans le domaine médical lors d'une échographie ou d'un scanner.

Initialement, la sismologie reposait sur la génération d'un bruit maîtrisé (source), énergétique et impulsif, facilitant sa distinction vis-à-vis du « bruit ambiant » et, par là même, le traitement des signaux obtenus (sismogrammes).

Ce bruit ambiant, défini en introduction, est en réalité composé par un ensemble de sources de bruit (activité humaine, terrestre, etc.). Son existence a longtemps été considérée comme un facteur limitant en sismologie (problématique du rapport signal/bruit), empêchant de distinguer au travers de cet agrégat la signature de la source voulue et maîtrisée.

Depuis peu, l'évolution des technologies et des moyens de traitement a permis de se pencher plus en détail sur ce fameux « bruit ambiant ». Ainsi, l'idée d'exploiter ce contenu, libre



Positionnement et adressage des capteurs en surface.

d'accès et continu, plutôt qu'une source générée, a commencé à germer et s'est finalement révélée être une petite révolution dans le milieu.

LE CONTEXTE INITIAL

C'est dans le cadre des travaux du Grand Paris Express, pour l'extension de la ligne 14 nord, que Sixense Geophysics a pu mettre en œuvre, de manière expérimentale et pour la première fois dans le domaine du génie civil, cette méthodologie dénommée « Sismique sans source ».

En effet, l'impact de ces travaux (tel que le passage d'un tunnelier en profondeur) peut se traduire par des phénomènes de remontrées de fontis, de tassements de surface ou encore d'arrivées d'eau massives. La maîtrise de ces phénomènes correspond à l'enjeu majeur propre au monde des travaux souterrains qui est la sécurisation et l'optimisation du projet

par une connaissance accrue du sous-sol et de son évolution dans le temps.

UNE TECHNOLOGIE DE POINTE

C'est dans ce contexte que la « sismique sans source » est un réel avantage. Dans un milieu urbain peu accessible aux moyens traditionnels d'étude de sol (forages destructifs), les capteurs utilisés peuvent s'implanter partout, et ce, sans contrainte. En effet, ces derniers fonctionnent de manière autonome sur batterie (jusqu'à 1 mois d'autonomie, facilement extensible), stockent les données acquises sur la mémoire interne et communiquent entre eux par le biais des réseaux sans fil (GPS, wi-fi, Bluetooth).

Cette souplesse d'utilisation permet donc de les insérer partout : dans des terre-pleins centraux, des jardins de copropriétés, ou encore semi-enterrés dans les parterres de fleurs d'un cimetière !

Le spécialiste de la tarière creuse



Barcelona (Spain) / Tel. +34 938 461 869
llamada@cm-llamada.es / www.cm-llamada.es



PK-85TT

P-105TT

P-135

P-140TT

P-160TT

P-240TT



...

DES RÉSULTATS PROBANTS SOUS FORME D'AIDE À LA DÉCISION

Une fois ces données acquises et transférées à travers le réseau de capteurs autonomes, elles sont traitées et analysées via un processing complexe pour en extraire deux formes distinctes de résultats :

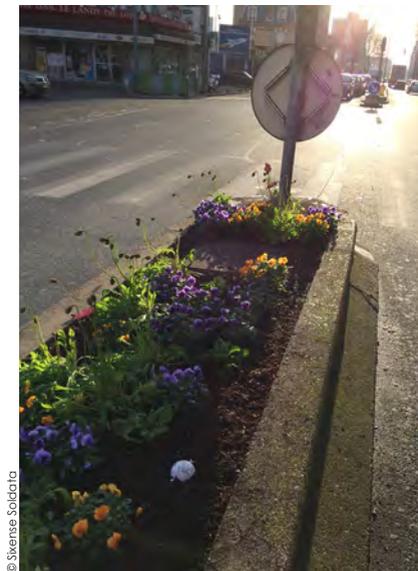
- une forme statique à travers une imagerie 3D haute résolution du sous-sol sur une période donnée. Cette forme pourrait se traduire par la réalisation d'une « photographie du sous-sol » à un instant T ;
- une forme active à travers un monitoring du sous-sol, c'est-à-dire une mesure des variations de compacité du sol dans le temps selon une fréquence déterminée.

