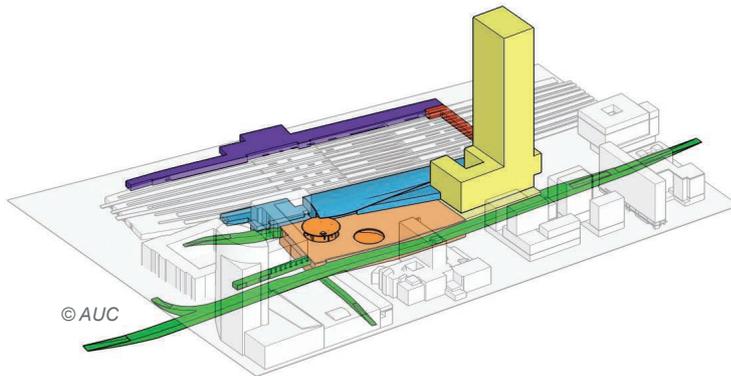


Les ouvrages géotechniques du projet Lyon Part-Dieu



Depuis sa création dans les années soixante, le quartier de la Part-Dieu à Lyon n'a jamais cessé de se développer et c'est aujourd'hui le 2^{ème} pôle tertiaire français. Il atteint à présent des limites en termes de fonctionnement et de capacité d'accueil pour de nouvelles entreprises. La réflexion de fond engagée par la Métropole de Lyon depuis 2010 a abouti à la définition d'un projet urbain global et ambitieux, le projet Lyon Part-Dieu, visant à repenser les infrastructures de la gare et du Pôle d'Echanges Multimodal (PEM) notamment au niveau de la place Béraudier.

D'un point de vue géologique, la plaine de Lyon est constituée, au droit du projet, sous environ 20 mètres d'alluvions, de formations tertiaires présentes sous forme de molasse sableuse et gréseuse.

Sur ce projet, TERRASOL s'est vu confier différentes missions d'études géotechniques de conception.

Nous intervenons au sein du groupement SETEC – EGIS – SUD ARCHITECTES, pour les infrastructures du PEM qui se décomposent en deux objets distincts :

- L'ensemble Parking Place basse (PPB) sous la place Béraudier (en orange, maître



d'ouvrage VINCI IMMOBILIER). Pour une emprise au sol d'environ 13000 m² (80 m x 160 m), un volume de 4 niveaux de sous-sols permettra de superposer une Place Basse donnant accès au métro et au nouvel ensemble immobilier mitoyen situé directement au Sud, et intégrera une station de taxis, une vélostation, des commerces, un parking minute et un parking longue durée d'au moins 1000 places. Le PPB est un ouvrage souterrain de 16 m de profondeur minimale par rapport à la place haute. Il se situe presque entièrement dans la nappe phréatique du Rhône, dont le niveau fréquent est environ 3 m sous le niveau de la gare. Les sujets d'interface sont nombreux, avec un ouvrage situé à proximité immédiate de bâtis existants conservés, de voies ferrées maintenues en circulation, du tunnel Vivier Merle (TVM) existant et du projet de tour (bureaux et hôtel) qui s'élèvera en même temps que le parking sera excavé.

Les travaux seront réalisés à l'abri de parois moulées ancrées dans les molasses pour assurer la fiche hydraulique pendant le rabattement provisoire de la nappe phréatique en phase chantier. Les travaux d'excavation du parking seront réalisés « en taupe », sous la dalle de couverture du PPB. Différentes variantes sont actuellement à l'étude pour la reprise des sous-pressions à long terme (reprise par micropieux / barrettes, couplés ou non à un radier nervuré).

- Les voies de raccordement en infrastructures (en vert, maître d'ouvrage SPL LYON PART-DIEU) : aménagement de la sortie rue Bonnel, création d'un accès métro provisoire.

Nous avons également été sollicités au sein du groupement mené par DOMINIQUE PERRAULT ARCHITECTE, sur le projet

Édito

L'ingénierie géotechnique à forte valeur ajoutée : voilà ce que Terrasol apporte au quotidien à ses clients et partenaires.

