



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Office fédéral des routes OFROU

OFROU Filiale Estavayer-le-Lac  
Tél +41 58 461 87 16  
info@astra.admin.ch

# Vie du chantier

## Jonction Grand-Saconnex



Profil métier

## La géotechnique en mode tout-terrain

La géotechnique est un métier indispensable non seulement avant le début des travaux mais aussi pendant toute la durée du chantier. La reconnaissance du terrain permet de définir la nature du sol et d'en mesurer les propriétés avant de construire. Nombreux sont les intervenants qui s'appuient sur l'expertise géotechnique pour mener à bien les différents ouvrages. Durant toutes les phases du projet, l'objectif est de s'assurer que l'idée qu'on s'est faite du sol lors des études préalables est effectivement bien réelle ou de procéder à des adaptations si nécessaire. Petit tour d'horizon des contrôles réguliers assurés en interaction avec les entreprises chargées de la réalisation.



jonction-grand-saconnex.ch

Alors que le premier article consacré à la géotechnique (<http://a1-jag.ofrou.ch/vie-du-chantier/geotechnicien-lexperience-du-terrain>) portait sur la présentation du métier et la phase d'étude

préliminaire, ce deuxième article se focalise sur l'exécution et les projets d'ouvrages sur lesquels interviennent les géotechniciens tout au long des travaux.



Dessableur micro tunnelier



Sonde CBS



Pénétrömètre de poche

## Validation de la phase exploratoire

Une fois les caractéristiques du sol définies (sa composition, sa stabilité, la présence d'eaux souterraines), le type de fondations à adopter et les précautions à prendre durant l'excavation, les travaux peuvent être établis en conséquence. De ce fait, on peut partir du principe que les règles du jeu vis-à-vis des possibilités de construction ont été fixées par les géotechniciens.

Du début à la fin du chantier, de nombreuses interactions ont lieu avec les différents intervenants qui s'appuient sur les études géotechniques. C'est le cas notamment d'entreprises spécialisées, des ingénieurs civils, des ingénieurs trafic (circulation et signalisation routière) et des ouvrages tiers en charge des collecteurs, tuyaux, canalisations et évacuation des eaux.

L'objectif du géotechnicien lors de la phase d'exécution est de s'assurer que l'idée qu'on s'est faite du sol lors des études préalables est effectivement bien réelle. Dans le cas contraire, il faut évaluer si les calculs et dimensionnements effectués doivent être corrigés. Il s'agit aussi de vérifier que le processus pour réaliser un ouvrage est bien suivi par l'entreprise et si des adaptations sont nécessaires, et d'intervenir rapidement en cas d'imprévu. Ce travail de contrôle nécessite des visites très régulières de tous les ouvrages en cours afin de délivrer un produit fini qualitatif au meilleur coût et dans les meilleurs délais tout en assurant la sécurité et la pérennité du futur ouvrage.

## L'observation comme outil-clé

Une journée type d'un géotechnicien sur le chantier de la JAG consiste à faire une tournée générale du chantier (tous les 2-3 jours). Celle-ci peut durer jusqu'à trois heures et demie selon les étapes de chantier et le rythme des travaux qu'il faut passer en revue méticuleusement avec les équipes sur site. Outre les discussions et problématiques à résoudre sur le terrain, les échanges ont également lieu par e-mails et téléphones.

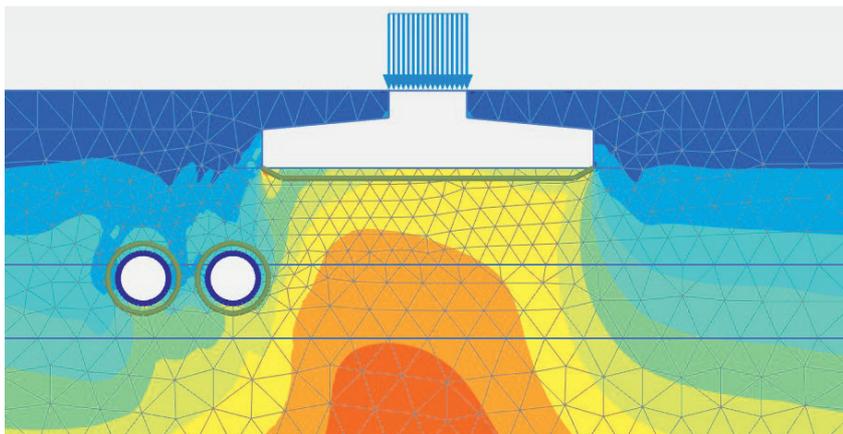
Quatre ingénieurs-géotechniciens du bureau GADZ travaillent sur le projet de la JAG. Une à deux personnes ont la vision d'ensemble du chantier alors que d'autres personnes se concentrent sur un ouvrage spécifique ou des tâches précises comme le remblayage, le compactage, l'utilisation des matériaux ou son contrôle qualité.

