



RAPPORT D'ACTIVITÉ 2017



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

Centre d'Études des Tunnels

www.cetu.developpement-durable.gouv.fr

Sommaire

■ Éditorial	3
■ Les missions du CETU	4
■ 2017, en bref	8
■ Activités institutionnelles et réglementaires	16
■ Recherche et doctrine, production de connaissance	26
■ Ingénierie	42
■ Formation donnée	58
■ Les publications du CETU	64
■ Lexique	67



Organigramme



Édito



Michel DEFFAYET, directeur
Eric PREMAT, directeur adjoint

Sans doute plus encore que les années précédentes, le présent rapport d'activité met l'accent sur les personnes, ingénieurs ou techniciens, qui fondent la compétence et la capacité d'intervention du CETU. En attestent les contributions et illustrations nombreuses, ainsi que les témoignages qui jalonnent le document.

Le renouvellement des experts, la consolidation de la compétence collective, la valorisation des acteurs et de leurs travaux sont une préoccupation quotidienne, rendue difficile aussi de par la diversité des métiers que l'on retrouve sous le champ des tunnels, champ que l'on aurait bien tort de considérer comme étroit.

La légitimité du CETU au niveau national, et bien plus encore au niveau international, ne repose pas sur son statut institutionnel, mais sur les contributions réelles de ses spécialistes et experts qui, dans la durée, étoffent leur stature personnelle et construisent des positionnements intéressants pour le ministère mais aussi la communauté professionnelle française tout entière.

L'actualité 2017 le démontre clairement, en s'articulant autour de quatre grands types d'actions que conduit le CETU : les missions d'ordre institutionnel, les travaux de recherche et de doctrine, les interventions opérationnelles sur projets et les formations données ; cette présentation a l'avantage de bien souligner la spécificité du CETU et de mettre en perspective la manière dont chacun de ces types d'intervention se nourrit mutuellement.

Avec un programme de travaux souterrains exceptionnel pour la décennie à venir, mais aussi des évolutions dans la pratique de la mobilité qui vont questionner la conception et les usages de nos ouvrages, les attentes sont nombreuses sur beaucoup de sujets dont on peut déjà constater les premières avancées dans ce rapport. Bonne lecture.



LES MISSIONS DU CETU

Service Technique Central du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES), rattaché au Directeur Général des Infrastructures, des Transports et de la Mer, le CETU a en charge l'ensemble des aspects techniques relatifs aux tunnels et intervient à tous les stades, depuis la conception jusqu'à 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 11 personnes qui interviennent tant en recherche, projets, expertises qu'en élaboration de doctrine ou de méthode ou encore en contrôles, inspections, exploitation de retours d'expérience, mesures. Leur rôle est de développer et capitaliser la connaissance dans un domaine donné, de réaliser des activités de recherche et de doctrine, de mettre en commun, formaliser et diffuser le savoir-faire et de développer les compétences des agents.

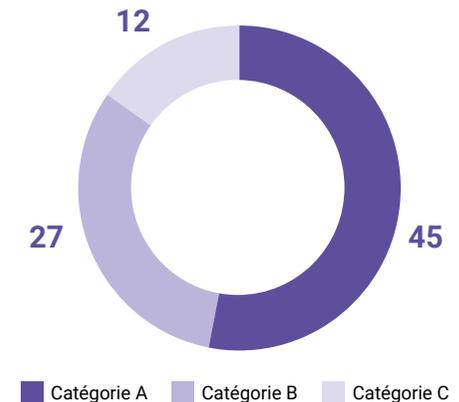
■ **Une organisation matricielle** qui fait appel à des équipes projet, formées de personnes appartenant aux pôles, constituées spécialement pour chaque intervention d'expertise, d'ingénierie ou de recherche et doctrine. Ces équipes, ajustées à la nature du projet à traiter, ont une durée de vie limitée.

■ **Des chargés de mission** qui, en raison de leur expérience approfondie, procèdent à certaines expertises, apportent leur contribution aux pôles ou aux équipes projet et remplissent certaines fonctions dans des organismes extérieurs (animation de réseaux, membres de comités techniques, etc.)

Ils assurent également au sein du CETU des fonctions transversales permanentes (animation de la recherche, avis réglementaires sur les projets pour l'État et contrôle externe des projets établis par le CETU, développement de l'activité dans le domaine ferroviaire, prise en compte du développement durable, observatoire des tunnels, suivi des grands projets, inspections équipements) ou occasionnelles (montages de projets ou réseaux thématiques européens, assistance à certains maîtres d'ouvrage).

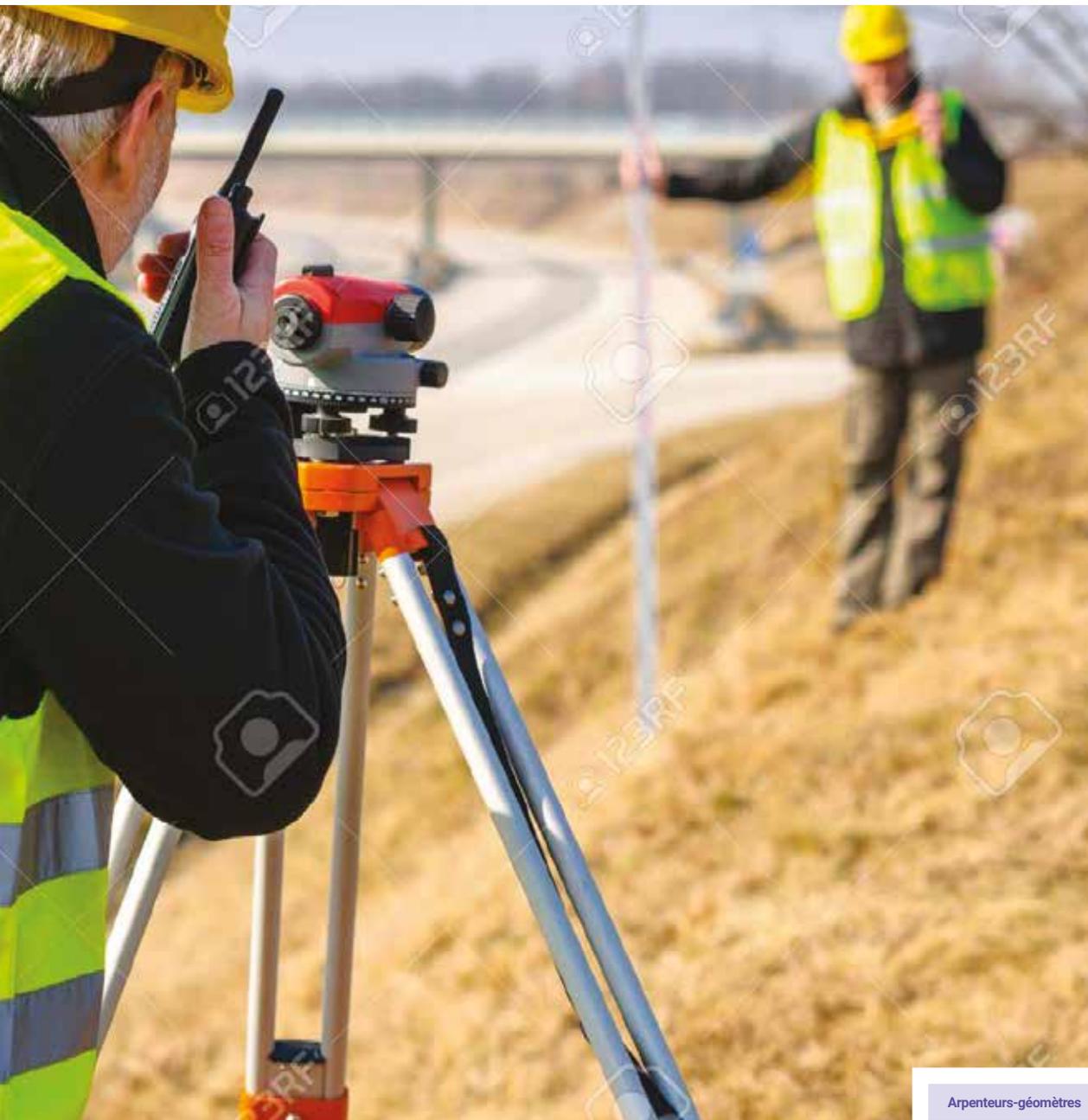
■ **Des moyens de mesure et expérimentation** : camion-nacelle, instrumentation pour l'auscultation des ouvrages de la centrale d'inspection génie civil et pour la mesure de la performance des équipements de sécurité de la centrale d'inspection équipements, métrologie ventilation et qualité de l'air,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

Effectifs : 84 personnes



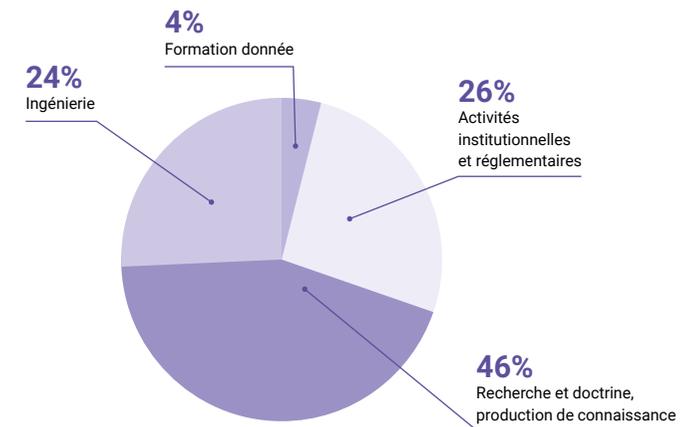
Des spécialistes, des experts dont certains au plan international (25 agents qualifiés par les comités de domaine du MTES), 13 docteurs



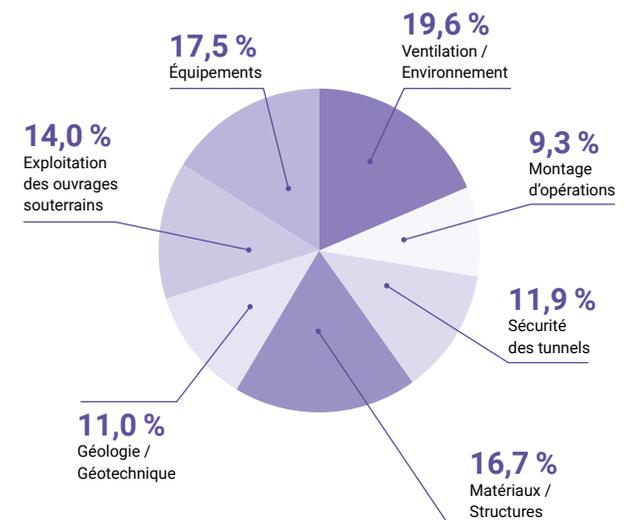


Arpenteurs-géomètres

Répartition de l'activité par mode d'intervention



Répartition de l'activité par domaine



Zoom sur les 5 principales opérations par activité de production

Activité institutionnelle et réglementaire

CNESOR
 Association AIPCR
 Participation ITA-CET
 Assistance ponctuelle État
 Association AFTES

Recherche, doctrine, production de connaissance

Evaluation des conditions ambiantes en cas d'incendie et optimisation désenfumage
 Suivi d'exploitation
 Participation GT AFTES 9
 Améliorer la connaissance et la maîtrise des niveaux de pollution en tunnel routier
 Géométrie

Ingénierie

Tranchée couverte de Marange Silvange – DCE Equipements
 Tunnel Oloron – Sainte Marie - POA
 Grand'Mare remise à niveau
 Saint-Béat – AMOE Equipements
 Tunnel du Siaix – Galerie de sécurité – AMO travaux de génie civil

