

« GÉOLOGIE DE L'INGÉNIEUR ET GRANDS TRAVAUX »

Séance technique coordonnée par Jean-Alain Fleurisson

Le Comité Français de Géologie de l'Ingénieur a le plaisir de vous inviter à ce rendez-vous annuel de retour d'expérience sur des grands travaux récents ou en cours qui constituent autant d'occasions de partager des expériences dans des contextes géologiques variés et d'en tirer des enseignements pratiques qu'il s'agisse de travaux de reconnaissance ou de travaux plus opérationnels de chantier.

14h30 – 14h40

Introduction de la séance

14h40 – 15h15



Dérivation et mise en sécurité du tunnel du Chambon

François MARTIN, BG Ingénieurs Conseils, Directeur de la Maîtrise d'œuvre tunnel

Vincent ROBERT, Artelia, membre du comité de pilotage du projet

Le versant Nord qui domine le lac du Chambon en Isère est constitué de schistes argileux plus ou moins altérés. Durant l'année 2015, l'accélération des mouvements et des désordres dans le Grand Tunnel du Chambon focalise l'attention des géologues du département sur un phénomène de grande ampleur. Un glissement de terrain dans les schistes est alors identifié, il concerne un volume d'environ 500 000 m³ de roche. Ce glissement n'aurait pas eu l'impact médiatique qu'il a connu s'il n'avait pas entraîné l'éboulement d'une partie du tunnel (PM60 au PM80) et la fermeture de l'axe routier interdépartemental entre Grenoble et Briançon. Une série de mesures d'urgence ont été prises afin de rétablir au plus vite la liaison. Le Département de l'Isère lance la construction d'une route de secours provisoire de l'autre côté du lac. En parallèle Quadric, Artelia et BG Ingénieurs Conseils sont mandatés pour réaliser les études puis le suivi des travaux d'un nouveau tunnel de dérivation, qui plonge en profondeur sous le versant instable.

Ces études, menées en un temps record, ont débouché sur la consultation des Entreprises fin 2015 puis sur le lancement en 3 postes, 7 jours sur 7, d'un chantier périlleux : difficultés d'accès, alésage du tunnel existant pour créer une nouvelle zone d'attaque en souterrain, planning très serré, glissement de terrain à proximité, ouvrage d'art à construire en parallèle du creusement, coactivité et présence forte des institutionnels.

Achévé fin 2017, dans les temps et dans le budget, le nouveau tunnel du Chambon est un exemple d'ouvrage souterrain réalisé en un temps record tout en respectant le coût et les délais fixés avant la consultation. Début 2018 un plan d'auscultation est lancé afin de surveiller l'ouvrage et le massif environnant sur plusieurs années. Il repose sur une instrumentation importante : inclinomètres, extensomètres, cibles topographiques et capteurs TPMS.

15h15-15h50



Aspects géologiques du chantier de suréquipement de la centrale hydroélectrique de La Coche

Benjamin KAO, Romain JARLAN, EDF-DI-TEGG

L'aménagement hydroélectrique de La Coche, sur l'Isère, a été mis en service en 1976. L'usine souterraine de 320 MW, de type mixte, turbine les eaux du bassin supérieur par l'intermédiaire d'une conduite forcée souterraine, et les restitue dans la retenue du barrage d'Aigueblanche.

Le projet « La Coche Pelton G5 » consiste à suréquiper l'aménagement existant par l'installation d'un cinquième groupe de production d'une puissance de 240 MW. Le chantier de Génie Civil a été découpé en 2 lots :

- le lot de « raccordement aval » concerne la construction de la nouvelle usine extérieure. Ces travaux ont nécessité le déroctage d'une falaise rocheuse de grande hauteur (environ 40 m) visant à fonder la nouvelle turbine au rocher, le restant de l'usine étant fondé sur pieux dans les alluvions de l'Isère ;
- le lot de « raccordement amont » concerne le creusement d'environ 300 m de galeries au rocher, visant à raccorder la nouvelle turbine à la conduite forcée existante.

Le Service Géologie-Géotechnique de EDF-TEGG a été impliqué à tous les stades du projet, depuis la phase étude (2007-2015) jusqu'à la phase chantier (2016-2018). Les aspects géologiques ont joué un rôle déterminant dans le choix du design final de l'usine du G5.

