

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2019

Centre d'Études des Tunnel

www.cetu.developpement-durable.gouv.fr

SOMMAIRE

- 4 ORGANIGRAMME
- 5 ÉDITO
- 7 LES MISSIONS DU CETU
- 11 2019, EN BREF
- 17 ACTIVITÉ INSTITUTIONNELLE ET RÉGLEMENTAIRE
- 31 RECHERCHE ET DOCTRINE, PRODUCTION DE CONNAISSANCES
- 45 INGÉNIERIE
- 59 FORMATION DONNÉE
- 69 LES PUBLICATIONS
- 73 LEXIQUE

ORGANIGRAMME

au 1^{er} octobre 2020

DIRECTEUR

M. Deffayet

DIRECTEUR ADJOINT

E. Premat

RÉSEAUX INTERNATIONAUX ET ANIMATION DE LA RECHERCHE

M. Tesson

AVIS & CONTRÔLE EXTERNE

Équipement :

J.-C. Martin

Génie civil :

G. Hamaide

SECRETARIAT GÉNÉRAL

C. Martinaud Picot

Personnel et moyens généraux

L. Jarnieux

Informatique et bureautique

L. Beaujeu

Conseil en gestion, qualité et ingénierie

C. Maisonneuve

Documentation

A. Emery et N. Rochet

Formation

S. Vizier

Comptabilité et marchés publics

M. Sulpizio

Communication et activités internationales

K. Drouard

ANIMATION TRANSVERSALE ET CORRESPONDANTS

COORDINATION DES ACTIVITÉS INSTITUTIONNELLES ET FORMATION DONNÉE

S. Lavedrine

VALORISATION DES DONNÉES

T. Manuguerra

MISSION DÉVELOPPEMENT DURABLE

L. D'Aloia- Schwartzentruber

APPUI TECHNIQUE INGÉNIERIE ET DESSIN

S. Zappelli

OBSERVATOIRE ET PROGRAMME RÉNOVATION

S. Besset

7 PÔLES DE COMPÉTENCES

PÔLE PROCÉDÉS DE CONSTRUCTION MARCHÉS ET EXÉCUTION (PCME)

F. Robert

PÔLE GÉOLOGIE, GÉOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT (GGD)

D. Subrin

PÔLE MATÉRIAUX, STRUCTURES ET VIE DE L'OUVRAGE (MSVO)

C. Larive

PÔLE VENTILATION ET ENVIRONNEMENT (VE)

J.-F. Burkhart / A. Mos

PÔLE SÉCURITÉ (SEC)

H. Mongeot

PÔLE EXPLOITATION (EXP)

I. Leroux

PÔLE ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET DE GESTION (EEG)

S. Besson

ÉDITO

À l'heure d'écrire en 2020 quelques mots d'introduction à ce rapport d'activité 2019, on ne peut s'empêcher de prendre la mesure du décalage et des impacts consécutifs à la crise épidémique qui nous frappe depuis mars 2020. L'année 2019 apparaît en effet avec le recul comme un peu irréaliste, image d'un autre temps où les choses et activités allaient de soi et se combinaient au sein d'une large palette.

Bâti autour des quatre principales composantes de l'activité du CETU, à savoir l'activité institutionnelle, l'élaboration de la doctrine, l'ingénierie des projets et la formation donnée, ce rapport donne un aperçu assez complet de la diversité des modes d'intervention et des facettes du rôle que le CETU a continué d'assurer en appui et en accompagnement des pouvoirs publics et de la profession de la construction et de l'exploitation des ouvrages souterrains.

Il est intéressant de s'attarder quelques instants sur la mise en route effective en 2019 des audits des systèmes de gestion de la sécurité (SGS) ; il s'agit là en effet d'une mission nouvelle pour le CETU, mais totalement en cohérence et en continuité avec toute la démarche d'amélioration de la sécurité des tunnels routiers entreprise depuis le début des années 2000. Les directions interdépartementales des routes l'ont bien compris et se sont beaucoup investies dans ce travail qui est maintenant clairement sur les rails.

Comme déjà souligné en 2018, l'activité des travaux souterrains en France est dans une période faste avec un niveau inédit de chantiers en cours.



Michel Deffayet & Eric Premat

Les perspectives restent très bonnes pour les années qui viennent, avec des opérations appelées à prendre le relais des travaux du Grand Paris qui vont se terminer d'ici 2023. Beaucoup de ces opérations sont évoquées dans le rapport, notamment pour en esquisser les spécificités et les points délicats sur lesquels le CETU est déjà sollicité. Il est intéressant de noter que beaucoup d'entre elles sont ferroviaires ou relatives aux transports guidés, mais que plusieurs tunnels routiers sont aussi à l'étude.

Un volet entier est consacré à la formation. La demande est logiquement très forte du fait des programmes d'études et travaux souterrains déjà mentionnés et vient de l'ensemble des acteurs, ingénieries, entreprises et exploitants, tous à la recherche de compétences pour faire face à la croissance de l'activité. Le CETU n'a pas certes ni la vocation ni les moyens pour répondre à tous, mais cherche dans ce domaine à apporter son soutien et son concours aux initiatives les plus porteuses.

Nous espérons que vous trouverez plaisir à cheminer au fil de ce rapport et n'hésitez pas à prendre contact avec les responsables des différents sujets qui pourront vous intéresser.

Bonne lecture !

Michel Deffayet, directeur
Eric Premat, directeur adjoint



LES MISSIONS DU CETU

Service Technique Central du Ministère chargé des transports, rattaché au Directeur Général des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM), le CETU a en charge l'ensemble des aspects techniques relatifs aux ouvrages souterrains et intervient à tous les stades depuis la conception jusqu'à l'exploitation et la gestion du patrimoine, tant sur le plan des équipements qu'en matière de génie civil.

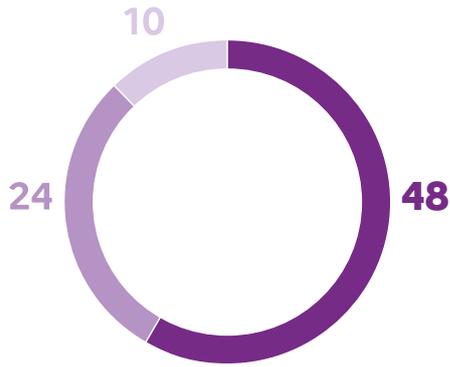
Le CETU, c'est...

Sept pôles thématiques rassemblant 5 à 9 spécialistes qui interviennent tant en recherche, projets, expertises, formation qu'en élaboration de doctrine ou de méthodes, ou encore en contrôles, inspections, mesures. Leur rôle est de développer et capitaliser la connaissance dans un domaine donné, de mettre en commun, formaliser et diffuser le savoir-faire en participant notamment aux réseaux professionnels.

Une organisation matricielle qui fait appel à des équipes projet, formées de personnes appartenant aux pôles, constituées spécialement pour les interventions complexes d'expertise, d'ingénierie ou de recherche et doctrine. Ces équipes, ajustées à la nature du projet à traiter, ont une durée de vie limitée.

Des chargés de mission qui, en raison de leur expérience, procèdent à certaines expertises, donnent des avis réglementaires, apportent leur contribution technique aux pôles ou aux équipes projet et représentent le service dans des organismes extérieurs (animation de réseaux, participation à des comités techniques..). Ils assurent également au sein du CETU des fonctions transversales, notamment pour l'animation de la recherche, le contrôle de la production ou encore la prise en charge de thématiques stratégiques pour le CETU.

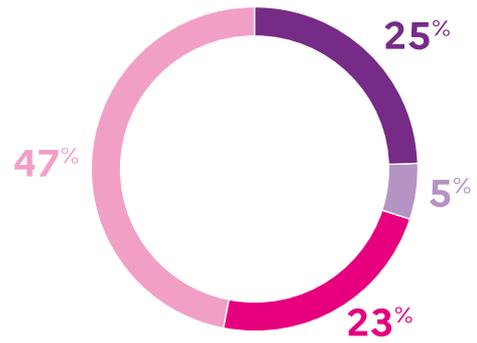
Des moyens de mesure et d'expérimentation : camion nacelle, instrumentation pour l'auscultation des ouvrages de la centrale d'inspection génie civil et pour la mesure de la performance des équipements de sécurité de la centrale d'inspection équipements, métrologie ventilation et qualité de l'air, mesure des impacts sur les avoisinants...



LES EFFECTIFS : **82 AGENTS**

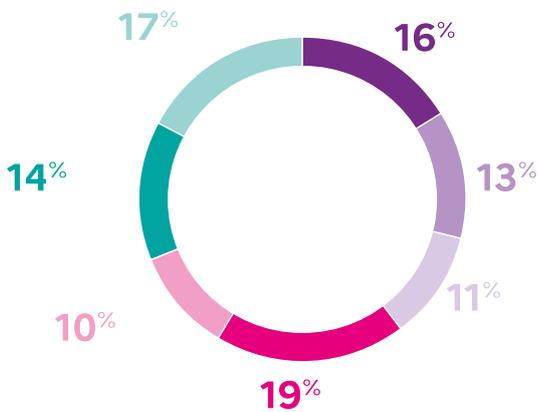
- Catégorie A
- Catégorie B
- Catégorie C

Des spécialistes, des experts dont certains au plan international (23 agents qualifiés par les comités de domaine du ministère), 11 docteurs.



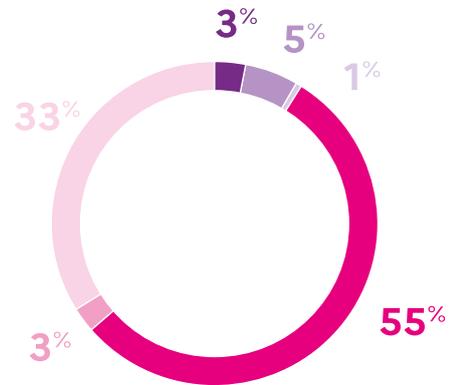
RÉPARTITION DE L'ACTIVITÉ **PAR MODE D'INTERVENTION**

- Activité institutionnelle-réglementaire
- Formation donnée
- Ingénierie
- Recherche, doctrine, production de connaissances



RÉPARTITION DE L'ACTIVITÉ **PAR DOMAINE**

- Équipements
- Exploitation des ouvrages souterrains
- Géologie / Géotechnique
- Matériaux / Structures
- Procédés / Méthodes de construction
- Sécurité des tunnels
- Ventilation / Environnement



RÉPARTITION DE L'ACTIVITÉ **PAR DOMAINE D'APPLICATION**

- Applicable à tous les modes
- Espaces souterrains
- Fer
- Fluvial et ouvrages hydrauliques
- Routier y compris modes doux
- Transports Guidés Urbains



2019 EN BREF

Janvier

10 janvier : réunion du groupe de travail chargé de la **réécriture de l'arrêté du 10 novembre 2008 sur les radiocommunications en tunnels** sous l'égide du Ministère de l'Intérieur.

15 janvier : réunion du **groupe de travail sur le guide des terres excavées** à la FNTP.

15-16 janvier : intervention du CETU dans le cadre du **Mastère Géologie Appliquée à Besançon**, avec un module spécifique sur la géologie appliquée aux travaux souterrains.

16 janvier : rencontre avec le **BRGM à Orléans** sur la thématique des solutions de visualisation des espaces souterrains dans le cadre du **projet Ville10D**.

17 janvier : rencontre entre le CETU et l'ANDRA dans le cadre du **projet CIGEO**, pour cadrer les contours d'une **mission sur les approches d'ingénierie pour le dimensionnement**.

22-24 janvier : présentation du CETU sur les activités de l'AITES et de l'AFTES dans le cadre du **Building Information Modelling (BIM)**, lors du **Geotechnical Data Standardization Workshop** organisé par Building Smart International.

24 janvier : réunion entre la SNCF et le CETU sur le **cadrage des missions de reconnaissances envisagées dans le cadre de la Ligne Nouvelle Paris-Normandie (LNPN)**.

24 janvier : présentation au comité technique de l'AFTES des **recommandations portées par le CETU** dans le cadre du GT6 sur les **bétons projetés** et du GT41 sur le **développement durable**.

25 janvier : rencontre avec le SYTRAL pour cadrage des **missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage** confiées au CETU dans le cadre des **études de la ligne E du métro lyonnais**.

29 janvier : réunion avec la DIR Est à Metz avec **visite de la tranchée couverte de Marange-Silvange** en construction.

Février

1 février : démarrage du **projet de thèse CETU-ENTPE** dans le cadre du **projet TULIP « Tunneliers et limitation des impacts sur le pieux »** en collaboration avec SGP-IFSTTAR ainsi que EGIS-EIFFAGE.

1 février : réunion de **lancement du GT 45 de l'AFTES** sur les **nouvelles technologies numériques** en travaux souterrains.

5-6 février : réunion au CETU du **groupe de travail de PIARC** en charge de l'**amélioration du logiciel QRAM** (Dangerous Goods Quantitative Risk Assessment Model).



11 février : réunion au CETU sur le **projet de futur collisionneur circulaire (FCC) du CERN** : présentation du processus de management du risque appliqué aux matériaux excavés.



12 février : réunion du « **Steering Board** » du **Comité ITA-CET** de l'AITES, qui s'est retrouvé au CETU pour faire le point sur les actions de formation.



12-14 février : participation à la **7^e conférence** organisée par le comité espagnol de PIARC **dédiée aux tunnels routiers**, à **Barcelone**.

13-15 février : participation au Congrès Forum LED Europe et rencontre avec les professionnels de l'éclairage dans le cadre des **Lighting Days à Eurexpo, Lyon**.

15 février : **signature officielle** à la Société du Grand Paris (SGP) d'une **convention IFSTTAR-CETU-SGP** pour la **mise en œuvre de voussoirs fibrés sur la ligne 16 du Grand Paris Express**.

18 février : **revue de direction** (CETU, DIT, DREAL Occitanie, DIR Sud Ouest) sur la **faisabilité du tunnel de Quié**.

20-21 février : intervention du CETU lors du **workshop ITA-COSUF** sur le thème des **nouveaux modes de propulsion en tunnels routiers**.



21 février : réunion du **Comité Technique Souterrain de l'ANDRA**, présidé par le CETU.

27 février : publication du **rapport PIARC « Emissions des véhicules et besoins en air pour la ventilation »** auquel le CETU a fortement contribué.

Mars

7-8 mars : réunion à Annecy du **WG5 de PIARC** sur les **infrastructures souterraines complexes**, pour faire un point d'avancement et préparer la finalisation des travaux de fin du cycle 2016-2019.

8 mars : première réunion du **groupe de travail de l'AFPS** dédié à la « **Caractérisation dynamique in situ** ».

8 mars : **assemblée générale INDURA** avec plusieurs présentations sur l'incidence de l'arrivée prévisible de véhicules intelligents sur les infrastructures et l'impact des nouvelles mobilités.

15 mars : réunion avec le **GEIE Mont-Blanc** pour partager la démarche à mettre en place pour définir le « bon état » du tunnel à l'horizon 2050.

18 mars : **assemblée générale du projet MINnD**, saison 2, qui comprend un travail sur les Industry Foundation Classes « Tunnels » et « Géotechnique ».

20-21 mars : **journées GC'19** organisées par l'AFGC au cours desquelles le CETU a co-présenté les **travaux relatifs au BIM** (Building Information Modelling).

21 mars : **journée Métros organisée à Lyon** par l'AFTES. Les 325 participants ont pu prendre connaissance des futurs projets de métro à Toulouse, Marseille, Lyon et Paris et les challenges techniques et organisationnels associés.

22 mars : **publication de plusieurs rapports PIARC auxquels le CETU a contribué** : « Prévention et mitigation des collisions liées aux tunnels », « Émissions des véhicules et besoins en air pour la ventilation » et « Présentation du concept FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité et Sécurité) pour l'exploitation de tunnels routiers ».



29 mars : **rencontre entre le CETU et l'Office Fédéral des ROutes suisse (OFROU)** pour échanger sur la doctrine et les pratiques concernant la sécurité, l'exploitation, les équipements (en particulier la ventilation) ainsi que le patrimoine des tunnels et les inspections périodiques.



Avril

2 avril : **début des travaux de rénovation de l'éclairage** du tube Est de la **Tranchée Couverte de La Terrasse** à Saint-Étienne. Le CETU a accompagné la DIRCE dans ce projet de rénovation, avec un choix de luminaires 100 % LED.



2 avril : **réunion du Comité d'orientation du Laboratoire Souterrain à Bure**, consacrée à l'établissement des bilans des expérimentations menées au Laboratoire.

2 avril : **atelier Cluster Lumière sur la LED** en éclairage public, qui a permis de partager les dernières évolutions et progrès des LED mais aussi les limites et difficultés de maintenabilité.

3 avril : **1^{re} journée technique « Tunnels » de la DIRMC** à St-Chély-d'Apcher (48). Le CETU est intervenu sur le retour d'expérience REX et sur la **démarche nationale SGS** (systèmes de gestion de la sécurité).

3 avril : **1^{re} réunion du groupe d'experts** mis en place auprès de **Paris La Défense (PLD)**, avec notamment une présentation de la démarche de piétonisation en cours de lancement par PLD.

8-9 avril : **mesures de nuit sur la zone test éclairage LED du tunnel du Mont Blanc** avec la présence de l'organisme hollandais COB.

9-11 avril : participation du CETU à des **essais au feu sur des batteries de véhicules électriques** à Faßberg en Allemagne dans le cadre du projet SUVEREN.

11-12 avril : 1^{res} Journées

Techniques du POCES (Pôle de Compétences en Environnement Souterrain) au cours desquelles le CETU a notamment présenté la problématique de la gestion des fumées en réseaux ramifiés.

15-17 avril : présentation par le CETU « Wave dispersion curves in discrete lattices derived through asymptotic multi-scale method », lors du **congrès international « Recent Advances in Structural Dynamics »** à Lyon.

18 avril : 3^e réunion de l'année du comité d'experts EOLE (prolongement du RER E) avec à l'ordre du jour les difficultés de rabattement des nappes sur les secteurs de la Porte Maillot et de Haussmann Saint Lazare.

18 avril : participation du CETU à une **démonstration de projection de béton fibré organisée par ECOCEM** en partenariat avec BMS, BASF et DENKA.



