

Un nouvel ensemble de lancement pour Ariane 6 à Kourou



Le projet Ariane 6 vise à développer un nouveau système de lancement dont l'objectif principal est de fournir à l'Europe un accès indépendant à l'espace à bas coût. Le programme Ariane 6 a été engagé suite aux conclusions du Conseil Ministériel de l'Agence Spatiale Européenne du 2 décembre 2014. La maîtrise d'œuvre du développement du Segment Sol est assurée par le CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES (CNES), basé à Toulouse. C'est le groupement d'entreprises ECLAIR 6, dont EIFFAGE GENIE CIVIL est le mandataire, qui est en charge de la construction des infrastructures du nouvel ensemble de lancement (ELA4). La déclaration du programme Ariane 6 prévoit un premier lancement fin 2020.

Dans ce contexte exigeant en termes de planning et de contrôle des coûts, TERRASOL s'est vu confier la mission d'études géotechniques d'exécution par EIFFAGE GENIE CIVIL.

Le nouvel ensemble de lancement est localisé au sein du Centre Spatial Guyanais à Kourou. Le centre spatial est situé dans la plaine côtière ancienne de la Guyane, et le site d'ELA4 dans une zone de savane plus précisément. La plaine côtière ancienne est constituée de dépôts marins de la série de Coswine (sables et argiles bariolées), de dépôts sableux et de dépôts limoneux en variation latérale de faciès, témoignage des variations du niveau de la mer au quaternaire. Ces dépôts récents reposent sur

des arènes granitiques, rencontrées sous la forme de décomposition rocheuse multicolore et souvent micacée, surmontant le socle ancien formé de roches plutoniques ou métamorphiques grenues, altérées en surface sur une dizaine de centimètres.

Malgré une distribution spatiale subhorizontale du toit de l'arénisation, le socle ancien rocheux présente de brutales variations d'altimétrie à l'échelle du site. Cette forte hétérogénéité est à l'origine d'un des principaux aléas géotechniques du projet, que les reconnaissances complémentaires en phase exécution se sont attelées à appréhender. Les longueurs des pieux prévus sous différents ouvrages (bâtiment d'assemblage lanceur, château d'eau, portique mobile, ...) seront par conséquent adaptées en cours de réalisation.

Concernant les fondations superficielles, ce sont les formations récentes non consolidées qui posent les principales problématiques géotechniques.

Bien que le site ne soit pas situé en zone d'aléa sismique, la poussée du lanceur au décollage nécessite une vérification, non dimensionnante, des fondations concernées sous sollicitations dynamiques.

Enfin, les carreaux sous le futur pas de tir d'Ariane 6 seront fondés à 30 m de profondeur sous le niveau du terrain naturel. Leur réalisation implique l'ouverture d'une fouille « mixte » de grande dimension

Édito

Le 2^{ème} semestre 2016 a été particulièrement bien rempli pour les équipes de TERRASOL, avec de nombreuses sollicitations, dont certaines sur des projets emblématiques, tels que le nouvel ensemble de lancement pour Ariane 6 en Guyane ou le projet LHC du CERN, et d'autres sur des thématiques nouvelles ou en plein développement, telles que les fondations des éoliennes offshore, ou la gestion/valorisation des déblais.

Et bien sûr le « Grand Paris » au sens large continue de nous mobiliser largement : alors que nous travaillons encore en études sur certains lots, les travaux ont commencé sur la station Fort d'Issy/Vanves/Clamart, et notre implication dans ces phases travaux va monter en puissance dans les mois et années à venir, avec en corollaire le renforcement de nos équipes.

Parmi nos succès de l'année 2016, on peut relever le développement de notre activité de formation, avec une ouverture qui se confirme au-delà de la thématique « logiciels » vers la modélisation géotechnique au sens large, et une offre qui se déploie de plus en plus à l'international, et notamment en Afrique (Maroc, Algérie, Sénégal, etc) : la transmission de nos savoirs est plus que jamais une composante majeure de notre métier et de nombreux ingénieurs TERRASOL se mobilisent pour ces sessions.

Avec nos meilleurs vœux pour une année 2017 pleine de nouveaux défis !

