

Galerie hydraulique du terminal méthanier de Dunkerque

Dans le cadre du projet de terminal méthanier de Dunkerque (Maîtrise d'ouvrage Dunkerque LNG Groupe EDF), TERRASOL, après avoir assuré la conception des fondations des trois réservoirs LNG de 190 000 m³ à la demande du groupement ENTREPOSE PROJETS - BOUYGUES TP, est intervenue en conception puis suivi du creusement de la galerie hydraulique, réalisée par le groupement BRS (CSM BESSAC – RAZEL-BEC – SOLÉTANCHE-BACHY), qui permettra de récupérer 5 à 10% des eaux tièdes provenant de la centrale nucléaire de Gravelines pour réchauffer le gaz liquéfié.

Le puits d'accès à la galerie, de 16 m de diamètre et 50 m de profondeur, a été réalisé en paroi moulée (fiche à 65 m de profondeur). La galerie, de 5 km de long et 3,8 m de diamètre extérieur (3 m intérieur), a été creusée au tunnelier à pression de terre. Son tracé se situe exclusivement dans les argiles de Flandres, un horizon surconsolidé très homogène. La cadence d'avancement était satisfaisante jusqu'à une avarie survenue sur le tunnelier le 29 avril 2014, alors que le tunnelier se trouvait encore sous l'avant-port. Il s'agissait d'une rupture de la liaison (goujons) entre le bloc d'entraînement et la roue de coupe du tunnelier, et il était impossible de

poursuivre le creusement sans réparation. De plus, l'intervention devait se faire depuis l'avant du tunnelier, côté roue de coupe. La solution retenue alors par le groupement a été de réaliser une galerie de contournement de 25 m environ, en méthode traditionnelle, en partant de l'arrière de la jupe du tunnelier puis en rejoignant l'avant du tunnelier, avec création d'une chambre de démontage de 6 m de long environ devant la roue de coupe.

TERRASOL a assuré la mission G4 de suivi de chantier de la galerie de contournement pour le compte de COFIVA (AMOA de Dunkerque LNG). L'entreprise a travaillé dans un espace extrêmement réduit, avec un maximum de précautions pour assurer la sécurité du personnel et garantir la faisabilité des réparations : excavation en 5 phases, pose de cintres tous les 40 à 80 cm, béton projeté, casquette en palfeuilles, madriers, gendarmes, blindages en bois, injections. Les principes de renforcement de la galerie et de la chambre évoluaient au jour le jour selon les conditions de site.

Après 6 mois seulement d'interruption (une partie de ce délai ayant pu être rattrapée ensuite), le tunnelier redémarrait et poursuivait son creusement vers la centrale de Gravelines, site sensible où le tunnelier ne devait pas générer plus de 1 cm de tassement en surface. Au préalable, une zone en remblai nous a permis d'ausculter les tassements en surface sur presque 500 m, afin de valider les paramètres du tunnelier à l'avancement et de caler le modèle 3D du creusement. La pression au front du tunnelier a été augmentée progressivement de 0 à 3 bars sur la zone test afin d'établir une relation tassement/confinement sur un large créneau de pression. Les analyses effectuées ont montré que notre approche numérique s'est révélée capable de représenter correctement la réponse du massif au creusement du tunnel. L'évolution du tassement est influencée par la pression de confinement, et le tassement généré à l'arrière du front est principalement lié au volume de mortier injecté au niveau de la jupe.

Le chantier de réalisation de la galerie s'est achevé en mars 2015 et l'instrumentation mise en place par le groupement BRS au niveau de la centrale, et suivie conjointement par BRS et TERRASOL, a montré que les tassements générés en surface par le tunnelier n'excédaient pas 6 mm.