Mai

2 mai : participation du CETU à l'**exercice de nuit dans le tunnel de Bussière sur l'A89**.

5-8 mai : WTC 2019 à Naples avec la participation du CETU aux réunions des comités et groupes de travail, des présentations de communications dans les séances techniques, l'animation du stand AFTES, la contribution



à l'organisation des sessions de formation ITA-CET et la participation aux 2 assemblées générales de l'AITES.

6-7 mai : réunion à Bristol du **groupe Workstream Tunnel Safety** (Pays-Bas, Royaume-Uni, Flandres et France) pour discuter du benchmark sur la **résilience des tunnels** et de la **surveillance regroupée des tunnels**.



14-16 mai : journées Ouvrages d'Art 2019 avec une **présentation par le CETU** du « Renforcement d'une buse métallique par projection de BFUP- Retour d'expérience » et de la « Révision des recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel ».

16-17 mai : sessions de **formations sur diverses thématiques, dispensées par le CETU** aux responsables d'opération de Paris-La Défense.

21-22 mai : dernières mesures de nuit pour la réception de l'éclairage de la tranchée d'Ours Mons sur la déviation du Puy en Velay.

23-24 mai : réunion du **GTFE à Paris** à l'invitation de la DiRIF, avec un atelier thématique dédié aux travaux menés dans un contexte de contraintes fortes d'exploitation et une visite technique sur le chantier du tunnel de Boissy-Saint-Léger.



27 mai : accueil au CETU du **Conseil d'Administration de l'ASQUAPRO** et organisation d'une visite des travaux de rénovation du tunnel ferroviaire de Caluire, pour lesquels le CETU avait donné un avis.

Juin

3-5 juin : premiers tests de performance **DAI dans le tunnel de Toulon** avec le système d'Intelligence Artificielle développé par Cyclope.

4-5 juin : réunion des associations nationales des **6 pays du BEFIPS** (Belgique, Espagne, France, Italie, Portugal et Suisse) et **des 3 pays du DACH** (Allemagne, Autriche et Suisse) à Luzern pour clarifier leurs **attentes vis-à-vis de l'AITES**.

11-12 juin : réalisation par le CETU à la DIR Centre Est du **premier diagnostic terrain d'un système de gestion de la sécurité de tunnels routiers**.

13-14 juin : réunion du comité de sécurité du tunnel sous la Manche (Londres).

13 juin : participation à la **journée technique conjointe CFMR/AFTES** consacrée aux **ouvrages profonds** avec des présentations de travaux en cours au Lyon-Turin et à l'ANDRA.



20 juin : journée de formation **ASQUAPRO**, présidée par le CETU, sur les bonnes pratiques de la projection du béton, avec des démonstrations en voie sèche.

25-26 juin : réunion du Comité Tunnels dans le Gard sur le thème des PIS (plans d'intervention et de sécurité) et des CME (conditions minimales d'exploitation), avec visite du chantier de rénovation du tunnel d'Alzon.



26 juin : réunion de travail avec la SFTRF sur la gestion du patrimoine génie civil du **tunnel routier du Fréjus**.

27 juin : réunion de lancement du groupe de travail consacré aux tunnels de MINnD saison 2 auquel le CETU participe en tant qu'expert.

Juillet

2 juillet : réunion avec TELT au Bourget du Lac, afin de préciser les **thèmes de collaboration**.

2 juillet : commission plénière « Avis d'experts » du GT9 (étanchéité des ouvrages souterrains) **de l'AFTES** à Paris.

3-4 juillet : réunion au CETU des présidents de la **commission intergouvernementale** et du **comité de sécurité du tunnel de Tende**.

8 juillet : réunion DIRIF/SGP/CETU sur les **impacts potentiels du projet de la ligne 15 ouest sur le tunnel de St-Cloud (A13)**.

10 juillet : participation à la réunion stratégique INDURA consacrée aux attentes des maîtres d'ouvrage ; identification de thèmes possibles pour le montage de **projets de recherche conjointe**.

16 juillet : visite du site de Hagerbach en Suisse et discussion avec Bouygues pour le montage d'une formation spécifique des pilotes de tunneliers (par le canal d'ITACET).

Août

26 août : échanges avec le COB (Pays Bas) pour la mobilisation européenne de la profession du souterrain en préparation des programmes de recherche européens 2021-2025.

Septembre

4 septembre : réunion du GT94-500 CEREMA-CETU pour l'élaboration d'une stratégie commune dans le cadre de la révision possible de la norme NF P94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique.

9-10 septembre : réalisation de la mission d'Inspection Détaillée Périodique des équipements du tunnel d'Ambroise-Paré.

12 septembre : participation à Paris à la réunion du comité de suivi du protocole de Zürich avec une présentation par le CETU des activités internationales en matière d'exploitation et de sécurité des tunnels.

19 septembre : réunion du groupe experts bétons fibrés à Chambéry pour échanger sur la révision des normes européennes sur les bétons projetés.

19 septembre : réunion de la commission « Avis d'Experts » du GT9 de l'AFTES à Paris.

23 septembre : TELT : « Federica » perce le premier tube de 9km entre St Martin la Porte et La Praz en présence du secrétaire d'État chargé des Transports, Jean-Baptiste Djebbari.

24 septembre : présentation « New 2D approach to estimate the displacements induced by tunnel boring machines » à la European Young Geotechnical Engineers Conference (EYGEC) en Turquie.

25-26 septembre : visite du tunnel du Perthus dans le cadre

d'une mission d'ingénierie commandée par le gestionnaire du tunnel, afin d'optimiser la gestion du génie civil.

25-27 septembre : trois présentations par le CETU lors du congrès « **International Symposium on Aerodynamics, Ventilation & Fire in Tunnels (ISAVFT)**, à Athènes. Ces présentations ont abordé les risques liés aux nouvelles énergies, l'efficacité du désenfumage en ventilation transversale et la réduction de l'impact sur la qualité de l'air des ouvrages souterrains (projet Borée sur la L2).

27 septembre : participation au conseil scientifique d'INDURA.

Octobre

3 octobre : réunion de la CNESOR à Lyon pour examiner 3 dossiers (Vivier-Merle, Talant et Cap Estel).

3 octobre : journée technique du CFGI (Comité Français de Géologie de l'Ingénieur) sur les grands glissements de versants **organisée par le CETU** à Bron.

4 octobre : inauguration officielle de la galerie de sécurité du tunnel du Siaix en présence du préfet de Savoie, du président du conseil départemental et des directions de la DIR Centre Est et du CETU (AMO).



Du 6-10 octobre : congrès mondial de la route (PIARC) à Abou Dabi avec l'animation par le CETU de la session technique dédiée aux tunnels et de la réunion du comité technique « Exploitation des tunnels routiers ».



7-8 octobre : réunion à Lyon du projet U-Threat pour faire le point sur l'avancement du projet et réaliser un exercice grandeur nature dans le métro lyonnais en présence de l'ensemble des partenaires.



9 octobre : réunion de relance du GT30 de l'AFTES sur la conception et la justification des présoutènements.

10-11 octobre : réunion du GTFE à Nice à l'invitation de la Métropole Nice Côte d'Azur, avec un atelier portant sur la GTC - Supervision. Les participants ont pu faire une visite technique nocturne des tunnels de Monaco.



15 octobre : réunion au CETU du COFIL du référentiel tunnels, qui vise à améliorer la qualité des marchés des travaux souterrains.

17 octobre : réunion à Lisbonne des présidents des associations allemande, autrichienne, belge, espagnole, française, italienne, portugaise et suisse pour discuter de la création d'un forum (EUTF) les rassemblant.

18 octobre : participation au 5^e séminaire sur les espaces souterrains organisé par le comité portugais de l'AITES, avec comme thème la santé et la sécurité.

23-24 octobre : participation du CETU au Tunnelling Workshop, organisé par le CERN.

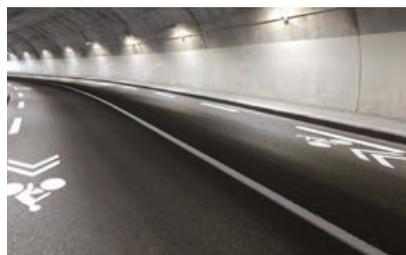
Novembre

6 novembre : 7^e réunion de travail du GT9 de l'AFTES sur le « Guide des bonnes pratiques d'étanchement en ouvrages souterrains ».

6 novembre : réunion avec la DREAL Occitanie et la DIR Sud Ouest dans le cadre de l'étude de faisabilité du tunnel de Quié (point sur la campagne de reconnaissance et le Plan Qualité d'Opération).

7 novembre : réunion de relance du GT4 de l'AFTES sur le choix du mode de marinage et de confinement pour le creusement au tunnelier.

7 novembre : inauguration officielle d'une solution innovante d'éclairage et de signalisation dédiée aux modes doux pour les tunnels du pont de l'Église, de Bioge et des Tines, projet pour lequel le CETU a apporté une assistance.



8 novembre : organisation par l'ENTPE, l'INSA et le CETU d'une 1/2 journée « Les métiers de l'ingénieur dans les transports guidés en souterrains ».

14 novembre : 5^e réunion de l'année de la commission Réparation des Ouvrages d'Art pour la révision de la norme NF P95-102 sur la « Protection, Réparation et Renforcement des Ouvrages d'Art en Béton ».

4 et 15 novembre : réunion du steering board et des groupes d'activité d'ITA COSUF à Innsbruck.

20 novembre : 1^{re} réunion animée par la France du WG10 du CEN/TC 104 pour la révision des normes européennes sur les bétons projetés.

29 novembre : évaluation de l'axe stratégique de recherche n°1 « Incendies en tunnel : physique et mesures techniques de sécurité ».



Décembre

4 décembre : réunion de la commission des contrats de TELT pour finaliser l'avis sur les DCE des principaux lots de travaux côté France.

6 décembre : Sainte Barbe de la délégation Sud-Est de l'AFTES avec visite du chantier du prolongement de la ligne B du métro de Lyon.

6 décembre : 4^e réunion de l'année du GT9 de l'AFTES au sujet de la « Recommandation sur la protection des étanchéités et le drainage en ouvrages souterrains ».

12-13 décembre : participation à une réunion du WG5 « Road Tunnel Atmosphere Monitors » de la commission de normalisation CLC/TC216 Gas Detectors.



ACTIVITÉ INSTITUTIONNELLE ET RÉGLEMENTAIRE

Le CETU contribue, aux côtés des acteurs des tunnels et des espaces souterrains, aux évolutions de la réglementation, à l'élaboration des nouveaux référentiels ou des nouvelles normes.

Très présent dans les associations nationales et internationales, il apporte son expertise, s'enrichit des pratiques proposées par d'autres pays et peut ainsi faire évoluer le corpus réglementaire national.

En mobilisant ses compétences, le CETU apporte une aide réactive aux différentes parties prenantes pour la mise en œuvre de la loi sur les mobilités (LOM), qu'il s'agisse de la transition vers des véhicules plus propres, de l'accompagnement du projet de liaison ferroviaire Lyon-Turin ou encore de la finalisation du programme de mise en sécurité des tunnels routiers.



Journée métro à Lyon le 21 mars 2019

CETU-AFTES : UN PARTENARIAT GAGNANT

Depuis bientôt 50 ans, le CETU et l'AFTES travaillent la main dans la main. Cette longue fidélité est tout à fait naturelle tant les objectifs de l'un et de l'autre sont complémentaires dans le soutien et la valorisation de la doctrine et du savoir-faire des acteurs français du souterrain.

Depuis le 1^{er} janvier 2018, Michel Deffayet est président de l'AFTES pour un mandat de 3 ans. Il en résulte une implication particulièrement forte du CETU dans l'animation de l'association et la mise en œuvre d'une feuille de route. Celle-ci prévoit notamment la poursuite de la production de recommandations techniques et le lancement d'une nouvelle collection d'édition dédiée à ces textes, la refonte du site internet, le développement du comité des jeunes professionnels, et la mise en valeur des travaux des membres qu'ils soient acteurs de l'ingénierie, de l'entreprise, fournisseurs, ou issus du monde académique. Ces actions se sont poursuivies en 2019 sous la houlette de l'ensemble des comités de l'association, avec l'objectif d'aboutir à des avancées significatives à présenter lors du congrès de septembre 2021 à Paris.

Le CETU a aussi été très présent en 2019 dans l'animation des groupes de travail avec le pilotage de certains d'entre eux (GT9, GT14, GT16, GT24, GT41, GT45...) et la participation active à l'élaboration d'autres recommandations (GT3, GT17, GT30, GT32...), ces textes constituant des référentiels reconnus par tous au même titre que des guides CETU par exemple. Il y a pour le CETU un enjeu de positionnement et un rôle actif à



Michel Deffayet

jouer dans le soutien à toute la profession de l'aménagement et des travaux souterrains.

L'année 2019 a également été riche de rencontres et d'événements techniques, le CETU étant plus particulièrement impliqué dans l'animation de la délégation régionale sud-est : visites de chantier, présentations techniques,... Une journée particulière de présentation des grands projets de métro en France s'est tenue le 21 mars à l'Espace Tête d'Or et a rassemblé plus de 300 personnes qui ont pu débattre avec les maîtres d'ouvrage des réseaux de métro de Paris, Lyon, Marseille, Toulouse.

L'animation de l'AFTES c'est aussi la contribution à la publication de la revue Tunnels & Espace souterrain, la préparation du congrès 2021, et l'appui aux actions pour la promotion de l'espace souterrain. Il était ainsi important en 2019 de mettre au point et lancer la démarche de synthèse du projet national Ville10D, les travaux conduits dans ce cadre au cours des 5 dernières années méritant d'être bien davantage mis en valeur et mieux connus de tous.

DIAGNOSTICS SGS TUNNELS : UNE PREMIÈRE POUR LES DIR... ET POUR LE CETU !

L'amélioration et le maintien de la sécurité des tunnels sont des enjeux majeurs pour l'ensemble des Directions Interdépartementales des Routes. Dans ce contexte, un travail collaboratif a été engagé entre les 8 DIR exploitant des tunnels de plus de 300 mètres de long et le CETU, pour permettre à chaque DIR de mettre en place un système de gestion de la sécurité (SGS) de ses tunnels. Ce SGS, qui se définit par l'organisation et les dispositions établies pour optimiser l'exploitation en sécurité des tunnels, a ainsi été élaboré et déployé de manière opérationnelle depuis fin janvier 2019 par chaque DIR.

Le développement du SGS a représenté un important travail de chaque DIR, qui a pu s'appuyer sur la doctrine partagée en groupe de travail animé par le CETU depuis 2017 et alimentée par les travaux méthodologiques conduits dans le cadre de l'axe de recherche n°8 « Construire et faire vivre un SGS en tunnel routier ».

En 2019, l'accompagnement des DIR par le CETU se complète par la réalisation de diagnostics SGS, dont l'objectif rejoint celui des audits organisationnels. Il vise à fournir à chaque DIR un regard extérieur sur les points forts de l'organisation et des dispositions qu'elle a mis en place, ainsi que des points d'amélioration au service de l'exploitation en sécurité des ouvrages.

La réalisation de ces diagnostics représente une action lourde de l'année pour le CETU. En premier lieu, un vivier d'une douzaine de personnes a été formé à la pratique de l'audit SGS par un prestataire extérieur, ou par le STRMTG, avec l'implication de chargés d'études de l'axe 8 pour jouer des études de cas. Mais cette action repose aussi sur un travail collectif impliquant les différents pôles techniques du CETU, qui sont susceptibles d'être sollicités dans le cadre de la préparation des diagnostics, à l'instar de la Centrale d'Inspection GC pour la thématique de la gestion du patrimoine GC. Aussi, une action de



Hélène Mongeot

sensibilisation aux SGS a été conduite par les pôles Sécurité et Exploitation impliqués dans l'axe 8 pour l'ensemble des personnels techniques.

Le calendrier des 8 diagnostics SGS, comprenant une partie de diagnostic documentaire et une partie de diagnostic terrain, s'étend sur 2019 et début 2020, et couvre plus particulièrement les thématiques de la définition des rôles et des missions, la gestion du patrimoine génie civil et équipements, la gestion des compétences et le retour d'expérience. Les résultats des diagnostics réalisés sont globalement très encourageants et montrent que la démarche est bien appropriée par les différents acteurs internes aux DIR.



L'équipe du CETU lors du diagnostic réalisé pour la DIR Centre Est

LE CETU FORTEMENT MOBILISÉ AU SEIN DU COMITÉ TUNNELS DE PIARC

Le comité de l'exploitation des tunnels routiers de PIARC rassemble environ 150 experts représentant près de 40 pays. Le CETU a historiquement toujours été très actif au sein de ce comité. Cela a encore été le cas durant le cycle 2016-2019 où il en a assuré la présidence (Marc Tesson) et le secrétariat francophone (Jean-Claude Martin), tout en contribuant très activement aux différentes productions.

Les travaux ont été particulièrement riches durant le cycle qui s'est conclu lors du congrès mondial de la route organisé à Abou Dabi en octobre 2019.

Les rapports techniques constituent les productions phares du comité. Ils offrent à la communauté professionnelle concernée l'opportunité d'établir un bilan des bonnes pratiques sur des sujets techniques d'actualité ou de formaliser des recommandations. Le CETU y apporte des contributions actives avec le double objectif de valoriser ses travaux de recherche doctrine, puis de les enrichir, à travers la confrontation à l'expérience des autres pays membres. Les cinq rapports techniques publiés dans ce cadre en 2019 sont disponibles et peuvent être téléchargés sur le site internet de PIARC (<https://www.piarc.org/fr/PIARC-Base-de-Connaissances-Routes-et-Transport-Routier/Infrastructures-Routieres-Resilientes/Tunnels-Routiers-Exploitation>).

Ce comité a également contribué à organiser la 1^{re} Conférence internationale de PIARC sur l'exploitation et la sécurité des tunnels routiers à Lyon, en octobre 2018. L'objectif de cet événement



Marc Tesson

était de promouvoir les connaissances les plus récentes sur les grandes questions d'actualité et de faciliter les discussions techniques et le débat entre les acteurs du secteur. La conférence a été organisée par PIARC France avec le soutien de la Commission européenne, d'ITA COSUF, du CETU et du Groupe de travail francophone des exploitants de tunnels. Compte tenu du très grand succès de cet événement (plus de 300 participants représentant 35 pays différents, une exposition avec 33 exposants des secteurs public et privé et 4 visites techniques regroupant près de 130 personnes), une seconde conférence internationale sera très probablement organisée en Espagne durant le cycle 2020-2023.