V. Bernhardt

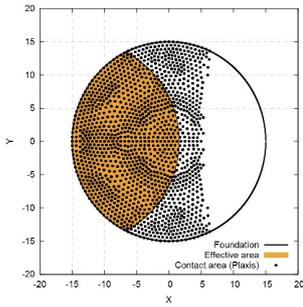
descendue en déblais, avec réalisation de risbermes intermédiaires, jusqu'à l'interception du socle rocheux où les terrassements se poursuivent par minage. Une barrière étanche, constituée d'un mélange bentonite-ciment, est réalisée à la benne preneuse puis prolongée par injections au rocher afin de garantir des travaux de terrassement à sec.

Ce projet particulièrement enthousiasmant est l'occasion pour TERRASOL d'intervenir dans le domaine de l'industrie spatiale. Les conditions logistiques de la Guyane et les contraintes fortes en termes d'optimisation du planning de réalisation seront les principaux défis à relever pour TERRASOL dans les mois à venir.

C. Babin et M. Hocdé

Éoliennes offshore

France

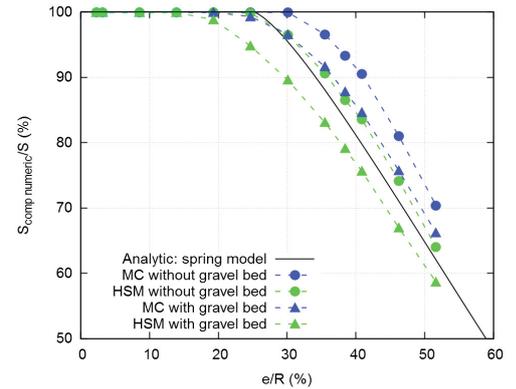


TERRASOL a réalisé pour le compte d'EDF-EN une étude approfondie du comportement des fondations gravitaires d'éoliennes offshore. L'objectif de l'étude était de caractériser le décollement, la raideur et la stabilité de ce type de fondation en considérant différentes combinaisons de charges, stratigraphies et géométries de fondation (circulaire ou annulaire présentant un diamètre intérieur variable).

Plusieurs approches de calcul ont été employées : analytique, semi-analytique à partir de Foxta, et numérique aux éléments finis à partir de Plaxis. L'influence des lois de comportement du sol utilisées dans les calculs aux

éléments finis a également été étudiée. Les résultats obtenus ont été comparés aux recommandations existantes sur le sujet (DNV, GLW guideline, Eurocodes, articles de recherche...).

L'étude paramétrique a mis en évidence la pertinence des approches analytiques par rapport à des approches numériques par éléments finis trop simplistes. Mais lorsque la stratigraphie du site ne permet pas d'appliquer les solutions analytiques de la bibliographie, les méthodes numériques simplifiées ou semi-analytiques se révèlent toutefois intéressantes pour caler les modèles de calcul.



J.F. Bruchon et F. Cuira

Passages en sous-œuvre sous l'autoroute A16

Calais, France

TERRASOL a été missionnée par RTE pour différentes étapes d'études et de suivi des travaux portant sur 2 passages en sous-œuvre sous l'autoroute A16 à proximité de Calais.

Il s'agit dans chaque cas de faire passer 4 à 6 câbles Haute Tension et 2 à 4 séries de câbles télécoms sous l'autoroute. La faisabilité de différentes méthodes d'exécution sans tranchée a été étudiée du point de vue technique, opérationnel et financier : forage dirigé, fonçage au microtunnelier, fonçage à la tarière (simple et guidée) et battage. Pour les deux sites étudiés, des investigations géotechniques complémentaires adaptées ont été nécessaires afin d'affiner le choix des méthodes et de réduire les incertitudes. Les conditions géotechniques ont eu une importance primordiale dans le choix de la méthode retenue au final.

Des analyses de risques ont été menées et ont permis d'estimer les risques résiduels associés à chaque méthode et de fiabiliser la comparaison entre les différentes solutions possibles.

Nous avons ensuite défini les caractéristiques techniques des méthodes retenues, et évalué les tassements induits par le passage sous l'autoroute à l'aide de calculs aux éléments finis (Plaxis). Les équipements et les emprises de chantier ont été également proposés, de même qu'une estimation financière et un planning pour chacune des méthodes envisagées. Enfin, TERRASOL accompagne RTE pour les phases DCE, passation du contrat et le suivi des travaux.



