

Edito

La première décennie de ce XXI^{ème} siècle s'achève, marquant pour **TERRASOL**, 10 ans après le départ de son fondateur François Schlosser et l'intégration dans le groupe **SETEC**, une étape symbolique. Avec des effectifs et un chiffre d'affaires plus que doublés en 10 ans, **TERRASOL** a consolidé sa position de leader dans l'ingénierie géotechnique française.

L'apport du groupe **SETEC** a été plus que notable : il nous a permis d'accéder à la maîtrise d'œuvre géotechnique (de la conception à l'exécution) de grands projets tels que la LGV Rhin Rhône, l'autoroute A41, le viaduc de Millau, la Fondation Louis Vuitton pour la création ou le tunnel Sud de Toulon. Nous avons également renforcé nos relations de confiance avec les grandes entreprises de construction et les donneurs d'ordre, qui nous confient des missions variées sur de grands aménagements, parmi lesquelles : l'autoroute Est-Ouest en Algérie, le projet Gautrain en Afrique du Sud, le Causeway Qatar-Bahreïn, les plateformes logistiques de Montoir de Bretagne, et de nombreuses centrales énergétiques en France et dans le monde. Ce développement s'est appuyé sur une volonté permanente de recherche et d'innovation : notre activité de logiciels géotechniques en témoigne largement, de même que notre participation active à des programmes de recherche (tels qu'ASIRI sur les inclusions rigides), ou encore diverses actions dans le domaine du développement durable (voir la rubrique spécifique en page intérieure).

Enfin, **TERRASOL** s'implique toujours fortement dans la communauté scientifique. J'avoue par exemple une certaine fierté d'avoir animé, en tant que Président du Comité Français de Mécanique des Sols, l'équipe qui a remporté l'organisation de la XVIII^{ème} Conférence Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique qui se tiendra à Paris en 2013. Cet engagement se poursuivra bien sûr au sein du futur Comité d'Organisation.

Tout cela n'aurait pas été possible sans la synergie qui a ainsi pu s'établir entre nos clients, nos partenaires, nos confrères et tous nos collaborateurs. Qu'ils en soient tous ici très chaleureusement remerciés.

Alain GUILLOUX
Président Directeur Général

Algérie : l'avancement de l'Autoroute Est-Ouest

Dans la logique des actions menées en Algérie et au Maghreb depuis de nombreuses années, l'année 2009 y a été marquée pour nous par la livraison progressive des sept sections du lot centre de l'autoroute Est-Ouest algérienne pour laquelle **TERRASOL** a assuré, en tant que mandataire du Groupement **SETEC**, la direction d'une mission d'assistance technique et de contrôle externe des études auprès de l'entreprise chinoise CRCC.

Le Maître d'Ouvrage est la Direction des Projets Neufs de l'Agence Nationale des Autoroutes (DPN/ANA).

Il reste à livrer en 2010 une section importante franchissant les montagnes au Sud Est d'Alger, pour laquelle des retards dans la mise à disposition des terrains, qui ont décalé les phases de reconnaissances et d'études préalables, expliquent les difficultés qui n'ont pu être découvertes qu'en cours de chantier, et donc le délai de livraison allongé.

Plus généralement, des difficultés d'ordre géotechnique très importantes étaient attendues ou présumées, sur plusieurs sections. Elles ont bien été au rendez-vous et ont permis aux équipes de **TERRASOL** de travailler avec l'entreprise et les bureaux d'études chinois dans un contexte inhabituel : en effet, bien que les problèmes géotechniques rencontrés soient assez classiques pour ce genre de projet dans les montagnes algériennes, avec notamment de sérieux problèmes d'instabilités de

versants et talus, l'une des spécificités majeures de ce chantier a été la nécessité de prendre très rapidement les décisions nécessaires à la poursuite du chantier. En effet, le respect des délais imposait des choix techniques très rapides, tant au stade des études qu'au stade des travaux.

Dans un contexte contractuel inhabituel, où la conjonction des cultures et des techniques des divers intervenants compliquait les relations, cette rapidité de décisions et d'actions consécutives a constitué une véritable gageure qui paraissait a priori difficilement tenable.

Ce chantier a été l'occasion pour l'entreprise CRCC de montrer ses capacités de mobilisation et de traitement de très grands chantiers de travaux publics. Il ne fait pas de doute que les entreprises chinoises, et CRCC en premier lieu, apportent une capacité d'action différente des entreprises travaillant plus habituellement en Algérie pour la réalisation de ces grands travaux d'infrastructures.