Formation donnée

Formation donnée
 SGP – Cycle de formation Ouvrages souterrains Société du Grand Paris (ENTPE)
 Formation pour personnels exploitants
 Tunnel de Baza et Pas de l'Escalette – Formation professionnalisation des opérateurs CIGT Issoire et Clermont l'Hérault
 Tunnels du groupe SANEF – Module de formation maintenance



Tunnel de nuit



2017, EN BREF



Janvier

5 JANVIER : campagne de mesures sur la dalle de ventilation du tunnel du Siaix pour développer des outils de traitement dynamique des auscultations in situ

11 JANVIER : rencontre avec l'université de Toulouse pour le montage d'un dossier de recherche appliquée aux LED et présentation de luminaires à induction

12 JANVIER : début du cycle 2 de formation de la maîtrise d'ouvrage SGP aux ouvrages souterrains qui fait suite au bilan très positif du premier cycle (2015-2016)



12 JANVIER : réunion de travail à Chardonneret pour définir le projet de signalisation à terme de chacun des deux tubes du tunnel du Fréjus

16 JANVIER : lancement d'une campagne expérimentale d'essais dans la soufflerie de l'École Centrale de Lyon, dans le cadre de la thèse de T. Kubwimana « Écoulements atmosphériques autour de tunnels : intérêt applicatif de la simulation numérique 3D »

17 JANVIER : réunion au ministère de l'Intérieur avec la DSCR et la DGSCGC pour réfléchir à des actions de communication sur la sécurité dans les tunnels routiers, à l'attention du grand public

18 JANVIER : réunion du Conseil de la Fondation ITACET à Paris pour élaborer son plan stratégique avec l'objectif de développer plus encore ses actions de formation à la fois pour les nations membres de l'ITA et pour les acteurs du domaine

19 JANVIER : rencontre de Claude Van Rooten, nouveau Président de l'Association Mondiale de la Route, à l'occasion de la réunion de son Comité Français (CF AIPCR) dans les locaux de l'IFSTTAR



Claude VAN ROOTEN, nouveau Président de l'AIPCR

25 JANVIER : réunion à Paris, sous l'égide de la DGITM, de la Task Force « Véhicules automatisés », à laquelle le CETU participe pour identifier les situations à risque en tunnel

26 JANVIER : participation au collège inter départements à l'ENTPE pour réfléchir aux compétences attendues pour les Ingénieurs des Travaux Publics de l'Etat de demain et à la démarche d'enseignement appropriée à mettre en place

27 JANVIER : journée AFTES au CETU autour des « équipements périphériques dans la construction de tunnels » qui a réuni plus d'une centaine de participants pour échanger sur les différents systèmes et matériels mobilisés pour la construction d'infrastructures souterraines



Journée AFTES autour des équipements périphériques dans la construction de tunnels

31 JANVIER : 8^e réunion du COPIL Référentiel Tunnels pour préparer l'ouverture du référentiel sur internet et faire le point sur l'avancement des essais et réceptions des équipements ainsi que l'assainissement des tunnels routiers

Février

1^{er} ET 2 FÉVRIER : participation à la 2^e réunion du groupe de travail « Facteurs Humains » du comité tunnels de l'Association Mondiale de la Route avec notamment pour objet la définition de la trame et le contenu des deux rapports prévus dans le cadre du cycle en cours : « Personnes à Mobilité Réduite » et « Systèmes de Transport Intelligents »

1^{er} ET 2 FÉVRIER : réunion du comité de sécurité du tunnel sous la Manche, à Londres, avec une demi-journée consacrée au projet ElecLink (liaison à courant continu en très

haute-tension entre la France et le Royaume-Uni)

2 FÉVRIER : publication par le comité tunnels de l'AIPCR du rapport technique « Tunnels routiers : réseaux routiers souterrains complexes » auquel le CETU a largement contribué

2 FÉVRIER : réunion de travail au CETU pour la mise au point du guide sur la protection au feu produit par le WG6 de l'AITES

3 FÉVRIER : participation à la journée technique organisée par l'université de Bourgogne Franche-Comté dans le cadre du mastère Géologie appliquée pour présenter les enjeux relatifs aux futurs travaux souterrains en France, la problématique de la gestion et de l'emploi des matériaux excavés, en illustrant une opération de réalisation d'ouvrage par les travaux du tunnel de Bois de Peu

3 FÉVRIER : publication de la version actualisée du document d'information sur le traitement de l'air des tunnels routiers qui apporte un retour d'expérience enrichi sur les techniques de traitement déjà connues et présente les techniques innovantes apparues récemment (biofiltration, bétou dépolluant, etc.).



6 FÉVRIER : réunion de travail consacrée aux grands tunnels routiers transfrontaliers, en présence de D. Chemin (président des comités de sécurité du Mont-Blanc et du Fréjus) sur la définition du cadre d'intervention et des missions à réaliser par une entité de contrôle

6 FÉVRIER : réunion pour monter une collaboration avec l'université de Franche-Comté, l'École Normale Supérieure de Lyon et les Mines de Saint-Étienne, autour de la problématique de la valorisation des matériaux excavés, et notamment préciser un sujet de thèse et également un travail de post-doctorat

7 FÉVRIER : rencontre avec Ali Daouadji, nouveau directeur du laboratoire GC de l'INSA, pour discuter des évolutions de l'INSA de Lyon dans le domaine du Génie Civil et évoquer d'éventuelles pistes de collaborations pour l'avenir (matériaux, vibrations, matériaux excavés, etc.)

7 FÉVRIER : seconde session de formation sur la maintenance pour les agents de maintenance et les opérateurs du groupe SANEF

8 FÉVRIER : réunion des partenaires scientifiques du projet franco-allemand U-THREAT, sur la résilience des infrastructures souterraines de métro, pour préciser le contenu technique des work-packages et les rôles des principaux partenaires

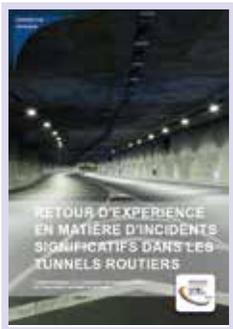
9 FÉVRIER : réunion au CETU des deux steering boards des comités ITA-CET et ITA COSUF qui a permis aux deux comités de mieux se connaître et d'échanger sur leur possible collaboration pour le montage de formations dans les domaines de l'exploitation et de la sécurité



Réunion au CETU des deux steering boards des comités ITA-CET et ITA COSUF

15 FÉVRIER : participation à Rome de Marc Tesson, président du Comité Tunnels de l'AIPCR, à la réunion du Comité National Italien des tunnels de l'AIPCR

15 FÉVRIER : publication des rapports AIPCR « Retour d'expérience en matière d'incidents significatifs dans les tunnels routiers » et « Tunnels routiers : réseaux routiers souterrains complexes » auxquels le CETU a très activement contribué



16 FÉVRIER : participation à la Conférence internationale « Sécurité des tunnels routiers – Mesures d'exploitation liées à la Directive Européenne 2004/54/CE » organisée à Rome par l'association Fastigi, en partenariat avec le CI-AIPCR sur le sujet de la mise en oeuvre de la Directive Européenne



Conférence internationale "Sécurité des tunnels routiers-Mesures d'exploitation liées à la Directive Européenne 2004/54/CE" organisée à Rome

17 FÉVRIER : réunion de travail avec les représentants de la société ARCOS (en charge de la réalisation du contournement Ouest de Strasbourg) consacrée aux équipements à mettre en oeuvre dans la tranchée couverte de Vendenheim

21 FÉVRIER : participation au workshop « EcoRoads » organisé à Bruxelles sous l'égide de la Commission Européenne sur le thème de la collaboration entre experts « sécurité routière » et « sécurité tunnels »

24 FÉVRIER : démarrage du microtunnelier Rachel à l'aéroport Roissy CDG, qui creusera deux galeries pour la gestion des eaux de la plateforme de l'aéroport. Le CETU assiste techniquement la société Aéroports de Paris, maître d'ouvrage et maître d'oeuvre de cette opération



Microtunnelier Rachel à l'aéroport Roissy CDG

27 FÉVRIER : accueil au CETU d'une délégation chinoise en provenance de la région du Hénan pour discuter de la démarche de conception des ouvrages souterrains d'une part, et d'autre part de la prise en compte de la sécurité en phase exploitation



Accueil au CETU d'une délégation chinoise

Mars

1^{er} ET 2 MARS : congrès annuel « Fire Protection of Rolling Stock » à Berlin, spécialement consacré à la très prochaine entrée en vigueur de la norme EN 45545 relative à la protection contre les incendies dans les véhicules ferroviaires, sujet au coeur du travail en cours sur les incendies de référence en tunnels de métro avec la DGITM, la DGSCGC et le STRMTG

8 MARS : intervention dans un webinaire sur les exercices de sécurité en tunnel routier pour le groupe ABERTIS, gestionnaire d'infrastructures autoroutières, qui a rassemblé une quarantaine de participants de plusieurs pays d'Amérique du Sud et d'Europe

9 ET 10 MARS : participation au GDR Feu, accueilli par l'INERIS, avec un atelier consacré aux tunnels, au cours duquel le CETU a présenté deux exposés, l'un sur les enjeux actuels liés aux grands projets souterrains et l'autre sur les travaux de recherche en cours sur les incendies de référence

10 MARS : visite organisée par la délégation Sud Est de l'AFTES des travaux de l'aménagement hydroélectrique de Livet Gavet

16 MARS : conférence « Lumière naturelle – Enjeux et usages », organisée par le cluster Lumière avec la participation du CETU à une table ronde sur les innovations dans ce domaine



Conférence Lumière naturelle - Enjeux et usages

16 MARS : séminaire de recherche interne qui a rassemblé l'ensemble des personnels techniques pour partager les principaux résultats des travaux de recherche et doctrine menés en 2016

16 ET 17 MARS : participation à la « Cascading Effects Conference » à Bruxelles, présentant les projets

européens CascEff, CIPRNet, FORTRESS, PREDICT et Snowball, destinés à faciliter la tâche des managers pour faire face aux effets domino en situation de crise

17 MARS : Réunion dans les locaux de la ville de Paris du comité technique D4 de la CIE sur l'éclairage des tunnels courts, en présence de représentants de nombreux pays

17 MARS : participation à la 7^e réunion de la « Plateforme des communicants sécurité routière » organisée par la DSCR, au cours de laquelle le CETU et la DGSCGC ont présenté leurs projets communs d'actions de communication et de formation réalisées auprès des usagers des tunnels routiers.