La forme statique représente la répartition des vitesses sismiques dans le sol de manière volumique. La vitesse sismique est un paramètre physique directement lié à la raideur du matériau ; ce même paramètre est couramment utilisé dans le domaine de la géotechnique (notamment pour les normes parasismiques type Eurocode 8 et le paramètre Vs30) pour être traduit en termes de modules dynamiques (module de Young, module de cisaillement, coefficient de Poisson).

Autre avantage : il est possible d'établir de nouvelles imageries 3D du sous-sol sur différentes périodes de temps, et ce, sur le même réseau de capteurs déjà installé. Pour traduire cet avantage en termes pratiques, il est possible de réaliser une « photographie du sous-sol » avant un événement prévu dans le sous-sol, puis de comparer ces résultats avec une autre « photographie » obtenue après que cet événement se sera déroulé.

La forme active des résultats, connue sous le terme de « monitoring », offre quant à elle une visualisation planaire de l'évolution (positive ou négative) des vitesses sismiques en pourcentage dans le temps.

Ces évolutions peuvent donc traduire des phénomènes d'augmentation de la raideur des sols ou de détériorations de cette dernière (fracturations, décompressions, fontis, etc.).

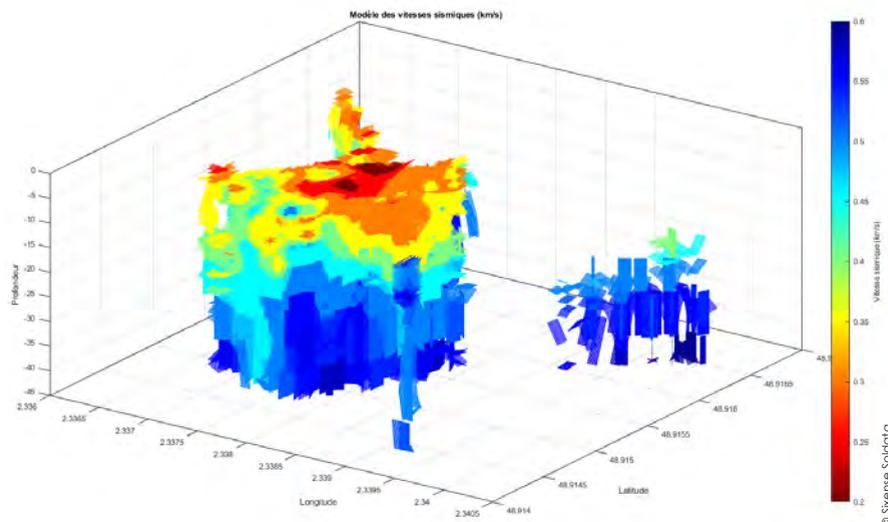


© Sixense Solidata



© Sixense Solidata

Intégration en toute discrétion des capteurs au domaine urbain.



© Sixense Solidata

Modèle 3D de vitesses sismiques obtenu : « photographie du sous-sol ».

La fréquence d'acquisition et de traitement de la donnée est ici un élément-clé qui va dépendre de l'efficacité du processus de traitement (rapport temps / précision).

À l'heure actuelle, la visualisation des résultats est obtenue *a posteriori*, c'est-à-dire après que les événements se sont déroulés. Ces derniers peuvent être présentés sous la forme d'images dynamiques type film.