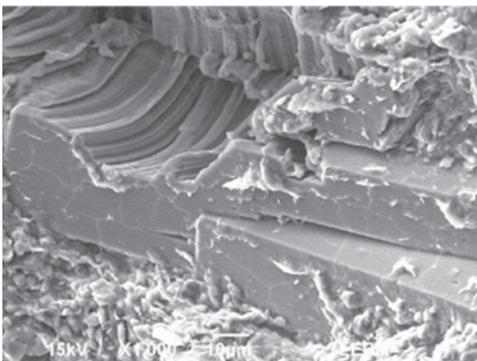
Sortie du microtunnelier, passage dans de la craie à silex – Crédit photo : Entreprise Valentin

P. Bemani

Valorisation des déblais du Grand Paris Express

Paris, France

La SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS a confié à TERRASOL, dans le cadre de ses prestations d'AMO géotechnique relatives aux tronçons T1 et T5a du Grand Paris Express, une mission de conseil spécifique visant à identifier et à caractériser dès la phase d'étude les possibilités de valorisation des déblais qui seront produits par l'excavation des quelque 30 km de tunnel du projet.



Détail des gros cristaux de sulfate de calcium (microscopie électronique à balayage)
Crédit photo : LERM 2016.

Les ouvrages s'inscrivent dans le contexte particulier des formations du nord de Paris (essentiellement Marnes et Masses de Gypse, Marno-Calcaire de Saint-Ouen et sables argileux de Beau-champ), qui présentent un caractère hétérogène et une forte teneur en gypse. La maîtrise des caractéristiques physiques (répartition granulométrique notamment), chimiques et minéralogiques (teneurs et spéciation des sulfates) conditionnent la faisabilité technico-économique d'une valorisation potentielle.

TERRASOL a sollicité la filiale du groupe SETEC spécialisée en matériaux (le LERM), pour participer aux trois volets de cette mission : l'évaluation des opportunités de valorisation (définition des natures, états, et volumes de matériaux selon la structure des fronts de taille et les techniques d'excavation, identification des filières de valorisations envisageables), la définition, l'encadrement et la réalisation de reconnaissances complémentaires spécifiques (échantillonnage en grande masse, conduite d'essais de tri des matériaux selon des protocoles établis spécifiquement, analyse de la composition minéralogique des formations), et enfin l'élaboration de protocoles d'essais de caractérisation rapide des matériaux, applicables sur chantier.

J. Marlinge et H. Le Bissonnais

Falaise fluviale de Rabat

Maroc



Dans le cadre des travaux de confortement de la falaise fluviale de Rabat, le groupement formé des bureaux d'études TERRASOL et INGEAB a été mandaté par le client RABAT RÉGION AMÉNAGEMENT pour réaliser une mission d'étude de la tranche 1 du confortement de la falaise.

D'une hauteur moyenne de 20 m, la falaise en question s'inscrit dans un cadre lithologique formé par des argiles graveleuses dans la partie sommitale surmontant une dalle gréseuse supportée par une calcarénite (sable grésifié coquiller) friable sujet à érosion prononcée.

Située au bord de l'embouchure du Bouregreg, la falaise en question présente plusieurs signes d'instabilité dont la présence d'un réseau de fissures formant des dièdres instables et des sous-cavages métriques de la dalle gréseuse.

Devant l'exigence du Maître d'Ouvrage de préserver au maximum le cachet historique de la falaise et éviter ainsi tout usage systématique du béton projeté pour son confortement, le traitement retenu a consisté en la réalisation d'une paroi clouée pour conforter la partie meuble et sommitale de la falaise, avec usage d'un béton projeté teinté à la couleur de la falaise, puis un confortement par des clous d'ancrage de 8 à 12 m associés à un grillage plaqué galvanisé et plastifié pour la sécurisation des blocs rocheux fissurés et des dièdres potentiellement instables. Il est à noter que les opérations de confortement et pose du grillage ont nécessité le recours à des travaux acrobatiques et à un matériel de forage léger permettant le travail en paroi.

Un suivi régulier sur chantier a été assuré par le représentant marocain de TERRASOL. Il a porté sur le suivi des opérations de confortement, le suivi et la validation des essais d'arrachement de clous, et les avis sur les adaptations ponctuelles.

T. El Malki et F. Binet

Téléphérique de Brest : une première en France

Brest, France

Le premier téléphérique urbain en France relie depuis quelques semaines les deux rives de la Penfeld à Brest. Il connecte ainsi les quartiers de Siam et des Capucins, et s'insère parfaitement dans un environnement portuaire et industriel.