Cette valeur ajoutée peut prendre plusieurs formes : prise en compte des risques géotechniques et sécurisation des projets, mais aussi optimisation des projets les plus complexes, que ce soit en termes de coûts (études et/ou travaux), de délais, ou encore de prise en compte des contraintes environnementales.

Et cette valeur ajoutée repose dans une large mesure sur la forte qualification de nos équipes, une écoute attentive des besoins de nos clients, et l'investissement scientifique continu de Terrasol, qui nous permettent de proposer des méthodologies et outils d'études innovants.

Vous trouverez dans ce nouveau numéro de La Lettre Terrasol quelques exemples variés de projets sur lesquels nous sommes intervenus récemment, et qui vous feront voyager de Paris à la Colombie ou encore au Moyen-Orient.

Vous souhaitant un bel été,

V. Bernhardt

To-Lyon (en jaune, maîtrise d'ouvrage VINCI IMMOBILIER), comprenant un hôtel de 8 étages bordant la place haute du PPB sur son côté Sud, et une tour de bureaux de grande hauteur (170 m) donnant sur l'avenue Pompidou et des commerces. Le projet comporte une paroi moulée mutualisée avec l'extension de TVM vers le Sud. Une autre paroi moulée sépare le PPB du niveau de sous-sol unique de l'hôtel et de la tour de bureaux adjacents. Les principales problématiques géotechniques sont liées aux fondations de la tour et aux sujets d'interface liés au soutènement de la fouille.

Enfin, au sein du groupement mené par AREP, nous travaillons sur la galerie Béraudier (en bleu, maître d'ouvrage SNCF GARE & CONNEXION) qui fait partie du projet global de réaménagement de la gare, et qui se compose de superstructures en charpente métallique fondées sur pieux.

C. Bernuy et C. De La Salle

Restructuration de bâtiments anciens

Paris, France



TERRASOL intervient actuellement sur plusieurs bâtiments anciens dans Paris, dont les deux suivants, qui font l'objet d'importants travaux de restructuration :

- La Poste du Louvre, bâtiment composé de structures métalliques caractéristiques de l'architecture industrielle du 19^{ème} siècle : le projet en cours consiste en la création d'un deuxième niveau de sous-sol. Dans ce cadre, des travaux de reprise en sous-œuvre par puits blindés alternés sont réalisés sous d'épaisses façades en pierre de taille et des colonnes en fonte sensibles aux tassements (photo ci-contre).
- Un bâtiment en béton armé sur le site de l'hôpital Necker : il est prévu une augmentation des surcharges d'exploitation sur les dallages du dernier niveau de sous-sol. Ce projet requiert des injections des carrières souterraines partiellement remblayées dans les Calcaires Grossiers.

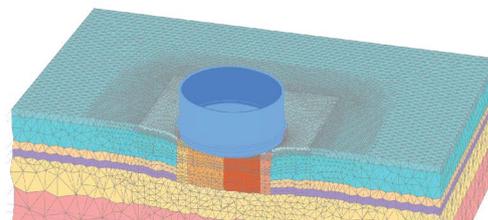
TERRASOL assure le suivi de ces deux projets pour le compte de leurs Maîtres d'Ouvrage respectifs, POSTE IMMO pour le premier, et l'UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES / EPAURIF pour le second. TERRASOL effectue des visites de chantier quasi-hebdomadaires, afin d'assurer un contrôle régulier des travaux effectués et une validation des adaptations méthodologiques liées aux contraintes de chantier.

M. Brun et J. De Cacqueray

Des réservoirs de GNL sur fondations spéciales

Koweït

Afin de sécuriser ses importations et exportations de Gaz Naturel Liquéfié, la KUWAIT NATIONAL PETROLEUM COMPANY (KNPC) a lancé la construction d'un gigantesque terminal sur le site d'Al-Zour. Ce projet, qui doit s'achever en 2020, comprend la construction d'une usine de regazéification (1.39 milliards USD) et 8 réservoirs de stockage d'une capacité unitaire de 225.000 m³ (1.52 milliards USD), le tout implanté 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.



KOGAS TECH, après avoir consulté plusieurs ingénieries géotechniques internationales, a confié à TERRASOL le dimensionnement des fondations des réservoirs. Ces huit ouvrages en béton précontraint de 90 m de diamètre et 45 m de haut doivent pouvoir en particulier encaisser de fortes accélérations sismiques avec une période de retour de 2475 ans.

HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION ayant retenu un système de fondation sur inclusions rigides (Disconnected Pile Raft), l'expertise et l'expérience acquises par TERRASOL dans ce domaine (approche analytique du calcul, direction technique du projet ASIRI, collaborations précédentes avec HYUNDAI) ont été décisives dans le cadre de ce projet.

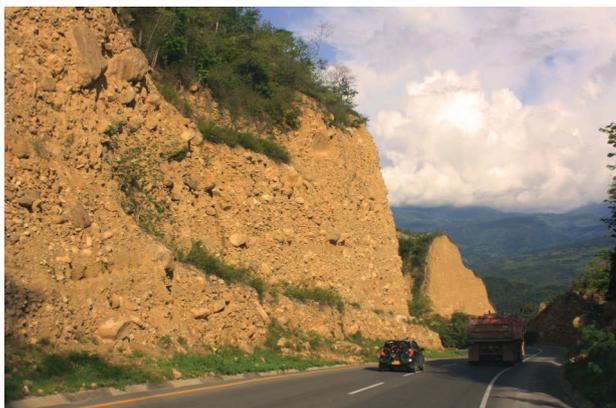
TERRASOL a assuré la justification statique des inclusions et du matelas, et a déterminé la réponse sismique du site à l'aide du programme SHAKE, ce qui a permis de déterminer les impédances dynamiques du système de fondation (à l'aide du programme SASSI) avec les bonnes lois de dégradation des modules de cisaillement. Nous avons à cette occasion fait appel à l'expertise d'Alain Pecker pour le calage des spectres sismiques de design.

J. Drivet, C. Bernuy et N. Frattini

Autoroute Bogota – Girardot

Colombie

TERRASOL, en association avec le bureau d'études colombien JEOPROBE, a été mobilisée par le concessionnaire VIA 40 EXPRESS (formé par VINCI et CONCRETO), pour une expertise géotechnique de la stabilité des talus de l'autoroute reliant Bogota à Girardot.



Cette autoroute est l'un des axes les plus fréquentés de la Colombie et permet de relier Bogota aux ports du Pacifique. Il est prévu de la réhabiliter et de l'élargir.

Le tracé de l'autoroute, de 147 km de longueur, remonte depuis Girardot à travers la cordillère orientale de la Colombie pour atteindre la capitale située à 2600 mètres d'altitude. Il traverse des reliefs montagneux soumis à une tectonique active avec de nombreux risques d'instabilité de talus, de glissements de terrain et de chutes de roches. Des problèmes d'érosion liés à l'influence de la rivière Sumapaz le long du tracé sont également à considérer.

TERRASOL a effectué une visite de terrain d'une semaine en mars 2017, suivie d'une mission d'analyse de risque sur différents sites le long de l'autoroute. Elle accompagne également le concessionnaire sur le choix des solutions de confortement : à court terme, l'objectif est d'assurer dès maintenant la sécurité des usagers, et à long terme, il s'agit de tenir compte des futurs travaux d'élargissement dans le choix des solutions retenues.

A. Guilloux et A.M. Alzate

La gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart (Grand Paris Express)

France

TERRASOL, aux côtés de SETEC TPI, poursuit le suivi des travaux de la première gare du Grand Paris Express, Fort-d'Issy-Vanves-Clamart. Les travaux ont débuté il y a un an par la création des pistes d'accès et les installations de chantier.

La « boîte » est positionnée partiellement sous les voies de la ligne Transilien N : la réalisation des soutènements en parois moulées se déroule donc en plusieurs phases. Les parties en dehors de l'emprise des voies ont été réalisées en fin d'année dernière. Le début de l'année a vu l'impressionnant grutage des éléments de la nouvelle passerelle d'accès aux quais de l'actuelle gare, la pose de 8 tabliers auxiliaires portant temporairement les voies ferrées, et le terrassement en sous-œuvre (sous Maîtrise d'Ouvrage SNCF). Le groupement HORIZON (BOUYGUES / SOLETANCHE BACHY) réalise actuellement les 100 m de parois restants sous gabarit réduit (6 m), à l'aide de machines adaptées (benne et hydrofraise).