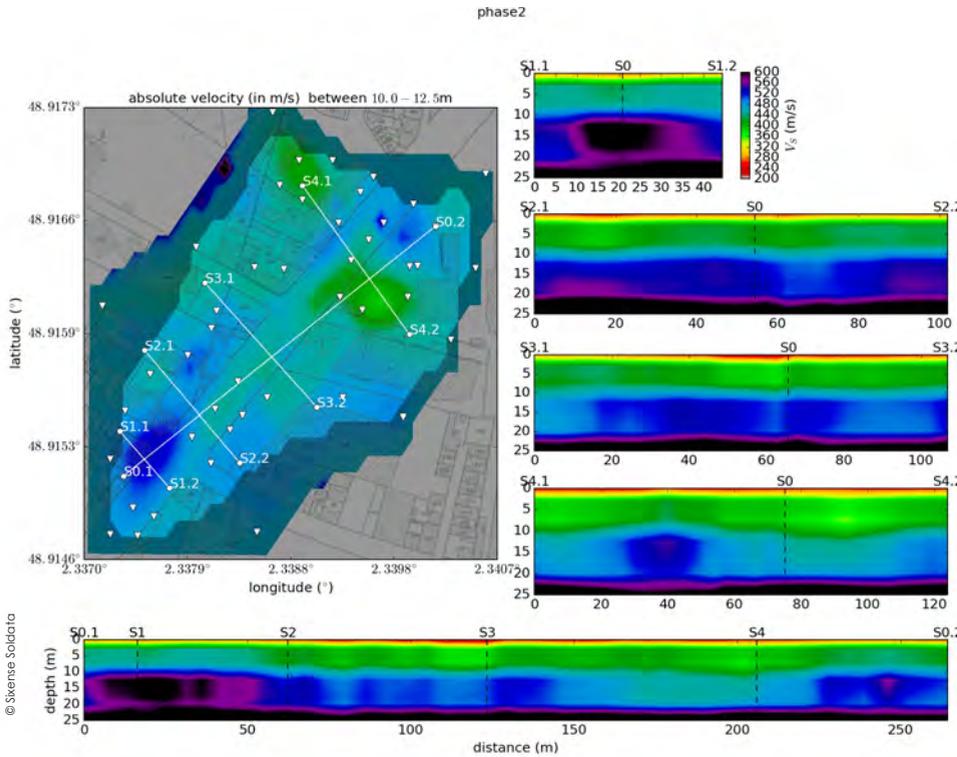
QUEL AVENIR ?

La méthode présentée et appliquée pour la première fois au domaine des travaux souterrains, et plus généralement au domaine du génie civil, donne des résultats

particulièrement probants et permet de recomposer avec précision la nature du sous-sol, avant et/ou après événements particuliers.

Les avantages correspondent bien évidemment au caractère non intrusif (base de la géophysique), à l'utilisation de capteurs autonomes et mobiles, et bien sûr à l'utilisation du fameux bruit de fond, habituellement considéré comme une contrainte.

Les premières expérimentations confirment le potentiel de la méthode, et Sixense Geophysics et ses partenaires réfléchissent déjà aux nombreuses applications et déclinaisons possibles.



L'ensemble des étapes de la méthode peuvent être améliorées, de l'acquisition à la valorisation de la donnée, en passant par le processing et l'interprétation, sans oublier le développement du volet temps réel.

C'est ainsi l'ensemble des savoir-faire du groupe Sixense qui est mis à contribution pour poursuivre le développement de ce projet ambitieux.

Le bruit n'a pas fini de faire parler de lui ! ■

Simon Robert
Responsable du développement chez Sixense Geophysics

Extraction de sections 2D planaires et en coupes issues du modèle 3D.

DIMTI

INSTRUMENTATION

LA MESURE DE DÉVIATION EN TOUTE SIMPLICITÉ.

Forte de ses **20 ans d'expérience** dans le domaine des Travaux Publics et des Fondations Spéciales,

RETROUVEZ-NOUS au **salon INTERMAT** pour découvrir le dernier né de notre gamme :

L'ORI.DIM

PARIS
23 - 28 AVRIL 2018

INTERNATIONAL EXHIBITION
FOR CONSTRUCTION
AND INFRASTRUCTURE

Stand N°102 · Hall 5A · Allée AB

Tél. 01 64 01 62 62 / Fax: 09 70 06 32 97 / E-mail: contact@dimti.fr www.dimti.fr



Le BRGM se dote d'une première plateforme expérimentale de stockage géothermique basse température

Le champ de sondes réalisé par l'entreprise SAF sur le site du BRGM constitue un « *Borehole Thermal Energy Storage* » (BTES) qui fait partie d'un démonstrateur de système énergétique local pour la décarbonation des bâtiments, intégrant du stockage géothermique à basse température. Ce projet appelé ABC Storage est conduit par un consortium de recherche constitué de la société Accenta, du BRGM et du Centre d'efficacité énergétique des systèmes de Armines/Mines ParisTech (CES). Il est cofinancé par l'Ademe dans le cadre de l'appel à projets énergie durable (APRED) 2017.