Le groupement BOUYGUES / BMF / HALET VILLETTE ARCHITECTES / SETEC a remporté en 2014 le marché de construction de cet ouvrage. TERRASOL a été mobilisée via SETEC dans le cadre de ce groupement, pour réaliser les études des fondations.

Le téléphérique parcourt 420 m de longueur et atteint 65 m de hauteur en contexte urbain, dans un environnement sensible. L'une des problématiques posées par cet ouvrage portait sur la reprise des efforts de traction (quelques centaines de tonnes) transmis aux appuis lors de l'exploitation du téléphérique : une solution d'ancrages par tirants précontraints a permis d'ancrer solidement un des appuis dans le gneiss de Brest, une roche fortement métamorphosée d'origine magmatique. La station supérieure ainsi que le pylône en contrebas sont ancrés quant à eux via des micropieux judicieusement placés afin de réduire les efforts parasites. Enfin, signalons que les études ont pris en compte le contexte sismique de cet ouvrage de catégorie d'importance 1.



TERRASOL était présente à toutes les phases de ce projet pionnier, qui a été inauguré mi-novembre 2016.

U. S. Okyay

Formation et enseignement

France et international



La formation au sens large a toujours fait l'objet d'un investissement fort de la part des équipes de TERRASOL : la transmission des savoirs, qu'elle s'adresse aux futurs ingénieurs ou aux ingénieurs déjà en exercice, fait partie de nos priorités. Ainsi, de nombreux ingénieurs de TERRASOL contribuent aux enseignements des cursus géotechniques de plusieurs écoles : Ecole des Ponts ParisTech, Mastère AFTES, ENSG, Polytech'Grenoble, EOST, CHEC, Institut Lasalle Beauvais, CNAM, ESITC, ESTP, etc.

Plusieurs de nos experts interviennent également auprès d'organismes de formation continue tels que PFC ou l'ESITC. Ces interventions couvrent des domaines très étendus, tels que par exemple les effets de l'eau dans les sols, la modélisation numérique en géotechnique ou encore la conception parasismique des ouvrages.

Enfin, TERRASOL est organisme agréé de formation en France, et développe d'année en année sa propre offre de formation inter- et intra-entreprises : à la fois géographiquement, avec de plus en plus de sessions organisées à l'étranger et notamment en Afrique ; et sur le plan thématique avec des formations qui traitent de la modélisation numérique des ouvrages géotechniques ou de l'application des Eurocodes par exemple, allant ainsi bien au-delà des aspects liés à l'utilisation des logiciels proprement dite.

Et le succès est au rendez-vous puisqu'à fin 2016, nous avons formé sur l'année plus de 300 ingénieurs dans le cadre de 30 sessions.

F. Cuira et M. Huerta



Foxta v3

De nombreux développements majeurs et très attendus par nos utilisateurs sont d'ores et déjà prévus dans le cadre de la future version v4 de notre logiciel de dimensionnement de fondations. Parmi les évolutions à venir, citons :

- le nouveau module dédié au calcul des fondations semi-profondes ;
- les fonctionnalités de génération des diagrammes d'interaction et de définition des variantes étendues à l'ensemble de modules ;
- la génération de maillages triangulaires dans Tasplaq, qui permettra d'obtenir des résultats raffinés localement tout en optimisant le temps de calcul ;
- la prise en compte de la déformation de la semelle dans Groupie+ ;
- le traitement dans Taspie+ d'un nombre fini d'inclusions (tenant compte des effets de bord) ainsi que la possibilité de simuler les effets thermiques (fondations géothermiques).

Une interface optimisée complétera ces développements courant 2017.

K-Réa v4

Notre logiciel de calcul des écrans de soutènement évolue vers toujours plus d'ergonomie et de fonctionnalités. La dernière mise à jour inclut de nouveaux assistants très attendus, comme par exemple : l'assistant de définition d'écrans circulaires, qui permet de déterminer une rigidité cylindrique variable avec la profondeur en fonction de la tolérance verticale d'exécution ; l'assistant pour la prise en compte du coefficient β_D pour les palplanches en « U » ; ou encore un nouvel assistant permettant le calcul de la raideur d'un système bracon-semelle.

Talren v5

Notre logiciel de vérification de stabilité des ouvrages géotechniques poursuit également son évolution, avec l'ouverture de champs d'applications toujours plus larges, notamment grâce aux nombreuses possibilités offertes par la méthode du calcul à la rupture. De plus, la possibilité de mener des calculs de sensibilité ou fiabilistes, déjà opérationnelle en interne, sera intégrée à la version commerciale courant 2017.