Les autres productions comprennent notamment : diverses enquêtes internes, des documents de veille technologique, le manuel des tunnels routiers, une édition spéciale de la revue « Routes Roads », un atelier technique à Montréal, un séminaire international en Afrique du Sud.

La session « tunnels routiers » au congrès mondial de la route, Abou Dabi, octobre 2019





Kristen Drouard

Le CETU toujours actif au sein de l'AITES

Une délégation d'une dizaine d'agents du CETU s'est rendue au congrès mondial des tunnels organisé par l'Association Internationale des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AITES) à Naples du 3 au 9 mai. Avec l'élection d'un nouveau président et des membres du Conseil Exécutif de l'AITES, le suspens lors de l'Assemblée Générale était grand. C'est finalement Jenny Yan (Chine) qui a remporté les suffrages après un coude à coude extrêmement serré avec le candidat français Eric Leca.

Le CETU a fortement participé à ce congrès à travers de nombreux événements, ayant fortement participé à l'organisation des deux formations ITACET qui ont eu lieu avant l'ouverture officielle du congrès. Les deux thématiques traitées cette année, « Tunnelling 4.0 » et « Communication » ont attiré plus de 110

participants de 25 pays – un beau succès ! Le CETU était bien évidemment présent aux réunions des Comités ITA-CET et ITA COSUF qu'il contribue à animer. Cette année, ITA COSUF avait également organisé une session technique sur la « Sécurité dans la construction souterraine » en collaboration avec l'IRF. Plusieurs agents ont participé aux réunions des différents Groupes de Travail de l'AITES : le GT 12 « Béton projeté », le GT 19 « Creusement conventionnel » et le GT 21 « Gestion du cycle de vie ». Enfin, Michel Deffayet, Directeur du CETU, était présent à l'Assemblée Générale du congrès en tant que président de l'AFTES et représentant officiel de la France.

Un congrès très productif donc, riche en rencontres et rassemblant plus de 2000 congressistes.



L'Assemblée Générale



Michel Deffayet, représentant officiel pour la France



Pascale Piquerez

La CNESOR veille sur la sécurité des tunnels routiers

La CNESOR se réunit environ 5 fois par an et le CETU assure le secrétariat de cette commission. En 2019, ce sont 6 réunions qui ont eu lieu et qui ont permis à la commission d'examiner les dispositions de sécurité existantes ou envisagées dans 16 ouvrages routiers. En sus de l'instruction de dossiers de sécurité, la CNESOR peut également être sollicitée par les Préfets

sur des points techniques particuliers. Enfin, elle donne également un avis sur les demandes d'agrément d'expert ou organisme qualifié en matière de sécurité des ouvrages routiers, préalablement à la délivrance de l'agrément ministériel. Ainsi, trois nouveaux agréments ont été délivrés en 2019 et deux demandes de renouvellement ont reçu un avis favorable.

Sylvie Lavedrine

Le CETU dans les travaux de normalisation

Qualité de l'air, éclairage des tunnels routiers, impact des vibrations sur les avoisinants, EUROCODE 2, repérage de l'amiante naturelle...les agents du CETU portent, tant au niveau français qu'europpéen, les politiques publiques

du ministère au sein d'une dizaine de commissions de normalisation sur des sujets très variés à forts enjeux pour les maîtres d'ouvrage et les exploitants de tunnels.



Le GTFE en visite technique sur le chantier du tunnel de Boissy-St-Léger

Les membres du GTFE en route vers Monaco

Visite d'un tunnel avec giratoire à Monaco

LE RÔLE DU CETU DANS L'ANIMATION DE RÉSEAUX D'EXPLOITANTS

Dans le but de faire circuler l'information et de favoriser les échanges auprès des exploitants et gestionnaires de tunnels routiers, le CETU est très impliqué dans les réseaux existants. Pour certains d'entre eux (GTFE, comité tunnels et rencontres avec les DIR), le CETU, assure un rôle de tête de réseau.



Isabelle Leroux



Thierry Manuguerra



Sandrine Besset

LE GTFE

Depuis 1973, le GTFE réunit des personnes, majoritairement francophones, directement concernées par l'exploitation des tunnels routiers. L'objectif du GTFE est de renforcer les liens entre ses membres en favorisant échanges d'expérience et d'informations, en développant des relations professionnelles dans un esprit de confiance partagée, de cordialité et de bienveillance.

Composé d'exploitants et d'agents de sécurité représentant 80 entités (services de l'État, communautés urbaines, grandes agglomérations ou concessionnaires, sociétés privées) exploitant des tunnels en milieu urbain et interurbain, le GTFE compte environ 200 membres (dont 20 % hors de France).

Chacune des deux réunions annuelles du GTFE comprend trois temps forts : un atelier



Atelier GTFE, Paris la Défense

thématique, des échanges entre membres et une visite technique.

La rencontre de printemps s'est déroulée les 23 et 24 mai 2019 à Paris la Défense à l'invitation de la DiRIF. L'atelier thématique était dédié aux travaux de rénovation lourde menés sous exploitation. La visite technique a été organisée sur le chantier du tunnel de Boissy-Saint-Léger.

La rencontre d'automne s'est déroulée les 10 et 11 octobre à Nice à l'invitation de la Métropole Nice Côte d'Azur. L'atelier thématique a traité de la Gestion Technique Centralisée (GTC) - Supervision en abordant à la fois les aspects d'interface homme-machine (IHM) et les aspects purement techniques. À l'invitation de la Principauté de Monaco, une visite technique de tunnels a permis aux participants de mieux connaître le patrimoine des tunnels monégasques et l'organisation de leur exploitation.

LE COMITÉ TUNNELS : LE CETU EN APPUI DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES

De nombreux départements exploitent des tunnels qui présentent des problématiques très spécifiques (niveau de trafic modeste, mixité du trafic, etc). En outre, certains gestionnaires se retrouvent quelquefois isolés sans pouvoir échanger avec d'autres départements. Dans ce contexte, le comité tunnels a pour objectif d'apporter une aide à tous >



en permettant aux représentants des collectivités locales de se retrouver, d'échanger, de confronter leurs besoins et leurs retours d'expérience. Véritable club métier, le comité tunnels permet aux nouveaux arrivants dans le monde des tunnels routiers de bénéficier de l'expérience de ses membres.

Le comité tunnels rassemble donc les représentants des conseils départementaux gestionnaires de tunnels routiers. Il se réunit deux fois par an. Il est co-animé par Roland Mistral, directeur des Infrastructures au Conseil départemental de la Savoie, correspondant tunnels de l'ADTech (Association des Directeurs Techniques des Métropoles, des Départements et des Régions) et Michel Deffayet, directeur du CETU.

Pour chaque rencontre, un thème qui répond aux préoccupations des participants est retenu. Il permet d'équilibrer et d'enrichir les interventions en laissant une large part aux retours d'expérience. Depuis sa création en 2009, de nombreux thèmes ont été abordés en lien avec les problématiques génie civil, équipements et exploitation. En amont de chaque réunion, un questionnaire est élaboré autour du thème retenu et transmis à l'ensemble des membres du comité. Une synthèse des résultats est présentée en séance. Des exposés permettent également à chacun de présenter de façon plus détaillée son retour d'expérience sur la thématique de la rencontre.

Le CETU travaille en très bonne intelligence avec les collectivités pour préparer et animer la réunion et gérer le site collaboratif dont le comité dispose.

Le 26 juin, le département du Gard a accueilli le Comité Tunnels au Vigan. Le thème retenu était « les conditions minimales d'exploitation (CME) & le plan d'intervention et de sécurité (PIS) ». L'après-midi a été consacrée à la visite technique du tunnel d'Alzon.

Le 26 novembre, le département de l'Ain a accueilli le Comité Tunnels à Tossiat. Le thème retenu concernait les « Tunnels revêtus et non revêtus : surveillance et réparation ». L'après-midi a été consacrée à la visite du technique du tunnel du Peney.

RENCONTRES AVEC LES DIR

Une à deux fois par an, chacune des DIR, le CETU et la DIT se rencontrent. Ces rendez-vous réguliers permettent de faire un point sur la situation réglementaire des ouvrages de la DIR et d'évoquer l'avancée des études et travaux.

Ces rencontres sont aussi des lieux d'échanges permettant de répondre aux questions de tous ordres : technique, réglementaire ou financier. Elles sont également un lieu d'échanges sur des sujets transversaux comme la formation des opérateurs, la mise en place des SGS expérimentaux, la programmation pluriannuelle du renouvellement des équipements...

Sept réunions se sont tenues en 2019, avec les DIRCE, DIRMED, DIRMC, DIRE et DiRIF.



Visite du tunnel de Peney par le Comité tunnels



Jean-Claude Martin

Le CETU présent dans les comités de sécurité des tunnels binationaux

Tous les longs tunnels transfrontaliers en exploitation ou en construction, routiers ou ferroviaires, tels que les tunnels routiers du Mont-Blanc, du Fréjus, de Tende et du Somport, et les tunnels ferroviaires du Perthus, du Mont-Cenis, le tunnel sous la Manche et le tunnel de base de la future liaison Lyon-Turin, sont administrés par des Commissions Intergouvernementales (CIG). Celles-ci sont chacune épaulées par un comité de sécurité (CS) chargé de la conseiller sur les questions relatives à la sécurité de la construction et de l'exploitation.

Le CETU est très présent dans tous ces comités de sécurité.

Pour les tunnels du Mont-Blanc et du Fréjus, il assure le secrétariat technique des CS et met à disposition des experts dans les différents groupes de travail mis en place par le CS.

Pour les tunnels routiers de Tende et du Somport, et les tunnels ferroviaires du Mont-Cenis, le tunnel de base de la

future liaison Lyon-Turin et le tunnel sous la Manche, des experts du CETU sont membres du comité de sécurité. Enfin, le CETU a aussi récemment été fortement impliqué dans l'audit de sécurité du tunnel du Mont-Cenis diligenté par le chef de la délégation française au CS à la demande du Directeur général de sécurité civile et de la gestion des crises.



Frédéric Vincent



Comité de sécurité Lyon-Turin en visite sur le chantier



Sandrine Besset

Du nouveau pour l'observatoire des tunnels

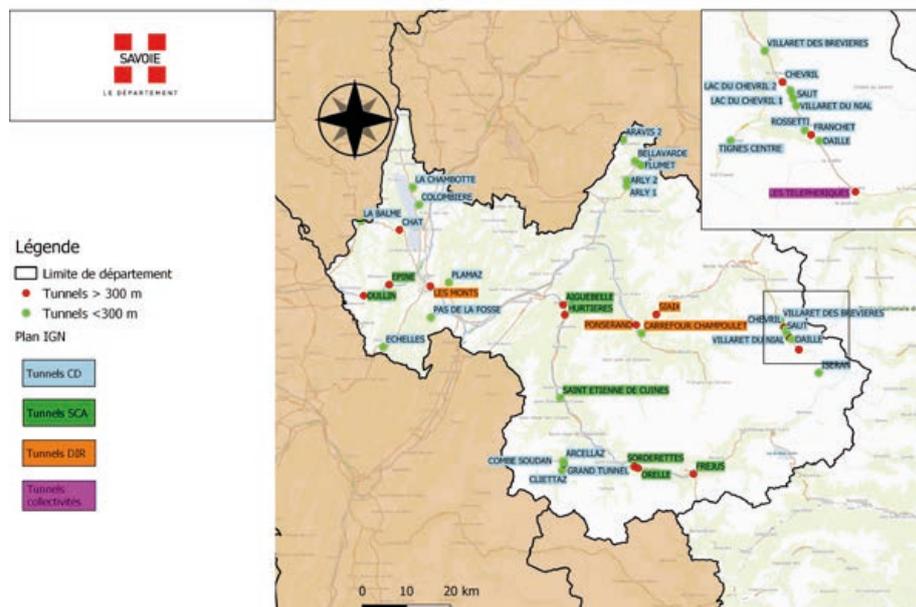
En 2019, les activités de l'observatoire se sont essentiellement concentrées sur deux projets.

Le premier a consisté en la réalisation d'un atlas des tunnels routiers pour chaque département français, tous maîtres d'ouvrage confondus.

Pour le second, l'observatoire a élargi son champ d'exploration habituel pour aller

vers des sujets moins classiques mais qui méritaient d'être investis, dans le domaine de la socio-économie.

En effet, la réalisation simultanée de plusieurs grands chantiers (Grand Paris Express, TELT, ..) a nécessité de caractériser et définir les besoins en emploi et en compétences, mais aussi d'identifier des métiers en tension.



Extrait Atlas pour le département de la Savoie

VERS UNE NOUVELLE INSTRUCTION TECHNIQUE NATIONALE POUR LA SÉCURITÉ DANS LES TUNNELS FERROVIAIRES

Le règlement (UE) n°1303/2014 de la Commission concernant la spécification technique d'interopérabilité relative à la sécurité dans les tunnels ferroviaires du système ferroviaire de l'Union européenne (STI STF) a été modifié par le règlement (UE) 2019/776 de la Commission du 16 mai 2019 qui le révisé entièrement dans son annexe V pour le mettre en conformité avec les dispositions des textes du 4^e paquet ferroviaire.

Cette révision a fait émerger d'une part, le besoin de préciser et de compléter certaines dispositions prévues par la STI STF, notamment en matière d'intervention des services de secours, et d'autre part la nécessité de réviser l'instruction technique interministérielle relative à la sécurité dans les tunnels ferroviaires du 8 juillet 1998 (ITI 98-300) devenue obsolète.

L'Établissement public de sécurité ferroviaire (EPSF), l'autorité nationale de sécurité ferroviaire, en charge notamment d'assister le ministère chargé des Transports pour l'élaboration du cadre réglementaire national relatif à la sécurité et l'interopérabilité ferroviaires, a dès lors mis en place fin 2018 un groupe de travail pour rédiger un projet de nouvelle instruction technique abrogeant et remplaçant à terme l'ITI 98-300.

Initialement composé d'experts de l'EPSF, de la Direction générale de sécurité civile et de la gestion de crise, de la Direction des services de transport et du CETU, il a été élargi en janvier 2019 à d'autres acteurs ferroviaires comme SNCF Réseau, l'Association française des gestionnaires d'infrastructures ferroviaires indépendants (AGIFI), des organismes notifiés, des bureaux d'études... En sa qualité d'autorité nationale de sécurité des systèmes de transports guidés urbains, le Service technique des remontées mécaniques et transports guidés (STRMTG) assiste également aux réunions du groupe de travail afin de veiller à la bonne cohérence du projet de nouvelle instruction



Frédéric Vincent

technique avec les textes réglementaires s'appliquant aux tunnels de métros et de tramways.

Le groupe de travail s'est réuni 6 fois en séance plénière en 2019, l'objectif étant de finaliser le projet de nouvelle instruction technique en 2020. Une fois finalisé, le projet de texte sera alors soumis à une phase de consultation publique, puis proposé, comme l'autorise la directive (UE) 2016/797, à l'Agence ferroviaire européenne (ERA) comme règles techniques nationales.





Catherine Larive

Avis techniques étanchéité du CETU

En 2019, le CETU a poursuivi son travail sur les avis techniques d'étanchéité dans le cadre de la commission chargée de leur instruction. Cette commission, composée de 16 membres et 7 suppléants placés sous la présidence de Claire Racape (ANEPE), s'est réunie 4 fois. Au cours de cette année, ce sont quatre référentiels (deux sur les joints de voussoirs et deux sur les asphaltes) qui ont été mis à jour et trois avis techniques qui ont été validés. Ces instructions ont porté sur des produits de nature variée (une feuille préfabriquée monocouche, un système d'imperméabilisation liquide et une géomembrane PVC).



Extrait du règlement intérieur de la Commission avis techniques CETU



Christophe Banos



François Paillette



Bruno Vidal

Inspections génie civil, inspections équipements et campagnes de mesures

En 2019, les équipes du CETU ont réalisé les inspections et campagnes de mesures suivantes :

Inspections Détaillées Périodiques des Équipements :

- Les Monts, RN201 – DIRCE
- Lioran, RN122 – DIRMC
- Neuilly, RN13 – DiRIF
- Siaix, RN90 – DIRCE
- Ambroise Paré, A13 – DiRIF
- Sévines, RN315 – DiRIF
- Landy, A1 – DiRIF

Inspections Détaillées Périodiques Génie Civil :

- Fontain, RN57 – DIRE (2 tubes)
- Bois-de-Peu, RN57 – DIRE (2 tubes, 1 galerie)
- Liepvre, RN59 – DIRE

- Somport partie française, RN134 – DIRA (1 tube, 1 galerie)
- La Butte d'Osse, RN134 – DIRA (inspection partielle)
- Saint-Cloud, A13 – DiRIF (tube sud, 1 galerie)
- Le Lioran, RN122 – DIRMC (inspection partielle)
- La Grand'mare, A28 – DIRNO (2 tubes)

Campagnes de mesures de convergences :

- Siaix, RN90 – DIRCE
- Ancien tunnel du Lioran – DIRMC

Campagnes de mesures relatives à la qualité de l'air :

- Tranchées couvertes de l'A507 – DIR Med : suivi des oxydes d'azote et essais de ventilation

Campagnes de mesures d'éclairage :

- Somport, RN134 – DIRA : mesures de performances contradictoires à l'inspection détaillée



Exemple de prise de mesure avec un fissuromètre



Mesures de ventilation : IDP du tunnel du Lioran



RECHERCHE DOCTRINE, PRODUCTION DE CONNAISSANCES

La confrontation permanente entre les retours d'expériences au sein de la profession et les activités théoriques de recherche doctrine permet au CETU d'orienter ses travaux en veillant à leur bonne adéquation avec les attentes des décideurs et de la communauté des tunnels.

En 2019, le CETU s'est efforcé de préciser ses orientations de recherche doctrine pour l'avenir. Cette réflexion s'est opérée à deux niveaux :

- d'une part en veillant à bien définir les axes stratégiques de R&D destinés à investir de nouveaux champs, apporter des percées importantes sur les champs actuels, ou conforter une position déjà solide du CETU ;
- d'autre part en assurant une veille technologique très active sur les sujets porteurs d'enjeux pour les années à venir.