La zone concernée par le projet se situe à proximité du contact des zones externes et internes alpines, au droit du Front Pennique. La partie souterraine du projet concerne l'unité du Quermoz, constituée d'une alternance de schistes noirs et de bancs de brèches à éléments dolomitiques liés dans un ciment calcaire.

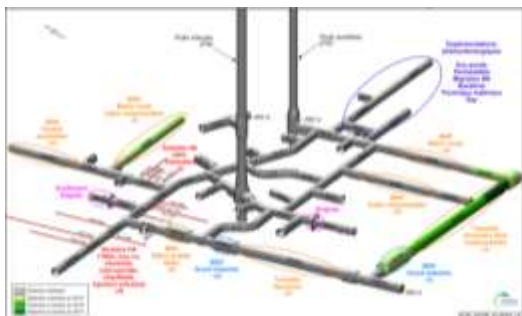
La phase étude a permis de compiler les données géologiques de l'aménagement existant, d'effectuer le suivi de 8 campagnes de reconnaissance, et ainsi décrire le modèle géologique du site, intégré dans les pièces du Dossier de Consultation des Entreprises.

Cette implication depuis la phase étude a permis de faciliter le suivi du chantier souterrain, dans le cadre d'une mission de supervision géotechnique d'exécution (G4). L'organisation a permis :

- de mettre à profit la bonne connaissance du site, permettant d'apporter un appui à l'Aménagement dans sa relation technique avec le Titulaire ;
- d'assurer des missions régulières sur le chantier ainsi que de suivre la production documentaire ;
- d'appuyer l'Aménagement dans le cadre de l'ingénierie intégrée ;
- de confronter les hypothèses (formulées à la phase étude) à la réalité du site, mais aussi de progresser sur le plan technique.

15h50-16h25

Le retour d'expérience du Laboratoire de recherche



souterrain de Meuse Haute-Marne de l'Andra sur la fracturation induite par le creusement d'ouvrages souterrains dans la formation argileuse du Callovo-Oxfordien, dans le cadre du projet Cigéo

Gilles ARMAND, Andra, Direction de la R&D/Chef du Service Mécanique des Fluides et des Solides

La loi de 2006 qui faisait suite à 15 ans de recherche sur la gestion à long terme des déchets radioactifs de haute activité et moyenne activité à vie longue dans le cadre de la loi de 2005, a défini en France le stockage géologique profond comme la solution de référence pour la gestion à long terme de ces déchets radioactifs, en donnant à l'Andra la mission de développer un projet industrielle de stockage (i.e. le centre industriel de stockage géologique, Cigéo) et en fixant une exigence de réversibilité (processus de gouvernance de Cigéo dont le cadre a été défini par une loi dédiée en 2016). Après plus de 25 ans de travaux et les différentes étapes d'évaluation et de décision associées, l'Andra doit déposer une demande d'autorisation de création Centre Industriel de stockage Géologique (Cigéo) à l'horizon 2019. Le site du projet Cigéo se situe en Meuse/Haute Marne et la roche hôte est une formation argileuse, le Callovo-Oxfordien, située à une profondeur d'environ 500 m et dont l'épaisseur varie entre 140 et 160 m sur la zone considérée.

Dans ce cadre, l'Andra conduit depuis le début des années 2000 un programme de recherches et d'études scientifiques et techniques sur la roche Callovo-Oxfordien au Laboratoire souterrain de Meuse Haute Marne, à 500 de profondeur. Au-delà de la caractérisation in situ des propriétés du Callovo-Oxfordien (faible perméabilité à l'eau, forte rétention, faible coefficient de diffusion des solutés...), le développement progressif du Laboratoire souterrain a permis d'étudier l'effet de différentes méthodes de creusement et de soutènement sur le comportement mécanique des ouvrages de type galeries et alvéoles de stockage de déchets, ainsi que l'endommagement mécanique (i.e. fracturation) de la roche en champ proche de ces ouvrages. L'objectif est (1) pour la période d'exploitation séculaire de Cigéo, dans le cadre de la sûreté de l'exploitation et de l'éventuelle récupérabilité des colis de déchets : concevoir et dimensionner les ouvrages, en garantissant leur tenue mécanique sur cette période ; et (2) pour la période après fermeture, dans le cadre de la sûreté à long terme de Cigéo : évaluer le rôle éventuel de la zone endommagée comme voie de transfert des radionucléides.