L'intervention du géotechnicien consiste en premier lieu à observer le comportement du sol par rapport à la nature des travaux réalisés. La méthode dite observationnelle constitue une approche permettant d'adapter et d'optimiser les ouvrages en fonction des observations réalisées sur leur comportement lors de la construction.

Alors que la machinerie lourde (pelles mécaniques, forages par carottages, essais pénétrométriques) est plutôt réservée aux études préliminaires du terrain, l'usage d'outillage plus léger convient à la phase de contrôle. Par exemple pour valider le fond de fouille – la base de toute fondation – des essais ponctuels sont réalisés à l'aide de sondes à main et pénétromètres de poche afin de définir la résistance du sol. Des points de mesures sont également mis en place avant et pendant le terrassement pour suivre les mouvements liés aux excavations. Des inclinomètres ou tubes scellés dans le sol au bord d'une excavation permettent de mesurer si le blindage ou mur monté se déplace ou s'il faut le renforcer.

En parallèle des outils utilisés sur le chantier, une palette de logiciels est à la disposition du géotechnicien au bureau. Une fois les données du terrain saisies, les outils de calculs permettent, grâce à la modélisation numérique, de transformer le sol en matrice mathématique et de suivre constamment l'évolution des travaux et son impact sur le sol.

Une autre source de contrôle consiste à étudier les plans et cadastres de la zone à bâtir. Ceux-ci recensent en principe tous les tracés souterrains



Modélisation passage micro tunnel sous pile de pont

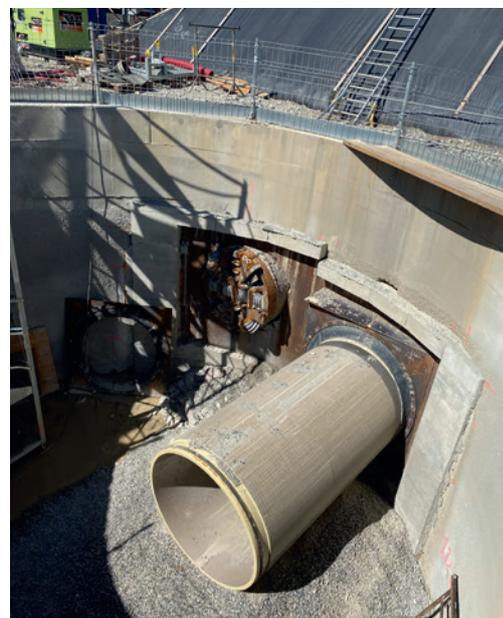
des canalisations d'eau potable, des eaux usées, du gaz, des câbles électriques et de télécommunications. Dans le cas de la JAG, c'est le SITG (système d'information du territoire à Genève) qui met à disposition un vaste choix de données géographiques au travers de cartes interactives faciles d'accès et de données téléchargeables. Un outil qui facilite la tâche du géotechnicien puisqu'il lui permet de se mettre en relation avec les bons intervenants afin de planifier toute intervention sur le chantier.

### Travaux sous haute surveillance

Une des étapes importantes du chantier qui sollicite un contrôle rigoureux est celle du micro tunnelier. Le micro tunnelier est une technique de mise en place de tuyaux ou canalisations sans tranchée, c'est-à-dire sans ouvrir de fouille. On peut ainsi franchir des sections de tracé sans impact en surface : sous des voies de circulations, des pistes d'aéroport, des cours d'eau, des ouvrages existants (ponts notamment), ou quand la profondeur implique des fouilles trop conséquentes (blindages profonds et onéreux). Le choix des outils de coupe sur la tête de forage, la vitesse d'avancement, la nature des fluides de marirage et les injections de lubrification notamment, dépendent du type de sol sur le tracé d'où l'implication de l'ingénieur-géotechnicien lors de cette phase des travaux.

