

Présentation du pôle GGD

Géologie, Géotechnique et Dimensionnement

Les tunnels sont fondamentalement des structures géotechniques avec des enjeux essentiels d'interaction entre l'ouvrage et le terrain. Le pôle intervient à ce titre sur tous les types d'ouvrages souterrains, qu'ils soient existants ou à construire.

Le pôle fonde tout d'abord ses interventions sur des observations naturalistes et des reconnaissances de terrain afin de construire des modèles géologiques, hydrogéologiques et géotechniques interprétatifs.

L'identification des mécanismes en jeu et du comportement à l'excavation des terrains constituent ainsi la base permettant de définir les méthodes d'exécution (conventionnelles ou mécanisées) et de justifier les choix de conception par des approches et modélisations géomécaniques en tenant compte des contraintes environnementales, en particulier les avoisinants soumis aux tassements ou aux vibrations induits par le creusement.

Le pilotage des travaux et l'examen des ouvrages existants sont également menés à partir des observations de terrain et des auscultations statiques et dynamiques pour affiner les diagnostics, valider les dispositions constructives ou les adapter aux conditions rencontrées.

Sommaire

Modélisation géologique, hydrogéologique et géotechnique p.1

Conception et justification des ouvrages souterrain p.2

Intervention en ingénierie opérationnelle p.4

Production de recherche appliquée et de doctrine p.5

Participation aux réseaux et formations données p.8

Modélisation géologique, hydrogéologique et géotechnique



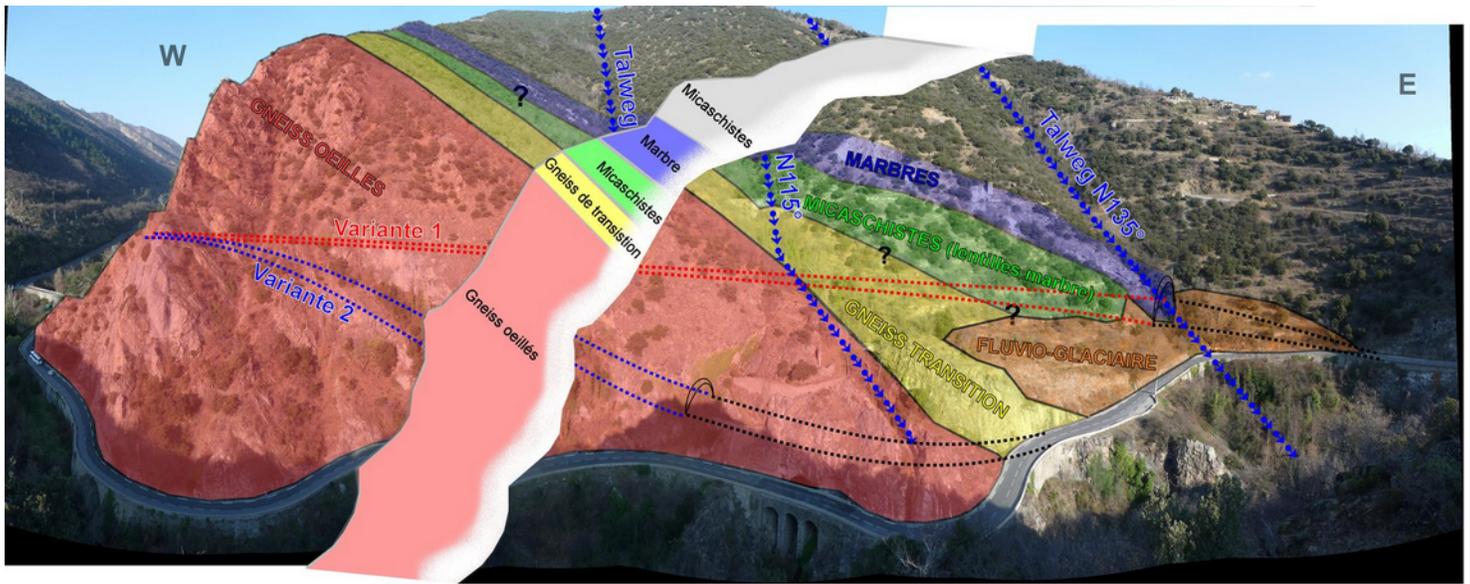
Le pôle GGD se déploie sur toutes les étapes de définition des modèles géologique, hydrogéologique et géotechnique des projets de tunnels. Cela se traduit notamment par :

