

Newsletter Soletanche Bachy France - N°59 - Février 2022

Édito

La congélation est très largement à l'honneur dans cette nouvelle newsletter. Pas moins de trois chantiers du Grand Paris Express font appel à cette technique qui avait pourtant peu été utilisée en France ces dernières années !



On la trouve ainsi sur un rameau d'un ouvrage annexe, et sur les gares d'Issy et du Vert de Maisons. Sur ce dernier projet, la congélation est maintenant pleinement opérationnelle et les terrassements ont démarré.

Très bonne lecture,
Stéphane Monleau
Directeur commercial

À la une Grand Paris T2A, Ouvrage Annexe 1404P

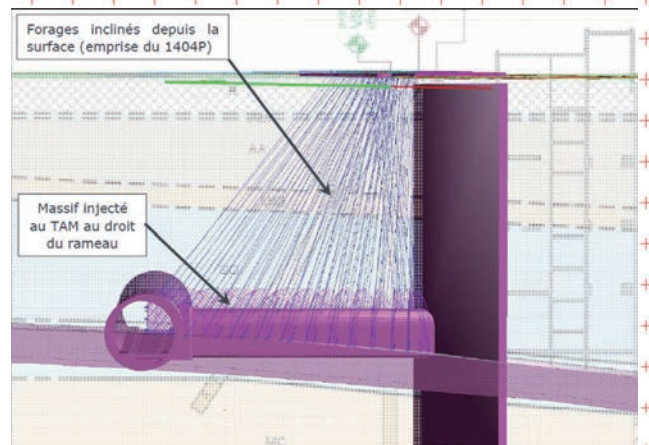
L'année 2021 marque la reprise des activités travaux spéciaux sur l'Ouvrage Annexe 1404. En effet, pour permettre la réalisation d'un rameau de 30 m de long, à l'interface calcaire de Saint-Ouen / sable de Beauchamp, entre le puits de secours et le tunnel, les équipes travaux spéciaux ont mis en œuvre des injections d'étanchement dans les calcaires et des forages de congélation dans les sables.

La phase injection d'étanchement a démarré début mai 2021 pour se terminer fin juillet 2021. 78 forages inclinés et azimutés d'une longueur moyenne de 30 m ont été exécutés. Puis, 211 m³ de coulis ont été injectés en respectant un maillage primaire / secondaire. Cela a permis d'atteindre l'objectif de perméabilité de 10-6 m/s.

Une fois les injections terminées, ont pu démarrer les travaux préparatoires aux forages de congélation (25 unités) et aux sondes de température (6 unités) :

- réalisation de carottages borgnes (Ø182 mm),
- scellement de manchons porte-sas dans la paroi moulée (Ø168 mm),
- réalisation des carottages débouchants (Ø142 mm) à l'abri d'une vanne guillotine.

Des tubes de réservation ont alors été mis en place sur les manchons scellés dans les carottages en vue de la réalisation du voile tympan. Ce voile permet de renforcer localement



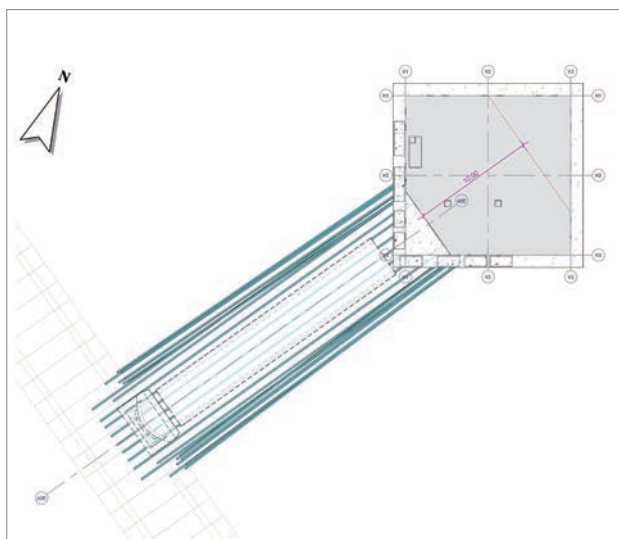
la paroi moulée qui sera détruite au moment de la réalisation du rameau en méthode traditionnelle.

L'objectif des forages de congélation est d'empêcher d'éventuelles arrivées d'eau depuis les sables de Beauchamp et calcaires de Saint-Ouen et d'assurer la continuité de la congélation à l'interface voussoirs tunnel / rameau pendant l'excavation de celui-ci.

Les forages de congélation ont démarré début novembre 2021 et se sont achevés début décembre 2021. Les forages de congélation sont réalisés depuis le fond de fouille de l'OA 1404. La différence de hauteur entre les forages les plus bas et les forages les plus hauts étant d'environ 6 m, une plate-forme de forage a été installée pour permettre la réalisation des 11 forages situés en partie haute. Tous les forages de congélation sont réalisés sous sas. Ils mesurent en moyenne 30 m et sont subhorizontaux. Sur les 25 forages de congélation, 14 viennent se poser sur les voussoirs du tunnel, les 11 autres passant sous celui-ci.

Une fois les forages réalisés, ils sont récolés à l'aide d'une sonde gyroskopique pour déterminer leurs positions dans l'espace et ainsi déterminer leurs déviations. Ces récolements permettent de représenter graphiquement le massif de congélation et de vérifier la bonne continuité de celui-ci. Suite à ce récolement, 6 forages supplémentaires se sont avérés nécessaires.

Les phases d'équipement sont en cours : congélateurs intérieurs, collecteurs de congélation du fond de puits jusqu'en surface. Début février est installée la centrale de refroidissement au Temper (-55°C). La mise en froid des forages est prévue pour mi-février 2022 !

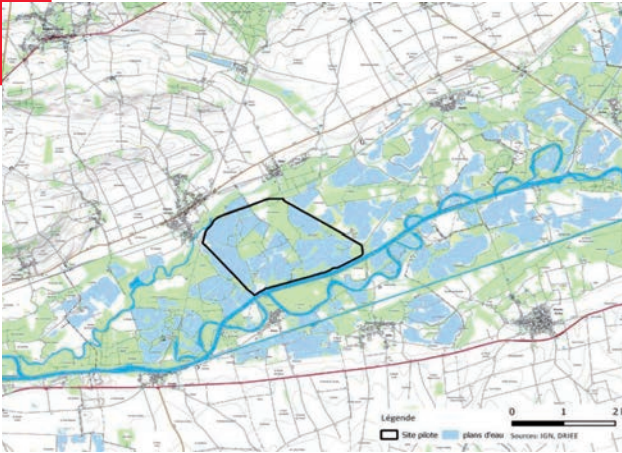


CONGELATION - PLAN DE TIRS
Vue en plan



Nos chantiers

Site pilote des bassins de la Bassée – Trenchmix.