Pour nous, ce chantier a été l'occasion de mettre en œuvre, sur une mission délicate, tant techniquement que financièrement, le pilotage d'une équipe pluridisciplinaire regroupant plusieurs collègues de **SETEC**, spécialisés en tracés, ouvrages d'art, hydraulique, équipements et sécurité, etc.

P. BROSSIER



Mur et viaduc - Lot M5 - Djebel Guantas



Viaduc de Bouregreg : étude architecturale



DEA 93 : bassin du Blanc Mesnil en cours de réalisation



Maroc

Le viaduc de Bouregreg

Depuis plusieurs années, ADM (Autoroutes du Maroc) souhaitait réaliser un pont à haubans pour le Royaume du Maroc.

Après un premier projet envisagé sur l'Oued Sebou près de Fès et mené en 2005 jusqu'au stade APD par une équipe composée de SETEC TPI, l'architecte Hervé Vadon (Strates) et TERRASOL pour la partie géotechnique, une deuxième opportunité s'est présentée sur l'autoroute de contournement de Rabat en variante d'un viaduc classique en voussoirs béton. La même équipe a présenté un projet ambitieux avec des dimensions exceptionnelles : une longueur totale de 800 m avec une travée centrale de 375 m, un tablier à 100 m de hauteur, et deux piles principales de 200 m de hauteur avec une architecture inspirée des Arts de l'Islam.

Le contexte géologique et géotechnique est marqué par la présence de terrains métamorphiques (schistes du Houiller) recouverts en discordance par des formations sédimentaires (grès, calcarénites, argilites). La qualité des terrains d'assise des piles principales a conduit à privilégier une solution d'appui par fondations superficielles avec toutefois des dimensions imposantes (25x30 m, soit de l'ordre d'un terrain de tennis).

Le projet est actuellement en phase d'appel d'offres.

H. Le Bissonais

DEA 93

Stockage et acheminement de l'eau

Depuis 2007, la Direction de l'Eau et de l'Assainissement du département de la Seine-Saint-Denis (93) a confié à TERRASOL l'ensemble des missions d'études géotechniques liées à ses divers projets.

Actuellement, six missions sont en cours. Les ouvrages concernés sont pour la plupart des réservoirs, des bassins semi enterrés ainsi que les diverses installations associées (collecteurs, puits etc.). Mais TERRASOL a également été amenée à étudier un projet de plan d'eau permanent à ciel ouvert, dans le cadre d'un aménagement paysager plus général.

Les missions s'inscrivent tout au long des phases d'études (AVP, PRO, DCE) et de travaux, et portent :

- sur des ouvrages existants présentant des désordres ou destinés à être transformés (diagnostics),
- sur des ouvrages en cours de construction (assistance au Maître d'ouvrage pour le suivi des chantiers),
- sur des projets d'ouvrages neufs aux divers stades de leur conception, depuis les premières recherches bibliographiques, jusqu'à leur dimensionnement détaillé et à la rédaction des pièces du Dossier de Consultation des Entreprises.

Les problématiques géotechniques rencontrées sont variées et fortement marquées par la géologie du département, avec notamment les dissolutions du Gypse antéludien, et la présence de nappes captives fréquemment en interférence avec les ouvrages profonds. Ainsi la conception des ouvrages (dimensions et profondeur), se trouve fortement conditionnée par les contextes géologiques et hydrogéologiques locaux.

C. Lefèvre

Semelles sur inclusions rigides

Une méthode simplifiée

Le dimensionnement d'un renforcement par inclusions rigides sous une fondation étendue telle un radier ou un dallage n'a à considérer en section courante que les effets d'un chargement vertical. Le module Taspie+ du logiciel Foxta est un outil simple et particulièrement bien adapté pour traiter de ces situations.

De plus en plus souvent, ces projets englobent aussi des semelles, fondées sur un nombre réduit d'inclusions, soumises à des efforts horizontaux et des moments : les inclusions sont alors sollicitées transversalement et doivent pouvoir reprendre des efforts de flexion.

C'est pour répondre à cette problématique qui concerne également les fondations sur sol renforcé soumises à des sollicitations sismiques qu'un important travail de validation a été mené par TERRASOL pour établir comment l'association des modules Taspie+ et Piecoef+ pouvait permettre une estimation des déplacements et efforts de flexion des inclusions. Ce travail a été conduit en réponse à un exercice « benchmark » organisé par le groupe de travail constitué au sein de l'AFPS pour établir des recommandations sur l'emploi des techniques d'amélioration des sols en conditions sismiques.

Cet exercice traitait le cas d'une semelle reposant sur quatre inclusions par l'intermédiaire d'une couche granulaire de répartition soumise à un chargement pseudo-statique équivalent. La procédure associant les deux modules Taspie+ et Piecoef+ s'est révélée fructueuse pour estimer les sollicitations dans les inclusions tant axiales que transversales : les ordres de grandeur obtenus sont proches de ceux d'autres réponses s'appuyant sur des calculs aux éléments finis en 3D.