- l'élaboration des modèles conceptuels dans les premières phases ;
- la réalisation en propre des premières reconnaissances (photo-interprétation, levés de terrain) ;
- la définition technique des programmes de reconnaissances ainsi que la rédaction des pièces techniques des marchés de reconnaissance, et l'assistance à la passation de ces marchés. Le pôle GGD maîtrise l'ensemble des reconnaissances, y compris les diagraphies différées associées, les essais in-situ puis en laboratoire. Le pôle GGD supervise ces reconnaissances ou prescrit cette supervision ;
- la caractérisation en propre de la propagation des vibrations des terrains (définition, suivi et interprétation des campagnes de tirs de reconnaissance, détermination des lois d'amortissement) ;
- la prescription et la supervision des reconnaissances à l'avancement (levés de front, auscultations).

Pour tous ces domaines, le pôle GGD contribue activement à l'établissement de l'état de l'art via des recommandations et des guides.

Intrinsèquement lié à la construction des modèles géologique, hydrogéologique et géotechnique, le management des risques est pleinement intégré à la démarche de modélisation. Le pôle GGD a été moteur dans les années 2010-2020 pour concrétiser la prise en compte des risques en fléchant notamment leurs origines techniques. Il continue à élaborer et diffuser des guides à ce sujet pour que l'ensemble de la profession puisse se l'approprier parfaitement.

Le pôle maîtrise l'ensemble du processus du management des risques : identification des incertitudes et des événements redoutés, qualification des degrés de vraisemblance et quantification des conséquences pour détermination des niveaux de risques, en lien avec le pôle PCME. In fine, le pôle donne toutes les clefs techniques pour asseoir l'évaluation de la provision pour risques identifiés (PRI).



Coupe illustrative établie à partir des données bibliographiques et de terrain

Les guides ou recommandations

A propos de l'application de la démarche de management des risques techniques dans les projets

- CETU, à paraître, Guide – L'essentiel du management des risques pour agir sur les incertitudes souterraines.

A propos des reconnaissances, leur commande, leur réalisation et leurs livrables

- CETU, 2021, Guide – Levés géologiques et hydrogéologiques de terrain pour les ouvrages souterrains – objectifs, spécifications, organisation contractuelle.
- AFTES, 2020, Recommandation GT24.R3F1, Reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques nécessaires à la conception des ouvrages souterrains.

Les articles en lien avec la thématique

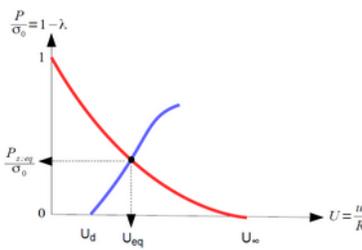
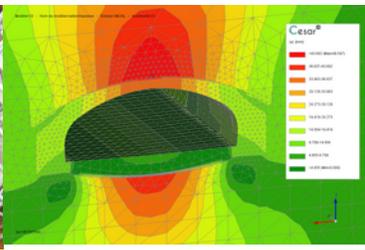
A propos des reconnaissances et des modélisations géologiques qui en découlent

- Gaillard C., Kasperski J. (2024), Geological model for a tunnel in Pyrenees (France): importance of the feedback loop based on re examined investigation data, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 83:141, 12p.
- Kasperski J., Gaillard C. (2024), Mise en évidence de la complexité des terrains au droit d'une bande triasique pyrénéenne, JNGG Poitiers, 8 p.

A propos de la caractérisation de la propagation des vibrations.

- Rallu A., Gaillard C. (2019), Suivi des vibrations lors d'un creusement de tunnel : réflexions sur la démarche opérationnelle, Tunnel et Espace Souterrain n°270, pp 76-101.
- Kasperski J., Gaillard C., Panigoni T. (2016), Tirs de reconnaissance pour le creusement du Grand tunnel du Chambon, Tunnel et Espace Souterrain n°255/256, pp 183-191.