Le projet complet d'aménagement de la Bassée comprend 10 espaces endigués. Ces espaces, d'un volume maximal de stockage de l'ordre de 55 millions de m³, seraient utilisés en cas de crue provoquée par l'Yonne à Montereau-Fault-Yonne.

Le projet d'aménagement de la Bassée poursuit deux objectifs :

- Hydraulique : diminuer le niveau de la Seine depuis Montereau-Fault-Yonne jusqu'à la confluence Seine-Oise en cas de grande crue afin de limiter les coûts des dommages liés aux inondations en Ile-de-France.
- Environnemental : contribuer à la valorisation écologique d'une zone humide exceptionnelle qui s'est dégradée au cours des dernières années.

Le site pilote se situe sur les communes de Châtenay-sur-Seine, Egligny, Balloy et Gravon. D'une surface de moins de 400 ha, le site pilote aura une capacité de stockage d'environ 9 millions de m³.

Soletanche Bachy France intervient au sein du groupement Vinci Construction Terrassement (mandataire) / Chantiers Modernes Construction / Sogea Est, pour la mise en place de divers aménagements sur le site pilote de la Bassée. Les travaux démarreront en septembre 2022 pour une durée de trois ans et comprennent l'installation d'une digue de 7 600 m, de réseaux de drainage, d'un déversoir de sécurité et des cheminements associés.

Soletanche Bachy a proposé une solution en Trenchmix pour la réalisation d'une paroi d'étanchéité en cœur de digue. Environ 8 000 m² d'écran étanche seront réalisés par voie sèche.

SNCF Bondy Interconnexion ligne 15

Les travaux s'inscrivent dans le cadre du Grand Paris. Le projet prévoit la réalisation du prolongement du passage souterrain (Paso) existant permettant de relier la gare de Bondy à la future gare souterraine de la ligne 15 du Grand Paris Express.

Soletanche Bachy a été retenu pour la réalisation des travaux d'injection de traitement des sols et des anomalies (sol décomprimé et vides francs) liés à la dissolution du gypse antéludien.

Le plan de tir prévoit des forages en partie depuis le parking et en partie depuis les voies, nécessitant des interventions de nuit, sous coupure de circulation.

Les travaux se déroulent entre janvier et février 2022, avec 950 m de forage et 500 m³ d'injection.

Usine des eaux de La Valette



Dans le cadre d'une délégation de service public, la Métropole Toulon Provence Méditerranée a lancé un appel à candidatures pour l'exploitation du service de l'eau potable du secteur toulonnais.

C'est dans ce cadre qu'un partenariat entre Soletanche Bachy France, Veolia / OTV et un partenaire local de génie civil s'est constitué pour répondre en conception réalisation au projet. Outre la fourniture d'eau potable, pour une durée de 12 ans, un des objets de la candidature consiste en la rénovation des bassins de filtration sur l'usine existante.

Le nouveau projet a donc vu le jour, et c'est à compter de février 2022 que débutera la phase d'études du marché. Elle consiste principalement en des études géotechniques complémentaires.

Suivront à compter de septembre 2022 et pour une durée de 6 mois, les travaux dévolus à Soletanche Bachy France : désamiantage, déconstruction, terrassements, confortement de soutènements existants et fondations profondes par micropieux des futurs ouvrages. Ce dernier point nécessitera l'utilisation de 2 foreuses Hi'Drill, pour réaliser les 414 micropieux et 5 400 m de forages dans des horizons hétérogènes présentant des argiles silteuses, des marnes altérées et autres horizons gypseux.

Bourg-la-Reine – collecteur

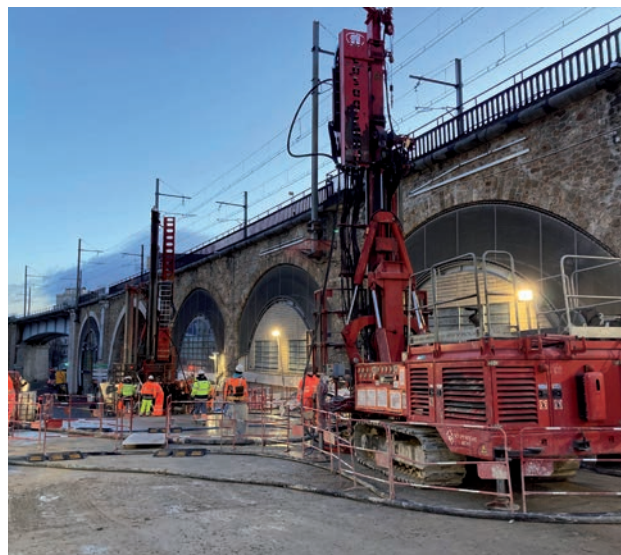


Après la réhabilitation du collecteur de la rue du général Roguet à Clichy-la-Garenne en 2020, Soletanche Bachy France est de retour dans le département des Hauts-de-Seine.

En effet, le conseil départemental vient de confier à Soletanche Bachy France le lot 2 du marché de réhabilitation du réseau d'assainissement unitaire départemental situé avenue du général Leclerc à Bourg-la-Reine. Les travaux portent sur la réalisation de 3 500 forages depuis l'intérieur du collecteur, permettant l'injection de collage de 680 m³ de coulis, afin de combler les vides qui sont apparus au fil du temps entre l'ouvrage d'assainissement et le terrain encaissant.

Les travaux, dont la préparation est en cours, sont prévus au 2nd trimestre 2022 pour une durée de 6 mois.

Grand Paris T3A avancement des travaux sur la gare d'Issy



L'activité 2022 sur la gare d'Issy-les-Moulineaux se poursuit pour les travaux spéciaux. Elle se concentre principalement sur du jet grouting sur la boîte Correspondance, sur de la congélation de terrain en vue de la réalisation de deux rameaux, ainsi que sur des tirants sur la boîte Correspondance (plusieurs phases allant jusqu'à 2024).

Jet grouting

Les travaux de la gare d'Issy se concentrent actuellement sur la boîte Correspondance avec les travaux de jet grouting.

Les 351 colonnes prévues, pour près de 2 000 m de jet grouting, formeront un radier butonnant. L'objectif est de limiter au maximum le déplacement des parois lors du terrassement, afin d'éviter tout impact sur le viaduc proche.

Deux ateliers sont mobilisés en deux postes pour réduire les délais, malgré une emprise restreinte, notamment pour la gestion du spoil. En effet, la fosse et les 9 bacs de 30 m³ permettent de gérer les rejets quotidiens de spoil, mais doivent impérativement être évacués le lendemain.

Congélation

L'activité congélation de terrain sur la gare d'Issy, en vue de la réalisation de 2 rameaux, entre les boîtes Gare et Emergence, et entre les boîtes Gare et Correspondance, se poursuit et s'annonce intense pour l'année 2022. Un phasage complexe et ambitieux nécessite des

Grand Paris T2A - Gare du Vert de Maisons



travaux depuis les 3 boîtes en parallèle pour assurer un démarrage de la mise en froid pour l'été 2022.