La procédure qui a été élaborée sera détaillée dans la documentation de la future version de Foxta V3, suite logicielle qui intégrera ces deux derniers modules.

B. Simon



Taspie+ et Piecoef+



Givors : ouvrage en phase de ripage

Givors

Ripage d'un ouvrage sous haute surveillance

Dans le cadre de l'aménagement du quartier de la gare de Givors, l'entreprise BEC frères SA a été déclarée adjudicataire d'un projet de passage inférieur sous la voie SNCF.

L'ouvrage prévu est un cadre préfabriqué. Les délais de coupure imposés par la SNCF étant de 72 heures pour faire la fouille, mettre en place l'ouvrage et remblayer, l'entreprise a proposé une solution de ripage de l'ouvrage.

L'exécution de ce ripage a été sous-traitée à l'entreprise Freyssinet qui a préconisé, pour des raisons de délai, de sécurité et de coût, le recours à un ripage sur coussin d'air et "skidways".

Ce procédé consiste à disposer à l'extérieur du cadre, sous des « oreilles » béton spécialement dimensionnées par le BE structure (OSC à Aix les Bains), des vérins hydrauliques permettant de lever l'ouvrage. A la base de ces vérins, une plaque de répartition leur permet de glisser sur des "skidways" métalliques par l'intermédiaire d'un coussin d'air (azote sous pression).

Le poids total de l'ouvrage est de 1080 tonnes et la charge par vérins de 108 tonnes. Les « skidways » sont des composites métalliques. Leur rigidité, bien qu'importante, reste faible vis-à-vis des charges apportées.

La mission confiée par BEC à TERRASOL couvrait plusieurs aspects :

- analyse des résultats des investigations complémentaires et confirmation de la faisabilité de la solution sur coussins d'air,
- calcul des déformations et des contraintes dans les Skidways et, le cas échéant, préconisation de mesures complémentaires.

L'analyse des résultats des investigations complémentaires a mis en évidence deux zones de faiblesses pouvant remettre en cause la faisabilité du ripage sur coussins d'air.

La première, sur la zone de préfabrication de l'ouvrage, laissait craindre de fortes déflexions dans les "skidways" dès le début du ripage. TERRASOL a donc préconisé (une substitution n'étant pas faisable à cet endroit) de "précharger" l'assise des "skidways" en se servant des vérins de levage. Cette solution avait pour but de consolider, avant le ripage, les sols d'assises des "skidways".

Une deuxième zone a été individualisée comme douteuse et une substitution a été préconisée.

Ces vérifications ont été menées avec Plaxis 2D en conditions court terme et long terme en appliquant un séquençage dans l'application des surcharges modélisant l'avancée de l'ouvrage.

Les opérations de ripage se sont déroulées le 29 Août 2009 sans encombre.

J. Drivet



Parc d'éoliennes

Le développement durable et Terrasol

TERRASOL est particulièrement attentive aux problématiques liées au développement durable, avec des concrétisations sous diverses formes.

Tout d'abord dans le domaine des énergies renouvelables : nous avons réalisé une étude générale pour l'un des seuls constructeurs Français d'éoliennes, le groupe Vergnet, inventeur des éoliennes légères à deux pales, qui s'abaissent en cas de turbulences météorologiques. Ces éoliennes étant stabilisées par des haubans ancrés par micropieux, TERRASOL a développé une méthode permettant de prendre en compte les efforts cycliques dans le dimensionnement des micropieux. TERRASOL assurera d'ailleurs également le suivi des reconnaissances géotechniques et le dimensionnement des fondations pour la réalisation d'un parc de 120 éoliennes d'1MW en Ethiopie.

Dans le même esprit, une étude des différentes solutions de fondations des ancrages de panneaux photovoltaïques dans le cadre de centrales en plein champ est en cours.

D'autre part, TERRASOL, au côté de diverses entreprises, universités et Maîtres d'Ouvrage (Solétanche, SNCF, LCPC, INSA-Lyon, CERMES) s'est engagé dans le projet de recherche RUFEX (labellisé par le Pôle de Compétitivité Advancity), consacré à la réutilisation de fondations existantes de bâtiments, d'ouvrages d'art ou de plates-formes ferroviaires en vue de la réhabilitation d'infrastructures.

Et comme le concept du développement durable nous concerne tous, le premier bilan carbone de la société est en cours.