Les principaux travaux menés en 2019 donnent un bon aperçu de ces orientations.

DÉVELOPPEMENT DES NOUVEAUX MODES DE PROPULSION DANS LE PARC AUTOMOBILE ROUTIER ET L'IMPACT SUR LA SÉCURITÉ DE NOS TUNNELS

À une époque où le développement durable et la lutte contre la pollution sont des enjeux centraux de notre société, la part des énergies de propulsion dites « nouvelles » a augmenté de façon spectaculaire ces dix dernières années, en France comme en Europe. Les nouvelles énergies de propulsion désignent les énergies des véhicules électriques et des véhicules utilisant des réservoirs de gaz comprimé. La présence de ces énergies en grand nombre étant un phénomène nouveau dans nos infrastructures souterraines, le CETU – avec ses partenaires nationaux et européens –, s'intéresse à la question des risques qu'ils pourraient engendrer.

Dans une étude conjointe avec l'INERIS, le CETU a évalué les conséquences possibles sur la sécurité du passage en tunnel des véhicules utilisant les nouveaux vecteurs énergétiques. Cette étude distingue trois cas : les véhicules électriques, les véhicules fonctionnant au gaz naturel pour véhicules (GNV) et les véhicules fonctionnant au dihydrogène (H₂). Dans chacun des cas, une analyse de risque est conduite pour deux scénarios : (i) un incendie du véhicule lui-même et (ii) l'impact causé sur ce véhicule par l'incendie d'un véhicule tiers. Cette étude propose aussi une évaluation du risque additionnel des véhicules à nouveaux modes de propulsion, en comparaison avec un véhicule thermique.

Le CETU est également impliqué dans des programmes européens qui étudient plus en profondeur les véhicules électriques sous différents aspects. Le projet allemand SUVEREN développe un volet expérimental et met en place des tests sur des batteries lithium-ion seules ou dans une maquette de véhicule. L'objectif de ce projet est d'étudier l'emballement thermique des batteries dans différents contextes, à travers des mesures de températures et de concentrations en polluants. Le champ de l'étude comprend aussi bien les tunnels que les parkings souterrains. Un autre projet expérimental auquel le CETU est associé avec des partenaires suisses étudie quant

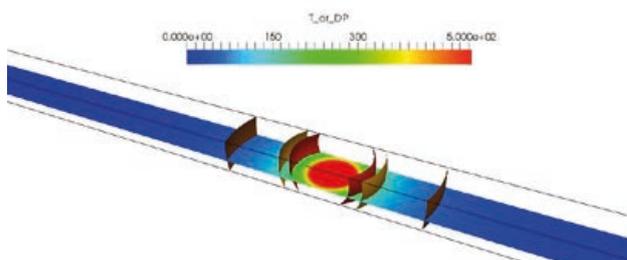


Léa Nacheff

à lui le risque de pollution résiduelle sur les infrastructures souterraines d'un feu de batterie Li-ion. Pour ce faire, des batteries sont mises à feu dans une infrastructure souterraine grandeur nature, et les polluants résiduels sont analysés. Ces tests sont réalisés dans différentes conditions :

avec et sans ventilation de l'infrastructure et avec ou sans aspersion.

Ainsi, dans un contexte où les solutions permettant de réduire les émissions polluantes liées au trafic routier sont fortement poussées, il est essentiel d'accompagner la modification rapide du parc des véhicules routiers par une bonne identification et une prévention des risques spécifiques associés.



Impact des effets de pression en cas de rupture de réservoir d'un véhicule fonctionnant au gaz naturel comprimé



Traitement, tri et stockage : un préalable généralement nécessaire à la valorisation.



Les aspects clefs à aborder pour une gestion durable des matériaux excavés.

LA GESTION ET LA VALORISATION DES MATÉRIAUX EXCAVÉS : UNE PRÉOCCUPATION CROISSANTE

Le CETU s'est fortement investi ses dernières années dans la problématique de la gestion et de la valorisation des matériaux excavés lors du creusement des ouvrages souterrains.

C'est ainsi qu'un partenariat a été mis en place en 2019 avec l'UMR 5600 « Environnement Ville Société » (EVS). Les axes de collaboration identifiés impliquent trois entités au sein d'EVS :

- l'approche territoriale avec l'ENS de Lyon (Dr. Romain Garcier, responsable de l'Atelier 2 « Circulations ») ;
- l'évaluation des impacts environnementaux avec l'École des Mines de Saint Etienne (Pr. Natacha Gondran) ;
- les aspects réglementaires avec l'Institut du Droit de l'Environnement de l'Université Lyon 3 (Pr. Philippe Billet).

C'est ainsi que Laetitia Mongeard, Docteur en Géographie, a démarré un postdoctorat de 14 mois sur l'approche territoriale de la gestion des matériaux excavés appliquée au projet de futur accélérateur circulaire du CERN (FCC). Considérant qu'un ouvrage souterrain est un événement exceptionnel au sein d'un métabolisme territorial donné, la question de l'atteinte de l'objectif de 70 % de valorisation au niveau régional se pose. L'analyse proposée cherche à croiser les spécificités du territoire concerné avec les caractéristiques des matériaux excavés, inhérentes à leur nature comme à leurs modalités de production (impacts des méthodes de creusement). Un second postdoctorat est en cours



Laetitia D'Aloia-Schwartzentruber

de recrutement avec l'École des Mines de Saint Etienne sur l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) appliquée à l'évaluation des impacts sur l'environnement des scénarios de gestion des matériaux excavés. Ce second postdoctorat fait l'objet d'un soutien financier de l'ADEME dans le cadre d'une convention

bipartite et conduira à la publication d'un guide méthodologique.

En 2019, plusieurs stagiaires issus de grandes écoles et des universités ont également contribué à enrichir le travail réalisé :

- Henri Escure (2^e année ENTPE, Vaulx en Velin) - Développement et mise en œuvre d'une grille d'analyse et de lecture des projets ;
- Yijue YANG (MASTER2, CNAM, Paris) - Élaboration d'un modèle numérique de technosol sous COMSOL en vue de la valorisation des matériaux excavés de tunnels ;
- Claire Fouquet (MASTER2, Université Lyon 3) - Régime juridique des terres excavées.

Outre ces actions de recherche, le CETU capitalise les enseignements issus du retour d'expériences et renforce son accompagnement des maîtres d'ouvrage.

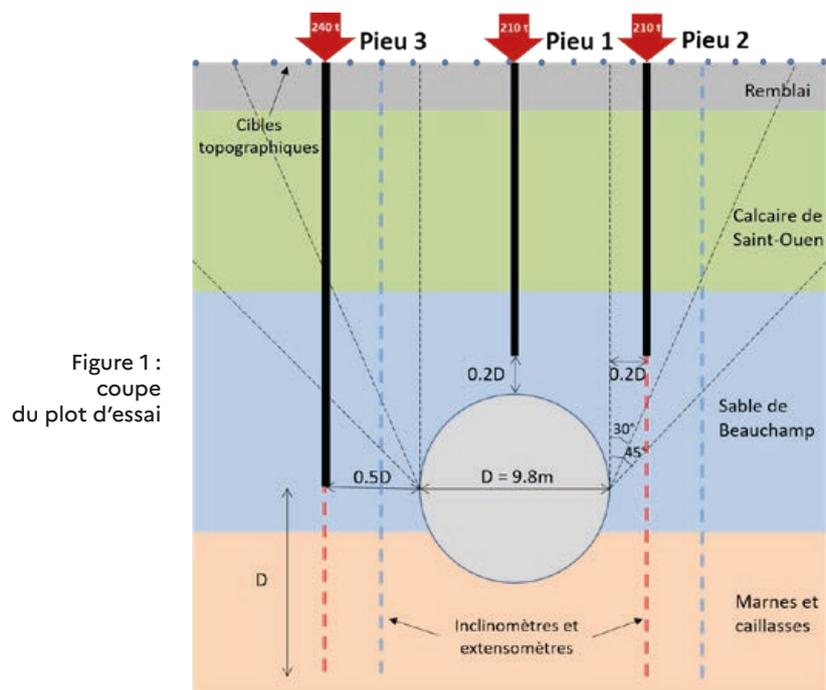


Figure 3 :
 Vue de la tête du pieu P3 et d'une
 partie de l'instrumentation
 (accéléromètres, cibles
 topographiques, peson...)



UN PROJET DE RECHERCHE AMBITIEUX CONSACRÉ À L'IMPACT DES TUNNELIERS SUR LES FONDATIONS PROFONDES

Les zones urbaines sont souvent caractérisées par des terrains alluvionnaires, meubles et aquifères. Ces conditions géotechniques se traduisent généralement par des bâtiments ou ouvrages d'art existants reposant sur des fondations profondes d'une part et l'emploi de tunneliers à front pressurisé pour réaliser les ouvrages souterrains d'autre part. Afin de limiter les dommages générés par les travaux souterrains, une bonne prévision de l'impact du creusement au tunnelier sur les fondations profondes est par conséquent nécessaire. Cette question est fréquemment posée sur des projets majeurs comme le Grand Paris Express.

Pour y répondre, le CETU s'est associé à l'École Nationale des Travaux Publics de l'État, la Société du Grand Paris et l'Université Gustave Eiffel (anciennement IFSTTAR) dans le cadre d'un projet de recherche ambitieux. Le cœur du projet est la réalisation d'une expérimentation en grandeur nature, rare à l'échelle internationale. Celle-ci est située à Aulnay-sous-Bois, sur la ligne 16 du métro parisien et comporte la réalisation de trois pieux forés de 500 mm de diamètre, et de différentes longueurs et positions par rapport à l'axe du tunnel (figure 1). Avant le passage du tunnelier, les pieux sont chargés grâce à des massifs de réaction (figure 2).

Différentes mesures sont effectuées :

- les déplacements et efforts dans les pieux grâce à des fibres optiques et des cordes vibrantes,
- les déplacements en surface du terrain à l'aide de cibles topographiques, et en profondeur grâce à plusieurs inclinomètres et extensomètres de forage,
- les accélérations en surface du terrain, en tête des pieux (figure 3), et dans la profondeur des pieux,
- les pressions et efforts exercés sur le terrain par le tunnelier.

Le tunnelier a traversé la zone instrumentée en juillet 2020. L'ensemble des données acquises est exploité dans le cadre de deux thèses



Nicolas Berthoz & Agathe Michalski

(l'une encadrée par le CETU et l'ENTPE, l'autre par l'Université Gustave Eiffel). Les résultats obtenus sont confrontés à d'autres mesures effectuées en laboratoire (essais sur le modèle réduit de tunnelier de l'ENTPE, essais en centrifugeuse de l'université de Cambridge, ...) ou en grandeur nature (expérimentation de l'Imperial College de Londres, autres données partielles acquises sur des bâtiments fondés sur pieux sur la ligne 16 du Grand Paris Express, ...). Ces résultats sont ensuite utilisés comme outil de développement et de calage de modèles numériques adaptés à cette problématique. Un concours de prévision sera également organisé afin de confronter les savoir-faire des différents bureaux d'études et universités. L'objectif final du projet est la rédaction d'un guide de bonnes pratiques consacré à l'estimation des impacts (statiques et dynamiques) des tunneliers sur les fondations profondes, à l'horizon 2023.



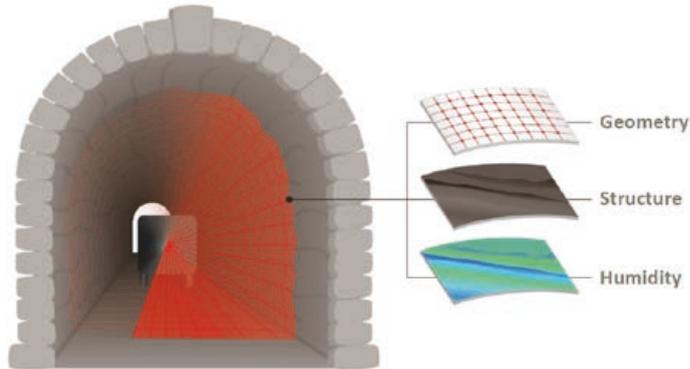
Jeanne Doreau-Malioche

Quel apport des techniques numériques pour l'inspection des ouvrages ?

Pour faire face aux difficultés rencontrées par les maîtres d'ouvrage, liées notamment aux fortes contraintes d'exploitation et aux budgets réduits, de nouvelles méthodes d'inspection du génie civil sont développées pour aller vers une surveillance à distance et automatisée. Ces méthodes sont aujourd'hui mises en œuvre sans cadre réglementaire. Pour aller plus loin, le CETU a réalisé

un parangonnage des outils existants à l'international et doit conduire des essais avec trois systèmes différents dans des tunnels non concédés.

Sur la base de ces essais, le CETU produira des recommandations pour accompagner les maîtres d'ouvrage dans l'utilisation de ces nouvelles méthodes garantissant une inspection de qualité et conforme aux attentes du fascicule 40.



Tunnel Inspection Scanner - AMBERG (suivi simultané de l'état apparent, de l'humidité et de la géométrie de l'intrados)



Catherine Larive

Recherche collaborative sur les bétons projetés fibrés

De nouveaux essais sur le comportement en fluage des bétons projetés soumis à des efforts de flexion ont été lancés en septembre. Ces essais, organisés par le CETU et l'ASQUAPRO, en collaboration avec Sigma Béton, ont pu être réalisés grâce à la collaboration d'ArcelorMittal, Bemus, BMS, EDF, Eiffage, Owenscorning,

Sika et la SNCF. Leur enjeu est d'évaluer la précision du mode opératoire visant à vérifier le comportement à long terme des bétons projetés renforcés par différents types de fibres. Les premiers résultats montrent une très nette amélioration des performances du béton renforcé de fibres synthétiques depuis 2015.



La réalisation des corps d'épreuve a mobilisé de nombreux intervenants



Les projections ont été réalisées avec un bras manipulateur Turbosol TSR7

RECHERCHE EN SÉCURITÉ INCENDIE : ÉVALUATION DES TRAVAUX EN 2019

La sécurité incendie reste une des principales préoccupations quotidiennes des exploitants de tunnels, et un sujet majeur de recherche pour le CETU. Depuis 2010, les actions dans ce domaine sont organisées dans un axe stratégique qui se décompose en trois actions thématiques : dynamique des foyers et aspersion, modélisation des mouvements de fumée et désenfumage, résistance et protection au feu des structures.

Depuis 10 ans, le CETU mène des recherches fondamentales et appliquées sur tous ces sujets, souvent en partenariat avec des universités ou dans le cadre de réseaux nationaux, européens et mondiaux. De nombreux documents de doctrine à destination des professionnels ont été publiés. On peut notamment citer le guide de la modélisation aérodynamique, les guides du comportement au feu et des systèmes de protection passive.

Comme tous les axes stratégiques du programme de recherche du CETU, celui relatif à la sécurité incendie est évalué périodiquement par une commission composée de personnalités extérieures au service : universitaires, experts au sein de bureaux d'études ou encore utilisateurs finaux des documents de doctrine (exploitants, services de secours, etc.). Cet examen indépendant est précieux pour apprécier la pertinence des travaux du CETU et choisir les futures thématiques de recherche. Une évaluation de cet axe avait eu lieu en 2014, et ce processus a été renouvelé en novembre 2019 avec une commission présidée par le professeur Jean-François Thimus de l'Université



Antoine Mos

catholique de Louvain (Belgique), membre du Conseil scientifique du CETU.

Les principaux contributeurs de l'axe (T. Kubwimana, B. Moreau, A. Mos, L. Nachef) ont présenté les travaux réalisés sur la période 2015–2019, qui comprennent notamment deux

thèses et un post-doctorat réalisés au sein du CETU ou financés par lui, et plus de 25 articles dans des revues et congrès. Les moyens consacrés à cet axe sont très importants avec environ 100 hommes-mois et 650 000 € sur ces cinq années.

La commission a souligné la qualité des productions examinées et formulé des recommandations. Celles-ci concernent les thèmes de travail pour l'avenir, comme les incendies de véhicules « nouvelles énergies » (électrique, hydrogène, gaz naturel) ou les scénarios de feu à prendre en compte dans les tunnels ferroviaires, mais aussi le positionnement du CETU (intérêt de développer les activités d'expertise par exemple).



Réunion de la commission d'évaluation au CETU le 29 novembre 2019

PUBLICATION DU GUIDE D'APPLICATION DU FASCICULE 69 DU CCTG TRAVAUX

Le fascicule 69 du CCTG relatif aux travaux en souterrain est entré en vigueur le 1^{er} juillet 2012. Un guide d'application publié par le CETU en 2013 avait pour objectif d'aider à l'élaboration du dossier de consultation des entreprises (DCE) et à la mise au point du marché, en application des principes définis par ledit fascicule 69. Une nouvelle version de ce guide, diffusée en mai 2019, vient actualiser la première édition.



Florent Robert



Catherine Cabut



Gilles Hamaide



Comme pour la version de 2013, la mise à jour du guide reprend intégralement le texte du fascicule 69 dans lequel sont insérés des renvois numérotés faisant l'objet d'un commentaire.

Les principales modifications par rapport à la première édition portent sur les commentaires relatifs à l'application des nouvelles règles d'achat public et au management des risques.

Concernant les aspects relatifs à l'application des nouvelles règles d'achat public, il convient de noter la possibilité d'engager des négociations avec les candidats sélectionnés. Cette clause s'applique, sans condition pour les entités adjudicatrices, et, pour les pouvoirs adjudicateurs, « lorsque le besoin ne peut être satisfait sans adapter des solutions immédiatement disponibles » ou encore « du fait de circonstances particulières liées à la nature [du marché], à sa complexité ou au montage juridique et financier ou en raison des risques qui s'y rattachent » (cf. article R.2124-3 du Code de la Commande Publique).

Ces négociations peuvent être engagées soit dans le cadre d'un dialogue compétitif (les candidats apportent leurs solutions techniques), soit dans le cadre d'un processus de négociation (l'acheteur apporte une solution et les conditions du marché sont négociées).