Objectif : être en mesure de riper la dalle de couverture de la gare sur les rehausses de ces parois pendant le week-end du 15 août prochain, durant l'interruption temporaire de circulation de 100 heures programmée dès la phase de conception il y a plus de 3 ans.

G. Chapron et H. Le Bissonnais

Mise à niveau du tronçon autoroutier Lakhdaria - Bouira

Algérie



Dans le cadre de la mise à niveau d'un tronçon autoroutier entre les villes de Lakhdaria et Bouira sur un linéaire de 33 km, TERRASOL a été sollicitée par le groupement ETRHB / ALTRO pour réaliser les études d'exécution du projet. Il s'agit de l'un des tronçons les plus difficiles sur l'axe autoroutier Est-Ouest, notamment du fait de la topographie et de la géologie le long du tracé. Dans le cadre de sa mission, TERRASOL a pris en charge l'ensemble des sujets liés à la mise à niveau, avec un phasage spécifique tenant compte du maintien du trafic sur l'autoroute.

Nous avons ainsi travaillé sur la problématique de géotechnique routière (avaries très diverses intéressant les chaussées mais aussi les sols de fondation) : un pré-découpage du tronçon en zones homogènes a été établi sur la base du relevé d'avaries et des différentes investigations réalisées par ETRHB (géoradar, mesure d'Uni, déflectographe, carottages) ; puis des structures de chaussée ont été proposées (chaussée neuve et chaussée renforcée) en fonction de la résistance résiduelle de chaque zone.

Nous avons aussi étudié la stabilité des pentes le long du tracé, avec notamment un enjeu exceptionnel dans le secteur de la rampe à 6% entre l'Oued Isser et le plateau de Bouira (secteur de Djebahia) : différentes cinétiques de mouvement ont été analysées à partir de reportages photographiques, de dossiers d'archives, de sondages et essais géotechniques, et du suivi d'instrumentation spécifique mis en place durant la phase d'études (cibles topographiques, inclinomètres). Diverses solutions de traitement ont ensuite été proposées : dalle sur pieux enterrée, inclusions rigides, merlon accolé, rideau de pieux tiranté, remblais raidis renforcés par géotextile, assainissement et drainage.

Enfin, à la demande du groupement, TERRASOL a assuré une mission d'assistance technique pendant toute la durée des travaux.

M. Yahia-Aissa

Dubaï Creek Harbour Tower

Émirats Arabes Unis

Cette tour de Dubaï développée par EMAAR est destinée à être la plus haute structure au monde. Elle est dénommée « The Tower ». Sa conception a été assurée par l'architecte espagnol Santiago Calatrava, appuyé par le bureau d'étude australien AURECON. Ce nouveau monument implanté dans la zone du Dubaï Creek Harbour devrait dépasser en hauteur la tour Burj Khalifa. La tour, en forme de fleur de lys et rappelant un minaret, accueillera un espace d'observation et sera inaugurée pour l'exposition internationale de 2020. La conception de la structure, inspirée des mâts haubanés, est une première au monde : la structure verticale de la tour à diamètre constant est maintenue à 700 m de hauteur par des câbles précontraints ancrés à l'autre extrémité dans des massifs de fondations.

TERRASOL a accompagné sur ce projet SETEC TPI, qui a participé au « Peer Review » pour la partie fondations et superstructure à la demande de BUREAU VERITAS, « Third party Reviewer » du projet. Notre mission consistait à valider le comportement global des fondations en vérifiant les documents d'exécution de l'entreprise SOLETANCHE BACHY, en charge des travaux géotechniques. Nous avons notamment examiné le rapport de reconnaissance de sol de l'entreprise FUGRO, les essais de chargement par la méthode O-Cell, ainsi que les études des barrettes de fondation de la tour et des fondations des structures d'ancrage des câbles.