Edito

Le 1^{er} semestre 2015 a confirmé notre forte implication en France dans les projets d'infrastructures de transports, que ce soit au sein des équipes de Maîtrise d'œuvre Setec (Ligne 15 Sud-Ouest et Ligne 14 Sud du Grand Paris, LGV CNM et Ligne Nouvelle PACA par exemple), ou directement pour nos clients extérieurs (Métro de Rennes, AMO Géotechnique sur 2 tronçons du Grand Paris, différentes interventions pour la RATP et la SNCF, etc). Et nous maintenons en parallèle nos interventions dans tous les secteurs d'activité de la géotechnique : participation à l'AMO du Canal Seine Nord Europe, interventions sur différents projets de tours et bâtiments, ou encore ouvrages d'art.

A l'étranger, notre activité se porte actuellement aussi bien sur des ouvrages dans le secteur de l'énergie (centrale électrique de Plomin en Croatie par exemple), que sur des projets de grandes tours (telles que l'emblématique Tour Entisar à Dubai) ou des projets d'infrastructures.

L'ensemble de ces prestations s'appuie sur des méthodologies et outils de calcul en constante évolution : citons parmi les projets en cours le développement d'un nouveau moteur de calcul pour notre logiciel calcul K-Réa, ou encore l'intégration des calculs de sensibilité et fiabilité dans le logiciel Talren. Autant d'outils qui nous permettent de garantir à nos clients des solutions adaptées et optimisées pour leurs projets (en termes de choix techniques, de coûts, mais aussi de délais d'études et d'exécution).

Vous souhaitant un bel été,

V. Bernhardt

Restait alors à réaliser une dernière étape de raccordement du tunnel aux 12 siphons des bassins de rejet de la centrale nucléaire, préalablement foncés jusqu'à la profondeur du tunnel. Cette méthode de connexion établie par le groupement, extrêmement délicate, a nécessité un matériel spécifique (carotteuse de 0,6 m de diamètre circulant sur rail) et des opérations de terrassement en petite section depuis un espace exigu de 1,30 m de diamètre. TERRASOL est intervenue, auprès de COFIVA, sur la validation des principes de raccordement et sur le suivi des opérations sur site.

La mise en eau de la galerie est prévue courant août 2015.

A. Bergère, H. Le Bissonnais,
A. Despierres et S. Perrot-Minot



Crédit photo : Dunkerque LNG – Happy Day

Renouvellement de voies ferrées « Nantes / Saint-Gilles »

France

Dans le cadre du plan de modernisation du réseau Ferroviaire, le groupe SETEC a été mandaté par RFF comme Maître d'Œuvre pour les études et les travaux du renouvellement intégral des voies ferrées entre Sainte-Pazanne et Pornic d'une part, et entre Sainte-Pazanne et Saint-Gilles-Croix-de-Vie d'autre part, soit sur un linéaire total de 84 km. Ces travaux, qui doivent permettre notamment le relèvement de la vitesse d'exploitation, ont nécessité le remplacement des tabliers d'un viaduc et de 6 ouvrages d'arts courants, construits dans les années 1910.

Dès la phase d'avant-projet, TERRASOL est intervenue pour la définition et le dimensionnement des renforcements à mettre en œuvre pour assurer la stabilité externe des culées vis-à-vis des règlements actuels sous la future descente de charge, qui intègre la mise en œuvre du nouveau tablier, le relèvement de la vitesse d'exploitation, et l'évolution des charges de convois. Compte-tenu des incertitudes sur les géométries des culées, les solutions retenues ont été :

- Un renforcement des culées par clouage, permettant un contrôle des hypothèses géométriques ainsi qu'une facile adaptation des renforts en phase travaux.
- Des micropieux verticaux reprenant l'incrément de charges verticales, en complément du clouage pour les ouvrages présentant un défaut de portance.
- Un ancrage de l'appui fixe de l'ouvrage par micropieux inclinés, permettant la reprise des efforts horizontaux apportés par le tablier.

Durant les travaux, la mission de TERRASOL s'est poursuivie avec le visa des études d'exécution et le suivi de chantier, et notamment un suivi renforcé lors des travaux préparatoires, pour valider les méthodes d'exécution des ancrages préalablement aux travaux confortatifs des ouvrages, ceux-ci étant très contraints dans le temps.