Les aspects relatifs au plan de management des risques sont largement développés dans ce guide qui considère tour à tour :

- le dossier de consultation des entreprises (DCE) : le dossier de référence, le dossier des risques,
- la consultation des entreprises,
- le jugement des offres,
- la négociation,
- la mise au point du marché,
- pendant la période de préparation puis lors de l'exécution du contrat de travaux.

En outre, il intègre en fin de commentaire un tableau de présentation des pièces constitutives du dossier de référence et du dossier des risques, depuis la consultation des entreprises jusqu'au marché de travaux. Le guide propose en annexe un cadre pour le registre des risques à insérer dans le dossier des risques. Un modèle de fiche de risques est également proposé.

Ce guide comprend en sus des commentaires relatifs au texte du fascicule 69, une annexe sur la terminologie des risques ainsi qu'une bibliographie mise à jour notamment avec les dernières recommandations de l'AFTES.

Cette version 2019 du guide d'application du fascicule 69 du CCTG « travaux en souterrain » a été rédigée par le CETU avec la participation de : Daniel Couffignal (Cabinet Clément & Associés), Alain Robert et Frédéric Bultel (Egis Tunnels). Une relecture a été effectuée par des experts de la profession.



Note d'information sur la « prise en compte des véhicules hors-gabarit aux abords des tunnels routiers »



Actes du GTFE de juin 2018

MIEUX GÉRER LES VÉHICULES HORS-GABARIT

Le retour d'expérience sur les événements liés aux véhicules hors-gabarits recensés en tunnels routiers montre que la présence d'une signalisation routière n'empêche pas de nombreux usagers de s'engager sur des itinéraires qui leur sont interdits. Le constat est également fait que ces comportements sont souvent malheureusement délibérés.

Les conséquences sont nombreuses, allant de dommages aux équipements suspendus dans l'ouvrage (ou aux éléments de génie civil auxquels sont accrochés ces équipements), à la mise en danger des usagers par des chutes d'équipements sur la chaussée ou sur un véhicule en circulation. Cela se traduit aussi par la perturbation de l'exploitation, voire la fermeture du tunnel pendant un laps de temps pouvant être long. Tous les tunnels, quelle que soit leur hauteur libre, sont concernés par le problème des véhicules hors-gabarit, mais avec des niveaux de risque très variables selon les caractéristiques de l'ouvrage et sa localisation. Afin d'établir des recommandations, le CETU a mené différents travaux pour identifier les raisons qui conduisent un conducteur à s'engager sur un itinéraire interdit. C'est ainsi qu'un état des lieux des différents dispositifs déjà mis en œuvre aux abords des tunnels routiers en France a été réalisé. Les dispositifs existants dans certains pays étrangers



Sylvette Balay

ont également été répertoriés. En complément de l'analyse de ces données, le CETU a confié à un cabinet d'avocats une étude pour évaluer le risque juridique pour les exploitants et maîtres d'ouvrage. Cette thématique a également fait l'objet de l'atelier du GTFE en juin 2018. Ce temps d'échanges privilégié entre les exploitants de tunnels routiers a permis d'identifier des pistes de travail pour consolider la doctrine du CETU. Il a fait l'objet de la publication des Actes de ce GTFE qui sont disponibles sur le site internet du CETU. Afin de prendre en compte les premières conclusions issues des travaux menés, et d'apporter aux exploitants des conseils actualisés, la Note 18, sur la prise en compte des véhicules hors-gabarit aux abords des tunnels routiers, a fait l'objet d'une mise à jour qui est en ligne sur le site internet du CETU.

UN NOUVEL ÉCLAIRAGE POUR LES TUNNELS

L'arrivée de la LED sur le marché a rapidement été suivie par une généralisation de son utilisation dans tous les domaines de l'éclairage, et notamment celui de l'éclairage des tunnels routiers.

L'arrivée de la LED sur le marché a rapidement été suivie par une généralisation de son utilisation dans tous les domaines de l'éclairage, et notamment celui de l'éclairage des tunnels routiers. Cette appropriation massive de la technologie s'est faite rapidement et sans re-questionnement préalable des règles et méthodes de dimensionnement utilisées jusqu'alors. Pourtant, les différences multiples entre sources LED et sources « classiques » (SHP ou fluos) ne permettent pas d'affirmer qu'une simple retranscription des règles jusqu'alors établies est adaptée à cette nouvelle technologie.



Dorian Talon

C'est dans ce contexte que s'inscrit le travail de thèse de Dorian Talon intitulé « Modélisation des champs de luminance et du confort visuel en tunnel : développement d'éclairages économes en énergie, confortables et sûrs pour l'utilisateur ». Il est conduit dans le cadre d'un partenariat entre l'ENTPE, le laboratoire

Génie Civil et Bâtiment et le CETU (pôle Équipements Électriques et de Gestion).

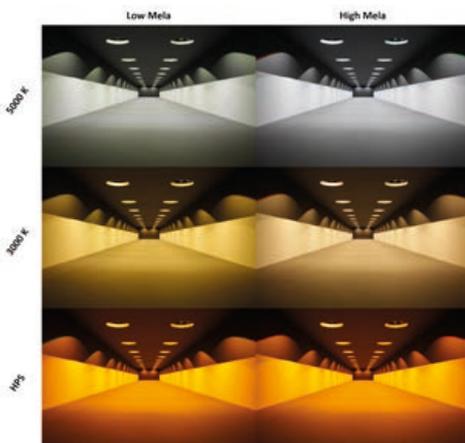
Les possibilités qu'offrent les LED, notamment en termes de variations du spectre lumineux et de



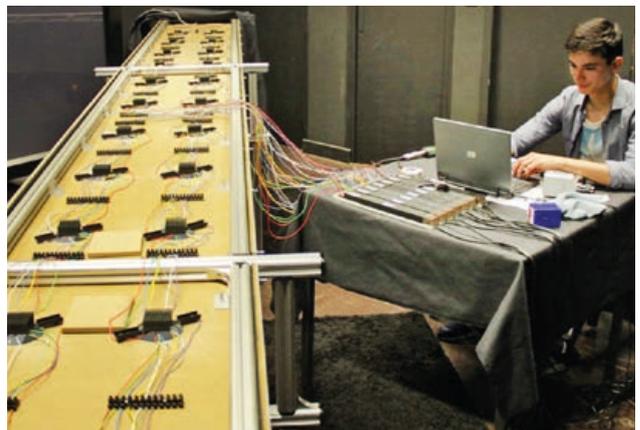
Séverine Besson

gradation du flux, permettent de concevoir des méthodes d'éclairage plus sobres et mieux adaptées aux besoins réels des conducteurs. Pour autant ces économies d'énergie potentielles ne doivent pas se faire au détriment de la sécurité des usagers.

Afin d'investiguer ces deux aspects et de développer, à terme, des scénarios d'éclairage optimaux et tirant parti de tous les avantages de la technologie LED, le travail de thèse s'appuie sur deux points détaillés ci-après. Le premier porte sur les résultats d'une expérience psycho-visuelle caractérisant l'impact du spectre des sources LED sur la visibilité des conducteurs à l'aide d'une maquette modèle réduit d'un tunnel. Le second prend en compte une phase de modélisation informatique visant à créer un modèle le plus complet possible (prise en compte du spectre, de l'impact de la lumière naturelle à l'intérieur du tunnel en fonction du climat extérieur, des propriétés de réflexion des matériaux dans le tunnel et en-dehors). Ce modèle permettra de tester rapidement de nombreuses configurations d'éclairage. L'année 2019 a été principalement consacrée au montage de la maquette et à la mise au point du protocole de test.



Ambiances lumineuses présentées aux observateurs pendant les tests



Maquette test tunnel modèle réduit avec LED modulables



Michel Deffayet

L'importance des recommandations AFTES pour la production de doctrine

L'implication des experts du CETU dans les groupes de travail de l'AFTES est restée très forte en 2019 avec la participation à plus de la moitié des 24 groupes de travail actifs. On trouve un animateur CETU dans 8 des groupes de travail. Sur des sujets aussi divers que les reconnaissances géologiques, la maîtrise des impacts du creusement, l'étanchéité

des ouvrages, l'apport du numérique et du BIM, la transition écologique dans les activités liées au souterrain, et bien sûr toutes les questions en lien avec la sécurité et la réglementation, il est logique que le CETU soit très présent, mais aussi que la production soit collective et associe l'ensemble des composantes de la profession.



La nouvelle collection des recommandations AFTES lancée en 2018



Antoine Rallu

Estimation de l'impact de travaux souterrains sur une dalle de ventilation de tunnel

L'estimation de l'impact des vibrations générées en souterrain par l'excavation à l'explosif sur les ouvrages avoisinants est un sujet essentiel qui est au cœur des préoccupations de la profession des travaux en milieu souterrain. La connaissance du fonctionnement dynamique de ces structures est un premier pas vers la détermination de leur sensibilité intrinsèque. Opérationnellement, la caractérisation dynamique d'un ouvrage peut être réalisée en enregistrant la réponse de cet ouvrage à un bruit mécanique ambiant. Les acquisitions sont traitées grâce à la méthode FDD (Frequency Domain Decomposition), méthode d'analyse modale permettant l'identification des modes propres de la structure. L'ouvrage support de cette étude est le plafond de ventilation du tunnel du Siaix (Savoie), dont une galerie de sécurité a

été creusée à l'explosif parallèlement au tube principal. En 2017 et en 2019, deux campagnes de mesures ont été réalisées par le CETU avant et après les travaux d'excavation. Les résultats publiés [AFPS, 2019] présentent une synthèse des résultats de ces auscultations ainsi que les analyses modales associées, s'appuyant sur une comparaison avec un modèle analytique de type poutre. Ces analyses ont pour objectifs l'identification des caractéristiques modales transversales du plafond de ventilation, ainsi que la mise en évidence de l'influence des travaux à l'explosif sur cette structure.

Référence : [AFPS,2019] RALLU A. et CARRIER S., « Estimation de l'impact de travaux souterrains sur un plafond de ventilation de tunnel », Congrès de l'AFPS, Strasbourg, 2019.



Thierry Manuguerra

Eticom : communiquer avec les équipements pour une maintenance adaptée et efficace

Eticom est une solution innovante, intelligente et collaborative pour faciliter l'identification des équipements, leur suivi et leur maintenance en tunnels. Outil métier de localisation et de traçabilité des équipements, simple et intuitif, il comprend des étiquettes spécifiques de radio identification et une tablette ou smartphone équipée d'une antenne longue portée spécifique. Une application métier dédiée embarquée complète le dispositif. Une fois installé, l'ensemble est propriété du maître d'ouvrage.

L'équipe projet métier collaborative Eticom regroupe les métiers qui peuvent intervenir en tunnel. Elle est composée des exploitants ATMB et du Conseil Départemental de la Drôme, des mainteneurs issus des groupes Bouygues-

Énergie-Service, Eiffage-Énergie-Systèmes, Enfrasy, Engie-Inéo, Spie et des fabricants Signify et Thorn.

Le Cluster Lumière, INDURA et le CETU participent également à ces travaux. Après un parangonnage pour identifier les diverses solutions possibles, le choix s'est porté sur la technologie RFID (de l'anglais « radio frequency identification »). La startup Capturax, spécialiste des étiquettes RFID, a été choisie pour assurer les développements sous le pilotage de l'équipe projet. Les tunnels de Vuache (ATMB) et des Grands Goulets (département de la Drôme) ont servi de plateformes pour les tests.

L'année 2019 a vu l'accélération de ce développement et une première version de l'outil sera disponible courant 2020.



Tunnel des Grands Goulets



Carte du contournement L2



Vue tranchée ouverte

PROJET BORÉE : UN NOUVEAU SOUFFLE POUR AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'AIR DE MARSEILLE !

La sur-ventilation des tunnels routiers pour favoriser la dispersion de leurs rejets et ainsi réduire l'impact de la pollution aux alentours de leurs têtes est l'une des premières mesures envisageables pour la gestion de la qualité de l'air. Cependant, cette stratégie n'a jusqu'à présent jamais été testée en s'appuyant directement sur les mesures des niveaux de pollution du quartier potentiellement impacté par le rejet du tunnel.

Les récents progrès effectués en matière de métrologie permettent aujourd'hui d'envisager le déploiement d'un tel dispositif, en l'asservissant à des mesures par micro-capteurs, qui sont des capteurs d'une nouvelle technologie très récemment apparus sur le marché. En 2017, Atmo Sud, le CETU et les services de la DREAL PACA ont lancé le projet Borée sur la rocade L2 de Marseille, axe routier très sensible du point de vue de la qualité de l'air car constitué d'une succession de tranchées couvertes sur une dizaine de kilomètres en milieu urbain dense. Le projet Borée consiste à expérimenter un dispositif de sur-ventilation afin de réduire l'exposition au dioxyde d'azote (NO₂) des riverains vivant à proximité de la tranchée ouverte reliant la tranchée couverte de Montolivet (1073 m) à celle de Saint-Barnabé (523 m).

Le projet se décompose en trois phases de mesure des niveaux de concentration en NO₂ relevés à l'intérieur et à l'extérieur des deux tranchées couvertes, dans différentes conditions :

- une première phase sans ventilation forcée dans les tranchées couvertes,
- une deuxième phase avec ventilation forcée à des moments prédéterminés,
- une dernière phase avec ventilation forcée



Marouane Yaghzar

sur alerte des mesures issues des micro-capteurs. Les deux premières phases ont été réalisées entre février 2019 et février 2020. La dernière phase sera lancée à l'issue de l'analyse des résultats de la deuxième phase, qui devrait permettre d'établir une corrélation entre le trafic, les conditions météorologiques et les pics de pollution.

En parallèle aux mesures de NO₂, le CEREMA a réalisé des mesures acoustiques pour évaluer et caractériser les éventuelles nuisances acoustiques causées par l'activation des accélérateurs utilisés pour la sur-ventilation des tranchées.

En principe, le rapport efficacité / coût du dispositif de sur-ventilation activé sur alerte des micro-capteurs devrait être très avantageux comparé à celui des systèmes de traitement de l'air classiques (filtration électrostatique, dénitrification).

Par ailleurs, le projet offre un sérieux retour d'expérience sur les micro-capteurs – technologie de mesure encore très récente – en matière de performances métrologiques (sensibilité, fiabilité, précision...).



INGÉNIERIE

L'année 2019 a enregistré une activité très forte en France en travaux souterrains avec le déploiement de nombreux chantiers du Grand Paris Express.

Plusieurs gros projets sont également en phase études comme CIGEO, la nouvelle ligne de métro à Lyon, le tunnel de base de TELT, la déviation de Tarascon sur Ariège... Sur beaucoup de ces opérations, le CETU intervient, soit en assistance à maîtrise d'ouvrage, soit en expertise avec bien souvent des sujets innovants.

Il intervient également sur des sujets pointus comme le renouvellement de GTC, la modernisation de l'éclairage, la mise en sécurité de tunnels existants, l'expertise de travaux ou de projets... Enfin, la gestion du patrimoine tunnel devient une préoccupation importante pour le CETU.



Gilles Hamaide

Contre-expertise des coûts du prolongement de la ligne 12 à Paris

Le CETU a réalisé en 2019 une expertise du prolongement de la ligne 12 entre Paris et Aubervilliers à la demande de la DGITM. Cette mission a été conduite en étroite collaboration avec la DRIEA IF. Le prolongement de la ligne 12 était phasé longitudinalement avec la réalisation de l'ensemble du tunnel et de la station Front Populaire, puis la

réalisation des stations Aimé Césaire et Mairie d'Aubervilliers.

L'étude a consisté en une approche globale du projet avec un regard critique sur la maîtrise des principaux sujets techniques. Un avis a ainsi été produit par le CETU sur la demande de financement complémentaire de la part de la RATP, maître d'ouvrage du projet.

Congélation des sols pour la gare Mairie d'Aubervilliers



Frédéric Vincent

Collaboration avec l'EPSF : un partenariat sur les rails

Dans le cadre du partenariat mis en place en 2018 avec l'Établissement public de sécurité ferroviaire et la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises, le CETU apporte son assistance technique pour l'instruction des dossiers de sécurité préalable à la demande d'autorisation de mise en exploitation commerciale de tunnels ferroviaires. Il apporte notamment son expertise pour celle du tunnel de base de la future liaison Lyon-Turin, des tunnels de la ligne Charles

De Gaulle Express ou encore du tunnel transfrontalier de la liaison Cornavin, Eaux-Vives, Annemasse (CEVA). Pour ce dernier, il a notamment contribué à l'élaboration du scénario du plus grand exercice de sécurité binational d'évacuation en masse jamais réalisé dans un tunnel ferroviaire qui s'est déroulé le 13 septembre 2019, regroupant 700 figurants et mobilisant plus de 500 autres personnes parmi les services de secours français et suisse et l'exploitant.

Exercice de sécurité dans le tunnel transfrontalier de la liaison CEVA





Nicolas Berthoz

Expertise sur le tunnel de la Brèche

Le CETU a effectué une mission d'expertise pour la SNCF et le Conseil Départemental de Savoie (CD 73), dans le cadre de la construction d'un merlon de protection au-dessus de la galerie de la Brèche (ouvrage voûte en maçonnerie de la fin du XIX^e siècle). Ce complexe merlon / galerie a pour objectif de protéger la voie ferrée Culoz-Modane et la RD 1006 contre les chutes de bloc. L'analyse a été menée grâce à un modèle aux éléments finis 3D (figure 1) intégrant le phasage de construction de la galerie, celui du futur merlon, et différents impacts de blocs. Cette analyse a permis d'optimiser la géométrie et le matériau constitutif du nouveau merlon, en visant

un juste compromis entre les fonctions de protection de la voie ferrée et de la RD 1006, et la pérennité de la galerie maçonnée existante.