TERRASOL est également intervenue sur le choix des paramètres géotechniques en lien avec les lois de comportement retenues, ainsi que sur le dimensionnement des fondations en interaction sol-structure (modèles numériques et calculs analytiques). La vérification des barrettes de fondation de la tour chargées au-delà de 100 MN a nécessité la création d'un modèle aux éléments finis en 3D qui a notamment permis d'obtenir les matrices de raideur des fondations nécessaires pour le modèle de contre-calcul de la structure.

A. Guilloux et A. Abboud



© Calatrava

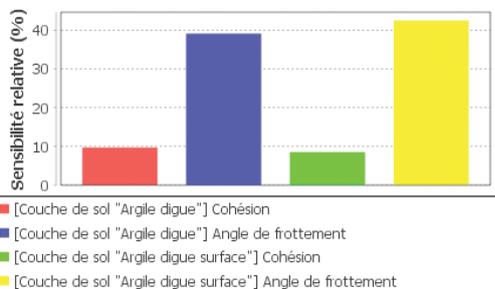
Talren v5.2.3

Cette nouvelle mise à jour majeure (gratuite pour les utilisateurs de Talren v5) a été diffusée au cours du 1^{er} semestre 2017.

Sur le plan scientifique, elle apporte une nouvelle fonctionnalité importante : elle permet en effet d'aborder les études de sensibilité des paramètres d'entrée du modèle pour quantifier leurs contributions respectives à la variabilité de la sécurité vis-à-vis de la stabilité globale du projet. L'utilisateur peut définir librement les paramètres d'entrée à cibler et leurs plages de variation.

Sur le plan ergonomique, cette nouvelle mise à jour propose une interface toujours plus moderne avec de nouveaux modules d'importation de données : points, segments, surcharges, renforcements, etc. La compatibilité avec Excel® est toujours opérationnelle. Elle propose également l'affichage au démarrage de l'application de « vignettes » des projets récemment utilisés.

Enfin, l'utilisateur peut définir à présent des « familles » de surcharges ou de renforcements permettant de créer/manipuler des ensembles d'éléments de mêmes propriétés.



Congrès

Terrasol a participé récemment à la manifestation Solscope 2017, les 14 et 15 juin à Lyon (conférences et exposition).

Et d'autres événements se profilent pour le second semestre :

- Congrès International de Mécanique des Sols et de Géotechnique à Séoul (Corée du Sud), du 17 au 22 septembre : nous y aurons un stand en commun avec Basis Soft, notre partenaire local.
- Congrès AFTES à Paris, du 13 au 16 novembre : nous serons présents au sein la délégation du groupe Setec.
- Indian Geotechnical Conference, du 14 au 16 décembre en Inde : nous serons présents aux côtés de notre partenaire local Aimil.

Formations

Notre activité de formation inter- et intra-entreprises est toujours très intense, aussi bien en France qu'à l'étranger.



Formation Talren v5 chez Freyssinet Thailand (Bangkok, mars 2017)

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

Talren v5	Paris	27 septembre 2017
Plaxis Dynamique	Paris	28 et 29 septembre 2017
K-Réa v4	Paris	12 octobre 2017
Plaxis 2D	Paris	Novembre 2017
Foxta v3	Paris	21 et 22 novembre 2017

M. Huerta

Publications et interventions récentes

- Rencontre entre les tunneliers du Grand Paris et les carrières du Calcaire Grossier (F. Binet) – Conférence CFGI le 30 mars 2017
- Le soutènement périphérique de l'IGH SKY 56 : des études à l'exécution (R. Prunel, A. Beaussier, J. Voiron) – Solscope Mag n° 7, Avril 2017
- Traitement des effets inertiels dans le calcul des pieux sous séisme (F. Cuira) – Conférence AFPS/CFMS le 4 mai 2017
- Mise en sécurité de champs de catiches à Lille (F. Binet) – Conférence CFMS le 4 mai 2017
- Apports de la simulation numérique tridimensionnelle dans les études de tunnels (J-P. Janin) – Revue Française de Géotechnique, juin 2017
- Terrasol, l'ingénierie géotechnique à forte valeur ajoutée, entretien avec Valérie Bernhardt – Revue Travaux Sols&Fondations, juin 2017
- Le défi de l'ingénierie géotechnique face à la généralisation des modèles numériques (F. Cuira) – Solscope, à Lyon, Juin 2017



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