LES RENDEZ-VOUS DE



Vendredi 17 mars 2017
Délégation à la sécurité et à la circulation routières

17 MARS : restitution de l'étude sur l'état des lieux de la sécurité des tunnels ferroviaires réalisée pour le compte de la DGITM, en présence de la DGSCGC, l'EPSF et SNCF Réseau

17 MARS : réunion, sous l'égide de la DGITM, du COPIL Feux de référence, en présence des principales parties prenantes des systèmes de transport guidés urbains, pour faire notamment le point sur l'avancement des travaux concernant l'arbre des causes des feux en tunnels de métro

20 MARS : réunion à Paris avec les représentants du WG6 de l'AITES pour finaliser la recommandation concernant la protection au feu des tunnels routiers

20 MARS : inauguration des travaux de mise en sécurité du tunnel de Baza à Aubenas pour lesquels le CETU a assisté techniquement la DIR-MC



Inauguration des travaux de mise en sécurité du tunnel de Baza à Aubenas

23 MARS : participation du CETU au Comité de Maîtrise des risques de la RATP dans le cadre du prolongement de la ligne 14 sud

23 MARS : première participation du CETU au RGCU qui a en charge l'examen et le suivi pour le compte du MTES des projets nationaux de recherche en lien avec le génie civil

27 ET 29 MARS : inspection détaillée périodique du génie civil du tunnel du Rond-Point (Saint-Étienne)

DU 27 AU 30 MARS : première partie de l'inspection détaillée périodique des équipements du complexe de La Défense – A14 A86 en collaboration avec les équipes techniques de la DIRIF

28 MARS : rencontre avec l'INERIS et l'Université de Lorraine pour évoquer les possibilités de collaboration sur le sujet de la sensibilité des constructions avoisinantes potentiellement impactées par un projet de tunnel

DU 29 AU 31 MARS : visite de terrain dans le cadre de la campagne de reconnaissances en cours pour le projet d'Oloron pour améliorer la connaissance du site et permettre

d'implanter les têtes du tunnel ainsi que les fronts d'attaque

30 MARS : réunion DIRIF-CETU pour examiner notamment la finalisation des travaux de rénovation et les suites à donner aux inspections des équipements des tunnels franciliens

31 MARS : participation du CETU à un atelier de travail organisé par la SGP sur les tunnels en voussoirs fibrés pour faire un premier état des lieux de la problématique, des connaissances, du cadre technique et réglementaire en vigueur ainsi que des pratiques au niveau international

Avril

3 ET 4 AVRIL : 20^e session de la formation « sécurité et exploitation des tunnels routiers » organisée par le CETU

3 AU 4 AVRIL : inspection détaillée périodique du revêtement étanche du tunnel de Rive-de-Gier (42)

3 AVRIL : réunion de travail à Montréal entre les experts du ministère des Transports du Québec et le CETU à l'occasion de la 3^{ème} réunion du Comité Tunnels de l'AIPCR, autour de la réhabilitation du tunnel Ville Marie/Viger



Tunnel Ville Marie / Viger au Québec

5 ET 6 AVRIL : Réunion du comité de sécurité Lyon Turin pour aborder les aspects spécifiques sécurité de la construction du Tunnel de base de la section transfrontalière et du tunnel existant du Fréjus, et accueillir le nouveau chef de la délégation française, Frédéric Ricard, qui remplace Eric Rebeyrotte, partant en retraite

5 AU 7 AVRIL : 3^{ème} session de la formation « Mise en situation sur événements » des opérateurs tunnels, pilotée par le CETU, qui permet une prise de recul grâce à un simulateur sur des événements à occurrence très faible

5 AU 7 AVRIL : participation à la réunion du GT PATS « Signalisation de Police » pour présenter l'avancement de l'expérimentation du panneau « plots bleus » au tunnel de Foix

10 ET 11 AVRIL : expertise sur site des équipements routiers du tunnel ferroviaire et routier des Montets sur la déviation hivernale de la RD 1506 reliant Chamonix à Vallorcine (frontière franco-suisse)

12 AVRIL : réunion plénière de la Commission des contrats de TELT avec notamment une présentation par le CETU du management des risques

18 AVRIL : rencontre avec la SGP pour le montage d'une thèse sur le comportement et la sensibilité des constructions sur fondations profondes, potentiellement impactées par les lignes du Grand Paris

18 ET 19 AVRIL : réunion du Workstream « Tunnel Safety » au Royaume-Uni qui a permis de valider le plan du rapport sur la résilience



Tunnel de Dartford

27 AVRIL : participation à la journée « Les rencontres de la culture de sécurité » de l'Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle, dans le cadre du benchmarking sur les Systèmes de Gestion de la Sécurité

Mai

DU 2 AU 5 MAI : inspection détaillée initiale du génie civil du tunnel de Saint-Béat (31)

5 MAI : journée géologie de la délégation Sud Est de l'AFTES, organisée au CETU, autour de l'influence de la géologie dans la conception et la réalisation des ouvrages souterrains



Journée géologie de la délégation Sud Est de l'AFTES

DU 9 AU 12 MAI : 47^e sessions de formation « Valorisation des acquis initiaux » des opérateurs tunnels, sous le pilotage du CETU

10 MAI : comité de sécurité du tunnel du Somport et réunion franco-espagnole pour la mise au point du cahier des charges de l'actualisation du dossier de sécurité

11 MAI : rencontre avec la SGP pour envisager le lancement d'une thèse sur le dimensionnement des intersections en tunnel (ouverture des parois moulées ou des revêtements de tunnels) dans le cadre du projet du Grand Paris

12 MAI : réunion du COPIL du Référentiel Tunnels au CETU qui a acté la mise en ligne du site internet dédié au 1^{er} juillet 2017

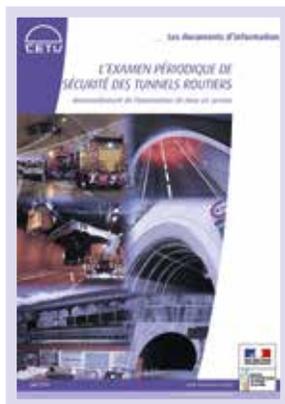
19 MAI : réunion du groupe d'experts EOLE, placé auprès de SNCF Réseau, sous la présidence du CETU, afin de valider les principales options prises, et notamment les conditions de réalisation de la future gare Maillot, ainsi que les éventuels impacts des travaux sur les ouvrages avoisinants

22 ET 23 MAI : réunion du WG3 de l'AIPCR à Manchester (UK) pour travailler sur le rapport concernant la prise en compte des PMR en tunnel

22 ET 24 MAI : suivi des procédés d'étanchéité équipant le tunnel des Échelles (73), avec la réalisation d'une inspection détaillée périodique et de mesures de convergence dans une zone sensible

29 MAI : rencontre du STIF dans le cadre de l'observatoire des prix sur les ouvrages souterrains

30 MAI : journée d'échanges sur l'examen périodique de sécurité des tunnels routiers à l'ENTPE, qui a réuni les principaux acteurs de la sécurité des tunnels routiers pour partager leur expérience et leurs questionnements



Juin

1^{er} ET 2 JUIN : réunion du GTFE à Marseille, à l'invitation de la DiR Méditerranée et de la SRL2, avec notamment un atelier sur la thématique « coordination entre maintenance et surveillance » et la visite de la rocade L2



6 AU 7 JUIN : campagne de mesures de convergence et inspection génie civil du tunnel du Siaix (73)

9 AU 15 JUIN : congrès international de l'AITES à Bergen (Norvège) auquel le CETU a largement contribué dans le cadre de son implication dans les comités ITA-CET et ITA-COSUF



WTC 2017 à Bergen

14 AU 16 JUIN : journées ouvrages d'art 2017 organisées à Metz par le Cerema et l'IFSTTAR avec une présentation par le CETU du Référentiel Tunnels

14 JUIN : assemblée générale du cluster Lumière à Eurexpo (Lyon) dans le cadre du salon Onlylight qui a notamment abordé les actions menées en tunnel sous le pilotage du CETU

21 JUIN : présentation publique à Lyon à l'ensemble de la profession de l'allotissement des différents marchés TELT à venir pour le tunnel transfrontalier

21 JUIN : réunion de lancement du projet de recherche MINnD relatif à la modélisation des données pour les ouvrages souterrains, projet dont le CETU est partenaire

22 JUIN : réunion avec le GPMM et le Cerema pour mettre en place un programme d'investigation et de suivi du tunnel du Rove

23 JUIN : journée nationale sur les grands projets d'aménagements souterrains organisée à Lyon par l'AFTES avec une intervention du CETU sur le Référentiel Tunnels

26 ET 27 JUIN : réunion du Comité Tunnels de l'ADSTD à Saint-Affrique (Aveyron) autour de la thématique des dossiers et diagnostic de sécurité



Tunnel de Saint-Cyric

28 JUIN : inspection détaillée périodique génie civil de la galerie de Prasville pour le compte de la Société Matériaux Berchères les Pierres (28)

28 JUIN : point d'avancement sur l'expérimentation étiquettes communicantes RFID à laquelle participe le CETU dans le cadre du cluster Lumière

29 JUIN : « Journées Transports & Déplacements du Réseau Scientifique et Technique du MTES, à Bordeaux, avec une intervention du CETU : « Arrivée du véhicule autonome en tunnel : enjeux et perception »

Juillet

4 JUILLET : inspection génie civil par la société Euroconsult du tunnel du Somport (64) dans le cadre de l'action de recherche du CETU sur les méthodes à grand rendement

4 JUILLET : première réunion au CETU du GT « SGS Tunnels » animé par le CETU avec la participation des 9 DiR exploitantes de tunnels

4 AU 5 JUILLET : inspection détaillée périodique génie civil du tunnel de la butte d'Osse (64)

6 JUILLET : visite des travaux du tunnel du Chat organisée par le conseil départemental de Savoie en la présence des élus locaux

7 JUILLET : présentation par le CETU, à Paris, devant les directions générales des ministères de l'écologie et du budget, de son rapport sur le calendrier des opérations et l'impact des travaux du Grand Paris Express

7 JUILLET : visite organisée par la délégation Sud Est de l'AFTES des travaux de l'aménagement hydroélectrique de la Coche (73)

20 JUILLET : inauguration des travaux de l'expérimentation d'éclairage pour cycliste du tunnel de Villaret du Nial à Tignes que le CETU pilote avec le département de la Savoie



Tunnel de Villaret du Nial

31 JUILLET AU 1^{er} AOÛT : inspection détaillée des amorces des galeries inter-tubes du tunnel de Tende (06), suite à l'arrêt du chantier de construction du nouveau tube, avec l'évaluation des conditions de sécurité de la circulation et des éventuelles interventions des services de secours au regard des travaux de construction et en particulier de la création des by-pass

Août

8 AU 10 AOÛT : investigations dans la galerie en construction du tunnel de Tende (06), avec la collaboration du Cerema, pour évaluer la conformité des travaux de soutènement et de revêtement dans la galerie nouvelle et le premier rameau

21 ET 22 AOÛT : essais de fumées tièdes dans les tunnels de Caluire et de la Duchère (69), pour valider le fonctionnement des systèmes de désenfumage des deux tunnels entièrement rénovés, avant réouverture du Boulevard Périphérique Nord de Lyon, essais auxquels le CETU a assisté pour le compte du Grand Lyon

Septembre

7 SEPTEMBRE : dans le cadre du projet de renforcement de buses métalliques en BFUP projeté, retenu par le Comité d'Innovation Routes et Rues et auquel le CETU est associé, projection de la buse témoin destinée aux essais de chargement et réalisation des corps d'épreuve

11 ET 12 SEPTEMBRE : réunion au CETU du WG4 de l'AIPCR pour travailler à l'actualisation du [guide pour le calcul des émissions et le dimensionnement de la ventilation sanitaire](#)

13, 26 ET 27 SEPTEMBRE : [quatrième session de formation des agents de maintenance au CVRH de Mâcon](#)

13 AU 15 SEPTEMBRE : [congrès international ISAVFT](#) organisé à Lyon par le BHRgroup avec l'appui du CETU, avec plusieurs exposés et notamment la participation à une table ronde sur les risques liés aux modes alternatifs de propulsion des véhicules

19 ET 20 SEPTEMBRE : [comité de sécurité du tunnel sous la Manche](#) à Paris, avec la poursuite des réflexions sur le projet Eleclink (liaison Très Haute Tension en Courant Continu implantée dans le tube ferroviaire sud)

20 AU 21 SEPTEMBRE : [campagne de mesures de convergence et inspection génie civil du tunnel du Siaix \(73\)](#)

21 SEPTEMBRE : demi-journée ouverte vers l'extérieur de présentation des [travaux de recherche et de doctrine du CETU](#) dans le domaine de l'exploitation et de la sécurité



Présentation des travaux de recherche et de doctrine

26 SEPTEMBRE : participation à la réunion de lancement du [projet de recherche allemand SUVEREN](#) qui a pour objectif de définir une méthodologie pour la gestion des risques liés aux nouveaux vecteurs énergétiques dans les infrastructures urbaines, le CETU contribuant plus spécifiquement sur les aspects de modélisation CFD