A. Beaussier et A. Bachelier

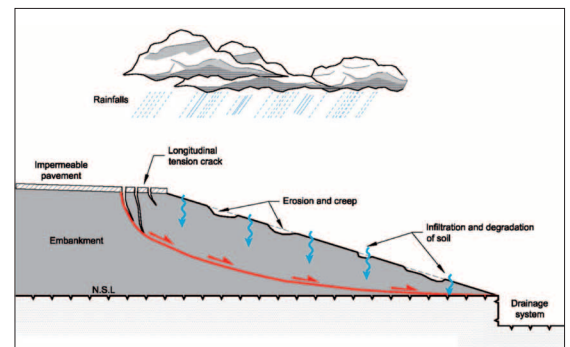


Nouvel Aéroport International d'Islamabad

Pakistan

ADPI assure la Maîtrise d'Œuvre générale du projet de construction du Nouvel Aéroport International d'Islamabad pour le compte de la CAA (Civil Aviation Authority). Le site de ce nouvel aéroport se situe dans un contexte de plaine pré-himalayenne, dont les terrains sont d'origine sédimentaire. La particularité du projet est la réalisation d'un remblai de grande hauteur dans des conditions météorologiques fortement variables : les températures dépassent régulièrement 35 °C en été et les périodes chaudes sont également accompagnées de précipitations. La saison la plus humide de l'année est la période de juin à septembre, avec de fortes pluies et des orages.

Dans ce contexte particulier, la réalisation d'un remblai de grande hauteur nécessite des précautions spécifiques, et TERRASOL a réalisé à la demande d'ADPI une mission d'expertise géotechnique sur le comportement et les conditions de réalisation des remblais.



U.S. Okay

Nos interventions sur le « Grand Paris Express »

France

TERRASOL se mobilise fortement dans le cadre du projet du Grand Paris Express, à travers différentes interventions en cours :

- Au sein de la Maîtrise d'Œuvre du tronçon Pont de Sèvres - Villejuif Louis Aragon (Ligne 15 Sud-Ouest), nous finalisons actuellement le dossier PRO, pour lancer les consultations des premiers marchés de travaux avant la fin de l'année 2015. Dans le cadre de cette Maîtrise d'Œuvre, nous suivons également les travaux de réalisation du puits et de la galerie d'essais de la gare Arcueil-Cachan permettant de tester la faisabilité de réalisation de colonnes de jet grouting dans les Argiles Plastiques et le creusement dans ces terrains très déformables (photo ci-contre).
- Depuis début 2015, nous intervenons également en tant qu'AMO Géotechnique (mission de second regard géotechnique) sur les tronçons T1 (Ligne 16 Est) et T5a (Lignes 16/17) pour la phase de reconnaissances G2, mission qui se prolongera en phase travaux.
- Sur le tronçon Olympiades-Orly (Ligne 14 Sud), le groupement ELIOS (SETEC / SYSTRA) a gagné au 1^{er} semestre 2015 la Maîtrise d'Œuvre Etudes et Travaux. Pour ce tronçon aux contraintes géotechniques fortes, en particulier du fait de la présence de carrières de calcaire grossier sur le tracé du tunnel, TERRASOL est en charge de l'ensemble des synthèses géotechniques et intervient plus particulièrement sur le premier tronçon en tunnel entre Paris et Villejuif.
- Enfin, notons également notre intervention en études d'exécution sur le puits d'essai et la galerie de reconnaissance dans les Argiles Plastiques de Saint-Maur sur le tronçon T2 de la Ligne 15 entre Noisy et Villejuif.