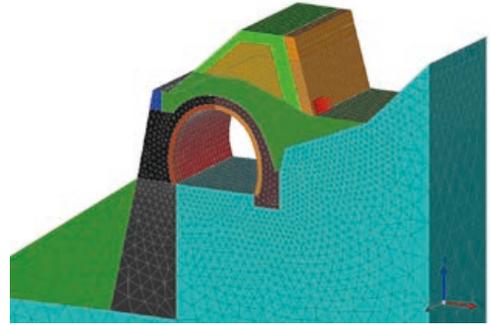


Figure 1 : vue générale du modèle numérique 3D réalisé



François Paillette

La galerie technique du tunnel de Bois de Peu va faire peau neuve

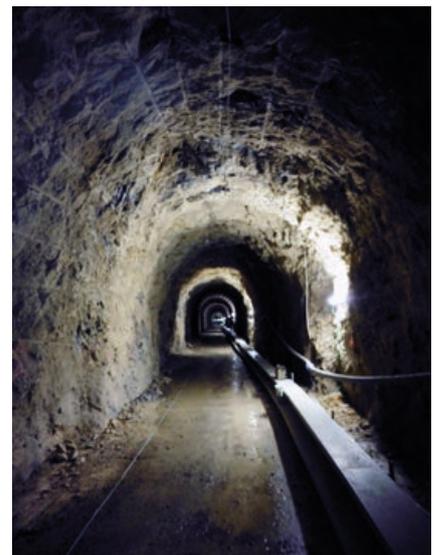
La galerie du tunnel de Bois de Peu se situe sur la voie des Mercureaux (RN 57) au sud de Besançon, exploitée par la DIR Est. Elle a été creusée pour les reconnaissances géologiques puis transformée en galerie technique pour l'exploitation du tunnel. Elle a fait l'objet d'un diagnostic de stabilité suite à l'évolution défavorable de son état, détectée lors des inspections. Le projet de réparation en cours définit

les différents types de renforcement et de drainage de la voûte à réaliser pour préserver la galerie et les équipements qui y sont installés. Il prend en compte les enjeux de sécurité et d'exploitation pour maintenir pleinement la circulation de cet axe structurant.

La mission d'assistance à la DIR Est se poursuit et les travaux sont programmés en 2021.



Zone non revêtue et, au fond, zone chemisée (travaux 2003)



Zone non revêtue ; en bas à droite, réseau fibre et exploitation



Stockage des voussoirs fibrés définitifs pour le lot 1 de la ligne 16 à l'usine Bonna Sabla à Conflans St Honorine



Démoulage d'un voussoir du lot 2 de la ligne 16 à l'usine Alliance à Limoges Fourche

UN PARTENARIAT EN BÉTON POUR LE GRAND PARIS EXPRESS !

Le 15 février dans les locaux de la Société du Grand Paris (SGP), M. Bernard Cathelain, membre du Directoire de la SGP, M. Michel Deffayet, Directeur du CETU, et Mme Hélène Jacquot-Guimbal, Directrice générale de l'IFSTTAR ont signé un partenariat d'accompagnement de la maîtrise d'ouvrage pour introduire la réalisation de voussoirs préfabriqués en béton renforcé de fibres métalliques dans le cadre de la construction des futures lignes du Grand Paris Express.

L'emploi de béton renforcé de fibres métalliques présente de nombreux atouts qui permettent d'envisager une optimisation technique et financière des travaux à réaliser. Bien que déjà mis en œuvre dans des tunnels à l'étranger, ce matériau nécessite un encadrement technique adapté. L'absence d'application structurelle à grande échelle en France rend ainsi ce procédé innovant pour une mise en œuvre industrielle.

Dans le cadre du chantier du Grand Paris Express (GPE), deux marchés sont directement concernés. Sur le lot 1 de la ligne 16, dont la solution prévue au marché est en voussoirs béton armé, l'entreprise EIFFAGE effectue une proposition alternative en voussoirs renforcés de fibres métalliques qui est en fin d'instruction auprès de la SGP.

Le groupement Salini Impregilo - NGE GC, attributaire quant à lui du lot 2 de la ligne 16 avec une solution variante en voussoirs renforcés de fibres métalliques, réalise les études d'exécution



Sébastien Bouteille

et les essais de convenance. Le positionnement français est donc en évolution sur ce sujet et cela nécessite certaines adaptations dans l'organisation des acteurs de la construction pour aboutir à des projets qui allient des objectifs communs sur le coût, le délai, la qualité technique et la durabilité des

ouvrages. Le portage de ce type d'innovation nécessite un soutien que le CETU et l'IFSTTAR (devenu l'Université Gustave Eiffel) apportent par leur accompagnement auprès de la SGP.

Ce partenariat est en cours d'extension d'une part dans le cadre du GPE pour les chantiers en cours et à venir, et d'autre part avec l'intégration d'un volet recherche. Cela implique notamment des travaux de thèse portant sur le développement d'une méthodologie de calcul avancée des bétons de fibres, tenant compte de la répartition et de l'orientation des fibres et son application en vue d'optimiser les revêtements de tunnel.

MIGA : QUAND UN CHANTIER SOUTERRAIN FAIT AVANCER LA SCIENCE

Les travaux d'excavation pour le projet MIGA (Matter Wave-lazer Interferometry Gravitation Antenna) ont été réalisés en 2019, dans le Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB) du CNRS, situé à Rustrel dans les monts calcaires du Vaucluse. Assistant au maître d'ouvrage depuis l'élaboration du programme de l'opération, le CETU a été présent pendant l'exécution des travaux.



Maud Macary



Thierry Panigoni



Johan Kasperski



Florent Robert

Les travaux ont été réalisés par le groupement GTM sud / TP Lyon / Vinci construction France / Campenon Bernard ; le maître d'œuvre du projet est le groupement GEOS INGEROP.

Ce chantier atypique, mené sans interruption de l'activité scientifique du laboratoire, a pour objectif le creusement de deux galeries d'une section de l'ordre de 12 m² et d'une longueur de 150 mètres, perpendiculaires et parfaitement horizontales. Chaque extrémité comporte une cavité destinée à l'installation d'appareillages scientifiques de physique fondamentale (tables optiques et interféromètres atomiques) pour la détection des ondes gravitationnelles.

Les galeries ont été creusées dans le calcaire urgonien à la base du Bédoulien (ou toit du Barrémien). Le faciès urgonien est essentiellement défini par son caractère bioclastique hérité de son environnement de dépôt en mer tropicale peu profonde.

Les travaux de creusement / soutènement ont duré 7 mois, de février à août 2019. Pour excaver les deux galeries et les trois cavités, 131 tirs ont été réalisés pour un global d'environ 16 tonnes d'explosif. De manière générale, les conditions géologiques rencontrées en phase travaux ont été

plus favorables que prévues : seuls 2 cintres ont été nécessaires en fin de 2^e galerie, contre 22 m de profils cintrés prévus au marché.

L'excavation de ce projet a été réalisée à l'explosif avec de l'émulsion encartouchée et des détonateurs non-électriques. Un suivi des vibrations a été opéré pour vérifier le respect des sollicitations imposées aux appareillages existants.

L'emploi de métal a par ailleurs été proscrit pour le ferrailage du soutènement et du radier afin d'éviter toute interférence lors des expériences futures de détection d'ondes gravitationnelles. Les galeries et cavités sont ainsi recouvertes de 950 tonnes de béton projeté fibré (fibres de verre) mis en œuvre par voie sèche.

Les galeries et les cavités ont toutefois nécessité la pose de 535 boulons métalliques pour la sécurité immédiate du personnel et la stabilité des blocs rocheux en paroi. Chaque boulon est répertorié afin d'apposer une isolation qui permettra une interférence minimale lors des expériences à venir.

Malgré la particularité de ce chantier (contraintes d'accès, petites galeries, sous exploitation scientifique), celui-ci a pu être mené à bien dans le respect des objectifs du maître d'œuvre.



Galerie en cours de creusement

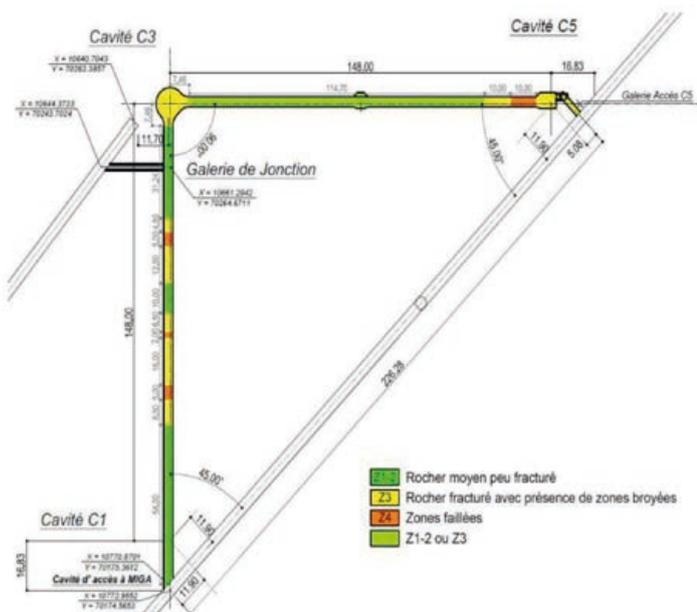


Schéma géologique du tracé



Johan Kasperski

Tunnel de Quié : de nouvelles reconnaissances en perspective

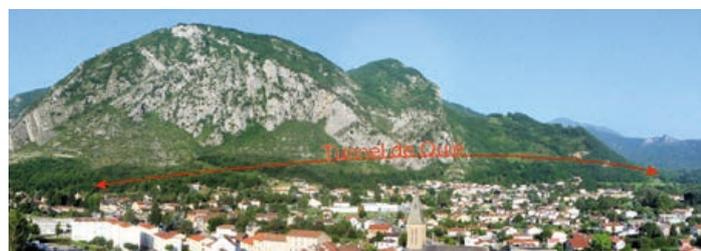
La DREAL Occitanie porte le projet de contournement de Tarascon-sur-Ariège qui comprend notamment un tunnel sur la commune de Quié.

En 2018, sur la base d'un programme de reconnaissances bâti par le CETU, des profils sismiques ainsi que des sondages carottés avaient été réalisés afin de consolider le modèle géologique pour finaliser l'étude préliminaire d'ouvrage d'art (EPOA) du tunnel prévue en 2019.

La géologie dans ce secteur pyrénéen est complexe avec des terrains chahutés en tous sens. Trois secteurs sur les variantes des tunnels sont apparus particulièrement compliqués : un paléo-glissement au niveau de la tête Nord, un sillon glaciaire dans la partie Sud et enfin une zone triasique constituée de terrains argileux pour une variante ou fluvioglacière pour l'autre.

Si les reconnaissances de 2018 ont permis de mettre en évidence ces difficultés non attendues de prime abord, il est apparu au cours des développements de modélisation et de conception géologique, réalisés en 2019, qu'il n'était pas possible de déterminer les moyens techniques permettant la réalisation des différentes variantes. Le constat s'est imposé : en l'état des connaissances disponibles, la faisabilité de ces ouvrages ne pouvait être confirmée.

Cette situation inconfortable a pu être surmontée en communiquant en 2019 sur le fond technique des développements et en proposant de manière très réactive un programme de reconnaissances complémentaires. L'objectif de ces nouvelles reconnaissances, prévues en 2020, est de permettre de lever l'ensemble des incertitudes pesant sur la faisabilité des ouvrages. La remise de l'EPOA est ainsi reportée en 2021.





Catherine Cabut

Inauguration de la galerie de sécurité du tunnel du Siaix

La galerie du Siaix a été inaugurée le 4 octobre 2019. Cet ouvrage d'environ 1460 m de longueur, parallèle au tunnel routier, permet d'assurer l'évacuation des usagers et une circulation plus sûre des cyclistes le long de la RN90. Après la réalisation du génie civil, les travaux d'équipements ont eu lieu au premier semestre 2019 : éclairage de

la galerie, suppression des rameaux, intégration de la galerie dans le système de surveillance du tunnel...

Depuis 2011, le CETU est intervenu sur cette opération comme assistant à la maîtrise d'ouvrage auprès de la DIR Centre-Est, du recrutement du maître d'œuvre jusqu'à la réception des travaux.



Séverine Besson



Une galerie de sécurité ayant une double fonction : évacuation des usagers du tunnel routier et piste cyclable sécurisée

La surveillance au service de la gestion des ouvrages sensibles



Jeanne Doreau-Malioche

Le comité de sécurité du tunnel du Fréjus est très attentif à la sécurité liée au génie civil du tunnel. Le Groupement d'Exploitation du tunnel du Fréjus (GEF) a ainsi confié au CETU une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage relative à la surveillance du génie civil du tunnel routier et de ses ouvrages connexes. Le CETU a réalisé le contrôle extérieur de l'établissement de l'état de référence du tunnel. Il comprend le dossier d'ouvrage

numérique, la synthèse des actions de surveillance et les inspections détaillées périodiques. Le CETU a également apporté son expertise dans l'analyse des zones les plus critiques affectées par les convergences du terrain encaissant et les travaux de la galerie de sécurité. En parallèle, il a accompagné le GEF dans la formalisation de sa politique de surveillance.

Tunnel routier du Fréjus – visite de contrôle extérieur de l'inspection détaillée de 2019



MÉTRO E : LE CETU ACCOMPAGNE LE SYTRAL VERS L'OUEST LYONNAIS

Le SYTRAL, autorité organisatrice des transports en commun du Rhône, a lancé fin 2018 les études préliminaires pour la création d'une nouvelle ligne de métro, la ligne E, entre l'ouest de l'agglomération lyonnaise et le centre de Lyon.

A l'issue des études de faisabilité, deux scénarios sont étudiés et soumis à la concertation publique au deuxième trimestre 2019. C'est le tracé entre le secteur de la gare d'Alaï et Bellecour qui est plébiscité : environ 6 km d'infrastructures en tunnel et 6 stations. Tenant compte des enseignements de la concertation, le SYTRAL poursuit les études sur ce tracé et étend le périmètre des études préliminaires aux prolongements de la ligne vers l'Est (jusqu'à la gare de la Part-Dieu) et vers l'Ouest.

Le CETU avait déjà accompagné ponctuellement le SYTRAL sur les prolongements successifs de la ligne B. Pour le projet de ligne E, le CETU intervient de façon continue aux côtés du SYTRAL comme assistant à maîtrise d'ouvrage (AMO) dans le domaine des ouvrages souterrains.

Dans cette phase de définition du projet, le maître d'ouvrage doit s'assurer que les solutions retenues à l'issue des études préliminaires sont techniquement et économiquement faisables. Pour cela, le SYTRAL met en œuvre une démarche de management des risques du projet, en s'appuyant sur les principales recommandations de la profession.



Gilles Hamaide

L'objectif principal de la mission d'AMO est d'accompagner le SYTRAL dans cette démarche globale, et donc dans le pilotage de la démarche d'appréciation et de traitement des risques techniques assurée par le maître d'œuvre en charge des études préliminaires. Plusieurs thèmes sont abordés :

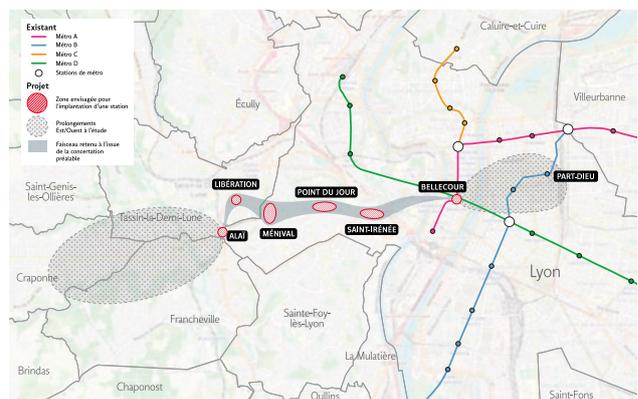


Catherine Cabut

géologie, hydrogéologie, géotechnique, impacts sur les constructions avoisinantes, méthodes de construction des ouvrages, organisation en phase travaux, estimation des coûts et des délais, gestion des matériaux excavés, sécurité des ouvrages, ventilation / désenfumage, BIM, etc.

Cette mission se poursuit par la participation à la rédaction du dossier de consultation de maîtrise d'œuvre générale, assurant la conception et le suivi de la réalisation des ouvrages souterrains, en tenant compte du retour d'expérience du prolongement de la ligne B actuellement en cours de creusement.

À terme, cette mission d'accompagnement viendra alimenter les réflexions relatives à la conduite des études amont de tunnel et la rédaction d'un document d'information édité par le CETU.



Le tracé du métro E retenu à l'issue de la concertation (source : SYTRAL)



Éric Charles

Éclairage full LED pour le PSGN de Trappes situé sur un itinéraire de desserte des JO de 2024

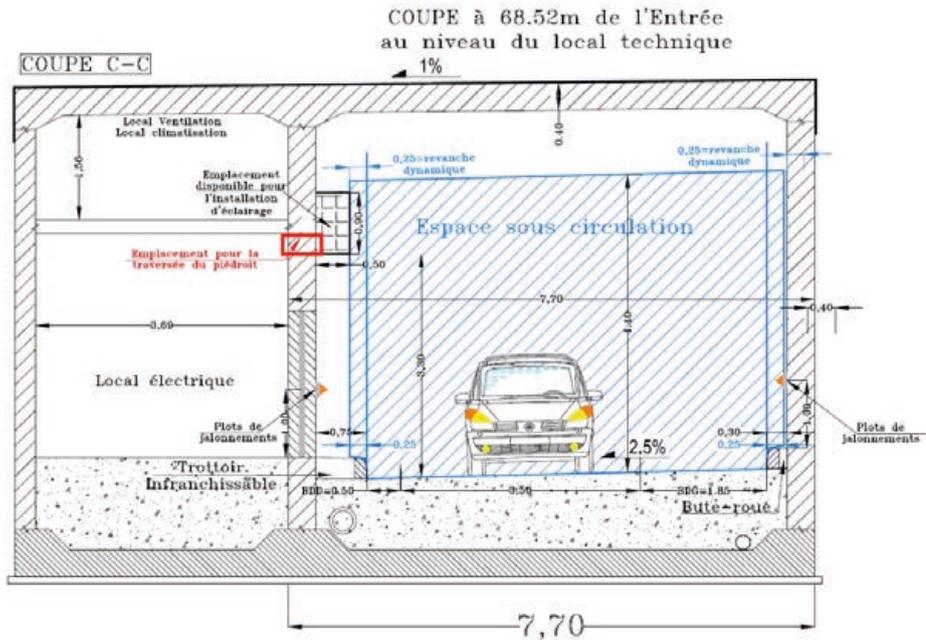
Le CETU a rédigé le CCTP de l'éclairage du Passage Supérieur à Gabarit Normal (PSGN) de Trappes, dans le cadre d'une assistance au maître d'œuvre pour la DiRIF. Cet ouvrage est situé sur un itinéraire de desserte de l'un des futurs sites des Jeux Olympiques de Paris 2024. Par évitement d'un giratoire en surface,

il assurera le raccordement direct de la RD 912 à la RN 10.