Une partie des forages de congélation a été mise en œuvre depuis la boîte Gare, avant le passage du tunnelier en 2021. Le génie civil de la dalle du niveau N-2, en interface avec les 2 couloirs, a démarré en août 2021, et se poursuit jusqu'à fin mars 2022 : le reste des forages de congélation pour le couloir Correspondance pourra alors être réalisé.

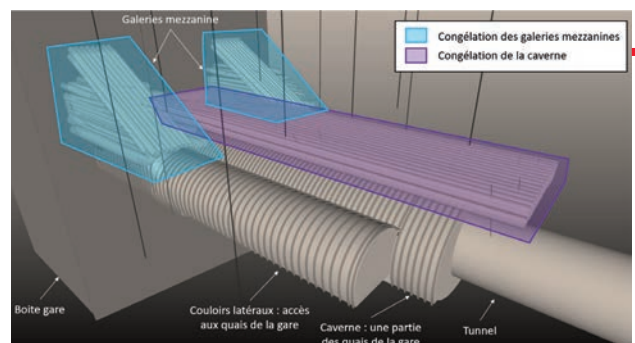
Un atelier sera mobilisé en trois postes pour ces forages en utilisant la technique des « forages contrôlés ». Cette technique consiste à corriger les déviations des forages pendant la perforation (mesure des déviations tous les 6 m à l'aide d'une sonde gyoscopique) à l'aide de taillants de correction des déviations.

La congélation du couloir Emergence est réalisée par l'intermédiaire de forages tirés depuis la boîte Gare (50%) et également depuis la boîte Emergence (50%). Depuis cette dernière, les forages de congélation dépendent du phasage des travaux génie civil. Les derniers forages depuis cette boîte sont exécutés fin janvier 2022 après la fin du bétonnage du radier et la dépose des butons en interface avec le couloir.



L'aboutissement de 3 années de travaux spéciaux préparatoires a eu lieu en fin d'année 2021, à la gare du Vert de Maisons, avec le lancement de la congélation de la caverne ! Cette congélation dans les sables de Beauchamp a pour but de sécuriser le réalésage du tunnel sur 70 m de long. Ce réalésage constitue une partie des futurs quais de la gare.

La congélation est réalisée à la saumure. Ce fluide, pouvant être refroidi jusqu'à -30°C sans geler, est en circulation fermée entre des groupes froid, le maintenant à -30°C , et des congélateurs dans le terrain (2 tubes inox insérés dans les forages réalisés en 2019-2020 et permettant une circulation aller-retour du fluide). Le terrain est ainsi refroidi par transfert thermique avec la saumure circulant dans les congélateurs.



Plus de 500 capteurs de température placés dans le terrain, sur la paroi et au sein du réseau de distribution de saumure, permettent de suivre l'évolution de la glace.

La congélation a débuté le 24 novembre 2021, et c'est avec une grande fierté que l'on a pu constater son bon déroulement, qui validait plusieurs années de travaux

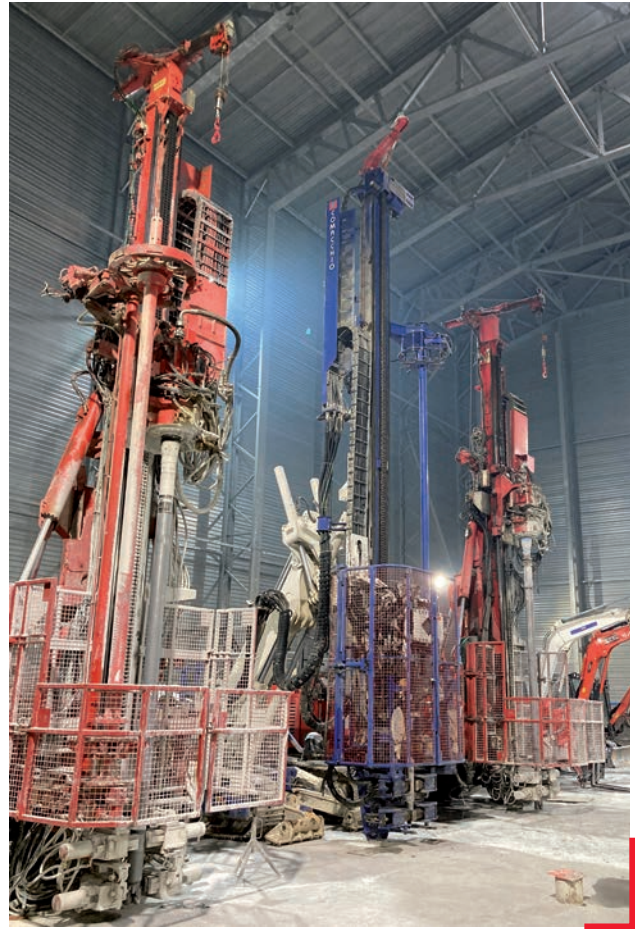


préparatoires. Le développement nécessaire de la glace dans le terrain a été atteint en ce début d'année, permettant de démarrer les excavations en toute sécurité. C'est ainsi que le 17 janvier 2022, le ballet des pelles a repris en fond de puits pour l'excavation de la caverne.

Une fois le réalésage du tunnel suffisamment avancé, l'excavation des galeries mezzanines sera initiée. Ces galeries accueilleront les futurs escalators d'accès aux dessertes des quais. Elles commencent une dizaine de mètres au-dessus du fond de fouille et descendent jusqu'aux couloirs latéraux excavés l'année dernière. La partie supérieure des galeries étant au cœur des sables de Beauchamp, elle est réalisée à l'abri d'une congélation : rendez-vous en février pour la mise en froid des galeries, deuxième grande étape de la congélation de Vert de Maisons.