H. Le Bissonnais, J. Marlinge et G. Chapron

Centrales électriques de Jijel et Biskra

Algérie

La société Algérienne de Production de l'Électricité (SPE), société filiale du Groupe SONELGAZ, a lancé en 2013 un projet de réalisation de 6 centrales électriques à cycle combiné d'une puissance installée de 1200 à 1600 MW chacune. Ces centrales font partie de son plan de développement 2013/2017, pour un montant global d'environ 4 milliards de dollars. Deux de ces projets ont été confiés au consortium sud-coréen HYUNDAI Engineering & Construction / DAEWOO International : les centrales d'Oumache (Wilaya de Biskra) et de Bellara (Wilaya de Jijel), d'une capacité de 1400 MW chacune.

Dans le cadre de l'exécution des travaux, HYUNDAI E & C a confié à TERRASOL l'élaboration des études géotechniques des deux projets afin de définir le mode de fondation le plus approprié pour l'ensemble des équipements des futures centrales.

TERRASOL a défini puis supervisé la campagne de reconnaissances, dont la réalisation a été confiée à une société locale (GEOLAB). Dès l'examen des premiers résultats de sondages réalisés sur le site de Bellara, TERRASOL, en concertation avec HYUNDAI E & C, a décalé le projet vers le sud afin de l'éloigner d'une zone fortement compressible. Toujours sur le site de Bellara, TERRASOL a ensuite mis en évidence un risque résiduel de présence lenticulaire de sols mous sous les fondations des massifs turbines, pouvant induire des tassements différentiels inacceptables pour ce type d'ouvrage. Pour lever cette incertitude, TERRASOL a proposé la réalisation d'une campagne complémentaire par sondages destructifs avec enregistrement des paramètres de forage.

À l'issue de la réalisation de l'ensemble des sondages et essais, TERRASOL a pu finaliser l'interprétation des données géotechniques, définir les modèles stratigraphiques et les hypothèses géotechniques, puis préciser le mode de fondation le mieux adapté avec pré-dimensionnement des fondations selon les référentiels en vigueur pour les 2 projets. Enfin, TERRASOL a eu en charge l'assistance technique à l'entreprise lors de l'exécution de ces travaux de fondations.

Crédit photo : HYUNDAI



M. Yahia-Aissa et C. Babin

Port Autonome de Dakar

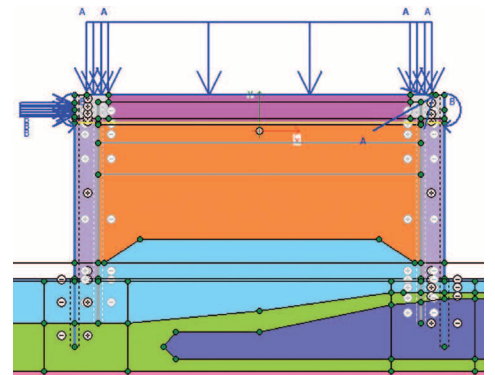
Sénégal

Depuis de nombreuses années, TERRASOL intervient sur des projets d'infrastructures portuaires et maritimes pour le compte d'EIFFAGE Sénégal et de ses sous-traitants, dans le cadre de la réhabilitation et du développement du Port Autonome de Dakar. La géologie locale est particulière avec une alternance de niveaux calcaires très compacts et de niveaux marneux moins résistants, au sein desquels peuvent également se développer des zones décompressées et des lentilles argileuses de faibles caractéristiques.

TERRASOL a apporté récemment son expertise géotechnique pour les projets suivants :

- Analyse des reconnaissances complémentaires et réactualisation du design des fondations du Terminal à conteneurs TAC1 (700 ml en bord de quai, fondation sur pieux de 12 à 13 m).
- Études géotechniques d'exécution pour le rempliement du wharf pétrolier (môle 9) par réalisation d'un double-rideau de palplanches battu à 2 m à l'extérieur de l'existant, ancré dans le substratum marno-calcaire, et tirant en tête (longueur 260 m, largeur 30 m) : voir figure ci-contre.
- Assistance en phase d'appel d'offres pour l'extension du môle 8 (longueur 300 m environ).