Des observations visuelles, ainsi que des mesures de déformation, de pression interstitielle et de perméabilité ont ainsi été systématiquement réalisées au Laboratoire souterrain dans la roche autour des galeries et des démonstrateurs des alvéoles de stockage de déchets de haute activité, afin d'évaluer la fracturation induite par le creusement (nature, connectivité, densité), comprendre les modes de déformation de cette fracturation et de mesurer l'évolution des contraintes dans les revêtements dans le temps en lien avec la convergence de la roche, et évaluer la perméabilité de la zone endommagée..

Après 15 ans de fonctionnement du Laboratoire souterrain (environ 1.8 km de galeries à fin 2017), le retour d'expérience pratique, acquis de façon progressive, montre clairement les grands résultats suivants :

- Vis-à-vis de la constructibilité d'ouvrages souterrains :
 - o Aucune difficulté particulière n'a été rencontrée quant à la capacité à creuser et à soutenir ces ouvrages, quelle que soit leur orientation par rapport à la direction de la contrainte horizontale majeure, et ce aussi bien par la mise en œuvre d'une méthode de creusement traditionnelle ou mécanisée ;
 - o Aucun « effet falaise » avec le diamètre n'a été observé en termes de faisabilité d'excavation (avec les différentes méthodes de construction employées) et d'extension de la zone fracturée.
- Vis à vis de la zone endommagée autour des ouvrages souterrains :
 - o Une fracturation similaire quelles que soient la taille et la méthode de creusement (typologie des fractures, organisation spatiale des fractures, structuration en deux zones suivant la connectivité et la typologie des fractures) ;
 - o Seule l'orientation de l'ouvrage suivant la contrainte majeure horizontale influe sur la zone fracturée, en termes de direction d'extension privilégiée (horizontale ou verticale) ;
 - o Les caractéristiques hydrauliques de la zone fracturée sont similaires quelles que soient la taille et la méthode de creusement, en terme notamment de profil d'évolution des valeurs depuis la paroi. Les valeurs de perméabilités les plus élevées sont en paroi et sont liées à l'ouverture des fractures ;
 - o La cicatrisation hydraulique des fractures a été montrée systématiquement, donc dans le niveau litho-stratigraphique où seraient implantés les alvéoles de stockage.



[Le tunnelier à densité variable : une première en France !](#)

Benjamin KITSIS, Bouygues-Travaux Publics

Le projet T2A est un lot de la ligne 15 Sud du réseau Grand Paris Express entre Villejuif Louis-Aragon et Créteil L'Echat. Il s'agit de creuser 7.8 km de tunnel avec 3 tunneliers (2 tunneliers de 9.87m de diamètre et 1 tunnelier à 7.75m de diamètre) et de construire 4 gares et 6 ouvrages annexes.

C'est un projet hors du commun compte tenu de la complexité des ouvrages à réaliser, de la traversée de formations géologiques complexes et multiples, et de la présence de plusieurs points singuliers le long du tracé (passage sous la Seine, passage sous des lignes de métro existantes,...) le tout dans un environnement urbain dense.

Dans ce contexte, la réalisation du tunnel implique une maîtrise continue des pressions de confinement au front de taille, afin de réduire au minimum les tassements et les déformations en surface. Les installations, ainsi que la logistique de chantier doivent être conçues pour permettre un déroulement optimal de toutes les activités liées au creusement, aussi bien en tunnel qu'en surface.

Par conséquent, le choix du mode de confinement a été le résultat de plusieurs conditions. Le groupement Horizon Grand Paris, constitué de Bouygues Travaux Publics (Mandataire), Solétanche Bachy et ses filiales tunnel, a sélectionné des tunneliers à pression de boue à densité variable.

L'exposé présentera ce mode de confinement novateur, qui constitue une première en France, ainsi que les avantages qu'il apporte sur le projet: maîtrise du confinement, marinage hydraulique, gestion des déblais.

Sylvine Guédon
Secrétaire Générale