Le Lyon-Turin : creusement des puits d'Avrieux

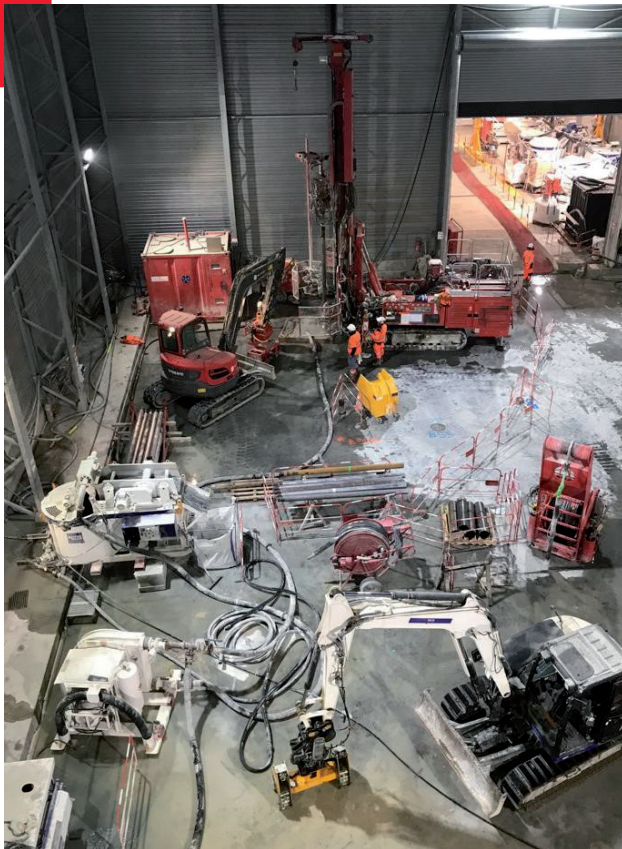


La liaison Lyon-Turin est une nouvelle ligne ferroviaire pour le transport des marchandises et des voyageurs qui s'étend sur 270 km, en France et en Italie. TELT (Tunnel Euralpin Lyon Turin) est le promoteur public binational en charge de la réalisation et de l'exploitation de la section transfrontalière, constituée d'un tunnel de 57,5 km reliant Saint-Jean-de-Maurienne à Suse.

Cet ouvrage est, en partie, ventilé par 4 puits situés sur la commune d'Avrieux, à 1 305 m d'altitude. L'excavation de ces puits, de 500 m de profondeur, par la technique du raise boring, nécessite de consolider et d'étanchéifier le massif rocheux sur les 135 premiers mètres.

Pour effectuer ces travaux de forage et d'injection à grande profondeur, le groupement Soletanche Bachy France (mandataire) / Botte Fondations est sur place depuis le mois de septembre 2021.

Un hangar acoustique et thermique a été mis en place pour préserver l'environnement des nuisances sonores et permettre aux hommes de travailler à l'abri des contraintes météorologiques de la région.

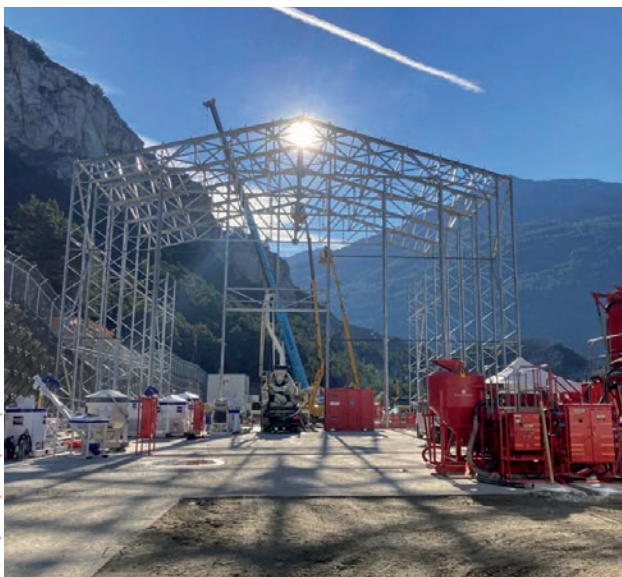


Afin de mettre en œuvre le meilleur traitement de terrain possible, plusieurs plots d'essais de forage et d'injection ont été menés.

Il faut noter que la verticalité des forages est une exigence forte du contrat.

Actuellement, en parallèle des premières injections primaires, se poursuivent des essais pour trouver la méthodologie d'injection qui présentera le meilleur compromis entre le délai d'exécution et la qualité du traitement.

Cette opération, qui concerne une quarantaine de forages à 135 m et qui mobilise 3 ateliers de forage en 3 postes, va se dérouler sur encore plusieurs mois.



Notre expertise

PARIS XIII^e - BASSIN AUSTERLITZ

ESSAI DE CHARGEMENT SUR BARRETTE

La ville de Paris, dans le cadre d'un plan d'amélioration de la qualité des eaux de la Seine et de la Marne, a retenu la réalisation d'un bassin de stockage en amont du pont d'Austerlitz, afin de réduire les déversements des eaux du réseau d'assainissement, lors de forts épisodes pluvieux.

Cet ouvrage, de grande dimension et d'une forte capacité de rétention, est soumis à des efforts de sous-pressions importants. L'un des enjeux du projet réside donc dans l'optimisation des longueurs des fondations d'ancrage du radier. Celle-ci a pu s'opérer grâce à la réalisation d'un essai de chargement sur une barrette grâce à la méthode des O-Cells : une première en France !

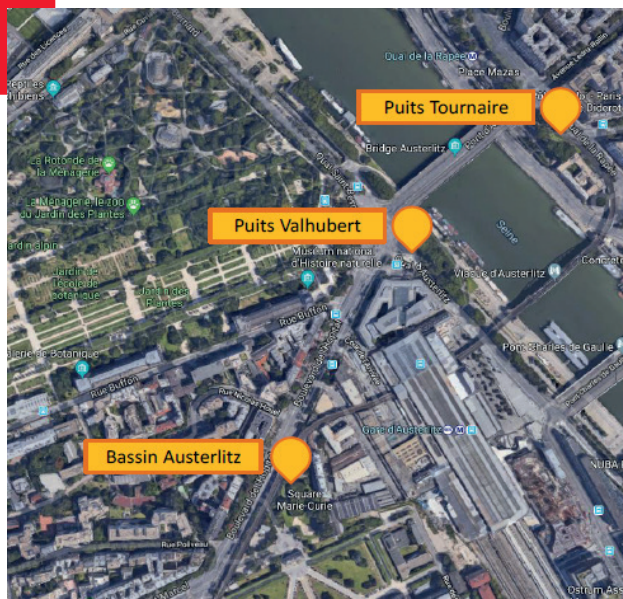
Présentation du projet

La Section d'Assainissement de la Ville de Paris (SAP) a confié au groupement Impluvium (comprenant Soletanche Bachy France) la réalisation d'un bassin de stockage et restitution d'eau (le bassin Austerlitz), ainsi que deux ouvrages de récupération des eaux depuis les déversoirs d'orage se trouvant de part et d'autre de la Seine (puits Valhubert et puits Tournaire). L'objectif de ces travaux est de :

- supprimer les déversements actuels d'eaux usées du réseau d'assainissement parisien par temps de forte pluie,
- améliorer la qualité sanitaire de l'eau de Seine en amont du Trocadéro, en vue de l'organisation d'épreuves de natation dans la Seine lors des J.O. de 2024 et de l'installation de lieux de baignades pérennes dans la Seine à Paris.

La maîtrise d'œuvre Artelia – Prolog de l'opération est accompagnée par Icaruss pour la géotechnique. La mission de supervision d'exécution géotechnique G4 est réalisée par Terrasol. BTP Consultants intervient en tant que bureau de contrôle. Les études d'exécution du bassin sont réalisées par Enser pour la partie génie civil et par les bureaux d'études intégrés des entreprises de fondations spéciales.