C. Bernuy

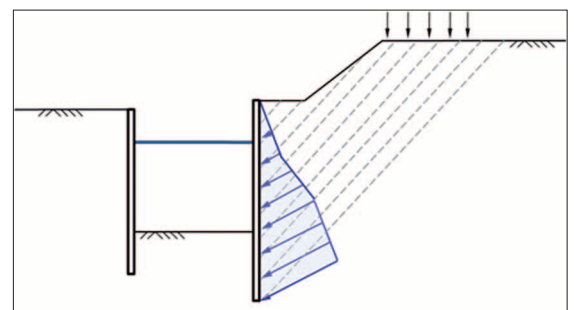


Logiciel K-Réa

Développements en cours et nouvelles fonctionnalités

Nous venons de mettre au point un nouveau moteur de calcul pour le logiciel K-Réa, moteur dont l'intégration est prévue dans la version commercialisée de K-Réa en début d'automne 2015. Basé sur une formulation entièrement matricielle, ce nouveau moteur permet d'étendre considérablement les possibilités offertes par le logiciel K-Réa pour le dimensionnement des projets de soutènement. Parmi les principales nouveautés, on peut relever :

- Traitement automatisé des effets de talus et risbermes par la méthode cinématique du calcul à la rupture (figure ci-contre).
- Traitement direct et sans itérations des projets de double-rideaux, et ce, sans limite sur le nombre de liaisons.
- Généralisation des conditions initiales avec notamment la possibilité de définir un historique de chargement antérieur à la réalisation de l'écran de soutènement.
- Perfectionnement des conditions d'ancrage : ancrages surfaciques ou ponctuels, élasto-plastiques (plafonnement de la réaction d'ancrage), généralisation des actions de « fluage » et de « pré-contrainte » à tous les types d'ancrage y compris les ancrages de liaison.
- Traitement automatisé des combinaisons de charges sur le terrain et l'écran (indispensable pour les projets portuaires par exemple).
- Gradient hydraulique : possibilité de définir un profil point par point (z, u) de chaque côté de l'écran.
- Calcul aux états limites ultimes : prise en compte des approches 1 et 3 de l'Eurocode 7 (en plus de l'approche 2 déjà intégrée à la version actuelle), analyse de la stabilité du massif d'ancrage (Kranz) étendue aux projets de double-rideaux, vérification automatique de la stabilité du fond de fouille par un modèle de type « renard solide ».



F. Cuiara

Pôle logiciels



Talren v5.1.1



Foxta v3.2.1



Stratcad v1.4



K-Rea v3.1.2



Plaxis2D 2015.01

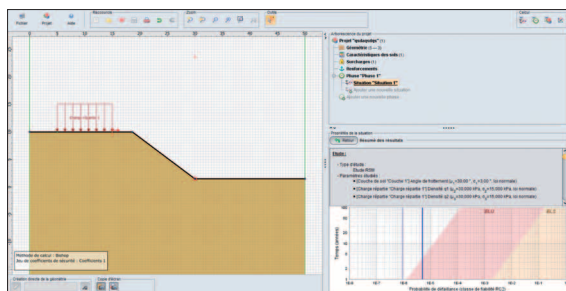


Plaxis 3D AE

Talren v5

La direction scientifique de TERRASOL a engagé depuis 2009 un travail de recherche et développement sur les techniques d'analyse des risques et leurs applications au dimensionnement d'ouvrages géotechniques. Ce travail trouvera notamment sa concrétisation dans une prochaine mise à jour du logiciel Talren v5, qui permettra de procéder à des calculs fiabilistes selon la méthode RSM (Response Surface Methodology), ou plus généralement de conduire des analyses de sensibilité.

Par ailleurs, un assistant permettant le calcul direct des diagrammes de poussées-butées dans les cas pour lesquels les tables de Kerisel et Absi ne sont pas applicables est en cours de développement. Cet assistant a pour objectif de faciliter l'analyse des écrans de soutènement dans le cas de stratigraphies complexes.