Plusieurs micro tunneliers sont à l'ouvrage sur le chantier de la JAG mais ceux qui creusent directement sous l'autoroute demandent une attention particulière puisque le trafic ne doit pas être interrompu et qu'aucun obstacle ne doit occasionner de gêne ou de problèmes de sécurité.

Pour atteindre la profondeur requise pour mettre en place les canalisations, deux fouilles (cellules) sont creusées au départ (cellule de poussée) et à l'arrivée (cellule de réception) du tir de micro tunnelier. La nature des terrains rencontrés sur le chantier de la JAG et les emprises disponibles permettent la réalisation de puits marocains. Il s'agit de fouilles circulaires, terrassées par étapes de 1.5 m de hauteur environ et dont les parois sont protégées par de la gunite armée d'un treillis. Sur le chantier de la JAG, les cellules de poussée mesurent jusqu'à 12 mètres de diamètre. On y réalise deux tirs parallèles, les tubes en PRV (Polyester Renforcé de fibres de Verre) ou en béton sont descendus dans le puits au moyen d'un portique sur rail. Six tirs sont prévus sous l'autoroute. Chaque tir (longueur depuis l'entrée d'un puits à la sortie de l'autre puits) dure trois à quatre semaines. Deux sont destinés à faire



Sortie de la tête de micro tunnel dans la cellule d'arrivée et tube du premier tir parallèle



Puits marocain en cours de creuse (BREL)

passer des collecteurs communaux, deux autres pour des lignes électriques Swissgrid et enfin deux autres pour les tuyaux de Génilac. Plusieurs autres tirs interviendront également pour passer sous des ouvrages existants et raccorder les eaux du tunnel des Nations, également en cours de réalisation.

Le tunnelier est relié à une centrale informatisée. Son pilote suit en permanence les données liées aux divers éléments de la machine : pression sur la tête de forage, vitesse de rotation, position de la tête de forage, pression des fluides de marinage, etc. et peut effectuer les corrections nécessaires pour assurer la géométrie du tir. En cours d'avancement, une partie du contrôle des travaux peut presque se faire à l'oreille pour un géotechnicien. C'est-à-dire que lorsque la roue du tunnelier creuse, elle rencontre plus ou moins de cailloux et ceux-ci tintent dans les conduites qui conduisent le marinage (mélange de terrain broyé, d'eau et de bentonite) jusqu'à l'installation de traitement. Plus il y a de tintement, plus il y a de cailloux dans le sol excavé. Le mélange de boue, de sable et de morceaux de cailloux récupéré par le collecteur est un bon indicateur de la nature du sol et devrait confirmer le rapport établi lors de la reconnaissance. Cependant, il est impossible de vérifier visuellement si des obstacles empêchent la progression du micro tunnelier en temps réel et sur tout le tracé.

Tous signes de blocage, de ralentissement ou à l'inverse de pointes de poussée doivent être observés et pris en compte pour évaluer la suite des travaux.

Pour conclure, chaque phase de chantier implique donc différentes méthodes de contrôle qui, au fur et à mesure des expériences faites sur le terrain, permettent d'adapter les interventions des spécialistes.

À noter que 99% du travail des géotechniciens est invisible. Les seules traces éventuelles consistent en des profilés métalliques qui, à leur tour, seront bétonnés ou cachés par des murs. Une des directives de l'OFROU implique de ne laisser aucun obstacle à d'éventuelles futures interventions sur une hauteur de 2.25 m sous la chaussée. Aussi, sur le chantier de la JAG, des blindages verticaux entièrement démontables sont mis en œuvre. Pour la pose de certaines canalisations par exemple, les profilés et plaques métalliques nécessaires à l'excavation sont ensuite retirés lors du remblayage de la fouille. Notons aussi que, en fonction de leur nature, les terres excavées sur le chantier de la JAG, sont valorisées et réutilisées pour le remblayage, ceci limitant l'export ou l'achat de matériau. Dans une optique de développement durable, ces mesures contribuent aussi à la préservation de l'environnement.



Roue de coupe micro tunnel

## Portrait du porteur de projet / GADZ SA

Doté d'un effectif de 16 ingénieurs diplômés, 3 techniciens, 2 administratifs et 1 stagiaire longue durée HEPIA, GADZ SA bénéficie de plus de 60 ans d'activité sur les études géotechniques et les travaux d'infrastructure en génie civil. Le bureau est intervenu sur la JAG au niveau du projet d'ouvrage et du dossier appel d'offres. Il a été amené à épauler le consortium d'ingénieurs TNC dans lequel GADZ est partie prenante pour toutes les problématiques de géotechnique. GADZ dispose d'un système qualité conforme à la norme ISO 9001 depuis octobre 1997.