Les travaux ont démarré en août 2020 pour une durée de 44 mois, l'objectif étant de terminer avant mai 2024.



Localisation des ouvrages

Caractéristiques des ouvrages

Le projet nécessite de réaliser principalement les travaux de génie civil suivants :

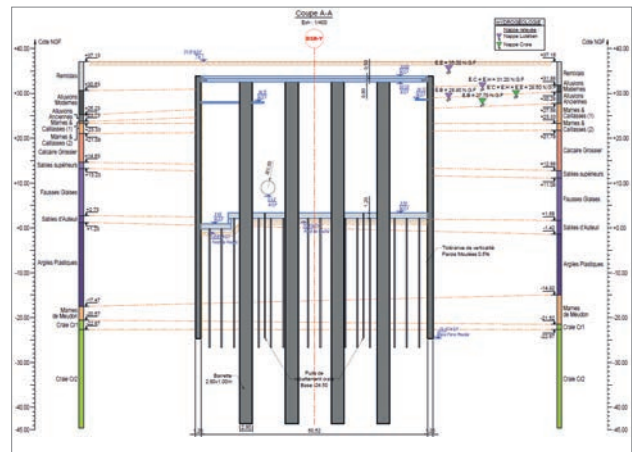
- Un bassin de stockage et restitution d'une capacité de 46 000 m³ situé en rive gauche de la Seine au droit du square Marie Curie dans le XIII^e arrondissement de Paris : l'ouvrage circulaire de 50 m de diamètre est réalisé à l'abri d'une paroi moulée de 1,2 m d'épaisseur descendue à 62 m de profondeur.
- Un ouvrage de prise d'eau situé en rive gauche de la Seine, place Valhubert dans le XIII^e arrondissement de Paris : le puits Valhubert, de 6,5 m de diamètre, est réalisé en paroi moulée de 0,8 m d'épaisseur et de 41 m de profondeur. Il sera connecté au déversoir d'orage existant Buffon, nécessitant des travaux de jet grouting.
- Un ouvrage de prise d'eau situé en rive droite de la Seine, au droit de la voie Mazas dans le XIII^e arrondissement de Paris : le puits Tournaire sera raccordé aux collecteurs Diderot et Rapée. Il est réalisé par un terrassement en tranchée blindée à l'abri d'une enceinte constituée de colonnes en jet grouting.
- Un collecteur DN 2500 mm réalisé par fonçage au micro-tunnelier depuis un puits de départ positionné à côté du bassin. Le puits de 11 m de diamètre est réalisé en paroi moulée de 1 m d'épaisseur.

Contexte géologique & hydrogéologique

La zone de travaux du bassin se trouve au droit du square Marie Curie sur une esplanade située devant l'entrée de l'hôpital de la Salpêtrière. Les mitoyens en présence sont le viaduc de la ligne 5 du métro aérien et un bâtiment R+2 de l'hôpital.

Les terrains rencontrés sur cette emprise comprennent une frange de Marnes et Caillasses et de Calcaire Grossier sous couvertures alluvionnaires. Puis viennent les couches de l'Yprésien (Sables Supérieurs, Fausses Glaises, Sables d'Auteuil, Argiles Plastiques), et enfin les terrains d'ancrage des fondations projetées, les Marnes de Meudon et la Craie Campanienne.

Les nappes en présence au droit du site sont la nappe du Lutétien, en relation directe avec la Seine, avec un niveau d'Eaux Basses situé à la cote 28,9 NGF et la nappe de la Craie en charge sous les Argiles Plastiques, avec un niveau d'Eaux Basses à 27,7 NGF. Coupe du projet prévu initialement



Coupe du projet prévu initialement

Fondations nécessaires à l'ancrage du bassin de stockage

Une problématique récurrente de ce type d'ouvrage évidé et s'inscrivant dans un milieu saturé concerne la justification du non-soulèvement de l'ouvrage. Deux solutions peuvent être envisagées. La première consiste en un pompage permanent sous le radier permettant d'annuler les sous-pressions s'exerçant sur l'ouvrage. Si ce pompage dans le milieu naturel ne peut être maintenu sur la durée, alors le radier doit résister aux sous-pressions. Dans ce dernier cas, si le poids de l'ouvrage ne contrebalance pas la poussée d'Archimède, il est nécessaire d'ancrer le radier par l'intermédiaire de fondations qui mobilisent par frottement un poids de terre contribuant à l'équilibre vertical de l'ouvrage.

Dans le cas du bassin Austerlitz, d'autres considérations interviennent dans la conception de l'ouvrage : d'abord, la dalle de couverture doit être réalisée avant les terrassements pour libérer de l'emprise, ce qui implique la réalisation de préfondés



Vue aérienne de la perforation des barrettes

pour appuyer la dalle. Ensuite, le fond de fouille est positionné juste au-dessus des Argiles Plastiques sujettes à un possible gonflement.

Tous ces éléments ont amené la maîtrise d'œuvre à retenir un vide sanitaire de 0,5 m sous le radier et un mode de fondation mixte de ce dernier avec des micropieux et des barrettes, traversant les Argiles Plastiques, et s'ancrant dans les Marnes de Meudon et la Craie Campanienne. **Les barrettes servent de fondation à la dalle de couverture lors des phases de terrassement. Lorsque l'ouvrage est soumis aux sous-pressions s'appliquant sous le radier, les barrettes drainent une part importante des efforts de traction, du fait de leur forte raideur relativement à celle des micropieux.** Enfin, en lien avec le gonflement possible des Argiles Plastiques, une force ascendante transmise aux fondations par frottement dans cette formation est également prise en compte.

Dans le cadre du dimensionnement de ces fondations, il faut rappeler que la norme d'application nationale de l'Eurocode 7 pour les fondations profondes (NF P 94-262) incite fortement à réaliser des essais pour valider les frottements limites pris en compte : si la fondation ne fait pas l'objet d'essais, la norme borne la résistance en traction de la fondation en situation d'État Limite de Service Quasi-Permanent à 0,15 fois la résistance en frottement limite. Les essais sur fondations, bien que répandus pour les micropieux, sont peu courants pour les pieux, et encore moins pour les barrettes, en lien avec les efforts à développer.

Toutefois, compte tenu de l'enjeu, et afin d'optimiser les fondations de type barrette, forées sous boue bentonitique, le marché a inclus dans ses prérogatives la réalisation d'un essai de traction par la méthode des O-Cells. **Ce type d'essai mené sur une barrette est une première en France et a été mis en œuvre par l'entreprise Fugro. L'essai est décrit ci-après.**

La réalisation de la fondation qui fera l'objet d'un essai de chargement doit être mise en œuvre en début de travaux. La réalisation de cette fondation nécessite donc de mobiliser des moyens en amont des travaux de l'ouvrage, ce qui peut être coûteux (amené repli spécifique, immobilisation...). Dans le cadre du bassin d'Austerlitz, l'impact économique de cette mobilisation anticipée a été réduit par un enchaînement favorable des travaux : la barrette d'essai est réalisée dans un premier temps.