Talren v5 - Probabilité de défaillance

Plaxis 3D

Une nouvelle version du logiciel 3D est disponible depuis le mois de mai 2015. Cette nouvelle version 3D AE inclut de nombreuses améliorations et propose de nouvelles fonctionnalités, parmi lesquelles un assistant tunnel pour la conception des géométries complexes.

M. Huerta

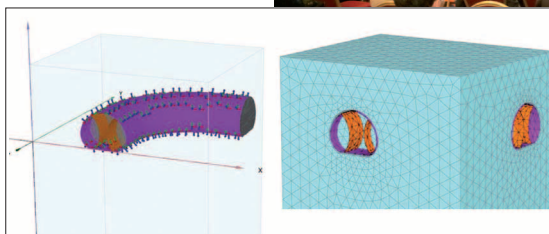
Conférences

- TERRASOL a participé au Congrès Régional Africain de Mécanique des Sols et de Géotechnique qui s'est tenu du 27 au 30 avril 2015 à Hammamet (Tunisie), une bonne occasion de rencontrer nos collègues sur ce continent, aux côtés de l'équipe de Terrasol Tunisie et de nos partenaires logiciels algériens et marocains.
- Nous participerons cet été au Séminaire International « Numerical Analysis in Geotechnics » à Hanoï (Vietnam).
- Nous serons également présents au Congrès Régional Européen de Mécanique des Sols et de Géotechnique qui se tiendra du 13 au 17 septembre 2015 à Edimbourg (Ecosse).

Sessions inter-entreprises de formation - 2015

13 au 14 octobre	Bureaux de TERRASOL (Paris)	Session K-Réa v4
3 au 6 novembre	La Défense (Paris)	Session Plaxis 2D

Congrès Régional Africain, Hammamet - Avril 2015



Plaxis 3D AE

Publications et interventions récentes

- Solution de remblai de grande hauteur renforcé par géotextile – Lot Centre de l'Autoroute Est-Ouest algérienne (section Labartache – Lakhdaria) (**M. Yahia-Aissa**, **P. Brossier**, L. Zhuo et S. Tabti) – Congrès Algérien des Géosynthétiques, janvier 2015
- Renforcement des sols par clouage – Principes de stabilité interne et de dimensionnement (**A. Guilloux** et **F. Cuira**) – Colloque sur les techniques de clouage des parois, Société Belge de Géologie de l'Ingénieur et de Mécanique des Roches, Namur (Belgique), mars 2015
- Dynamic finite element analysis of the seismic behavior of a breakwater (**KV. Nguyen**, **A. Guilloux** et **J. De Cacqueray**) – Conférence CIGOS Paris, mai 2015
- Etude géotechnique d'un ouvrage d'art de la LGV SEA Tours-Bordeaux (**KV. Nguyen**, PL. Loriferne, F. Mathonière) – Conférence CIGOS Paris, mai 2015
- La géotechnique pour la conception et la réalisation des dallages (**B. Simon** et Luis Carpinteiro) – Journée d'information « Dallages en béton pour l'industrie », Toulon, 21 mai 2015
- Rotation failure of diaphragm walls justification – Case of particular geometric interaction (**A.M. Alzate**) – Plaxis European Users Meeting, Gescher (Allemagne), 28-29 mai 2015
- International Workshop – Maritime & Port Engineering, ESITC Caen, juin 2015 - **Cécile Babin** et **Bruno Simon** sont intervenus lors de ce workshop qui a réuni des étudiants de nombreuses nationalités différentes, dans le cadre d'un cursus commun à leurs universités et à l'ESITC. Leurs interventions étaient consacrées à la stabilité des pentes marines et à l'utilisation du logiciel Talren
- A damage-plasticity model for cohesive fractures (A. Pouya et **P. Bemani**) – International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 73, 2015



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

Terrasol Tunisie

2, rue Mustapha Abdesslem
El Menzech
2037 Tunis
Tunisie

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

Edition :
Claire DESTER