26 AU 29 SEPTEMBRE : [inspection détaillée périodique génie civil du tunnel de Foix \(09\)](#)

28 SEPTEMBRE : [réunion de travail pour assister la Métropole de Lyon suite à l'accident du poids lourd hors gabarit](#) qui a lourdement endommagé la dalle de ventilation du tunnel de Fourvière, avec des interventions du CETU prévues dans les domaines du génie civil, de la sécurité et de la ventilation

Octobre

2 AU 4 OCTOBRE : campagne initiale des [mesures de convergence dans le tunnel des Échelles \(73\)](#) et suivi des réparations des procédés d'étanchéité

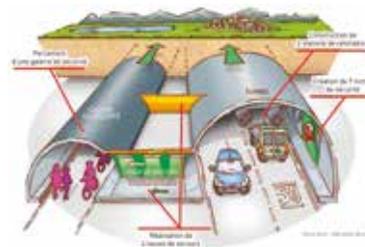
4 AU 6 OCTOBRE : à Genève, réunion conjointe du [groupe de travail DG-QRAM](#) et du WG2 « Sécurité » du comité tunnels de l'AIPCR

11 OCTOBRE : [campagne de mesures de convergence dans le tunnel canal de Balesmes \(52\)](#)

13 OCTOBRE : nouvelle publication du WG1 de l'AIPCR, piloté par le CETU : « [Exploitation des tunnels routiers : premiers pas vers une approche durable](#) »



16 ET 17 OCTOBRE : [Comité Tunnels en Savoie](#) sur le thème des « modes doux en tunnels », et visite du tunnel du Chat



Modes doux en tunnel

19 OCTOBRE : première participation du CETU au [Comité d'Orientation et de Suivi \(COS\)](#) du laboratoire souterrain de l'ANDRA, avec des discussions portant notamment sur les reconnaissances complémentaires envisagées

19 ET 20 OCTOBRE : réunion d'automne du [GTFE au tunnel du Fréjus](#) avec un atelier thématique dédié au « retour d'expérience et évolution sur l'éclairage en tunnel » et des visites techniques au chantier du deuxième tube du tunnel, au laboratoire souterrain de Modane, et au CFETIT

20 OCTOBRE : [cérémonie de percement de la galerie du Siaix \(73\)](#)

23 ET 24 OCTOBRE : [inspection détaillée périodique génie civil du tunnel de Chabrières \(04\)](#)

25 OCTOBRE : réunion de lancement de la [rénovation de la GTC du tunnel du Somport](#), opération à laquelle participe le CETU pour le compte de la DiR Atlantique

26 OCTOBRE : [réunion CETU-STRMTG](#) pour échanger sur des sujets touchant à l'organisation des deux services et sur des préoccupations communes concernant les interfaces avec les exploitants, la gestion des données, la mise en place de systèmes de gestion de la sécurité

30 ET 31 OCTOBRE : participation au [congrès IRF de Dubaï](#) : dans le cadre duquel une session spécifique tunnels a été organisée par ITACET



Congrès IRF de Dubaï

Novembre

8 NOVEMBRE : participation à la [14^e réunion de suivi de la directive européenne 2004-54-CE](#) à Bruxelles



9 AU 10 NOVEMBRE : [examen de la casquette « amont » de la galerie de sécurité du tunnel du Siaix](#) et inspection des gaines de ventilation

13 AU 15 NOVEMBRE : [congrès AFTES](#) au palais des congrès de la porte Maillot à Paris avec une forte implication du CETU



Inauguration du Congrès de l'AFTES

14 NOVEMBRE : [journée ITA-COSUF](#) dans le cadre du congrès de l'AFTES avec notamment une table ronde sur les complexes souterrains multimodaux

14 NOVEMBRE : [inauguration des travaux de rénovation et mise en sécurité du tunnel du Chat \(73\)](#)

16 NOVEMBRE : participation à la [journée dédiée aux espaces souterrains](#) et organisée à la cité du patrimoine et de l'architecture

20 ET 21 NOVEMBRE : réunion du **WGS de l'AIPCR** au CETU pour préparer les recommandations concernant les ouvrages complexes souterrains

20 ET 23 NOVEMBRE : campagne de mesures de convergence dans le tunnel canal de Mauvages (55)

23 NOVEMBRE : participation au comité de pilotage de COLUROUTE et présentation du prototype de l'appareil de mesure des paramètres photométriques des chaussées

27 ET 28 NOVEMBRE : session de formation ITA-CET au Bhoutan avec l'implication du CETU autour du thème « Control and Monitoring of Tunnels and Underground Space »



Formation ITA-CET au Bhoutan

NUIT DU 28 AU 29 NOVEMBRE : inspection détaillée périodique du génie civil du tunnel de Schirneck (67)

Décembre

1^{ER} DÉCEMBRE : réunion avec la SGP sur le recours aux voussoirs fibrés dans le cadre des marchés du Grand Paris Express, pour fournir des éléments méthodologiques en vue de faciliter le processus d'acceptation de ce nouveau type de voussoirs sur le territoire national

4 AU 6 DÉCEMBRE : réunion de milieu de cycle 2016-2019, à Rome, pour le Comité technique Tunnels de l'AIPCR

5 DÉCEMBRE : participation à la conférence sur la sécurité ferroviaire organisée par l'EPSF, dont le thème principal portait sur « le numérique, risques et opportunités »

13 DÉCEMBRE : tenue de l'assemblée générale de l'AFTES au cours de laquelle le Directeur du CETU a été élu Président de l'association pour la période 2018-2020

14 DÉCEMBRE : 24^e réunion du Conseil Scientifique, sous l'égide de Michel Quatre, pour examiner la production de recherche et doctrine du CETU

15 DÉCEMBRE : réunion DIT-CETU pour faire le bilan de la commande stratégique 2017 et préparer la nouvelle commande pour 2018 qui portera principalement sur la gestion du patrimoine et l'élaboration des SGS tunnels des DIR

18 AU 19 DÉCEMBRE : campagne de mesures de convergence et inspection du génie civil du tunnel du Siaix (73).



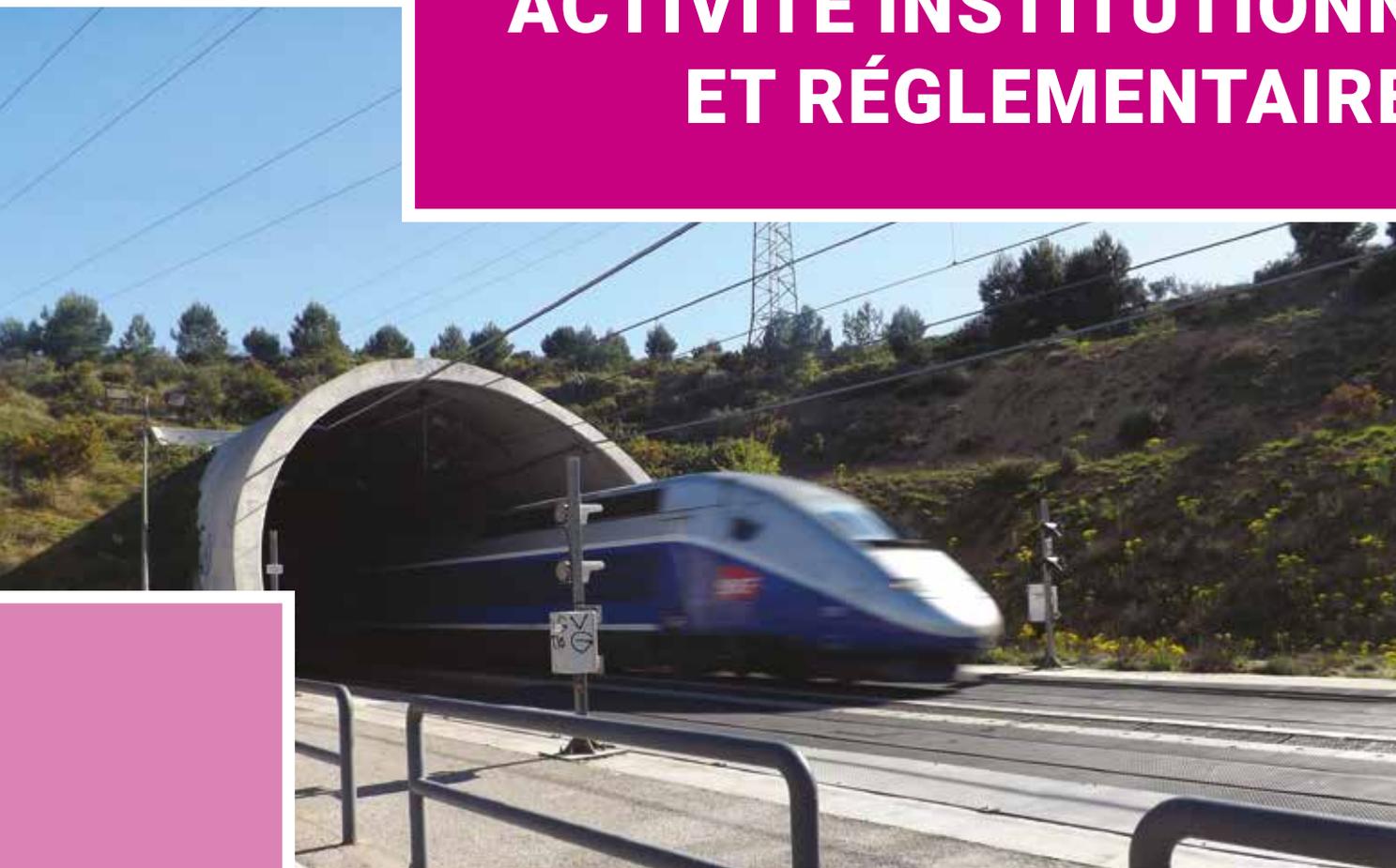
Intérieur d'un tunnel urbain sans trafic





Contribuant activement à la réglementation et à la production de référentiels à travers différents groupes de travail internationaux, nationaux, locaux, nous sommes au coeur des enjeux et évolutions. Nos services animent également la production des guides techniques et documents d'application. Examen périodique de sécurité, référentiel tunnels, tunnels ferroviaires, appui à la bonne gestion du patrimoine... ces thèmes ont été abordés en 2017 par les groupes de travail régaliens.

ACTIVITÉ INSTITUTIONNELLE ET RÉGLEMENTAIRE





Kristen DROUARD,
appui aux actions
internationales

Une participation très active au WTC 2017 en Norvège

C'est à Bergen en Norvège que le monde des tunnels s'est réuni au mois de juin pour le World Tunnel Congress 2017, organisé par l'AITES (Association Internationale des Tunnels et de l'Espace Souterrain). Le congrès a été officiellement ouvert le 12 juin par Son Altesse le Prince Haakon de Norvège, devant plus de 1 500 congressistes. Comme pour chaque WTC, le CETU a participé à l'Assemblée générale, aux sessions techniques et à diverses réunions des comités et groupes de travail.

En effet, il est fortement impliqué dans deux comités de l'AITES : ITA-CET (Committee for Education and Training) où il assure la vice-présidence et le secrétariat administratif et ITA COSUF (Committee for Operational Safety of Underground Facilities), où il est membre du conseil exécutif.

Le Comité ITA-CET favorise le partage des connaissances, notamment en participant à l'organisation des formations à la demande des pays membres. C'est dans ce contexte que le congrès a été précédé les 9 et 10 juin d'une session de formation sur les conditions de creusement en terrain meuble.

Contact
kristen.drouard@developpement-durable.gouv.fr

Le CETU a fortement contribué au montage de cette session grâce à son implication au sein de l'ITA-CET.

Les groupes de travail (GT2, GT12 et GT21) se sont réunis les 11 et 12 juin, ils ont participé au groupe 2 qui traite des « Risques liés au creusement et autres thèmes de recherche », au groupe 12 qui travaille sur « L'utilisation du béton projeté » et au groupe 21 « Gestion du cycle de vie des ouvrages ». Cette année, deux documents produits par les groupes ont été édités et présentés en Open Session du congrès. Ces travaux ont été réalisés avec une solide contribution française.