Conception et justification des ouvrages souterrains



Les tunnels sont fondamentalement des structures géotechniques avec des enjeux essentiels d'interaction entre l'ouvrage, le terrain et son environnement. Le pôle intervient à ce titre à tous les stades d'avancement d'un projet d'ouvrage souterrain : définition, conception, réalisation, exploitation.

Sur la base des modèles géologique, hydrogéologique et géotechnique, le pôle contribue ainsi à :

- l'optimisation de la définition géométrique des ouvrages via la prise en compte du terrain dans l'implantation de l'ouvrage et l'insertion des têtes ;
- le choix des méthodes de creusement, qu'elles soient conventionnelles (explosif ou machine à attaque ponctuelle) ou plus spécifiques (tunneliers et microtunneliers, traitements préalables des terrains) ;
- le choix des méthodes de soutènement et revêtement, au front de taille et en paroi de l'ouvrage, en fonction des mécanismes de déformation et de rupture attendus ;
- la justification des structures de soutènement et revêtement via une analyse du comportement d'ensemble terrain-structure approchée grâce à des modèles semi-empiriques, analytiques ou numériques ;
- l'estimation des déplacements et vibrations induits par les travaux dans le terrain, et leurs effets sur les constructions avoisinantes ;
- la mise en œuvre d'une méthode observationnelle pour optimiser les méthodes de creusement-soutènement pendant les travaux (adaptation des profils types aux conditions réellement rencontrées, optimisation des plans de tir, etc.), en lien avec la démarche de management des risques du projet.

Le pôle est particulièrement actif dans l'évaluation de l'impact des déplacements et vibrations induits par le creusement des tunnels sur les constructions avoisinantes, ainsi que le domaine du comportement géomécanique des tunnels à grande profondeur, sujets sur lesquels des collaborations scientifiques (notamment avec l'ENTPE et l'Ecole des Ponts ParisTech) sont engagées depuis de nombreuses années.

Les guides ou recommandations

A propos de l'étude de la stabilité du front de taille

- CETU, 2022, Document d'information, Stabilité du front de taille des tunnels – mécanismes de rupture, justification et principes constructifs.

A propos de la démarche de limitation des impacts sur les constructions avoisinantes

- AFTES, 2018, Recommandation GT16.R2F1, Prise en compte des effets induits par le creusement sur les constructions avoisinantes dans la conception et réalisation des ouvrages souterrains

Les articles en lien avec la thématique

A propos de l'évaluation des déplacements induits par le creusement au tunnelier, et de leur impact sur des fondations profondes

- Michalski A., Branque D., Berthoz N., Rallu A., Mohamad W., Szymkiewicz F., Le Kouby A., Bourgeois E., (2024), Greenfield response to EPBM tunnelling in Paris and relations with TBM operation variables, Case study, J. Geotech. Geoenviron. Eng., 2024, 150(10)
- Berthoz N., Bourgeois E., Branque D., Michalski A., Mohamad W., Le Kouby A., Szymkiewicz F., Kreziak C. (2022). Impact du creusement au tunnelier sur un pieu : synthèse de l'exercice de prévision TULIP. Revue Française de Géotechnique.

A propos des vibrations induites par le creusement au tunnelier

- Rallu A., Berthoz N., Charlemagne S., Branque D. (2023). Vibrations induced by tunnel boring machine in urban areas: in situ measurements. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, n°15, 130-145

A propos du comportement géomécanique des tunnels profonds

- Liu Y., Sulem J., Subrin D., Tran-Manh H., Humbert E. (2021). Time-dependent behavior of Saint-Martin-la-Porte exploratory galleries: Field data processing and numerical modeling of excavation in squeezing rock conditions, Int. J. Geomechanics, Vol. 21(12).