H. Le Bissonais

PÔLE LOGICIELS



Plaxis : les nouveautés

- L'abonnement VIP donne accès pour chaque logiciel Plaxis à l'ensemble des mises à jour, aux derniers développements en avant-première ainsi qu'au support technique à l'utilisation.
- L'option "clé flexible" permet de transformer votre clé monoposte en une clé multiposte et/ou réseau.
- Le nouveau logiciel Plaxis 3D sera disponible dans quelques mois : rdv sur www.terrasol.fr et www.plaxis.com !

Foxta v3 : Taspie+ / Tasplaq

La version anglaise du module Tasplaq est disponible depuis septembre 2009. La mise à jour correspondante (gratuite pour les utilisateurs Tasplaq) inclut aussi une version 2D de ce module (actuellement 3D uniquement). D'autre part, les développements de la nouvelle version Foxta v3 se poursuivent : cette nouvelle version devrait être disponible courant 2010.



Formations

Nous organisons régulièrement des sessions de formation en petits groupes d'une dizaine de personnes sur différents logiciels (TALREN, FOXTA, K-REA...) : consultez le planning de ces formations sur notre site Internet. Nous proposons également des sessions de formation intra-entreprises à la demande sur les différents logiciels commercialisés par TERRASOL et, de manière plus générale, sommes à votre disposition pour étudier tout projet de formation intra-entreprises sur des thématiques géotechniques.

TERRASOL est agréée en tant qu'organisme de formation (prise en charge possible par les organismes du type FAFIEC, AGEFOS PME, etc).

DERNIÈRES VERSIONS DES LOGICIELS



Straticad

TERRASOL commercialise à présent un nouvel outil spécialement adapté au dessin de données géotechniques dans les logiciels de DAO (Autocad et Autocad LT dans un premier temps).

Cet outil permet d'importer ces données à partir de différents formats (Microsoft Excel, Microsoft Access, tableur Open Office) et de les paramétrer pour un affichage personnalisé dans votre dessin sous Autocad ou Autocad LT. Ce traitement semi-automatique permet un gain de temps considérable pour un rendu graphique optimal.

2 modules sont disponibles : le premier correspond aux outils d'implantation, le deuxième aux outils de création de log de sondages.

PUBLICATIONS RECENTES

- **Yield design calculation of earth retaining structures (B. Simon)** - Revue Ground Engineering, Septembre 2009
- **Pont de Radès La Goulette (Tunisie) : consolidation des remblais d'accès (K. Zaghouani, A. Chouikha, A. Guilloux, F. Schlosser et P. Berthelot)** 17ème Conférence Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique - Alexandrie, Octobre 2009
- **Les fondations du Pont de Radès La Goulette (Tunisie) : reconnaissances, conception et essais de pieux (A. Guilloux, P. Berthelot, K. Zaghouani et F. Schlosser)** 17ème Conférence Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique - Alexandrie, Octobre 2009
- **Deux outils simples pour traiter des interactions complexes d'un massif renforcé par inclusions rigides (F. Cuira et B. Simon)** 17ème Conférence Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique - Alexandrie, Octobre 2009
- **Cyclic design of the micropiles foundation of a wind turbine (M. Reboul)** 17ème Conférence Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique - Alexandrie, Octobre 2009
- **Geotechnical investigation challenges and solutions for Gautrain (R.B. Storry, R. Tosen, TEB. Vorster et A. Bergère)** ISRM Regional Symposium Eurock 2009 - Dubrovnik, Octobre 2009
- **Deux outils simples pour des systèmes de fondation complexes (F. Cuira et B. Simon)** Colloque sur le développement de la Géotechnique au Maghreb - Casablanca, Novembre 2009
- **Les fondations du viaduc de Millau : application de la méthode observationnelle pour un ouvrage exceptionnel (A. Guilloux et F. Schlosser)** Colloque sur le développement de la Géotechnique au Maghreb - Casablanca, Novembre 2009
- **Large scale dynamic compaction for Gautrain rapid rail link, South Africa (R.B. Storry, R. Tosen, A. Guilloux et K. Diemont)** International Symposium on Ground Improvement Technologies on Case Histories (ISGI09), Décembre 2009



Immeuble Hélios
72, avenue Pasteur
93108 Montreuil Cedex - France

Tél. : + 33 (0)1 49 88 24 42
Fax : + 33 (0)1 49 88 06 66
Email : info@terrasol.com



Immeuble L'Orient
10, place Charles Béraudier
69428 Lyon Cedex 03 - France

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



2, rue Mustapha Abdesslem
El Menzeh
2037 Tunis - Tunisie

Tél. : + 276 71 23 63 14
Fax : + 276 71 75 32 88
Email : info@terrasol.com.tn