Deux de nos agents ont également été choisis comme intervenants lors des 15 sessions techniques pour présenter « La réparation du tunnel de Rive-de-Gier » et « Les éléments clés pour la maîtrise des coûts des projets souterrains ». Un beau succès pour le WTC 2017. Le dernier WTC a eu lieu à Dubaï du 22 au 26 avril 2018.



WTC à Bergen



Kristen DROUARD,
appui aux actions
internationales

Record battu pour le congrès international de l'AFTES !

La 15^e édition du congrès international de l'AFTES (Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain) a réuni plus de 4 000 visiteurs à Paris en novembre 2017 : un nouveau record, démontrant l'ampleur qu'a pris ce rendez-vous incontournable regroupant pouvoirs publics, maîtres d'ouvrage, bureaux d'études, fournisseurs et centres de recherche ou de formation. Le thème du congrès de cette année - « L'espace souterrain - notre richesse » - a mis l'accent sur la valeur latente que représente le sous-sol pour le développement des villes et en particulier pour l'aménagement des espaces urbains en forte croissance.

Le CETU a été fortement impliqué dans cet événement, faisant partie du comité d'organisation, de la commission scientifique et animant 3 sessions sur 17. Ces rencontres ont connu un beau succès et traité des thématiques très diverses comme la préservation du patrimoine souterrain, la maîtrise des risques, les évolutions et innovations des tunneliers ou encore l'exploitation et la main-

Contact
kristen.drouard@developpement-durable.gouv.fr

tenance. Trois agents sont intervenus en tant qu'orateurs lors de ces sessions techniques, présentant « Le bilan des premières inspections des équipements des tunnels routiers », « L'expertise de l'AIPCR au service de la communauté des tunnels » et « L'étanchement de tunnels sous circulation ».

De plus, nos services ont également participé aux tables rondes, notamment en association avec le Comité COSUF (Comité pour la sécurité de l'exploitation) de l'AITES. Le stand a permis de multiples échanges et réunions de travail avec des participants français et étrangers.

En 2017, Michel Deffayet a été nommé président du Conseil d'administration de l'AFTES en décembre.



Michel DEFFAYET,
Directeur du CETU et Président de l'AFTES



L'Agora à Paris 2017



Sandrine BESSET,
chargée de mission
Observatoire et Programme
Rénovation



Thierry MANUGUERRA,
chargé de mission
Valorisation
des données



Réunion du Comité Tunnels

Le Comité Tunnels, soutien aux collectivités territoriales

Le Comité Tunnels rassemble les représentants des conseils départementaux gestionnaires de tunnels routiers et le CETU. 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.

Véritable « club métier », les réunions semestrielles favorisent les échanges et confortent les besoins et retours d'expérience de chacun. Les nouveaux arrivants profitent ainsi de l'expertise et du réseau des collègues.

Contacts

sandrine.besset@developpement-durable.gouv.fr
thierry.manuguerra@developpement-durable.gouv.fr

Pour chaque rencontre, le thème retenu correspond à de réels besoins exprimés par les participants. Ainsi, en amont de chaque réunion, un questionnaire est transmis à l'ensemble des membres du comité. En séance, une synthèse des résultats est présentée. Des exposés permettent également aux gestionnaires de présenter de façon plus détaillée leur retour d'expérience sur la thématique. De nombreux sujets ont été abordés en lien avec les problématiques génie civil, équipements et exploitation.



Visite du tunnel du Chat



Roland MISTRAL,
directeur des Infrastructures au
Conseil Départemental de la Savoie

Pour Roland Mistral, du Conseil Départemental de la Savoie, le Comité Tunnels est un lieu d'échanges et de partage de bonnes pratiques très riche pour les exploitants.

« Depuis sa création en 2009, le Comité Tunnels permet aux exploitants de tunnels des départements de se retrouver autour d'une thématique commune. L'ordre du jour, construit en étroite collaboration avec le CETU, équilibre les interventions en laissant une large part aux retours d'expérience. Les journées se terminent généralement par une visite de tunnel : une occasion pour le département accueillant le Comité de prolonger les échanges et les expériences.

Depuis la réunion de lancement en mars 2009, nous nous sommes rencontrés quinze fois et nous nous sommes déplacés dans plus de douze départements. Les thématiques ne manquent pas et les exploitants sont toujours enclins à échanger sur des problématiques ou à découvrir d'autres thèmes.

Depuis 2016, l'ADSTD devenue ADTech s'est ouverte aux Métropoles et aux grandes agglomérations. Aujourd'hui, le Comité Tunnels doit évoluer dans cette même logique en essayant d'associer les métropoles qui ont les mêmes interrogations que les Conseils départementaux. Ainsi, au dernier Comité Tunnels qui s'est déroulé à Nice, trois métropoles ont été conviées. »



Estelle MARANO,
chargée d'études au pôle
Exploitation (EXP)



Poste de Commandement (PC), Marseille

Tout savoir sur le GTFE

Créé en 1973, le Groupe de Travail Francophone des Exploitants de Tunnels routiers (GTFE) a pour principal objectif de favoriser la collaboration entre tous les acteurs de la gestion et de l'exploitation des tunnels, qu'ils soient en service, en construction ou en projet.

Composé de plus de 170 membres représentant 80 structures, dont 30% situées hors de France, ce groupe de travail se réunit deux fois par an, en France ou à l'étranger. Le CETU en assure l'organisation et l'animation et reste le garant des valeurs partagées au sein du groupe. Privilégiant les retours d'expérience des exploitants, ces réunions apportent des éléments de doctrine et favorisent la présentation de techniques nouvelles, voire de technologies innovantes, pour une amélioration continue de l'exploitation des tunnels routiers et pour une optimisation des coûts d'exploitation.

Chaque session s'accompagne de visites techniques de tunnels très enrichissantes et, depuis quelques années, une demi-journée est consacrée à un atelier sur une thématique spécifique.

Contact
estelle.marano@developpement-durable.gov.fr

GTFE : Rétrospective 2017

→ **À l'invitation de la Société de la Rocade L2 (SRL2) et de la DiR Méditerranée** : la réunion de printemps organisée en juin à Marseille a mobilisé une centaine de participants.

Au programme : une intéressante visite-découverte de la Rocade L2, le nouveau CIGT, la L2 Est en exploitation et le passage sur la L2 Nord en travaux.

→ Les bilans d'activité 2016 ont occupé une partie des échanges. Puis une matinée consacrée à un **atelier thématique sur la « coordination entre maintenance et surveillance en tunnel »** a mis en évidence que, face à la problématique commune de l'interface entre exploitation et maintenance, les réponses et organisations mises en place au sein de chaque service étaient très variées. La diversité et le partage des approches ont contribué à l'enrichissement de tous les membres présents.

→ **À Modane en octobre, à l'invitation de la SFTRF-GEF** : les participants, toujours aussi nombreux, ont pu visiter le laboratoire souterrain de Modane (LSM), situé à grande profondeur dans les entrailles du tunnel du Fréjus. La visite s'est poursuivie par le Centre de Formation et d'Entraînement aux Techniques d'Intervention en Tunnel (CFETIT), site unique en France, habituellement réservé aux pompiers, sans oublier le chantier du deuxième tube du tunnel routier du tunnel du Fréjus dont l'ouverture est prévue pour 2021.

→ **L'atelier thématique était dédié aux « évolutions et retours d'expérience sur l'éclairage en tunnel »**. Après un retour sur les expérimentations visant à optimiser la commande d'éclairage en tunnel, les évolutions technologiques des sources ainsi que l'utilisation de plus en plus fréquente des LED en tunnel ont été abordées. Lors de la table ronde qui a clôturé les débats, des personnes issues de domaines extérieurs se sont également exprimées, dont un universitaire et un membre de la RATP représentant le Club des Clients Finaux des LED. Enfin, c'est lors de cette 90^e session du groupe de travail qu'a été dévoilée la **nouvelle identité visuelle du GTFE**, choisie par vote de ses membres.



Réunion du GTFE, Marseille, juin 2017



Ancien logo



Nouveau logo



Le CETU s'associe à l'éclairage

Séverine BESSON,
cheffe du pôle
Équipements électriques
et de Gestion (EEG)

Cluster
Lumière
Auvergne-Rhône-Alpes

Au sein du Cluster Lumière, fédérateur de la filière éclairage, participation et animation des projets innovants et expérimentaux tels que l'utilisation de l'éclairage naturel dans les tunnels ou les étiquettes communicantes pour les luminaires (ETICOM).

afe
Échangeons la lumière

Membre de l'Association Française de l'Éclairage qui fédère la profession dans le monde de l'éclairage (entreprises, bureaux d'études, organismes de recherche...), pour rester à la pointe des évolutions technologiques.



ENTPE
L'école de l'aménagement durable des territoires

Partenariat avec l'École Nationale des Travaux Publics de l'État (P2E du LGCB) pour faire progresser la doctrine et la recherche avec l'élaboration d'un sujet de thèse sur l'éclairage des tunnels.



Participation au Club des Clients Finaux pour s'associer aux autres maîtres d'ouvrages, utilisateurs et chercheurs qui, par leur connaissance sur la LED et ses évolutions technologiques, accompagnent les réponses des fournisseurs pour qu'elles soient parfaitement en phase avec leurs besoins réels.



Membre du groupe de travail TC4-53, pour une contribution à la révision des recommandations internationales sur l'éclairage des tunnels et tranchées couvertes (CIE88), document stratégique pour la réglementation européenne et nationale qui en découle.

cie
International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Éclairage
Internationale Beleuchtungskommission



Partenaire de l'université de Toulouse – Laplace (Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie) – sur des recherches applicatives en tunnel concernant les sources à induction et les sources moléculaires ainsi que l'analyse de leur cycle de vie.

Contact
severine.besson@developpement-durable.gouv.fr



Marie-Noëlle MARSAULT,
cheffe du pôle Sécurité (SEC)

Examen périodique de sécurité des tunnels routiers : des échanges enrichissants

À la suite de la parution du document d'information sur l'examen périodique de sécurité des tunnels routiers en 2016, le CETU a organisé une journée d'échanges sur ce thème, le 30 mai 2017, à Lyon. Cet examen, prévu par le code de la voirie routière pour les tunnels d'une longueur supérieure à 300 mètres, vise à vérifier tous les 6 ans si les conditions d'exploitation ont varié et si la sécurité y est toujours assurée de façon satisfaisante. Il est basé sur une actualisation du dossier de sécurité, qui fait l'objet d'un second regard extérieur, afin de demander au préfet le renouvellement de l'autorisation d'exploiter. La variété des témoignages et la richesse des échanges de cette journée doivent beaucoup à la diversité et au professionnalisme des 130 participants parmi lesquels se trouvaient :

- **les acteurs « continus » de la sécurité** : exploitants, agents de sécurité, services préfectoraux et DDT (M), services d'intervention et de secours
- **les acteurs « ponctuels »** intervenant spécifiquement pour l'examen périodique au terme d'un cycle de 6 ans : équipes réalisant des inspections détaillées, bureaux d'études, experts agréés (EOQA), membres de la CNESOR.

Les intérêts des uns et des autres, intervenant à des stades différents de cet examen périodique, convergent vers un objectif commun : l'amélioration continue de la sécurité dans les tunnels routiers.

Contact

marie-noelle.marsault@developpement-durable.gov.fr

La journée a permis d'aborder le rôle et les missions des différents acteurs concernés, et de mettre en évidence le lien indispensable qui existe entre l'examen périodique ponctuel et le retour d'expérience continu de l'exploitation au cours d'un cycle de six ans. Le dossier de sécurité (DS) doit être vivant et mis à jour régulièrement, pour formaliser véritablement un processus continu. Pour tous les acteurs, l'examen périodique constitue dès lors une occasion de prendre du recul et d'examiner de façon plus détaillée l'exploitation et l'état de l'ouvrage.