Interventions en ingénierie opérationnelle

Le pôle est notamment intervenu dans le cadre des missions d'ingénierie géotechnique suivantes, définies selon la norme NF P94-500 et la recommandation GT43.R1F1 de l'AFTES qui en décline l'application aux projets d'ouvrages souterrains :

- 2024 :**
- Tunnel de Quié (09), DREAL, AMOA ;
 - Tunnel sur projet A31bis (57), DREAL Est, AMOA ;
 - Tunnel sur projet TEOL (69), SYTRAL, AMOA ;
 - Tunnels sur LNPCA, SNCF Réseau (13), AMOA ;
 - Tunnel de Saint-Cloud (92), DIRIF, AMOA ;
 - Tunnel sur projet T10, SGP, AMOA ;
 - Lot CO5a sur projet TELT (73), G5 (post-éboulement) ;
 - Tunnel de Ruyaulcourt (62), VNF, G5
 - Tunnels sur projet Via-fluvia (07), Annonay Rhône Agglo, G5.
- 2023 :**
- Tunnel de Gueule Rouge (La Réunion), Conseil Régional de La Réunion, G1 PGC
 - Tunnel de Quié (09), DREAL, AMOA & CExt ;
 - Tunnel canal du Rove, Le Rove (13), diagnostic géotechnique et structurel, GPMM, G5 ;
- 2022 :**
- Tunnel de la Grand' Mare (76) : réalisation de rameaux intertubes, DIR Nord-Ouest, G2 puis AMO niveau G4 ;
 - Travaux d'amélioration de la sécurité des tunnels de Boulc et Rousset (26), CD 26, AMO G2 PRO & ACT ;
 - Tunnel sur A31bis, DREAL Est, AMOA.
- 2021 :**
- Tunnel d'Oloron Sainte Marie (64), DIR SO, G2 PRO ;
 - Tunnel de Quié (09), DREAL Occitanie, G1 PGC ;
 - Tunnel de Saint-Cloud (93), diagnostic géotechnique et structurel, DIRIF, G5 ;
 - Souterrain de Bénavau, Epinal (88), diagnostic géotechnique et structurel, VNF, G5 ;
- 2020 :**
- Projet CIGEO (52) : expertise relative au modèle de comportement de l'argilite, ANDRA, G5 ;
 - Pose d'une canalisation sous la VRU de Chambéry (73), DIRCE, G1 PGC - G2 PRO - G2 ACT – G4 ;
 - Travaux d'assainissement terminal 4 de l'aéroport Roissy CDG (95), Aéroports de Paris, AMO G2 PRO ;
 - Franchissement en sous-oeuvre de la RN57 par la rigole de Bouzey à St-Nabord (88), DIRNE, G2 PRO ;
 - NEO (La Réunion), Conseil Régional de La Réunion, G1 PGC ;
 - Souterrain de La Bourieure, les Forges (88), diagnostic géotechnique de l'ouvrage, VNF, G5.

Guides et documents d'information CETU :

- 2022 :**
- CETU (2022), Stabilité du front de taille des tunnels – mécanismes de rupture, justification et principes constructifs, Document d'information, 40 p.
 - CETU (2022), Tunnel face stability – Collapse mechanisms, design and construction principles, Information documents, 39 p.
- 2021 :**
- CETU, 2021, Guide – Levés géologiques et hydrogéologiques de terrain pour les ouvrages souterrains – objectifs, spécifications, organisation contractuelle.
 - CETU, 2021, Guide – Geological and hydrogeological walkover surveys for tunnelling projects – objectives, specifications, contractual organisation.

Articles scientifiques :