Les travaux de paroi moulée du bassin, dont le dimensionnement ne tient pas compte des résultats d'essais, se poursuivent pendant 4 mois. Durant cette période, le béton de la barrette d'essai monte en résistance (1 mois), l'essai de chargement est conduit pendant 2 à 3 jours, et les résultats font l'objet d'un rapport d'analyse (3 à 4 semaines).

Ensuite, le dimensionnement des fondations est actualisé et approuvé par les différentes parties durant les deux mois restants. Immédiatement après la fin de réalisation de la paroi moulée du bassin, les barrettes ont pu être progressivement forées et bétonnées en parallèle des panneaux de paroi du puits d'attaque au cours d'une seconde phase travaux de 3 mois.



L'essai O-Cells

5.1. Dispositif mis en œuvre

La méthode de chargement mise en place pour le projet est appelée « essai bi-directionnel » ou « essai O-Cells ». Elle a été développée par le docteur J.O. Osterberg de l'Université Northwestern de Chicago en 1989 et utilisée depuis pour tester des milliers de fondations à travers plus de 60 pays. Le principe de l'essai est l'encastrement, dans la fondation elle-même, d'un ou plusieurs vérins spécifiquement conçus pour cet usage. L'essai utilise ainsi la réaction de la fondation elle-même pour développer la charge nécessaire sur l'autre partie de la fondation et en déterminer les paramètres de sol recherchés. En complément des vérins encastrés, six niveaux de six jauges de déformations ont été répartis dans la barrette pour évaluer la dissipation des frottements par le sol. Enfin, plusieurs capteurs de déplacements, appelés piges, mesurent les déplacements en tête, en pointe, et à différents endroits de la barrette. Ces capteurs offrent une redondance pour l'appréciation des courbes efforts – déplacements des jauges, et sont indispensables pour caractériser la pointe.

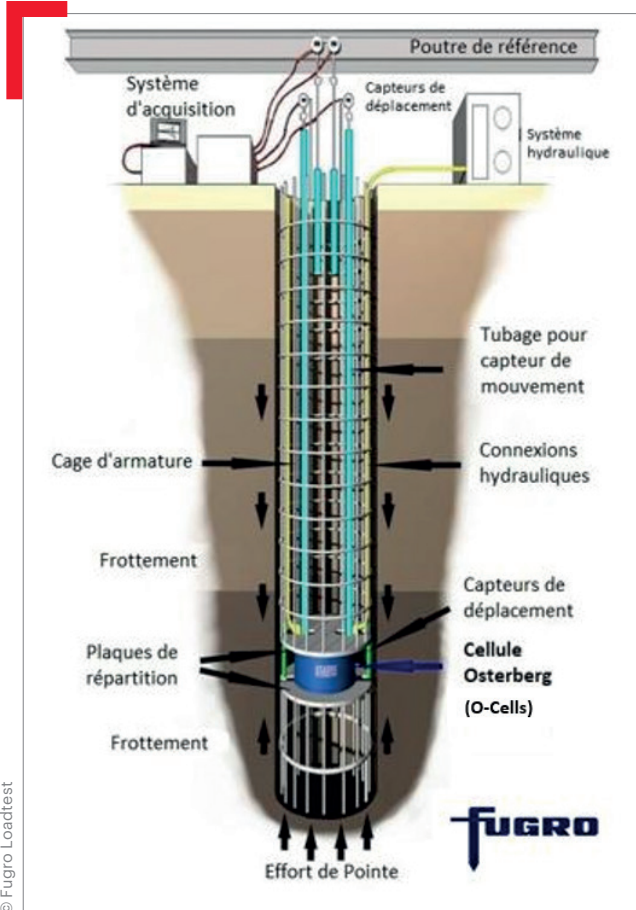


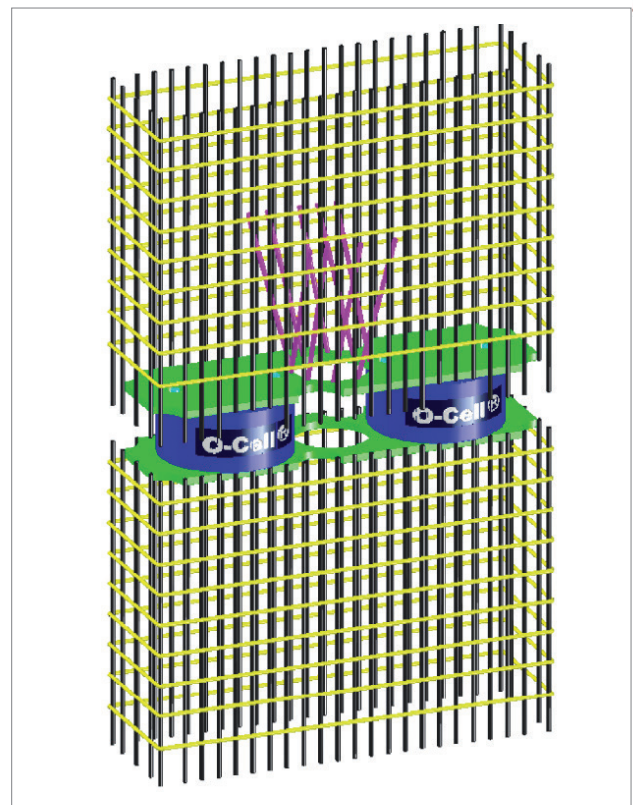
Illustration du principe O-Cells présenté ici pour un pieu circulaire

L'utilisation de cette méthode, reconnue par la norme NF EN ISO 22477-1, s'est imposée au projet pour pouvoir caractériser les frottements dans les craies, situées entre les cotes -21 m NGF et -22,7 m NGF, soit 58 m à 60 m sous le terrain naturel. L'avantage principal de ce dispositif O-Cells est l'application de la charge directement dans les couches d'intérêt

et l'absence de massif de réaction, facteur souvent limitant de la charge maximale pour les essais conventionnels avec chargement en tête.

Le choix du calage altimétrique des cellules O-Cells est crucial pour obtenir la rupture recherchée dans l'horizon d'intérêt et ainsi remplir les objectifs de l'essai. Ce positionnement nécessite une très bonne appréciation des paramètres de sol ainsi que leur niveau de fiabilité. Ainsi, pour ce projet, les cellules O-Cells ont été positionnées à la cote -26,70 m NGF permettant d'estimer une résistance de frottement et de pointe combinée sous les cellules de 43,3 MN.