L'intérêt d'un comité local de suivi, piloté par la préfecture et réunissant les acteurs « continus » de la sécurité, a été souligné à plusieurs reprises ; il permet d'animer la démarche de sécurité à l'intérieur des cycles de six ans, sur les sujets tels que le retour d'expérience et les exercices de sécurité.

Cette journée a vu s'esquisser le lien avec la démarche exploratoire sur les systèmes de gestion de la sécurité (SGS), engagée au CETU avec les Directions interdépartementales des Routes (DiR) pour organiser et formaliser cette approche de la sécurité en tunnel routier. D'autres processus devront pouvoir être intégrés dans cette réflexion naissante : plans de maintenance, plans de formation, gestion des modifications.



Participants



Intervenants



Gilles HAMAIDE,
chargé de mission
Avis et contrôle
externe génie civil

Antoine RALLU,
chargé d'études
au pôle Procédés
de Construction,
Marchés
et Exécution (PCME)

Florent ROBERT,
chef du pôle
Procédés
de Construction,
Marchés et
Exécution (PCME)

Contacts

gille.hamaide@developpement-durable.gouv.fr
antoine.rallu@developpement-durable.gouv.fr
florent.robert@developpement-durable.gouv.fr

Le référentiel Tunnels : un outil pour mieux contractualiser

La réussite d'une opération de travaux souterrains dépend de la bonne contractualisation entre les différents acteurs impliqués. La qualité de rédaction des marchés publics, qui font appel à de nombreux textes évolutifs, est ainsi un enjeu important pour l'ensemble des acteurs concernés par la réalisation d'ouvrages souterrains.

Pour y répondre, un groupe de travail a été mis en place depuis 2013 pour constituer un référentiel Tunnels dont les finalités principales sont :

- **la qualité de rédaction des marchés publics** dans le domaine des travaux souterrains et l'homogénéisation des clauses contractuelles ;
- **la disponibilité des textes et documents à jour** pour tous les acteurs des marchés de travaux.

Le référentiel Tunnels traite du génie civil et des équipements de sécurité et d'exploitation des tunnels. Il aborde tous les textes qui concernent les marchés de travaux, depuis les textes réglementaires jusqu'aux recommandations de l'AFTES

(Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain), en passant par les principales normes et le cahier des clauses techniques générales (CCTG) relatif aux travaux.

La gouvernance mise en place pour ce référentiel comprend un comité de pilotage, présidé par le CETU, et un comité technique, tous deux composés de représentants des principaux acteurs (maîtres d'ouvrage, ingénieries, entreprises) pour les ouvrages et canaux routiers et autoroutiers, ferroviaires, de transports guidés et canaux.

À destination de tous les acteurs des marchés de travaux, le référentiel Tunnels a été mis en ligne le 1er juillet 2017 et sera actualisé deux fois par an.

En parallèle, un travail de production de documents propres à certains domaines actuellement insuffisamment couverts par les textes existants a également été entamé. Deux premiers documents, l'un relatif aux recettes, tests et réception des équipements de sécurité et d'exploitation, et l'autre sur l'assainissement des tunnels routiers, sont en cours de rédaction.

RENDEZ-VOUS SUR www.cetu-tunnels.fr/referentieltunnel/

- Une liste complète des textes réglementaires : législation, réglementation, actes administratifs, recommandations, normes obligatoires ou facultatives, cahiers de clauses techniques générales...
- Un moteur de recherche par mots-clés ou par critères : mode de transport, type de document, niveau contractuel, domaine du génie civil ou des équipements
- Une aide à la prise en main du référentiel
- Une mise à jour tous les 6 mois





Frédéric VINCENT,
responsable d'activité sécurité
tunnels ferroviaires

Tunnels ferroviaires : le partenariat avec l'EPSF et la DGSCGC sur de bons rails

Dans le cadre du développement de son activité dans le domaine des tunnels ferroviaires, le CETU a été amené ces dernières années à mettre en place des collaborations ponctuelles avec l'Établissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF) et la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC) du ministère de l'Intérieur. Fin 2017, ces trois organismes ont souhaité renforcer et mieux structurer leur partenariat par une réflexion plus approfondie sur des pistes de collaboration possibles à l'avenir. Cette réflexion porte sur :

- **la coordination des trois services** dans le cadre de l'instruction technique des dossiers de sécurité pour les projets de nouvelle ligne ferroviaire comprenant des tunnels,
- **les projets de révision de textes réglementaires** comme la spécification d'interopérabilité relative à la sécurité dans les tunnels du système ferroviaire de l'Union européenne, ou encore l'instruction technique interministérielle n°98-300 sur la sécurité dans les tunnels ferroviaires,
- **la collaboration dans le cadre de l'élaboration de guides** relatifs aux tunnels ferroviaires,
- **la participation de l'EPSF au comité de pilotage du référentiel Tunnels** et mis à la disposition de la profession pour les marchés de travaux des tunnels (voir article précédent).

Contact
frederic.vincent@developpement-durable.gouv.fr



Tunnel ferroviaire





Christophe BANOS,
chef de la centrale
d'inspection équipements
du pôle Équipements
électriques et de Gestion (EEG)



François PAILLETTE,
chef par intérim de la centrale
d'inspection génie civil du pôle
Matériaux, Structures et Vie
de l'Ouvrage (MSVO)



Bruno VIDAL,
chargé d'études
au pôle Ventilation
et Environnement (VE)

En 2017, les inspections et les campagnes de mesures se poursuivent

Inspections détaillées des équipements :

- IDP (Inspection Détaillée Périodique) du complexe A14-A86 Nanterre-La Défense
- IDP Ponserand
- IDP Rond-Point
- IDP Montgenèvre
- IDI (Inspection Détaillée Initiale) Baza
- Expertises sur l'état et le fonctionnement des équipements pour le compte du CD74 : Les Montets.

Mesures de convergences :

- Du Siaix : 4 campagnes
- Ancien tunnel du Lioran : 1 campagne
- Des Échelles : 1 campagne
- Canal de Balesmes : 1 campagne
- Canal de Mauvages : 1 campagne.

Campagnes de mesures d'éclairage :

- Gometz-la-Ville : qualification des performances dans le cadre d'une recherche d'économies d'énergie
- Le Chat : qualification des performances en vue de l'optimisation de l'installation d'éclairage à la suite de la mise en service
- Lièpvre : qualification des performances en vue de l'optimisation de la gradation
- Villaret du Nial : qualification des performances
- Saint-Béat : mesure des niveaux de luminance pendant les travaux pour valider le niveau de clarté de la chaussée.

Campagne de mesures :

De La Défense - A14 : Mesures des oxydes d'azote et Particules Fines PM₁₀ et PM_{2,5}.

Inspections détaillées Génie Civil :

- IDP du Rond-Point (2 tubes)
- IDP de la butte d'Osse
- IDP de Foix
- IDI de Saint-Béat
- IDP de Chabrières
- IDP de Schirmeck (CD 67)
- IDP partielle des Echelles (CD 73)
- IDP de la galerie de Prasville
- IDP de Rive-de-Gier.

Contacts

christophe.banos@developpement-durable.gouv.fr (inspection équipements et mesures d'éclairage)

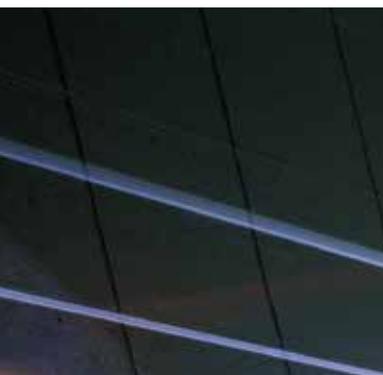
francois.paillette@developpement-durable.gouv.fr (inspection génie civil et mesures de convergences)

bruno.vidal@developpement-durable.gouv.fr (campagne de mesures)



Empirique - par les retours d'expérience - et théorique - par la recherche - notre réflexion porte sur l'ensemble des thématiques concernant les tunnels. En 2017, nos services ont organisé une journée thématique « Exploitation et Sécurité ». Un nouvel axe de recherche a été défini, portant sur les systèmes de gestion de la sécurité pour les tunnels routiers. Plusieurs domaines d'innovation ont été soutenus : l'éclairage de tunnels, les levés d'image à grand rendement, l'étanchéité des tunnels avec l'expérimentation ECOMINT. Participation aux groupes de travail dédiés aux véhicules automatisés et à énergies alternatives, étude des vibrations lors de creusements sur les avoisinants, thèse en cours sur les écoulements atmosphériques, participation aux projets nationaux, à la sécurité civile... autant d'activités de recherche qui ont ponctué l'année. Enfin deux produits de la recherche ont abouti, ils sont relatifs respectivement aux exercices de sécurité et au dioxyde d'azote dans les tunnels routiers.

RECHERCHE ET DOCTRINE, PRODUCTION DE CONNAISSANCE





Marc TESSON,
chargé de mission
Réseaux Internationaux
et Animation de la recherche

La recherche et doctrine : de la programmation à l'évaluation

Portant sur le génie civil, les équipements, l'exploitation et la sécurité, les activités de recherche et doctrine traitent de la recherche appliquée ainsi que de la capitalisation du savoir, de l'élaboration et la diffusion de recommandations techniques. La définition des objectifs et des actions à conduire s'appuie sur une double réflexion.

D'une part, les sept pôles d'activité sont en charge de la doctrine dans leurs domaines techniques propres. Ils analysent leur champ d'intervention, le positionnement du CETU et les besoins de recherche et doctrine qui en découlent. Chaque année, cette base définit des actions destinées à répondre aux besoins les plus urgents, dans la limite des moyens disponibles. Ces actions annuelles sont appelées « actions spécifiques des pôles ».

D'autre part au niveau de l'ensemble des services, des axes stratégiques de recherche et de doctrine sont définis. L'objectif : amener d'importants progrès dans les champs actuels, conforter une position de « leader » sur certaines thématiques et investir de nouveaux champs. Ces axes conditionnent le futur du CETU et son positionnement à moyen terme. Les intitulés des six axes actuellement en cours d'étude sont détaillés

ci-après. Impliquant le plus souvent plusieurs pôles, ils se déclinent en « actions de recherche et de doctrine » pluriannuelles :

- incendie en tunnel : physique et mesures techniques de sécurité
- impacts et évaluation « Développement Durable » des projets
- analyser et maîtriser les risques en exploitation
- évolutions techniques & économiques dans l'exploitation et la maintenance des tunnels routiers
- construire et faire vivre un système de gestion de la sécurité en tunnel routier
- management des risques et maîtrise des procédés.

Le travail ainsi mené est le plus souvent organisé dans le cadre de collaborations avec des organismes partenaires – universités, écoles d'ingénieurs, centres de recherche, gestionnaires de tunnels – et se concrétise parfois par des thèses de doctorat. Ainsi, six à huit thèses sont menées en moyenne chaque année.

Ces travaux font l'objet d'un suivi attentif par le Conseil scientifique. Créé en 1992 pour orienter et évaluer ces activités de recherche et doctrine, il rassemble des spécialistes de toutes les disciplines recouvrant nos champs d'activité. Il est composé de membres représentatifs de l'ensemble de la profession et des partenaires, provenant aussi bien du ministère et de son réseau scientifique et



Les membres du Conseil scientifique

technique, que des milieux universitaires, de l'ingénierie, de la maîtrise d'ouvrage et de l'exploitation.

Ce conseil se réunit une fois par an en session plénière sous la présidence de Michel Quatre, actuel président de la CNESOR. Il recouvre plusieurs missions :

- donner un avis sur les orientations en matière de recherche et doctrine,
- examiner les méthodes utilisées,
- évaluer les résultats obtenus.

C'est sur les axes stratégiques que porte l'évaluation. Le but : apporter un regard extérieur sur les travaux de recherche et doctrine. Pour chaque axe, une échéance est fixée tous les 3 à 4 ans pour permettre l'évaluation des travaux, ce qui impose de fixer des objectifs de résultat à cette échéance.