Les technologies de stockage de chaleur dans le sous-sol se sont développées sur les 40 dernières années aux États-Unis et en Europe du Nord, et peuvent être considérées matures. Elles sont toutefois peu déployées en France, en particulier les BTES basse température (< 50 °C), alors que ceux-ci présentent un potentiel majeur d'amélioration du rendement des pompes à chaleur (PAC) géothermiques.

Physiquement, la capacité d'échange d'énergie thermique et de stockage d'un BTES repose sur la diffusion de la chaleur dans les roches du sous-sol. À chaque niveau de profondeur des sondes, l'autodécharge est proportionnelle à la différence de température entre la température de stockage du BTES et la température naturelle de la roche. Ainsi en moyenne, un stockage à 30 °C à moins de 200 m

présente une autodécharge intersaisonnière (6 mois) autour de 30 %, alors qu'un stockage à 70 °C présente une autodécharge intersaisonnière de 70 %. L'unité BTES du projet ABC Storage présente une autodécharge minimum, car elle est soumise à des injections de chaleur maîtrisée, à des températures les plus proches possible de celles du sous-sol environnant.



La chambre de visite béton avec son collecteur préfabriqué.

LE PROJET ABC STORAGE

Ce projet vise à évaluer l'impact sur la performance des échangeurs thermiques d'un certain nombre de paramètres de conception et d'installation : géométrie et compacité du champ de sondes, coulis de cimentation utilisé, présence d'écarteurs entre les différents tubes constituant les sondes, etc. Le monitoring de l'installation permettra d'identifier les innovations de configuration physique des BTES susceptibles d'en améliorer la performance énergétique (densité, puissance, autodécharge...).

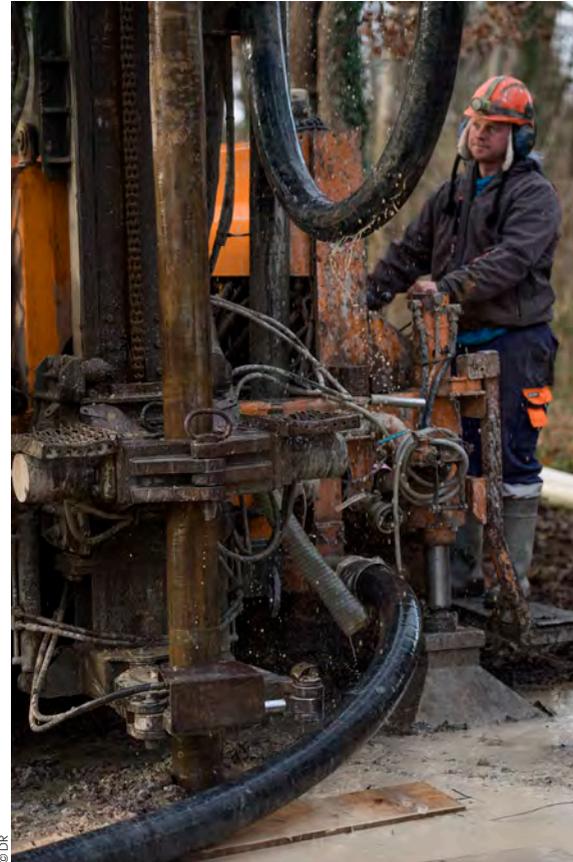
Le démonstrateur ABC Storage comprend, outre le BTES, une machinerie thermodynamique permettant la simulation des échanges thermiques entre le BTES et un bâtiment tertiaire virtuel de 3500 m², une unité de production solaire thermique basse température, une unité de production solaire photovoltaïque, et une instrumentation complète pour le suivi du comportement thermique du BTES.

L'installation permet, grâce à un contrôleur intelligent développé par ailleurs par Accenta, une gestion dynamique de l'injection et du soutirage de la chaleur dans les sondes du BTES en fonction des capacités de production d'énergie renouvelable (EnR), de la carbonation du réseau et des

besoins du bâtiment. Ainsi le système optimise les cycles d'injection et de soutirage de la chaleur pour maximiser le rendement thermodynamique du dispositif, et par là même minimiser la carbonatation et le coût des énergies thermiques autoproduites et autoconsommées. À ce dispositif de stockage d'énergie thermique sera associée, dans un deuxième temps, une unité de stockage hydropneumatique d'énergie électrique. Le démonstrateur ABC Storage constitue donc un premier système de stockage multi-énergies maximisant l'autoproduction et l'autoconsommation de l'énergie solaire à un coût compétitif pour permettre un déploiement massif et réparti au niveau des bâtiments.