Cette résistance représente la réaction disponible à l'essai. Il s'agit de vérifier que cette réaction disponible est supérieure à la résistance de la partie de sol à tester, située ici au-dessus des cellules. Plusieurs facteurs peuvent permettre d'obtenir cette vérification. Premièrement, due à l'incertitude sur les paramètres de sol issus des reconnaissances, une majoration des résistances de la partie à tester a été considérée pour la conception de l'essai. Ainsi, le frottement dans les craies situées au-dessus des cellules a été pris à 400 kPa. Deuxièmement, le concept de l'essai O-Cells ne nécessite pas un bétonnage de la barrette jusqu'à la surface. Il a ainsi été proposé d'arrêter ce bétonnage à la cote 3,5 m NGF, soit 33,7 m sous la plate-forme de travail. Cet arrêt précoce de bétonnage a pour effet de réduire la surface frottante et donc la résistance au-dessus des cellules, ainsi que le poids de la barrette, agissant contre l'effort appliqué. De plus, la cote haute de bétonnage de l'essai était bien en accord avec la conception des barrettes de l'ouvrage.



Arrangement des cellules O-Cells dans la barrette d'essais



Insertion de la cage équipée

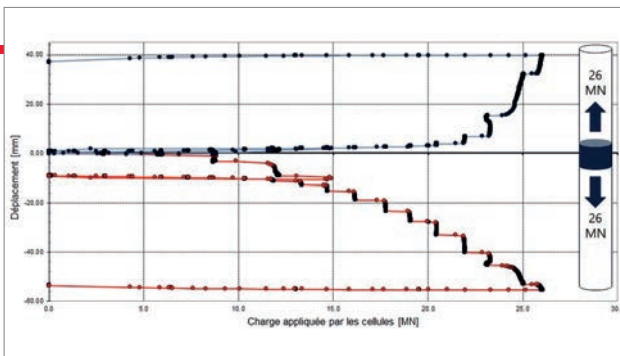
Sur la base de la conception décrite ci-dessus, un système O-Cells placé à -26,7 m NGF et composé de deux cellules O-Cells de diamètre 690 mm a été sélectionné.



Tête de la barrette d'essai avec instrumentation en place

5.2. Déroulement de l'essai : présentation des résultats factuels

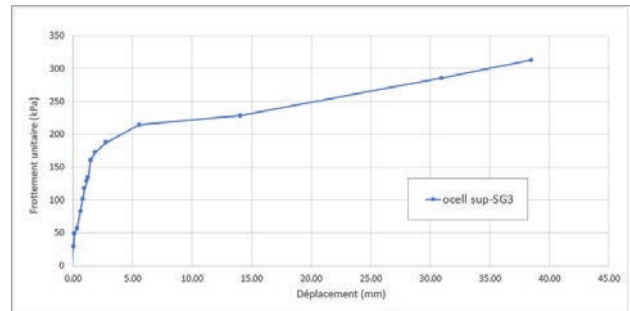
Le programme de chargement exécuté est composé de 18 paliers réguliers jusqu'à une charge maximale de 26,04 MN. À cette charge, l'ouverture des cellules était de 95,25 mm réparti entre 55,49 mm de déplacement sous les cellules et 39,76 mm de déplacement au-dessus des cellules. La figure ci-après présente les courbes des déplacements enregistrés de part et d'autre du système O-Cells en fonction de la charge appliquée.



Courbe déplacements vs charge de part et d'autre du système O-Cells

Des jauges de déformations, réparties tout au long de la barrette, ont permis d'évaluer l'effort repris depuis le point d'application de la charge jusqu'à la cote supérieure du béton. De même, à l'aide du module du béton et de la section de la fondation, il est possible de déterminer le déplacement au niveau des jauges et d'établir les courbes de mobilisation du frottement entre chaque niveau de jauges.

La figure ci-après présente un exemple de courbe de mobilisation du frottement en fonction du déplacement (ici entre le vérin et une des jauges positionnées au-dessus). Ce type de courbe est tracé pour différents tronçons de barrette entre différentes jauges de déformations, au-dessus et en dessous des vérins.



Courbe Frottement - Déplacement

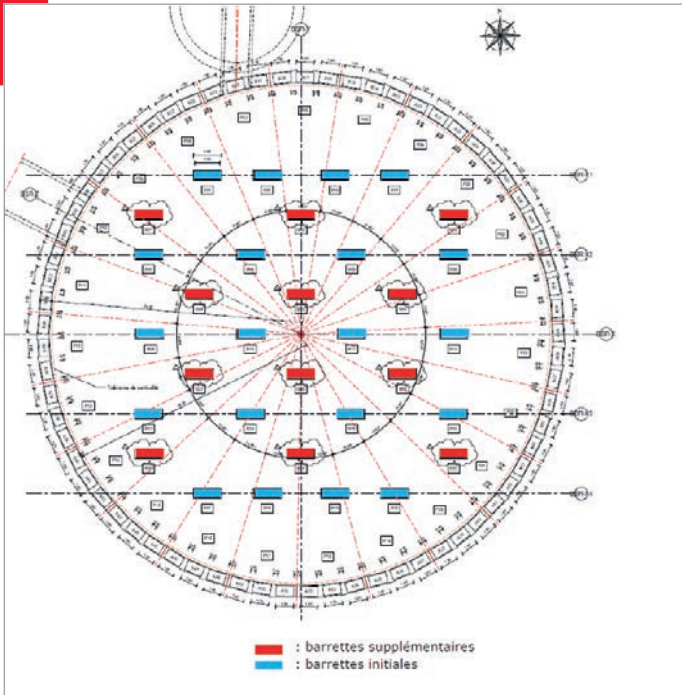
L'évaluation de ces courbes et le calage avec des modèles de sol selon la méthode Frank & Zhao (Bull. liaison Labo. P. et Ch., 119, mai-juin 1982) nous ont permis d'évaluer les frottement limites de la craie, légèrement supérieurs à ceux proposés par la Norme NF P 94-262.

Prise en compte des résultats dans le dimensionnement

Au marché, la profondeur des barrettes était donnée considérant qu'un essai pourrait être mené et que les limitations de la norme NF P 94-262, dans le cas de l'absence d'essai pourraient être dépassées. Le bon déroulement de l'essai à l'aide du système O-Cells a permis de confirmer ces dispositions et même d'aller au-delà : **les valeurs de frottement étant bonnes, il a été possible d'envisager la suppression des micropieux, en contrepartie de l'ajout de 12 barrettes.**

Ainsi, il a été finalement retenu de réaliser douze nouvelles barrettes, arasées sous le radier, afin de ne pas interférer avec la structure interne du bassin. Celles-ci sont rajoutées en fonction des sollicitations maximales dans le radier.

Leur implantation s'inscrit de manière homogène parmi les 20 barrettes initiales du projet, avec notamment un renforcement du noyau central. L'épaisseur du radier est légèrement épaissie à 1,50 m.