Les objectifs de l'évaluation sont les suivants :

- Estimer la qualité des travaux réalisés et des résultats obtenus,
- Vérifier la pertinence et l'apport des résultats par rapport aux attentes,
- Formuler des propositions sur les suites à donner.

L'évaluation est menée sous la responsabilité du conseil scientifique par une commission d'experts extérieurs et

Contact

marc.tesson@developpement-durable.gouv.fr

constituée spécifiquement pour chaque axe stratégique évalué. Cette commission rend compte de ses travaux et conclusions au Conseil scientifique sous forme d'un rapport de synthèse rédigé par le président, qui peut s'appuyer pour cela sur les contributions des membres. Le Conseil scientifique s'appuie sur ces conclusions pour fixer les orientations et suites à donner.

Ces travaux sont valorisés dans le cadre de la diffusion de documents de recherche doctrine et de publications dans des revues spécialisées. Par ailleurs, le CETU organise régulièrement des présentations dans le cadre de conférences internationales et de réunions ouvertes à ses partenaires externes. Enfin, les résultats ainsi capitalisés sont régulièrement mis en exergue à travers les nombreuses formations portées par nos services ou auxquelles ils participent.



Quelques publications du CETU



Autoroute avec tunnel



Marc TESSON,
chargé de mission
Réseaux Internationaux
et Animation de la recherche

Exploitation et sécurité : premier événement, premier succès

Le CETU développe depuis plusieurs années un ambitieux programme de recherche et doctrine dans le domaine de l'exploitation et de la sécurité des tunnels. Ce programme est mis en œuvre en collaboration étroite avec l'ensemble de la profession. Il vise notamment à capitaliser et développer les connaissances, apporter des percées importantes pour répondre aux préoccupations actuelles, identifier et investir de nouveaux champs stratégiques pour l'exploitation et la sécurité des tunnels.

Les publications régulières permettent à l'ensemble des acteurs concernés d'être informés de l'avancée de ces recherches.

Afin de compléter l'information de la communauté professionnelle et d'échanger avec les acteurs impliqués dans ces travaux, le CETU a organisé le 21 septembre 2017 une demi-journée de présentation des travaux de recherche et doctrine dans le domaine de l'exploitation et de la sécurité.

Près de 70 professionnels ont participé à cet événement qui était une première. Après un bref rappel du bilan de l'année 2016 par Eric Premat, directeur adjoint, les présentations ont porté sur les risques en exploitation, le système de gestion de la sécurité, les travaux de l'association mondiale de la route (AIPCR), les études dans le domaine du traitement de l'air. Les participants ont souligné la qualité des présentations, la richesse des discussions et l'intérêt d'une telle formule. Face à ces retours très positifs, ce type de rencontre sera renouvelé à l'avenir.

Contact
marc.tesson@developpement-durable.gouv.fr



Journée du 21 septembre 2017 au CETU



Marie-Noëlle MARSAULT,
cheffe du pôle Sécurité (SEC)

Système de gestion de la sécurité pour les tunnels routiers : six cas étudiés, dans différents domaines

Le nouvel axe de recherche pluriannuel « Construire et faire vivre un SGS en tunnel routier » a débuté en 2017. L'objectif de travail est que les Directions interdépartementales des Routes (DiR) exploitant des tunnels, mettent en œuvre fin 2018 des SGS expérimentaux et les consolident d'ici 2021. Afin de les aider à construire ces premiers SGS, le CETU a mis en place et anime un groupe de travail rassemblant des représentants des neuf DiR concernées.

En parallèle, il a réalisé un parangonnage des SGS existants dans six domaines des transports et de l'industrie : aviation civile, transport ferroviaire, transports guidés urbains, remontées mécaniques, installations classées pour la protection de l'environnement et installations nucléaires de base. Initiée dans le cadre du Pôle Scientifique et Technique Rhône-Alpes, cette étude a été menée en partenariat avec le Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés (STRMTG), intéressé au titre de la mise en œuvre des SGS pour les remontées mécaniques en zone de montagne.

L'objectif visé : mieux comprendre ce qu'est un SGS, sa structure et son fonctionnement, et profiter des enseignements tirés du retour d'expérience de ces SGS, à différents niveaux de maturité. Cette étude comparative a été complétée par le diagnostic de la démarche de sécurité actuelle applicable aux tunnels

Contact
marie-noelle.marsault@developpement-durable.gouv.fr

routiers, afin de mettre en exergue ce qui relève déjà des éléments d'un SGS et de faire émerger les éventuels besoins de nouveaux outils.

Dans chacun des six domaines étudiés, le benchmarking a été réalisé en trois phases :

- l'analyse préalable de la réglementation applicable au SGS ;
- un entretien avec une autorité de contrôle et, si possible, un entretien avec un ou plusieurs exploitants. Les échanges ont été structurés sur la base d'un questionnaire élaboré au préalable et commun à tous les domaines ;
- la rédaction d'une note de synthèse capitalisant l'ensemble des données rendues anonymes et recueillies pour le domaine.

Douze entretiens ont été réalisés par le CETU et/ou le STRMTG. L'ensemble des personnes interviewées, autorités de contrôle et exploitants, a manifesté un vif intérêt pour la démarche. Un prestataire compétent dans le domaine des SGS, issu de l'aviation civile, apporte son assistance dans l'analyse des résultats du parangonnage. Fin 2017, l'analyse des synthèses produites était en cours ; en 2018 la mission se poursuit par l'émission de recommandations, qui seront utilisées dans la construction des

SGS expérimentaux. Le parangonnage a déjà permis en 2017 de déterminer avec les DiR la définition, la forme et le périmètre des futurs SGS « Tunnels ». La trame d'un manuel SGS « type » a été esquissée, qui devra toutefois faire l'objet d'un travail d'appropriation par les DiR avant de l'appliquer à leurs tunnels.

Enfin, cette étude a également produit des données qui alimentent, en plus des bonnes pratiques actuelles des DiR, la réflexion thématique réalisée par le groupe de travail. Ainsi, les premières réunions ont abordé l'identification et l'analyse des risques liés à l'exploitation, et la gestion des compétences. Le travail se poursuit en 2018 par la gestion du patrimoine, le retour d'expérience, la gestion des modifications, la culture de sécurité... pour aboutir aux SGS expérimentaux qui seront ensuite complétés au fur et à mesure de l'évolution de la maturité du SGS dans les années à venir.

PLANIFIER
Politique de sécurité
Identification / hiérarchisation des risques
Organisation
Gestion des compétences
FAIRE : règles d'exploitation
Procédures normales / urgence
Maintenance et entretien
Traçabilité
Coordination avec les tiers
Gestion des modifications
VÉRIFIER : évaluation du dispositif
Indicateurs
Retour d'expérience
Contrôles internes
Audits
AGIR : amélioration continue
Amélioration de la sécurité
Revue de sécurité internes
Comité de sécurité externe
Promotion de la sécurité
Enseignements du SGS



Thierry MANUGUERRA,
chargé de mission
Valorisation des données



Intérieur de l'ouvrage
avec l'éclairage en service

Éclairage en tunnel pour les cyclistes : une bande à LED expérimentée

En période estivale, de nombreux cyclistes sportifs et cyclotouristes empruntent des tunnels qui ne sont pas systématiquement éclairés ou ne possèdent pas d'éclairage spécifique. Ils sont alors très peu visibles des autres usagers dans la traversée des ouvrages obscurs.

Long de 160 mètres, le tunnel bidirectionnel du Villaret du Nial, en Savoie, en est un bon exemple. Préoccupé par cette problématique, le conseil départemental de la Savoie aspirait à une réponse sécurisante à coût maîtrisé. Un système d'éclairage spécifique a été expérimenté, permettant d'améliorer la perception des cyclistes, tout en veillant à ne pas provoquer l'augmentation de la vitesse des véhicules.

Ce nouveau dispositif a été mis en service en juillet 2017 dans ce tunnel très emprunté par les véhicules et usagers qui se rendent ou reviennent de Val d'Isère par la RD 902, le long du lac du Chevril, sur la commune de Tignes.

Contact
thierry.manuguerra@developpement-durable.gouv.fr

Pour la première fois dans un tunnel, une bande cyclable lumineuse en LED d'environ 1,20 mètre de large sur 2,50 mètres de haut au droit de chaque piedroit du tunnel a été matérialisée, le reste de la chaussée n'étant pas éclairé. Et les avantages sont là : avec ce dispositif, le cycliste est perçu par les autres usagers. De plus, la conception de luminaires à base de LED offre une efficacité énergétique optimale, une maintenance minimale et une évolutivité aisée.

Les premiers retours des usagers sont très positifs. Une deuxième enquête usagers est prévue en 2018. Les résultats permettront d'affiner les réglages et consolider le dispositif qui pourra être plus largement déployé dans d'autres tunnels très fréquentés par les cyclistes. D'ores et déjà, le département de la Haute-Savoie entend mettre en place ce dispositif dans trois tunnels fréquentés par les cyclistes.

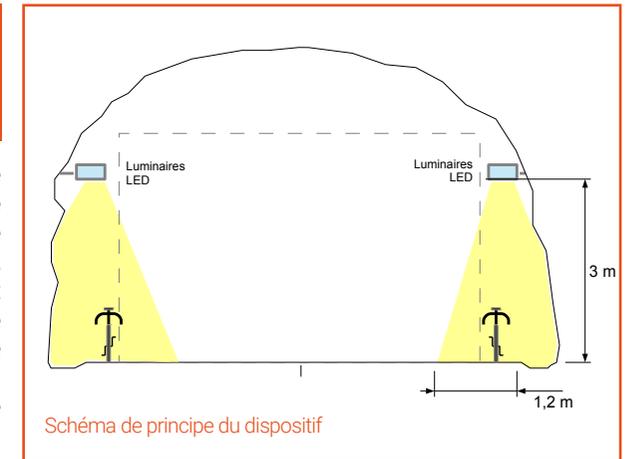


Schéma de principe du dispositif



Catherine LARIVE,
cheffe du pôle Matériaux,
Structure et Vie de l'Ouvrage
(MSVO)

Levés d'images à grand rendement en tunnels : nouvelle expérimentation

Les inspections détaillées des tunnels, qu'ils soient routiers, canaux, ferroviaires ou de métro, reposent toujours, et à juste titre, sur des observations visuelles – levé de désordres – et sonores – écoute des sons creux par auscultation au marteau. Ces observations sont effectuées au contact de la voûte et complétées par des auscultations complémentaires, en cas de difficultés particulières pour établir le diagnostic de l'état de l'ouvrage.

Si ces principes de base sont à conserver, il est néanmoins souhaitable d'optimiser les techniques d'inspection pour limiter leur durée sur le terrain, afin de minimiser la gêne aux usagers et d'améliorer les conditions de travail des inspecteurs.

Le CETU s'intéresse à ce sujet depuis plusieurs années, en collaboration avec le Cerema (Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement) (Département Laboratoire de Strasbourg) et, initialement, VNF (Voies Navigables de France). La piste d'optimisation étudiée est le levé d'images à grand rendement couplé avec une analyse automatique de ces images. L'objectif : réaliser les prises de vue avec un véhicule léger lors d'un premier passage dans le tunnel puis analyser ces images afin de cerner les zones nécessitant une inspection détaillée traditionnelle et celles où une visite simplifiée, et donc plus rapide, serait suffisante. Les prises d'images permettraient de plus, sur l'ensemble du linéaire, d'éviter aux inspecteurs d'effectuer

Contact
catherine.larive@developpement-durable.gouv.fr

un levé manuel des désordres ; ils n'auraient qu'à compléter, le cas échéant, le levé produit automatiquement par l'analyse des prises de vue préparatoires.