Une solution d'éclairage de type full LED avec gradation et espacement variable des luminaires, alliant ainsi sécurité et consommation d'énergie contenue, a été retenue pour cet ouvrage stratégique.



Patricia Lechevert



Profil en travers type



Lionel Aubert

Cure de jouvence au tunnel du Somport

Le tunnel du Somport est un tunnel binational de 8 609 m situé dans les Pyrénées, sur l'axe Pau-Saragosse. Le pilotage et la gestion de l'ensemble des équipements sont réalisés par une Gestion Technique Centralisée (GTC), mise en service en même temps que le tunnel en 2002. Un programme de rénovation complet

(automates, commutateurs, pare-feux, serveurs, réseaux fibres optiques...) est engagé dans le cadre du marché de recrutement du nouvel exploitant prévu pour 2021. Le CETU participe à la définition de l'architecture et des fonctionnalités de la nouvelle installation ainsi qu'à la rédaction du cahier des charges.



Visite du poste de contrôle-commande de Canfranc (Espagne)

LA TRANCHÉE COUVERTE DE LA TERRASSE GAGNE EN ÉNERGIE ET EN CONFORT GRÂCE AUX LED

La tranchée couverte de la Terrasse d'une longueur de 262 m, est située sur l'A72, à Saint-Étienne. Elle est composée de deux tubes (Est et Ouest) à trois voies de circulation. Son installation d'éclairage vétuste et énergivore datait de 1983. La DIR Centre-Est a décidé de la rénover en 2017.

Le CETU est intervenu auprès de la DIR Centre-Est en tant qu'assistant à maître d'œuvre, de la phase études de projet à la phase de réception de l'installation.

Le projet a porté sur le remplacement de l'installation d'éclairage, sur la migration de la fourniture de l'énergie électrique de haute à basse tension, ainsi que le remplacement de candélabres à proximité de l'ouvrage.

Le CETU a accompagné la DIR Centre-Est pendant les travaux sur site qui ont débuté fin 2018 par le tube Ouest et se sont achevés en mai 2019 par le tube Est. Le CETU a également réalisé des mesures de performance à la fin des travaux, pour affiner les réglages de commande et par suite le fonctionnement de l'installation.

Le projet a été particulièrement optimisé, tant pour les équipements que pour les conditions de réalisation. En effet, l'avancement du chantier était impacté par des créneaux d'interventions restreints et de fortes contraintes d'exploitation. Les vieux luminaires Sodium, de type symétrique, étaient situés en piédroits pour des questions d'encombrement et de gabarit. La mise en œuvre de luminaires LED, à très faible encombrement,



Benjamin Blattner

a permis de pouvoir les disposer en voûte sur deux files au-dessus des voies, et par suite d'installer des luminaires de type contre-flux pour le renforcement. Le nombre de luminaires et la puissance installée ont donc été réduits significativement, ceci tout en respectant le gabarit autorisé.

De plus, la possibilité de commande de gradation de l'éclairage en 1-10V sur les différents régimes a permis d'affiner les réglages.

Le régime Nuit, actuellement abaissé à 70 % de la puissance installée, répond précisément au besoin de luminance de l'utilisateur. Il permet de disposer d'une marge de réglage et donc de puissance en cas d'évolution dans le temps.

Le régime de renforcement d'entrée, gradé de 20 % à 100 % par paliers de 10 %, s'adapte au plus proche du besoin du conducteur, en fonction des conditions lumineuses extérieures données par les luxmètres. Cela conduit à un gain de consommation significatif par rapport à l'ancienne installation à deux paliers.

Enfin, les pendants et les chemins de câbles ont été réalisés en matériaux 100 % synthétique afin de s'affranchir des problèmes de corrosion, particulièrement sensibles en tunnel.

En résumé, la nouvelle installation LED de la tranchée couverte de la Terrasse représente une vraie avancée dans sa conception par sa consommation réduite, sa grande modularité et le choix plus durable des matériaux constitutifs.



Nouvelle installation LED en voûte avant dépose de l'ancienne installation latérale en SHP



Communication,
Collaboration and
Coordination

KARLOVSKÁ

FORMATION DONNÉE

Que ce soit pour la conception des tunnels ou pour leur exploitation et leur maintenance, les conditions de sécurité restent au cœur des préoccupations des différents acteurs.

Le CETU maintient une forte activité de formation continue sur ces thèmes, essentiellement au niveau national, pour répondre à la demande toujours importante des services responsables de l'exploitation mais aussi des services de secours.

Pour la neuvième année consécutive, le CETU mobilise de nombreux agents dans la formation du mastère TOS ; tous les domaines techniques y sont traités. C'est également vrai à travers de nombreuses journées techniques organisées, soit à l'intention des futurs ingénieurs, soit à l'intention des professionnels, en France et au niveau international.



Christophe Willmann

La formation des officiers des pompiers par le CETU : une collaboration fructueuse

La formation est l'un des piliers de la collaboration entre le CETU et les pompiers. Plusieurs agents interviennent ainsi dans le cadre de la formation d'intégration et d'adaptation des lieutenants de 1ère classe à l'École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs Pompiers (ENSOSP) et auprès des sapeurs pompiers de la métropole

de Lyon et du Rhône (SDMIS). Ils y communiquent sur les principes fondamentaux de la sécurité en tunnel, les dispositions techniques générales et particulières à l'action des pompiers, ainsi que les systèmes de désenfumage et la résistance au feu. Les agents du pôle sécurité interviennent aussi dans le cadre du stage « tunnel » de l'ENSOSP.



Intervention des pompiers dans le tunnel de Toulon



Louisa Bador

Un cursus de formation dédié aux opérateurs de surveillance des tunnels routiers

La Directive Européenne 2004/54/CE et l'Instruction Technique de 2000 précisent que les personnels d'exploitation doivent recevoir une formation initiale et continue adaptée. Le CETU organise avec l'ENTPE, deux fois par an au printemps et à l'automne, deux formations répondant à ces objectifs réglementaires pour les opérateurs tunnels routiers des

différents exploitants (État, Collectivités, concessionnaires, entreprises privées). Ces formations valorisent les acquis initiaux (VAI) et mise en situation (MES) s'appuient sur les interventions des acteurs du monde des tunnels : experts techniques, exploitants, sapeurs-pompiers, consultants spécialisés.



Utilisation d'un simulateur lors de la formation « mise en situation »



Visite du PC du Grand Lyon

TRANSPORT DE MARCHANDISES DANGEREUSES : DES FORMATIONS POUR MIEUX ÉVALUER LES RISQUES

Les incidents impliquant le déversement de marchandises dangereuses sont parmi les plus redoutés dans les tunnels routiers. Pour traiter cette question, un modèle d'évaluation quantitative des risques (EQR) a été élaboré conjointement par PIARC et l'Organisation de coopération et de développements économiques (OCDE). Il permet d'évaluer les risques liés au transport de marchandises dangereuses dans les tunnels routiers et sur les itinéraires alternatifs à l'air libre. Depuis la mise au point de l'outil, le modèle a été mis en œuvre dans plusieurs pays, et a permis d'étudier un large éventail de tunnels.

Pour le compte de PIARC, le CETU a piloté un projet permettant d'actualiser ce modèle pour corriger un certain nombre de bugs et le rendre compatible avec les nouvelles versions de son environnement logiciel. Ce travail a mobilisé une dizaine d'experts internationaux et a été financé par 8 pays.

La version actualisée (4.04) a été commercialisée en février 2019.

Quatre sessions de formation animées et interactives se sont ensuite déroulées à Paris les 24, 25 et 26 juin, puis à Genève les 17 et 18 décembre 2019. Trois de ces sessions étaient destinées aux nouveaux utilisateurs et ont réuni 24 participants.



Christophe Willmann

La quatrième était dédiée aux utilisateurs initiés, c'est-à-dire ceux ayant déjà une expérience significative dans la mise en œuvre du modèle. Elle a rassemblé 8 participants.

Sous l'égide de PIARC, Le CETU a piloté l'organisation de ces sessions, avec le soutien de «Ponts Formation Conseil» (organisme de formation basé à Paris) ainsi que d'experts du Comité technique sur l'exploitation des tunnels routiers (TCD5).

Les formateurs qui ont animé les séances étaient Raphael Defert (BG Ingénieurs Conseils - Suisse) et Nikolaos Vagiokas (Enalos - Grèce). Ils sont tous deux membres actifs du groupe de travail TCD5 chargé de mettre à jour et d'améliorer le logiciel. Ce sont des utilisateurs experts de l'outil et, grâce à leur excellente contribution, les stagiaires ont formulé des commentaires très positifs à l'issue des sessions.

Les stagiaires
lors d'une formation
DGQRAM à Paris



Kristen Drouard

Promouvoir la formation à l'international

Le CETU reste très actif au sein du Comité ITA-CET (Committee on Education and Training) de l'AITES où il assure la vice-présidence et le secrétariat administratif depuis plusieurs années.

En lien avec la Fondation ITACET, ce Comité prépare le contenu de formations de courte durée qui se déroulent généralement sur un ou deux jours. Bien que visant prioritairement les pays émergents, ces formations peuvent également être organisées pour les pays développés qui souhaitent se former à des sujets techniques très pointus.

En 2019, par l'intermédiaire du Comité ITA-CET, le CETU a participé à l'organisation de quatre formations au Nigéria, au Kenya, en Argentine et en

Italie (dans le cadre du congrès mondial des tunnels). Maud Macary du CETU a également dispensé une partie de la formation au Kenya. C'est ainsi que plus de 400 personnes d'une trentaine de pays ont pu être formées au cours de l'année.

Le Comité anime également un réseau universitaire, favorisant le développement de Masters focalisés sur les ouvrages souterrains. Dans ce contexte, le CETU a fortement contribué à l'organisation d'une réunion de professeurs d'une dizaine d'universités européennes qui s'est tenue en décembre 2019, ainsi qu'à l'organisation d'une conférence permettant aux jeunes doctorants européens de présenter leurs travaux.



Le Comité ITA-CET réuni à Naples

Participants de la formation « Tunnelling 4.0 » lors du congrès mondial des tunnels à Naples

MASTÈRE TUNNELS ET OUVRAGES SOUTERRAINS

Témoignage de Guillaume Champagne de Labriolle, diplômé du mastère, deuxième promotion.

En 2012, à l'issue de mon école d'ingénieur (ENTPE, promotion 57), la société Arcadis a souhaité me parrainer pour faire partie de la deuxième promotion du mastère Tunnels et Ouvrages Souterrains pour l'année 2012-2013. Cette formation avait été montée par l'AFTES, l'ENTPE, l'INSA et le CETU en anticipation de la future forte augmentation des projets de travaux souterrains. C'est également dans cet objectif que Arcadis a voulu anticiper le transfert d'expérience et de savoir de ses nombreux experts à la jeune génération.

Depuis que je suis sorti diplômé de ce mastère, je suis continuellement convaincu que cette formation m'a apporté un « booster » de carrière. Grâce à une vision large et à une culture générale pluraliste sur la conception, la construction et la maintenance des ouvrages souterrains, j'ai pu être impliqué sur des projets souterrains très variés, tout en apportant une plus-value dans la rapidité de compréhension des enjeux.

J'ai aussi pu proposer ou participer à des développements nouveaux sur des sujets théoriques (mise au point d'un logiciel en interne, publication de deux articles scientifiques avec gain du Prix Kerisel en 2016, etc.), tout autant que sur des sujets de conception (étude d'un concept alternatif pour la conception générale de la Ligne E de Lyon) ou sur des sujets de méthodes travaux (description d'un tunnelier ayant la capacité de démonter des anneaux de voussoirs bicouche depuis l'intérieur pour le projet CIGEO de l'ANDRA).

Je suis aujourd'hui chef de projet "mission EXE" pour les travaux de construction de la Ligne 11 du métro de Paris - lot GC01 pour la RATP.

La société Arcadis a depuis recruté six autres ingénieurs issus de ce mastère, ce qui a créé une facilitation pour la connaissance des équipes et la continuation de la transmission des compétences.



Visite de terrain pour la promotion 2018-2019 du mastère Tunnels et Ouvrages Souterrains

DÉVELOPPER LES COMPÉTENCES DES AGENTS DE MAINTENANCE

Dans le domaine routier, et notamment dans les tunnels, les enjeux de sécurité et la réglementation (instruction technique 2000-63, code de la voirie routière, directive européenne du 29 avril 2004, etc.), imposent que les personnels affectés à la maintenance des équipements (outre les compétences techniques requises) reçoivent la formation nécessaire à l'exercice de leurs fonctions.

C'est dans ce contexte que la DGITM a mis en place une formation pour les agents ayant en charge la maintenance et l'exploitation des équipements de sécurité des routes et des tunnels routiers, afin de développer leur savoir faire face à des situations courantes, mais aussi en cas de crise. La maîtrise d'œuvre de cette formation est assurée par le CVRH de Mâcon, le CETU a contribué à l'élaboration du programme global ainsi qu'à la réalisation effective des modules dédiés aux tunnels.

Chaque session se décline en trois modules : un tronc commun, la gestion du stress et la communication et un dernier module spécifique pour les techniciens de maintenance tunnels. Pour tout ce qui concerne le domaine des tunnels, la formation s'appuie pour une large part sur l'Instruction technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEO) de 2011 et son guide d'application pour le génie civil et les équipements de tunnel, le fascicule 40.



Jean-Claude Martin

Tout en abordant les concepts fondamentaux de la maintenance, la formation a été conçue pour apporter des connaissances pratiques. De fait, les présentations théoriques sont souvent complétées par des interventions de professionnels de la maintenance et

l'ensemble contribue à permettre aux agents de :

- connaître la réglementation en vigueur, la doctrine et les textes spécifiques tunnels,
- identifier les enjeux techniques et économiques de leur métier,
- avoir une vision globale de la variété et de la complexité des nombreux équipements présents en tunnels,
- savoir gérer les pannes susceptibles d'affecter les équipements,
- savoir conduire des actions de maintenance en situation normale de fonctionnement et gérer le stress, en cas d'incident ou d'accident,
- savoir communiquer pour diffuser l'information aux différents acteurs.

Accueillant principalement des agents de maintenance issus des différentes DIR qui exploitent des tunnels, les sessions de formation sont aussi suivies par des agents des collectivités locales.

Avec une première session en 2011, cette formation a désormais atteint son rythme de croisière avec une session annuelle qui accueille entre quinze et vingt stagiaires.





Catherine Larive

Formation ASQUAPRO à la maîtrise d'œuvre des chantiers de bétons projetés

L'association pour la qualité de la projection des bétons, dont le CETU assure la présidence, intervient régulièrement pour la certification des opérateurs de projection. Elle veille alors à ne pas cumuler les fonctions de formateur et d'évaluateur. En parallèle, depuis 2016, une journée annuelle de formation aux bonnes pratiques de la projection est organisée, principalement pour les maîtres d'œuvre. Des démonstrations illustrent l'influence de la technique de projection sur les résultats obtenus. À la demande de la SNCF, 2019 a vu pour la première fois l'organisation d'une formation théorique

complémentaire sur la maîtrise d'œuvre des chantiers de bétons projetés, co-organisée par l'ASQUAPRO, le CETU, ARS et ABCCR. Cette opération devrait se renouveler...



Gilles Hamaide

Journées techniques RATP-SETEC-VINCI-CETU : une approche partagée du risque

La démarche de management des risques techniques ne peut être efficace que par une approche partagée des risques par tous les acteurs de la construction des ouvrages souterrains. La RATP, SETEC TPI et VINCI Construction ont décidé de promouvoir des échanges entre les acteurs de la construction que sont le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'entrepreneur, à travers l'organisation de journées techniques. Pour assurer la partie pédagogique et le soutien méthodologique et technique lors de

ces journées, le CETU est associé à cette démarche. L'objectif de ces journées est de favoriser une approche partagée des risques, définie dans l'intérêt du projet, qui s'entend comme la combinaison des paramètres que sont la qualité de réalisation, le respect de l'environnement du projet, la maîtrise du coût et du délai. Cette approche partagée est fondée sur le retour d'expérience, tout en s'inscrivant dans le cadre contractuel qui s'applique à chaque opération.

Creusement du prolongement de la ligne 11 du métro parisien (source RATP)





Michaël Potier

La formation sécurité et exploitation des tunnels routiers s'adapte aux nouveaux besoins

Depuis 2006, le CETU organise une formation sur l'exploitation et la sécurité des tunnels routiers. En 13 ans, 23 sessions ont regroupé 345 stagiaires d'horizons variés : maîtres d'ouvrage et exploitants (État, concessionnaires, collectivités), services préfectoraux, DDT(M), services de secours, bureaux d'études, etc.

Initialement, les stagiaires cherchaient à comprendre et s'approprier la réglementation en vue de déterminer les programmes de travaux d'amélioration

de la sécurité et d'élaborer leurs dossiers de sécurité pour les tunnels de plus de 300 m.

Au fil des années, les attentes des participants ont évolué. Désormais, de nombreux stagiaires sont en situation de prise de poste ou ont vu leurs missions évoluer suite à des réorganisations de services. Le programme proposé vise donc à donner des connaissances de base puis à présenter la démarche de sécurité.



Présentation sur les métiers de l'ingénieur dans les transports guidés en souterrain

Sylvie Lavedrine

Afin de promouvoir les métiers de l'ingénieur dans les transports guidés en souterrain, l'ENTPE, l'INSA et le CETU se sont associés pour organiser une demi-journée de présentation de la filière. L'objectif était de sensibiliser les élèves aux enjeux et spécificités du

métier d'ingénieur de la conception à la réalisation des ouvrages souterrains. Les différents acteurs des projets de métro du SYTRAL et de la SGP se sont fortement impliqués pour exposer la multiplicité des missions et des métiers et répondre aux questions des étudiants.