LA SOLUTION ACCENTA STORAGE

Avec près de 45 % de la consommation énergétique nationale, et plus de 25 % des émissions de gaz à effet de serre, le secteur immobilier est le premier contributeur d'émissions de CO₂, devant la mobilité. L'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction de l'empreinte carbone des bâtiments sont donc un enjeu majeur de la transition énergétique et environnementale, qui se traduit dans les nouvelles réglementations environnementales en objectifs ambitieux tant en France qu'en Europe.



Forages en cours avec la technique du « marteau fond de trou ».

Aujourd'hui, investisseurs et gestionnaires d'actifs immobiliers sont à la recherche de solutions permettant d'optimiser le goodwill environnemental de leurs bâtiments ou de défendre la valeur de leur portefeuille d'actifs. Il s'agit souvent d'améliorer la performance énergie et carbone de l'enveloppe, et d'y intégrer une capacité de production d'énergie renouvelable, solaire en particulier. Ces solutions renchérissent significativement les investissements, sans pour autant atteindre les niveaux de performance requis.

Dans ce contexte, Accenta propose une première solution de stockage intelligent des énergies thermiques du bâtiment, qui permet d'atteindre des niveaux de performance inégalés tant en efficacité énergétique qu'en décarbonation, à un coût compétitif par rapport aux énergies traditionnelles. La solution, appelée Accenta Storage, comprend une infrastructure de stockage géothermique basse température constituée d'un BTES et de pompe(s) à chaleur géothermique(s). ...



Mise en place de l'atelier de forage sur le site du BRGM, au milieu des bois.

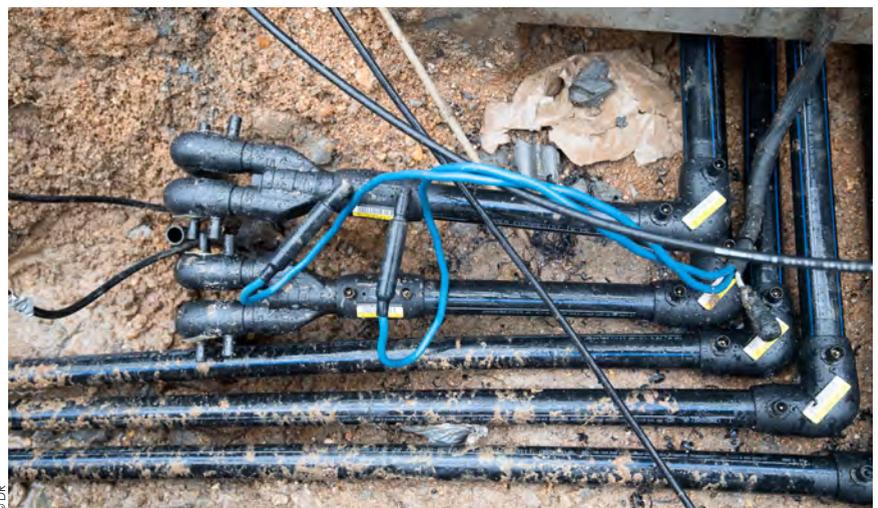
... Accenta Storage gère l'injection dans le sol de la chaleur fatale des processus de climatisation ou d'une chaleur faiblement carbonée produite pendant l'été. Pendant l'hiver, Accenta Storage chauffe le bâtiment avec une grande efficacité et une très faible carbonatation en s'appuyant sur le stock de chaleur disponible dans le sol.

L'infrastructure est conçue et dimensionnée par le système Accenta.Design, et pilotée par le système intelligent et auto-apprenant Accenta.AI. Ce système optimise en temps réel le rendement du BTES et la production d'énergie thermique pour le bâtiment en fonction de la demande (conditions météorologiques, habitudes de consommation des occupants et inertie thermique des bâtiments), mais aussi du tarif et de la charge en carbone de l'électricité du réseau.