- 2024 :**
- Gaillard C., Kasperski J. (2024), Geological model for a tunnel in Pyrenees (France): importance of the feedback loop based on re examined investigation data, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 83:141, 12p.
 - Michalski A., Branque D., Berthoz N., Rallu A., Mohamad W., Szymkiewicz F., Le Kouby A., Bourgeois E., (2024), Greenfield response to EPBM tunnelling in Paris and relations with TBM operation variables, Case study, J. Geotech. Geoenviron. Eng., 2024, 150(10)
- 2023 :**
- Rallu A., Berthoz N., Charlemagne S., Branque D., (2023). Vibrations induced by tunnel boring machine in urban areas: in situ measurements. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, n°15, 130-145.
 - Berthoz N., Branque D., Michalski A., Mohamad W., Bourgeois Em. Le Kouby A., Szymkiewicz F., Rallu A. (2023). Impact of tunnelling on piles in Parisian subsoil: dataset of in-situ measurements in the ground and on three instrumented piles, Data in Brief, 108971.
- 2022 :**
- Berthoz N., Bourgeois E., Branque D., Michalski A., Mohamad W., Le Kouby A., Szymkiewicz F., Kreziak C. (2022). Impact du creusement au tunnelier sur un pieu : synthèse de l'exercice de prévision TULIP. Revue Française de Géotechnique.
 - Liu Y., Sulem J., Subrin D., Tran-Manh H., Humbert E. (2022) Numerical modeling of long-term behavior of tunnels in squeezing rock with a fractional creep model, Int. J. Rock Mech. Mining Sci.
 - Mohamad W., Bourgeois E., Le Kouby A., Szymkiewicz F., Michalski A., Branque D., Berthoz N., Soyez L., Kreziak C. (2022) Full scale study of pile response to EPBS tunnelling on a Grand Paris Express site, Tunnelling and Underground Space Technology, 124.
 - Rallu A., Berthoz N. (2022) Vibrations induced by tunnel boring machines in urban areas: Dataset of synchronized in-situ measurements inside the shield and on the surface. Data in Brief. 41, p. 107826.
- 2021 :**
- Liu Y., Sulem J., Subrin D., Tran-Manh H., Humbert E. (2021) Time-dependent behavior of Saint-Martin-la-Porte exploratory galleries: Field data processing and numerical modeling of excavation in squeezing rock conditions, Int. J. Geomechanics, Vol. 21(12).
- 2020 :**
- Berthoz N., Branque D., Subrin D. (2020) Déplacements induits par les tunneliers : rétro-analyse de chantiers en milieu urbain sur la base de calculs éléments finis en section courante, Revue Française de Géotechnique, 164-1.
 - De La Fuente M., Sulem J., Taherzadeh R., Subrin D. (2020) Tunneling in squeezing ground: effect of the excavation method, Rock Mechanics and Rock Engineering, Vol. 53, 601–623.
 - El Jirari S., Wong H., Deleruyelle F., Branque B., Berthoz N., Leo C. (2020) Analytical modelling of a tunnel accounting for elastoplastic unloading and reloading with reverse yielding and plastic flow, Computers and Geotechnics, 121.
 - Larive C., Bouteille S., Berthoz N., Zappelli S. (2020), Fiber-Reinforced Sprayed Concrete as a Permanent Tunnel Lining, Structural Engineering International, 2020, 9 p.

Communications en congrès et revues techniques :

2024 :

- Kasperski J., Gaillard C. (2024), Mise en évidence de la complexité des terrains au droit d'une bande triasique pyrénéenne, JNGG Poitiers, 8 p.
- Aslan Y., Rallu A., Branque D., Berthoz N., Chatzigogos C., Makrypidi T. (2024), Monitoring and analyzing vibrations from tunnel boring machine in urban areas, Proceedings of the XVII ECSMGE, 6 p.
- Berthoz N., Dufour N., Rallu A., Aslan Y., Branque D. (2024), Cross analysis between different evaluation methods of small strain moduli in clays and marls of Parisian subsoil, Proceedings of the XVII ECSMGE, 6 p.
- Aslan Y., Rallu A., Berthoz N., Branque D., Chatzigogos C., Makrypidi T. (2024), Méthodologie d'estimation du spectre de force d'un tunnelier à l'aide d'une approche couplée numérique et expérimentale, JNGG Poitiers, 8p.
- Simon N., Cahn M., Traore L., Berthoz N. (2024), Choix du taux de déconfinement à la pose : évaluation de la robustesse d'approches analytiques, JNGG, Poitiers.