Congrès

TERRASOL a participé au cours du 2^{ème} semestre aux Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur (JNGG) à Nancy, au 5^{ème} Congrès Maghrébin en Ingénierie Géotechnique à Marrakech, et au SITP à Alger : à chacune de ces occasions, nous étions présents au travers de nombreuses publications et interventions, ainsi que d'un stand d'exposition.



Stand de TERRASOL au SITP, Alger, nov. 2016

Formations

Le 2^{ème} semestre 2016 a été marqué par une activité formation inter- et intra-entreprises toujours très intense aussi bien en France qu'à l'étranger (voir l'article en pages intérieures).

Les formations inter-entreprises d'ores et déjà programmées pour l'année 2017 sont les suivantes :

Talren v5	2 février 2017
Plaxis : géotechnique en milieu urbain	9 et 10 mars 2017
K-Réa v4	16 mars 2017
Plaxis : offshore	20 avril 2017
Foxta v3	17 et 18 mai 2017

Consultez notre site Internet pour le programme complet de nos formations, ou contactez-nous directement pour un devis de formation intra-entreprise.

M. Huerta et F. Cuira

Publications et interventions récentes

Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur, Nancy, juillet 2016

- Apports de la méthode cinématique du calcul à la rupture pour la conception des soutènements (F. Cuira et B. Simon)
- Apports de l'interaction sol-structure dans la conception des fondations (F. Cuira et B. Simon)
- Considérations pratiques autour de modèles numériques de certaines gares du futur Grand Paris (G. Chapron, K. Nejjar, H. Le Bissonnais et F. Cuira)
- Fondation d'un IGH en environnement contraint (E. Cazès, A. Bergère, F. Cuira et B. Simon)
- Modélisation d'un système d'interaction sol-pieu-structure pour un groupe de pieux géothermiques (C. Borély, F. Cuira et U.S. Okyay)
- Analyse et rétro-analyse du comportement des fondations d'un ouvrage d'art de la LGV SEA (K.V. Nguyen, P.L. Loriferne et F. Mathoniere)
- Conception et dimensionnement des fondations d'un IGH en milieu karstique – Le futur Palais de Justice de Paris (A. Beaussier et P. Reiffsteck)

5^{ème} Congrès Maghrébin en Ingénierie Géotechnique, Marrakech, octobre 2016

- Les glissements de talus sur le réseau autoroutier marocain (A. Guilloux)
- Essai pressiométrique et calculs par éléments finis (F. Cuira et E. Flavigny)
- Les excavations en milieu urbain, exemple de confortement de deux fouilles urbaines au Maroc (T. El Malki, J.F. Bruchon et F. Cuira)
- Application de la méthode observationnelle pour le renforcement de talus de déblais par clouage – Projet d'autoroute Est-Ouest Algérienne (M. Yahia-Aissa et P. Brossier)

Autres

- TERRASOL : un engagement fort sur le Grand Paris Express (H. Le Bissonnais, K. Nejjar, F. Cuira et G. Chapron) – Magazine Solscope N°6, novembre 2016
- Brazzaville – La route de la corniche et le pont du 15 août 1960 (S. Reynaud, A. Zonco, J.B. Detry, J. Drivet) – Revue Travaux n°928, novembre 2016
- Retour d'expérience de chantiers récents de tunnels (P. Brossier) – SITP, Alger, novembre 2016



Scannez ce QR Code avec votre Smartphone

Siège social

Immeuble Central Seine
42-52 quai de la Râpée
75583 Paris Cedex 12
France

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

Agence Rhône-Alpes

Immeuble le Crystallin
191/193 cours Lafayette
69458 Lyon Cedex 06
France

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

Représentation au Maroc

c/o Semartec - Bureaux Regus
71, Angle Bd Mohamed V
et Rue Azilal - 3^{ème} étage
Casablanca-Maroc

Tel : +212 (661) 25 53 89
Fax : +212 (529) 03 64 00
Email : t.elmalki@terrasol.com

Terrasol Tunisie

2, rue Mustapha Abdessalem
El Menzeh
2037 Tunis
Tunisie

Tel : +276 71 23 63 14
Fax : +256 71 75 32 88
Email : info@terrasol.com.tn