La performance énergétique de la solution, exprimée en économie d'énergie primaire par kWh de chaleur fournie, atteint 50 % par

rapport aux solutions conventionnelles carbonées (chauffage au gaz, PAC aérothermique). La performance de décarbonation, exprimée en réduction d'émissions de CO₂ par kWh fourni, atteint 90 % par rapport aux mêmes références. Par exemple, en rénovation d'un bâtiment tertiaire en région parisienne, la solution Accenta.Storage réduit la consommation

conventionnelle d'énergie primaire (CEP) de référence jusqu'à 40 %, et les émissions de carbone des fonctions calorifiques du bâtiment jusqu'à 85 %. Les coûts d'investissement, exprimés au kW de capacité installée, sont voisins de ceux des systèmes à PAC aérothermique, avec des charges d'exploitation 30 à 40 % inférieures.



Pour une parfaite étanchéité, raccordements des tubes via soudage par « Electrofusion ».



© DR

Grâce au système Accenta.AI, la performance énergétique et environnementale de la solution est optimisée dans le temps. Elle fait l'objet d'une garantie de performance contractualisée sur chaque projet. Accenta Storage concerne les projets immobiliers neufs ou en rénovation, et s'adresse à tous les acteurs industriels de l'immobilier et de l'efficacité énergétique : maîtres d'ouvrage publics et privés (gestionnaires d'actifs, investisseurs), constructeurs, architectes, bureaux d'études, installateurs.

LE CHANTIER

Géotec, spécialiste dans tous les métiers de la géotechnique et de l'environnement, a investi depuis près de 10 ans dans la géothermie via le rachat en 2009 de la société SAF, opérateur récurrent dans le domaine, essentiellement positionné sur le marché du particulier. Depuis le rachat, le management du groupe Geotec s'est concentré sur le développement de cette activité, qui reste malheureusement aujourd'hui encore trop confidentielle en France.

Le projet ABC Storage de plateforme expérimentale de stockage géothermique basse température permettra à terme de redynamiser le marché de l'énergie géothermique. Pouvoir être associé à un tel projet a été perçu immédiatement comme un enjeu majeur pour l'entreprise SAF. Au regard de la technicité de ce chantier et de son importance, la direction de SAF s'est naturellement rapprochée du groupe Verbeke, société belge rachetée également par

le groupe Geotec, fin 2017, pour l'accompagner techniquement et humainement sur le projet.

Plus grand opérateur dans la géothermie en Belgique, que ce soit par la technicité de ses chantiers ou par leur nombre, les équipes de l'entreprise Verbeke ont su développer au-delà de nos frontières, essentiellement en Flandre, ce mode d'énergie renouvelable à l'infini, confortable et économique. Jonas Vercruysse, responsable du service géothermie chez Verbeke, les choses étaient claires : « Il semblait logique d'être présent sur ce dossier pour importer en France un savoir-faire qui doit rendre le stockage géothermique basse température compétitif par rapport aux énergies thermiques carbonées pour les maîtres d'ouvrage français. L'objectif était bien d'apporter au projet une capacité de mise en œuvre sans faille du champ de sondes. L'appel d'offres pour un champ de sondes lancé par le BRGM et Accenta nous a logiquement mobilisés conjointement à l'entreprise SAF, et nous avons apporté au maître d'ouvrage notre compétence, notre expérience et nos solutions innovantes. Le maître d'ouvrage nous a immédiatement accordé sa confiance, car tous les intervenants du projet partagent une même vision : rendre le stockage géothermique attractif tout en s'inscrivant dans une vision globale d'économie et de développement de l'énergie. Après les premières réunions de mise au point sur site, nous avons vite intégré les exigences du marché et les souhaits complémentaires de notre client.

Les défis étaient multiples et complexes. Nous avons préalablement réalisé 13 forages à 100 m, destinés à recevoir au fur et à mesure des sondes en PEHD combinant 4 différents types de configuration. »

Deux types de coulis de ciment ont été utilisés, et les sondes ont été mises en œuvre suivant les cas avec ou sans écarteurs, avec une implantation définie au centimètre près. À terme, cette installation permettra aux équipes du BRGM et d'Accenta d'obtenir des données essentielles sur chacune des sondes, grâce à l'adjonction d'une fibre optique sur toute la longueur de celles-ci.