2023 :

- Bourgeois E., Berthoz N., Mohamad W., Szymkiewicz F., Le Kouby A., Branque D., Michalski A., Kreziak C., Soyez L. (2023). Results of a benchmark exercise of prediction of tunnel-pile interaction: the TULIP project, 10th NUMGE, London.
- Gaillard C., Kasperski J. (2023). Construction d'un modèle géologique d'un tunnel dans les Pyrénées : révision et nécessité du réexamen des résultats des reconnaissances, congrès AFTES, Paris.
- Kasperski J., Macary M., Cabut C. (2023). Réflexions autour du calcul de la provision pour risques identifiés, congrès AFTES, Paris.
- Le Kouby A., Thorel L., Berthoz N., Mroueh H., Bourgeois E., Lenti L. (2023). Le projet ANR E-PILOT : études expérimentales et numériques en statique et en dynamique des interactions tunnelier-fondations profondes, congrès AFTES, Paris.
- Michalski A., Berthoz N., Mercado-chavez C., Rallu A., Subrin D., Branque D. (2023). Modélisation numérique 3D de l'interaction tunnelier / terrain / pieux appliquée à l'expérimentation in-situ TULIP, congrès AFTES, Paris.

2022 :

- Berthoz N., Rallu A., Charlemagne S., Branque D., Subrin D. (2022) Vibrations induites par les tunneliers en contexte urbain : caractéristiques et impacts potentiels. Revue Tunnels et Espace Souterrain, n°280.
- Berthoz N., Branque D., Mercado-Chavez C., El Jirari S. (2022). Evaluation du taux de déconfinement du terrain en sortie de jupe des tunneliers, JNGG, Lyon.
- Kasperski J., Gaillard C. (2022). Levés de terrain pour la modélisation géologique : illustration de leur efficacité, Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur, Lyon.
- Michalski A., Branque D., Berthoz N., Mohamad W., Bourgeois E., Le Kouby A., Szymkiewicz F. (2022), Full-scale experiment of the TBM / soil / pile interaction in Parisian subsoil. ITA World Tunnel Congress (WTC), Copenhagen.
- Mohamad W., Bourgeois E., Le Kouby A., Szymkiewicz F., Michalski A., Branque D., Berthoz N., Kreziak C. (2022) Full-scale experiment on EPBS-pile-soil interaction in Parisian subsoil, Intern. Conf. On Comput. Methods and Info. Models in Tunn. (Euro:Tun), Bochum, june.
- Mohamad W., Bourgeois E., Le Kouby A., Szymkiewicz F., Michalski A., Branque D., Berthoz N., Kreziak C. (2022) Effet du creusement au tunnelier sur les fondations profondes : comparaison entre cordes vibrantes et fibres optiques, Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur, Lyon.
- Rallu A., Berthoz N. (2022). In-situ experimental quantification of particle velocities emitted by TBMs in urban areas. World Tunnel Congress (WTC). Copenhagen, september.
- Liu Y., Sulem J., Subrin D., Tran-Manh H., Humbert E. (2022) Numerical modeling of rock-support interaction under squeezing conditions, Congr. IACMAG Int. Ass. for Computer Meth. Advances Geomech., Turin, juin.

2021 :

- Berthoz N., Michalski A., Branque D., Subrin D. (2021) Impact des tunneliers sur des fondations profondes : modélisation numérique 3D d'essais réalisés sur modèle réduit, Congrès International AFTES, Paris, sept.
- Mohamad W., Bourgeois E., Le Kouby A., Szymkiewicz F., Soyez L., Kreziak C., Noureldeen A., Branque D., Rallu A., Michalski A., Berthoz N. (2021) Effects of tunnelling on existing pile foundations : the TULIP project. Proceeding of the 20th Intern Conf. On Soil Mech. And Geotech. Engineering, Sidney.
- Liu Y., Sulem J., Subrin D., Tran-Manh H., Humbert E. (2021) Auscultation et modélisation du comportement des tunnels excavés dans des terrains tectonisés : l'exemple des galeries d'exploration de Saint-Martin-la-Porte, Congrès International AFTES, Paris, sept.

2020 :

- Berthoz N., Bouteille S., Mohamad W., Subrin D. (2020). Dimensionnement des revêtements de tunnels : réactions hyperstatiques ou éléments finis ?, JNGG, Lyon.