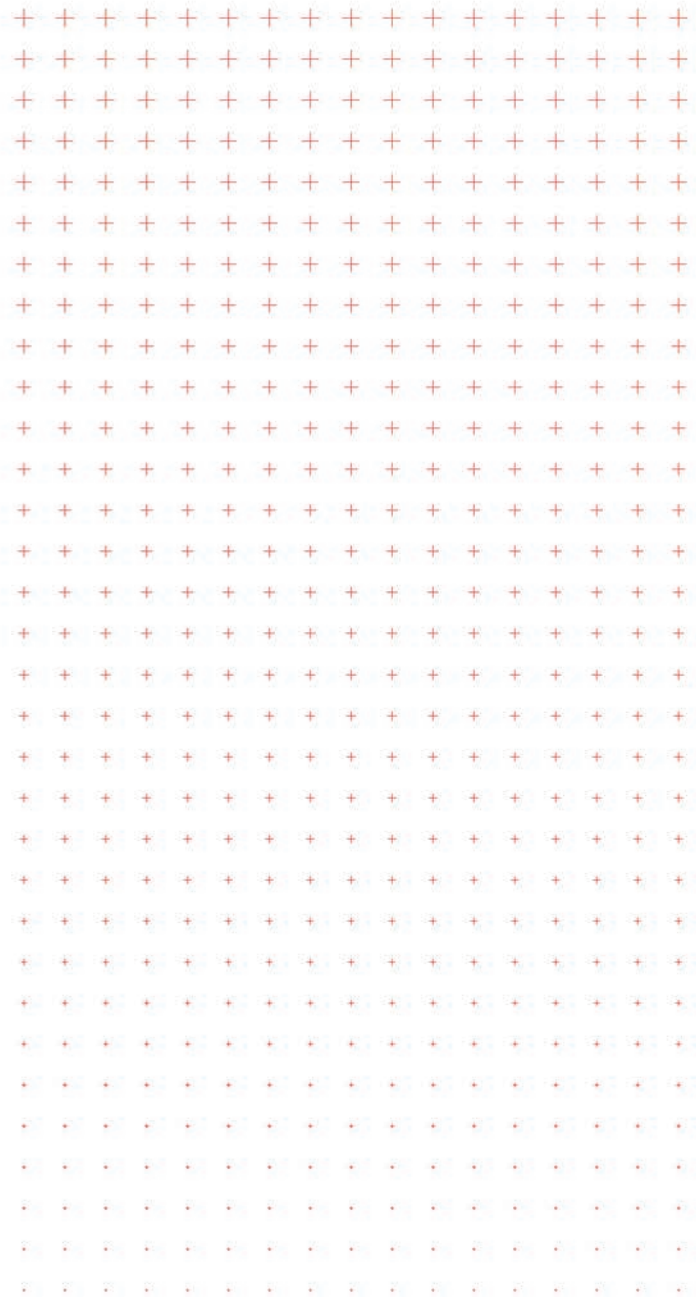
Implantation des 32 barrettes

Conclusions

Ce chantier offre un bon exemple d'optimisation d'ouvrage de fondations grâce à la réalisation d'essais géotechniques in situ. Pour la première fois en France, le système O-Cells a été mis en œuvre dans une barrette de fondation, afin de mener à bien un essai de chargement et de caractériser le frottement barrette / craie à une soixantaine de mètres de profondeur.

En outre, au-delà de l'optimisation des barrettes, le bon déroulement de l'essai a également permis de revoir le mode de fondation en supprimant les micropieux initialement prévus et en ne retenant qu'un système homogène de fondations composé de 32 barrettes travaillant en traction pour la reprise des sous-pressions de l'ouvrage. Le dimensionnement n'est plus conditionné par l'appréciation délicate des raideurs relatives entre barrettes et micropieux.

L'homogénéisation du mode de fondations permet une meilleure appréciation des descentes de charges et des sollicitations dans le radier.



Nos implantations

Retrouvez nos agences et nos filiales en France

Agences

		Tél.	Fax
NORD	Hubert GRUNEWALD Rueil	01 47 76 56 10	01 40 90 02 97
• IdF service confortements	Guillaume DOUHERET Rueil	01 47 76 56 10	01 40 90 02 97
• Antenne Est	Guillaume CATEL Strasbourg.....	03 88 38 87 39	03 88 38 84 25
• Normandie.....	Mehdi BENHABBARI..... Rueil	02 35 68 87 41	01 40 90 02 88
• Bretagne - Pays de la Loire	Mehdi BENHABBARI..... Rueil	02 40 92 26 36	01 40 90 02 97
• Hauts-de-France	Guillaume CATEL..... Lille	03 20 50 92 92	03 20 50 93 83
SUD	Tony CHIGNARD Aix-en-Pce	04 42 99 03 50	04 42 21 25 64
• Lyon	Quentin DESJARS Lyon	04 78 31 51 71.....	04 72 02 79 91
• Côte d'Azur	Pierre-Yves MAURY..... Sophia Antipolis .	04 93 00 12 42.....	04 93 00 12 43
• Bordeaux	Axel TERLAUD St Médard	05 56 05 25 25	05 56 05 77 13
• Toulouse	David COUSIN..... Toulouse	05 61 35 84 55.....	05 62 79 13 20
LA RÉUNION	Tony DEL GIUDICE Rueil	01 47 76 55 33	01 40 90 02 97

Filiales

Soletanche Bachy Fondations Spéciales

• Siège

Direction..... : Eric TOURNEMILLEWissous..... 01 56 70 42 00 01 56 34 03 88
 Antoine D'HALLUIN..... Wissous..... 01 56 70 42 00.....01 56 34 03 88

• Antennes

Région parisienne & Normandie : Xavier BARTHE Wissous 01 56 70 42 0001 56 34 03 88
 Est..... : Anthony RE..... Strasbourg 03 88 38 87 3903 88 38 84 25
 Nord - Luxembourg : Anthony RE..... Lille 03 20 50 92 9203 20 50 93 83
 Ouest Bretagne..... : Frédéric TALOTTE..... Nantes 02 40 92 26 3602 40 92 26 30
 Sud..... : Elric COMTE Aix-en-Pce 04 42 99 03 5004 42 21 54 93
 Rhône Alpes - Bougogne : Clément MOLLARET Lyon 04 72 76 82 8204 78 61 10 88

SB TUNNELS

..... : Patrick ROLANDETTI La Garde 04 94 21 70 4204 94 21 71 55

BESSAC

..... : Bernard THERON..... Toulouse 05 61 37 63 6305 61 09 26 29

BACHY FONDACO..... : Frédéric KISSLING Fort de France 05 96 71 44 0105 96 72 42 41

(Antilles - Guyane)

BALINEAU

..... : Jean-Philippe DURVILLE . Pessac..... 05 57 89 16 7805 56 07 34 78