« Mais d'autres défis nous ont attendus, puisque les forages étaient situés réglementairement en zone orange, requérant l'avis d'un expert géologue ou hydrogéologue et d'un foreur qualifié, mais dans un site reconnu très karstique. La mise en place de géotextile enveloppant les sondes et les fibres optiques ont rendu les opérations extrêmes délicates, mais ont permis d'assurer une cimentation de qualité sur toute la hauteur des sondes malgré la présence de nombreux vides. Grâce à notre expérience, notre réactivité pour ne pas dire notre créativité, nous avons pu réaliser les 13 forages en 15 jours ouvrables. Une semaine de plus a été nécessaire pour les raccordements horizontaux des sondes vers le collecteur central, travail d'habitude classique, mais rendu délicat par la présence des sondes optiques et d'un site très contraint. Nous avons travaillé tout au long de ce chantier avec enthousiasme et sommes impatientes, comme notre client, de connaître les conclusions de cette expérience dont nous ne doutons pas qu'elle sera créatrice de valeur pour la géothermie. En parallèle, nous espérons que cette expérience permettra à la France de rattraper son retard par rapport à tous les pays du nord de l'Europe qui ont déjà adopté cette énergie au même titre que l'éolien ou le photovoltaïque », conclut Jonas Vercruysse. ■

Marine Doquet-Chassaing Noel
Accenta SAS

			PAGES				PAGES				PAGES
	APAGEO		97		FAYAT FONDATIONS		4 ^e de couv		LA THP		42
	APPUISOL		41		FONDASOL		10		LIEBHERR		63
	APROMETAL		53		FRASTE		47		LLAMADA		115
	ARCELORMITTAL		61		GEOFLUID		49		MENARD		95
	AXEL DUVAL		59		GEOSOLTIS		11		SAGA INGENIERIE		43
	BMS		91		GÉOTECHNIQUE SCIENCES DE LA TERRE SAS		55		SOCOMAFOR		17
	CAJ TRAVAUX SPECIAUX		13		GINGER FORMATION		107		SOLETANCHE BACHY		3 ^e de couv
	CONTROLS		69		GIULLOC		33		SOLS MESURES		9
	COULON PIEUX BATTUS		39		GRITCHEN CONSTRUCTION		2 ^e de couv		SOMAC		79
	DIMTI		117		GROUNDFORCE		7		STDS JANTZ		51
	EMCI		4		IDETEC		89		SYGMAT		65
	MASSENZA/EPD		99		JEAN LUTZ		35		TERRASOL		29
	ESIRIS GROUP		105		JNGG		15		URETEK		25
	F.G.S. DRILL		21		KELLER		27				

Recevez gratuitement la revue **Solscope Mag** !

Je désire recevoir gratuitement les 2 numéros annuels de la revue **Solscope Mag**

Ma préférence par voie postale par courriel

NOM PRÉNOM

FONCTION SOCIÉTÉ

COURRIEL

ADRESSE POSTALE

CODE POSTAL VILLE

TÉL..... FAX.....



Retournez le coupon à **RPI - « Le Millenium » - 9, bd Pierre Mendès-France - 77600 Bussy-Saint-Georges**
ou par e-mail à : cuvillier@rpi.fr

Tél : +33(0)1.60.94.22.20 - Fax : +33(0)1.64.77.51.82



Photo : Cédric Helsly

Soletanche
Bachy

Build

Construire sur du solide

Travaux de génie civil du tronçon T2A
Gare du Vert de Maisons - Île-de-France, France
Grand Paris Express - Ligne 15

Intervenant partout dans le monde pour le compte de clients publics ou privés, Soletanche Bachy s'attache à proposer les meilleures solutions techniques et contractuelles.

Elle apporte aussi bien des compétences polyvalentes d'ensemblier dans le cadre de grands projets d'infrastructures, que celles de spécialiste maîtrisant l'ensemble des procédés de géotechnique, de fondations spéciales, de travaux souterrains, d'amélioration et de dépollution des sols.

www.soletanche-bachy.com



SOLETANCHE BACHY



SEFI-INTRAFOR

NOS FONDATIONS AUJOURD'HUI, CE SONT EUX

**NOS FONDATIONS
DE DEMAIN,
C'EST PEUT-ÊTRE
VOUS !**

REJOIGNEZ-NOUS POUR LE GRAND PARIS

[FONDATIONS.FAYAT.COM/CARRIERES](https://fondations.fayat.com/cARRIERES)