- Gaillard C. (2020). Reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques nécessaires à la conception des ouvrages souterrains : présentation de la recommandation AFTES, congrès AFTES, Paris.
- Kasperski J. (2020). Do rock mass classifications truly classify the rock masses - Contractual implications. Proceeding of the EUROCK conference, Trondheim.
- Michalski A., Berthoz N., Branque D., Subrin D. (2020). Impact des tunneliers sur des fondations profondes : modélisation numérique 3D d'essais réalisés sur modèle réduit, Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur, Lyon.
- Liu Y., Sulem J., Subrin D., Tran-Manh H., Humbert E. (2020) Modélisation des tunnels excavés dans des terrains fortement tectonisés, JNGG, Lyon.

Logiciels :

- C-Tunnel, logiciel de justification en éléments finis des soutènements et revêtements
- T-Tunnel, logiciel d'aide à la conception et à l'implantation des têtes de tunnel
- V-Tunnel, logiciel dédié aux vibrations. Il permet de capitaliser l'ensemble des données nécessaires à la conduite d'une étude de vibrations, de faciliter le dépouillement des mesures et de les exploiter suite à l'édition de différents graphiques (histogramme, suivi d'évolution, loi d'amortissement),

Participation aux réseaux et formations données

Le pôle est particulièrement impliqué dans plusieurs associations professionnelles et commissions de normalisation dans le domaine de la géologie, hydrogéologie et géotechnique :

- Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES) :
 - membre du comité de rédaction de la revue Tunnels et Espace Souterrain
 - membre du comité technique de l'AFTES
 - membre du GT3 (creusement à l'explosif)
 - membre du GT4 (creusement mécanisé des tunnels)
 - membre du GT7 (choix d'un type de soutènement)
 - membre du GT16 (impact sur les avoisinants)
 - membre du GT30-1 (conception et justification des pré-soutènements)
 - membre du GT30-2 (modélisation numérique des ouvrages souterrains)
 - membre du GT43 (normes et règlements)
 - membre du GT44 (amiante)
- Association Internationale des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AITES – ITA) :
 - membre du WG2 – SG3 (stabilité du front de taille)
 - membre du WG19 (creusement conventionnel)
- Comité Français de Géologie de l'Ingénieur (CFG I) :
 - secrétaire général
 - membre du groupe de travail altération
- Comité Français de Mécanique des Roches (CFMR) :
 - membre du conseil
 - responsable du groupe de travail sur l'évolution de l'Eurocode 7
- Comité Français de Mécanique des Sols :
 - membre du GT « Congélation »
- Groupe de travail préparatoire à publication d'arrêté :
 - Arrêté relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances vibratoires des infrastructures de transport ferroviaire (art. 91 de la loi LOM)
- Commissions de normalisation :
 - Commission de Normalisation « Justification des Ouvrages Géotechniques » (CNJOG)
 - Norme NF P94-500 « Missions d'ingénierie géotechnique »

Le pôle intervient également dans différentes formations initiales (écoles d'ingénieurs, master, mastère) et professionnelles, y compris à l'international :

- ENTPE (Bac+5) – Éléments Finis et Ouvrages Géotechniques ;
- ENTPE (Bac+5) – Travaux Souterrains en Sols et Roches : mécanique des roches, dimensionnement des soutènements de tunnel, stabilité du front de taille, management des risques ;
- ENSG (Bac+5) – Management des risques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques en tunnels ;
- ENTPE (Bac+3) – Mécanique des sols ;
- Université de Franche-Comté (Bac+5) – Master 2 Géologie Appliquée - Géologie, hydrogéologie et géotechnique appliquées aux ouvrages souterrains ;
- Pont Formation Continue (professionnels) : mécanique des roches, pilotage des projets de tunnels par les risques, inspection des ouvrages d'art : tunnels (module 5) ;
- ITACET (Found. for Educ. and Training on Tunnel and Undergr Space Use) (Professionnels internationaux) : interventions sur différents sujets relatifs à la géotechnique des ouvrages souterrains.