**13** ouvrages d'art et ouvrages tiers sur lesquels intervient la géotechnique :

- Local BSA Sud
- Passage supérieur piétons Batailleux
- Trémie Nation
- Trémie Grand-Saconnex
- Passage supérieur (pont) Grand-Saconnex
- Passage supérieur (pont) Bois-Brûlé
- Passages supérieurs (pont) Colovrex – ouvrage provisoire et ouvrage définitif
- Murs de soutènement Colovrex Nord 1, Nord 2 et Sud
- Mur de soutènement Halle 6
- Mur de soutènement RC Ferney
- BREL Nation
- Pose de canalisation Génilac, secteurs à ciel ouvert et 2 tronçons en travaux sans tranchée.
- Pose des batteries Swissgrid, secteurs à ciel ouvert et 2 tronçons en travaux sans tranchée
- Pose des collecteurs communaux et OFROU, secteurs à ciel ouvert et 5 tronçons en travaux sans tranchée

### Impressum

Textes : incito communication, Epalinges  
Graphisme : WGR Communication, Lausanne

### Contact

Responsable communication : O. Floc'hic  
olivier.floc'hic@astra.admin.ch

## Lexique

### Sonde CBR

La sonde Farnell est un instrument de mesure manuel utilisé en géotechnique pour établir la consistance ou la compacité des terrains sur une profondeur pouvant atteindre plusieurs dizaines de centimètres.

### Pénétromètre

Le pénétromètre est un instrument de mesure manuel utilisé en géotechnique pour établir la consistance ou la compacité des terrains.

### Inclinomètre

L'usage a consacré l'emploi du mot inclinomètre pour désigner le capteur qui mesure l'inclinaison par rapport à la verticale, c'est-à-dire celle qui serait donnée par le fil à plomb.

Les mesures inclinométriques sont utilisées dans le domaine de la géotechnique afin de : déterminer la position d'un forage ou d'un tubage mis en place dans le terrain, connaître le comportement (inclinaison et déplacement) dans le temps d'éléments d'ouvrages (pieux, écrans de soutènement, parois moulées), d'estimer le déplacement de massifs en terre ou de massifs rocheux, de suivre l'évolution en fonction du temps des mouvements d'une pente instable et de servir d'alarme si besoin.

### Puits marocain

Un puits marocain est une excavation creusée en une succession de phases de creusement à la mini-pelle et de phases de soutènement par béton coulé en place ou projeté.

### Micro tunnelier

Le micro tunnel est une technique de construction utilisée pour construire des ouvrages souterrains d'environ 500 mm à 4'000 mm de diamètre. Les tunneliers sont commandés à distance à partir d'un panneau de commande dans une salle de contrôle en surface. Les éléments

## Les 3 questions / réponses à l'intervenant

*Isabelle Morin, Ingénieure géotechnicienne, département géotechnique*

### Un mot/une phrase pour décrire le chantier JAG ?

La multiplication concomitante des ouvrages au sein même du chantier. Le consortium d'entreprises mobilise énormément de personnes (plus de 250 personnes).

### Parlez-nous de votre plus grand défi sur la Jonction Grand-Saconnex (JAG) ?

Due à la multiplication des ouvrages et le nombre d'intervenants, il s'agit d'avoir une vision d'ensemble de tous les ouvrages sans en oublier. En effet, il y a les ouvrages visibles qui sortent de terre, faciles à suivre mais aussi ceux qui sont moins visibles comme les travaux souterrains.

### Que souhaitez-vous que l'on retienne de votre intervention ?

La géotechnique s'efforce d'apporter des solutions constructives et adaptées. Un appui précieux pour les maîtres d'ouvrage et leurs mandataires à tous les stades, du projet à la réalisation.

de soutènement circulaires (tubes) sont poussés à l'arrière de la roue de coupe. Le terrain excavé est évacué vers la surface par pompage ou bande porteuse. La tête du micro tunnelier est récupérée en fin de tir.

### Tir

Longueur du micro tunnel entre la cellule de poussée et la cellule de réception.

### Pour en savoir plus

Le travail d'un micro tunnelier en vidéo :  
[www.youtube.com/watch?v=hPgQNYZ0E34](http://www.youtube.com/watch?v=hPgQNYZ0E34)