Mise en place du tunnelier pour le prolongement de la ligne B Sytral

ACCOMPAGNER LA CRÉATION DE CENTRES DE FORMATION SPÉCIALISÉS

Le transfert du savoir et des compétences est une préoccupation de toute la profession du souterrain, et tout particulièrement au sein des entreprises, des ingénieries et des exploitants qui ont à construire ou à gérer des ouvrages souterrains. Il est important que ceux qui ont de l'expérience et du vécu puissent transmettre ce qu'ils ont appris, et cela dans des cadres et des conditions qui favorisent l'écoute et le travail par des mises en situation.

Le très important programme de travaux souterrains en France s'est traduit depuis 5 ou 6 ans par une forte demande de formation des nouveaux personnels qui ont été recrutés, en même temps que disparaissaient peu à peu les anciens mineurs expérimentés qui pouvaient les accompagner sur le terrain.

La formation continue au niveau ingénieur existe, notamment avec le mastère spécialisé Tunnels ENTPE/INSA que l'AFTES et le CETU ont fortement contribué à créer, et qu'ils continuent de soutenir à la fois dans l'organisation et la mise à disposition de formateurs.

Deux nouvelles structures de formation continue dédiées au souterrain doivent être mentionnées car elles ont la particularité d'être adossées à des chantiers majeurs. Le CETU est diversement impliqué dans ces structures.



Éric Premat

D'une part le pôle de compétences environnement souterrain (POCES) créé par le Département de la Meuse, l'université de Lorraine, les mines de Nancy-ARTEM, l'ENSG Nancy en partenariat avec l'ANDRA. Ce pôle offre des formations transversales au management et à l'intervention

en souterrain, ainsi que des formations métiers plus spécialisés. Le site du laboratoire souterrain de Bure est un lieu tout à fait exceptionnel pour la mise en situation des stagiaires. Le CETU est associé en tant que formateurs à un certain nombre de sessions de formation.

D'autre part, le projet de création d'un centre de compétence sur les tunnels en Maurienne. Porté par les acteurs territoriaux et soutenu par la démarche « Grand Chantier » mise en place pour accompagner le projet Lyon-Turin, ce projet est actuellement en voie de finalisation. D'ores et déjà des formations spécialisées ont été organisées avec le SDIS 73 pour l'enseignement et la pratique des interventions de secours en milieu souterrain.

Le CETU a été associé au comité de pilotage des études de faisabilité ainsi qu'à la définition des besoins.

Les deux grands projets (CIGEO et Lyon-Turin) qui soutiennent ces initiatives vont nécessairement inscrire dans la durée le besoin en formation et en professionnalisation des équipes amenées à construire et à gérer ces ouvrages.



LES PUBLICATIONS

DOCUMENTS ET NOTES D'INFORMATION

- Fascicule 67 Titre III – GGTG Travaux « Étanchéité des ouvrages souterrains » – Version commentée, mars 2019, 84 p.
- Étude des feux de référence en tunnel de transports guidés urbains – Synthèse, avril 2019, 19 p.
- Guide d'application du fascicule 69 du CCTG « Travaux en souterrain », mai 2019, 92 p.
- Les actes du GTFE « Gestion des véhicules hors-gabarit aux abords des tunnels routiers » – Atelier du 7 juin 2018, mai 2019, 12 p.

THÈSES

- **BAYDOUN (R.)**, Modélisation de l'écaillage sous incendie des bétons par une approche thermo-hydro-mécanique du comportement. Analyse paramétrique des différents mécanismes d'occurrence, Thèse de doctorat de l'INSA de Rennes, spécialité Génie Civil, juin 2019, 190 p.
- **MOHAMAD (W.)**, Tunnel Lining Design: Hyperstatic Reaction Method HRM vs Finite Elements Method FEM, Master in Civil Engineering International Program "Geomechanics, Civil Engineering and Risks", Université Grenoble Alpes, juillet 2019, 63 p.

RAPPORTS DE RECHERCHE

- **WILLMANN (C.)**, U-THREAT (Underground Transport Hub Resilience to Ensure Availability and Tackle Danger) – WP5 – Users evacuation from a train on fire in a tunnel - scenarios study, décembre 2019, 79 p.

DOCUMENTS PRODUITS AVEC UNE FORTE PARTICIPATION DU CETU

- Avis techniques délivrés par la commission « Étanchéité des ouvrages souterrains ». Nom des procédés : TECTOPROOF SIL – ANTIROCK PR et ALKORPLAN TUNNELS
- La Gestion et l'Emploi des Matériaux Excavés - Recommandation de l'AFTES GT35RF2, janvier 2019, 57 p.
- Modelling of Concrete Behaviour at High Temperature State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 227-HPB, mars 2019, 118 p.
- Présentation du concept FMDS pour l'exploitation des tunnels routiers, PIARC 2019R05FR, Technical committee D.5 « Road tunnel operations » - mars 2019 (version anglaise) et septembre 2019 (version française), 40 p.
- Prévention et limitation des collisions liées aux tunnels, PIARC 2019R03FR – Technical committee D.5 « Road tunnel operations » - mars 2019 (version anglaise) et novembre 2019 (version française), 256 p.
- Tunnels routiers : émissions des véhicules et besoins en air frais pour la ventilation, PIARC 2019R02FR – Technical committee D.5 « Road tunnels », mai 2019 (version anglaise) et octobre 2019 (version française), 67 p.
- Reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques nécessaires à la conception des ouvrages souterrains - Recommandation de l'AFTES n°GT24R3F1, juin 2019, 90 p.
- Grandes infrastructures souterraines interconnectées, PIARC 2019R42FR, Technical committee D.5 « Road tunnel operations » - septembre 2019 (versions anglaise et française), 96 p.
- General principles to improve accessibility for persons with reduced mobility in road tunnels, PIARC 2019R20EN, Technical committee D.5 « Road tunnel operations » - septembre 2019 (version anglaise), 55 p.

ARTICLES ET COMMUNICATIONS à DES CONFÉRENCES

- **WILLMANN (C.), TRUCHOT (B.),** A methodology for evaluating associated risks, ITA-COSUF Workshop on New Energy Carriers in Road Tunnels, 21.02.2019, Utrecht
- **BERTHOZ (N.), ...**, Microtunnelier de Ø 2500 à Paris CDG - Éléments de retour d'expérience, Tunnels et Espace Souterrain, n° 267, Janv-févr-mars 2019, pp 108-121
- **ROBERT (F.),** Projet national MINnD – Prénormatisation des informations descriptives des infrastructures souterraines et des ouvrages d'art, GC'2019, Cachan, 20-21 mars 2019, 9 p.
- **RALLU (A.), BOUTIN (C.), HANS (S.),** Wave dispersion curves in discrete lattices derived through asymptotic multi-scale method, XIIIth International Conference on Recent Advances in Structural Dynamics (RASD), 15-17 April 2019, Lyon, 12 p.
- **D'ALOIA (L.), ROBERT (F.),** Management and use of materials excavated during underground works, 45th ITA-AITES World Tunnel Congress, Naples, 3-9 mai 2019, pp. 284-293
- **ROBERT (F.), RALLU (A.), ...** Building information management for tunneling, 45th ITA-AITES World Tunnel Congress, Naples, 3-9 mai 2019, pp. 2950-2959
- **DE LA FUENTE (M.), SUBRIN (D.), SULEM (J.),** Numerical back-analysis of the Fréjus road tunnel and of its safety gallery, 45th ITA-AITES World Tunnel Congress, Naples, 3-9 mai 2019, pp. 3644-3653
- **LIU (Y.), SULEM (J.), SUBRIN (D.), HUMBERT (E.),** Anisotropic convergence of tunnels in squeezing ground: The case of Saint-Martin-la-Porte survey gallery, 45th ITA-AITES World Tunnel Congress, Naples, 3-9 mai 2019, pp. 3940-3946
- **PRE (M.), CHIRIOTTI (E.), HAMAIDE (G.), PIRAUD (J.),** Integrating risk management in underground works: The French experience and AFTES Recommendations, 5th ITA-AITES World Tunnel Congress, Naples, 3-9 mai 2019, pp. 4558-4566
- **YAGHZAR (M.), VIDAL (B.), BURKHART (J.-F.), ...** Project Borée: controlling road-tunnel ventilation by means of a network of microsensors, in order to reduce the exposure of the local population to pollutants - Background, methodology and initial results, TAP2019 - 23rd International Transport and Air Pollution Conference Thessaloniki, Greece, 15-17 Mai 2019, Poster
- **VIDAL (B.), YAGHZAR (M.), BURKHART (J.-F.), GRAND (J.-P.), ...** Measurements of particulate matter (PM) concentrations in road tunnels taken between 2009 and 2018, TAP2019 - 23rd International Transport and Air Pollution Conference Thessaloniki, Greece, 15-17 Mai 2019, Poster
- **ROBERT (F.), ...**, Le BIM pour les infrastructures... Déjà le bout du tunnel ?, Tunnels et Espace Souterrain - n° 268, Avril-Mai-Juin 2019, pp. 18-25
- **DE PASCALI (P.),** The grand renaissance (interview de M. DEFFAYET), Tunnels and Tunnelling, juin 2019, pp. 25-29
- **TALON (D.),** Impact of the spectrum of light on visibility in road tunnels, CIE 2019, Connecting the World in Light Washington, 14-22 juin 2019, 10 p.
- **DE LA FUENTE (M.), TAHERZADEH (R.), SULEM (J.), NGUYEN (X.-S.), SUBRIN (D.),** Applicability of the Convergence-Confinement Method to Full-Face Excavation of Circular Tunnels with Stiff Support System, Rock Mechanics & Rock Engineering, vol. 52, juillet 2019, pp. 2361-2376
- **WILLMANN (C.), TRUCHOT (B.),** New Energy Carriers and Additional Risks for User Safety in Tunnels, INTERFLAM 20149, Londres, 1-3 juillet 2019, pp. 1833-1844
- **DE LA FUENTE (M.), SULEM (J.), TAHERZADEH (R.), SUBRIN (D.)** Tunneling in Squeezing Ground: Effect of the Excavation Method, Rock Mechanics & Rock Engineering, publié en ligne le 9-08-2019, 23 p.
- **CHAABAT (F.), CREYSSELS (M.), MOS (A.), WINGRAVE (J.),** The effects of solid barriers and blocks on the propagation of smoke within longitudinally ventilated tunnels, Building and Environment, vol. 160, août 2019, 11 p. (art. 106207)
- **PIMIENTA (P.), ...**, MOREAU (B.), D'ALOIA (L.), LARIVE (C.), ... In situ concrete spalling risk assessment in tunnel by means of a mobile oil-fired furnace, Fire Spalling 2019 – 6th International Workshop on Concrete Spalling due to Fire Exposure, Sheffield, 19-20 septembre 2019, 10 p.
- **BURKHART (J.-F.), YAGHZAR (M.), VIDAL (B.), GRAND (J.-P.), ...**, Project Borée: controlling road-tunnel ventilation by means of a network of microsensors, in order to reduce the exposure of the local population to pollutants - Background, methodology and initial results, 18th ISAVFT, Athens, 25-27 septembre 2019, pp. 79-93
- **WILLMANN (C.), TRUCHOT (B.),** User's safety in tunnels - additional risks of new energy carriers vehicles, 8th ISAVFT, Athens, 25-27 septembre 2019, pp. 450-464

- **WINGRAVE (J.), MOS (A.), ...**, Experimental analysis of smoke control using transverse ventilation in a tunnel, 8th ISAVFT, Athens, 25-27 septembre 2019, pp. 705-722
- **BERTHOZ (N.)**, New 2D approach to estimate the displacements induced by tunnel boring machines, 27th European Young Geotechnical Engineers Conference (EYGEC), Mugla, Turkey, 26-27 septembre 2019, 8 p.
- **WILLMANN (C.)**, U-THREAT – Présentation du projet et de ses résultats, WISG (Workshop Interdisciplinaire sur la Sécurité Globale), 1-2 octobre 2019, Dusseldorf, poster
- Le CETU éclaire les tunnels, journée « Recherche & Innovation en Lumière » du Cluster Lumière, Lyon, 16 octobre 2019, poster
- **CHAABAT (F.), SALIZZONI (P.), CREYSSELS (M.), MOS (A.), WINGRAVE (J.)**, Smoke control in tunnel with a transverse ventilation system: An experimental study, Building and Environment, en ligne le 17 octobre 2019 (à paraître dans le vol. 167, janvier 2020), 13 p. (art 106480).

DOCUMENTS INTERNES

Rapports de stage :

- **LOURS (F.)**, Guide méthodologique d'essai des installations d'alimentation électrique lors d'une inspection, rapport de stage ENTE, février 2019, 35 p.
- **BREILLAD (J.)**, Quelles données du système de gestion technique centralisée des équipements des tunnels suivre pour en optimiser le fonctionnement, rapport de stage ENTE, février 2019, 32 p.
- **CARRIER (S.)**, Analyse modale opérationnelle appliquée à la caractérisation dynamique in situ d'une dalle de ventilation, Travail de fin d'étude de l'ENTPE (Voie d'approfondissement Génie Civil), juin 2019, 116 p.
- **WINGRAVE (J.)**, Buoyant Plumes in Longitudinal & Transverse Ventilated Tunnels, Certificat de formation à la recherche, Ecole Centrale de Lyon, juillet 2019, 47 p.
- **FOUQUET (C.)**, Le régime juridique applicable aux terres excavées tout au long de leur processus de gestion, Mémoire de stage de Master 2 en droit de l'environnement et de l'urbanisme à Université de Lyon III - Jean Moulin - Institut de droit de l'environnement, septembre 2019, 132 p.
- **MICHALSKI (A.)**, Modélisation numérique de l'impact du creusement pressurisé des tunnels sur des pieux. Travail de fin d'étude de l'ENTPE (Voie d'approfondissement Génie Civil), septembre 2019, 81 p.
- **WILLMANN (C.)**, U-THREAT- Measures for enhancement of resilience, rapport technique, décembre 2019, 4 p.

Notes techniques :

- **MACARY (M.)**, Retour d'expérience du creusement du tunnel de base du Gothard, janvier 2019, 18 p.
- **CARNISI (C.)**, Procédure d'utilisation du Photo-Luminancemètre LMK pour la réalisation de mesures d'éblouissement, mars 2019, 13 p.
- **AUBERT (L.), BESSON (S.)**, Avis sur les écarts de conformité des câbles installés dans les tunnels de la ligne 2 du tramway de Nice et de la ligne B du métro de Rennes, mai 2019, 5 p.
- **CHARLES (C.), AUBERT (L.)**, Introduction à la cybersécurité en tunnel routier - présentation, 10 mai 2019, 29 p.
- **NID BOUFKER (Z.)**, Analyse d'un système de Détection Automatique d'Incident (DAI) à base de caméra thermique en tunnel routier (document confidentiel), rapport de stage IUT Lyon I – GEII, juin 2019, 45 p.
- **MACARY (M.), WALLON (C.)**, Risques logistiques - Les enseignements tirés de la réalisation du tunnel de base du Gothard, juillet 2019, 28 p.
- **MACARY (M.)**, Puits profonds - Construction et exploitation des puits de Sedrun, juillet 2019, 18 p.
- **TALON (D.)**, Tunnel du Mont-Blanc - Mesures des performances de la nouvelle installation d'éclairage LED, septembre 2019, 26 p.
- **AUBERT (L.)**, Gestion technique centralisée – supervision, introduction (GTFE Atelier thématique – Nice), 11-12 octobre 2019, 11 p.
- **MACARY (M.)**, Pratiques contractuelles en travaux souterrains - Synthèse des pratiques françaises, suisses, anglo-saxonnes et FIDIC, octobre 2019, 32 p.
- **CHARLES (E.), BANOS (C.), BESSON (S.), BLATTNER (B.), AUDRAIN (J.)**, Modes de communication en tunnel : évolutions et perspectives – Note de problématique, octobre 2019, 5 p.
- **CHARLES (E.), D'ALOIA (L.), YAGHZAR (M.)**, Rapport de l'analyse de cycle de vie – Analyse de cycle de vie de l'éclairage et de la ventilation en tunnel, rapport d'étude (version provisoire), novembre 2019, 25 p. + annexes



LEXIQUE

ADEME

Agence de la transition écologique

AFGC

Association Française de Génie Civil

AFPS

Association Française du génie ParaSismique

AFTES

Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain

AGIFI

Association française des Gestionnaires d'Infrastructures Ferroviaires Indépendants

AITES/ITA

Association Internationale des Tunnels et de l'Espace Souterrain/
International Tunnelling Association

ANDRA

Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

ASQUAPRO

Association pour la qualité de la projection des bétons

BRGM

Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CEREMA

Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

CERN

Centre Européenne pour la Recherche Nucléaire

CETU

Centre d'Études des Tunnels

CFGI

Comité Français de Géologie de l'Ingénieur et de l'environnement

CFMR

Comité Français de Mécanique des Roches

CIG

Commissions intergouvernementales

CNESOR

Commission Nationale d'Évaluation de la Sécurité des Ouvrages Routiers

DDT

Direction Départementale des Territoires

DGITM

Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer

DGSCGC

Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises

DIR

Directions Interdépartementales des Routes

DiRIF

Direction des Routes Ile-de-France

DIT

Direction des Infrastructures de Transport

DREAL

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

DRIEA IF

Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement de l'Ile-de-France

ENTPE

Ecole Nationale des Travaux Publics de l'État

EPSF

Établissement Public de Sécurité Ferroviaire

GTFE

Groupe de Travail Francophone des Exploitants des tunnels routiers

IFSTTAR (Université

Gustave Eiffel)
Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux

INDURA

Infrastructures Durables Rhône-Alpes

INERIS

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

INSA

Institut National des Sciences Appliquées

ITACET

International Tunnelling Association Committee for Education and Training

ITA COSUF

International Tunnelling Association Committee on Operational Safety of Underground Facilities / Comité pour la Sécurité en exploitation des infrastructures souterraines

PIARC

World Road Association/
Association Mondiale de la Route

PIARC France

Comité français de PIARC

SGP

Société du Grand Paris

STRMTG

Service Technique des Remontées Mécaniques et Transports Guidés

TELT

Tunnel Euralpin Lyon-Turin



25 avenue François Mitterrand
69500 Bron - France
Tél. +33 (0)4 72 14 34 00
Fax. +33 (0)4 72 14 34 30

Centre d'Études des Tunnels
www.cetu.developpement-durable.gouv.fr