Plusieurs expérimentations ont déjà été faites ces dernières années à l'aide de caméras classiques, montées sur un bâti supportant également un système d'éclairage puissant. Les récents progrès techniques des caméras permettent maintenant d'utiliser des matériels beaucoup plus performants, ne nécessitant plus d'éclairage complémentaire par rapport à l'éclairage standard des tunnels routiers, et, surtout, permettant une détection des désordres en 3D. Les recherches du Cerema ont également montré la faisabilité et les difficultés de la détection automatique ou semi-automatique des désordres par des algorithmes d'apprentissage.

En 2017, une nouvelle expérimentation a été lancée dans le tunnel du Somport pour étudier les performances du système de prise et d'analyse d'images 3D (obtenues avec des caméras Pavemetrics) proposé par la société espagnole Euroconsult et le comparer au système développé par le Cerema avec des caméras standards. Les prises de vue ont été faites dans les tunnels routier et ferroviaire du Somport, ce dernier servant de galerie de sécurité. Les résultats obtenus par analyse d'images ont été validés par les observations qui avaient été formulées au préalable par l'équipe d'inspection du CETU. L'apport des caméras 3D est indéniable et l'enjeu de la détection des désaffleurements

de fissures, de voussoirs ou de joints de plots est tel qu'il est aujourd'hui considéré comme indispensable d'avoir recours à cette nouvelle technologie de matériels. En matière d'analyse d'images, Euroconsult développe et met à la disposition de ses clients un logiciel permettant l'analyse semi-automatique des images. La typologie des désordres reconnus est encore limitée mais les principaux sont correctement traités (fissures, lacune de matières, venues d'eau...). Ce système est de plus en plus largement utilisé, en Europe et au-delà.

L'enjeu ciblé par le CETU et le Cerema pour la poursuite des recherches communes sur ce sujet est de développer un logiciel d'analyse d'images encore plus performant afin de diminuer le temps nécessaire au traitement des données et donc de minimiser le coût de ce type de prestation. Étant donné l'avance technologique actuelle des caméras Pavemetrics et le partenariat existant entre le Cerema et cette société, une collaboration tripartite est actuellement envisagée.



Dispositif de prise
de vue d'Euroconsult



Dispositif de prise
de vue du Cerema



David CHAMOLEY,
chargé d'études au pôle
Matériaux, Structure
et Vie de l'Ouvrage (MSVO)

Stéphane PETIT,
chargé d'études au pôle
Matériaux, structure
et Vie de l'Ouvrage (MSVO)

Serge ZAPPELLI,
chargé d'études au pôle
Procédés de Construction,
Marchés et Exécution (PCME)



Tunnel d'Excideuil, infiltration
d'eau chargée en calcite

L'étanchéité des ouvrages souterrains : une préoccupation majeure

L'étanchéité joue un rôle majeur dans la conception et la réalisation des ouvrages neufs. En effet, l'impact potentiel des circulations d'eau dans les ouvrages souterrains peut entraîner des dégradations des structures et des équipements ainsi que des risques pour la sécurité des usagers.

En exploitation, les ouvrages conçus avant la mise en place systématique d'une étanchéité ou vieillissants subissent fréquemment des arrivées d'eau. La problématique de réparation est également primordiale.

Le CETU a donc renforcé son action sur le thème de l'étanchéité, avec un enjeu supplémentaire, lié à des projets majeurs d'infrastructures souterraines en France, avec notamment le métro Grand Paris Express.

Pour traiter ce sujet, les compétences des pôles MSVO et PCME sont mobilisées. Ils travaillent selon plusieurs axes :

- le pilotage de la procédure des avis techniques visant à la reconnaissance de procédés d'étanchéité sur des procédés couverts par le fascicule 67 titre III de juillet 2014 du CCTG travaux (décret officiel non paru mais

qu'il convient d'appliquer par dérogation et anticipation). Ces avis apportent la validation du procédé par une série d'essais prescrits par un référentiel (un par famille de procédés). Ces référentiels ont été élaborés collégialement par la commission d'avis technique et existent maintenant pour la quasi-totalité des 10 familles de procédés définies par ce fascicule 67. En 2017, un nouvel avis technique a été diffusé. Des référentiels complémentaires ont été élaborés en 2018,

- la réalisation d'un guide d'application de ce fascicule 67 titre III. En grande partie élaboré en 2017, ce guide devrait paraître en 2018,
- Une participation forte au groupe de travail n° 9 (étanchéité) de l'AFTES :

→ pour l'élaboration d'avis d'experts sur des procédés d'étanchéité ou de drainage. Ces avis apportent une reconnaissance par un collège d'experts des capacités de procédés innovants qui ne répondent pas (ou pas encore) strictement au cadre réglementaire français (CCTG fascicule 67 - titre III de juillet 2014). En 2017, cinq demandes ont été instruites, puis publiées en 2018,

→ pour l'élaboration d'un guide des bonnes pratiques en étanchement et d'une recommandation sur les dispositifs de protection des étanchéités et sur les dispositifs de drainage, visant à supprimer plusieurs recommandations obsolètes.

En 2017, les travaux menés sur ces productions par deux sous-groupes permettent d'envisager une parution en 2019.

Contacts

david.chamoley@developpement-durable.gouv.fr
stephane.petit@developpement-durable.gouv.fr
serge.zappelli@developpement-durable.gouv.fr



François PAILLETTE,
chef par intérim de la centrale
d'inspection génie civil du pôle
Matériaux, Structures et Vie
de l'Ouvrage (MSVO)



Tunnel des Échelles

Les expérimentations ECOMINT se poursuivent

En 2012, le Comité d'Innovation Routes et Rues (CIRR) du ministère a confié au CETU l'évaluation du projet ECOMINT, Étanchéité par COques MINces en Tunnels.

Ce projet regroupe trois procédés minces d'étanchement total applicables en intrados dans les tunnels en service : un Système d'Étanchéité Liquide Armé (SELA), un Système d'Étanchéité Projeté Confiné (SEPC) et un Système d'Étanchéité Liquide (SEL) drainant. Ces trois méthodes couvrent l'ensemble des configurations des tunnels existants.

Les trois procédés du projet ont été appliqués en 2013 pour une première expérimentation au tunnel des Échelles en Savoie et le SELA a été appliqué sur la totalité de la voûte du tunnel de Rive-de-Gier dans la Loire.

L'évaluation des performances des procédés est réalisée par la centrale d'inspection du CETU au moyen d'inspections annuelles. À ce jour, quatre visites de suivi ont été effectuées au tunnel des Echelles et deux au tunnel de Rive-de-Gier.

Les observations faites montrent que les procédés du projet ECOMINT répondent à la problématique d'étanchéité de ces deux tunnels, mais des perspectives d'amélioration des systèmes apparaissent.

Prévue pendant la période d'évaluation du projet, la surveillance régulière se poursuit, avec une attention portée à la recherche et au développement des systèmes concourants à l'étanchéité des tunnels et espaces souterrains.

Contact
françois.paillette@developpement-durable.gouv.fr



Tunnel de Rive-de-Gier



Héliane MONGEOT,
cheffe du pôle
Exploitation (EXP)

Développement des véhicules automatisés : intégrer les spécificités des tunnels

Le CETU a participé en 2017 à la Task-force « Cas d'usages » du véhicule automatisé, pilotée par la DGITM (Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer), et regroupant les directions générales chargées des transports, de l'énergie, de l'industrie et de l'intérieur ainsi que des organismes techniques. Les objectifs de ce groupe sont de conduire l'analyse des cas d'usage au regard des enjeux de sécurité routière et des interactions conducteurs-autres usagers-infrastructures, de préparer des positions afférentes au niveau international et d'échanger avec les industriels et constructeurs.

Dans ce cadre, le CETU a contribué à identifier les situations pouvant présenter les risques les plus élevés en matière de sécurité pour un véhicule automatisé voulant emprunter un tunnel. Les questions reposent principalement, en entrée de tunnel, sur la capacité qu'aura le véhicule automatisé à gérer la rupture dans la conduite liée au changement d'environnement entre le tunnel et l'air libre, et, à l'intérieur du tunnel, sur l'adéquation de sa réponse aux événements les plus redoutés.

Contact
helene.mongeot@developpement-durable.gouv.fr



Xavier PONTICQ,
chargé d'études
au pôle Ventilation
et Environnement (VE)

Véhicules à énergies alternatives et espaces souterrains

Dans un contexte de recherche de baisse des émissions de CO₂ et d'une meilleure efficacité énergétique, le domaine des transports porte un intérêt grandissant aux énergies alternatives au pétrole pour la propulsion des véhicules. Questionné par des maîtres d'ouvrage et des opérateurs de tunnels, le CETU assure des actions de veille scientifiques et technologiques sur les risques engendrés par des véhicules routiers employant ces énergies alternatives (pile à combustible, véhicules électriques, gaz naturel...) dans les espaces souterrains.

En 2017, deux projets de recherche à échelle européenne ont été engagés sur la thématique :

- Electro-Mobility porté par Amstein et Walthert Progress et financé par l'OFROU (Office Fédéral Suisse des Routes). Ce projet est consacré aux véhicules électriques et plus particulièrement aux risques liés aux batteries Li-ion par des essais de sollicitations mécaniques et thermiques. Les premiers résultats sont parus au premier semestre 2018.
- SUVEREN porté par BAM, FOGTEC et STUVA et financé par le BMBF (Ministère Fédéral Allemand pour l'Éducation et la Recherche) dans lequel le CETU et l'INERIS sont partenaires associés. D'une durée de trois ans, ce projet se focalise sur les risques des « nouvelles énergies » dans tous types d'infrastructures souterraines urbaines (tunnels, parcs de stationnement, infrastructures multimodales...) et les moyens de lutte qui pourraient être mis en œuvre. Le projet s'appuie sur une étude de cas concrète, en collaboration avec DB (Deutsche Bahn), pour développer une méthodologie d'analyse de risque adaptée à ces nouveaux véhicules.

Contact
xavier.ponticq@developpement-durable.gouv.fr



Antoine RALLU,
chargé d'études au pôle
Procédés de Construction,
Marchés et Exécution (PCME)

Caractérisation dynamique sous bruit mécanique ambiant des structures avoisinantes un chantier souterrain : modes transversaux de la dalle de ventilation du tunnel du Siaix

Les vibrations générées lors du creusement d'un ouvrage souterrain à l'explosif provoquent des effets induits sur les structures avoisinantes (bâtiments, ouvrages de génie civil, réseaux aériens ou enterrés...). C'est un sujet sensible pour le maître d'ouvrage du projet, notamment parce qu'il peut impacter les riverains. La connaissance du fonctionnement dynamique de ces structures est un premier pas vers la détermination de leur sensibilité intrinsèque. La méthode proposée se décompose en deux étapes :

- modélisation puis analyse modale de la structure réelle, dont les résultats permettent de comprendre le fonctionnement dynamique de la structure et d'estimer les ordres de grandeurs des fréquences propres ;
- instrumentation in-situ sous bruit mécanique ambiant. L'analyse spectrale des traces temps issues des capteurs fournit une estimation de la dynamique de la structure et permet de valider les caractéristiques issues de l'analyse modale.

Le principe du protocole de la campagne d'essais est d'enregistrer la réponse d'une structure à un bruit mécanique ambiant grâce à des vélocimètres placés selon une discrétisation régulière de la structure. Ce bruit peut provenir de phénomènes naturels ou d'activités humaines, par exemple le trafic routier. Cette méthode d'auscultation présente de nombreux avantages : elle est non-destructive, aucune énergie d'excitation n'est nécessaire, et l'instrumentation in situ est facilitée par des capteurs sans fil. Les acquisitions sont ensuite traitées grâce à la méthode EFDD (Enhanced

Frequency Domain Decomposition), méthode d'analyse modale permettant l'identification des modes propres de vibration de la structure, basée sur la transformée discrète de Fourier des signaux enregistrés. L'inconvénient : la relative difficulté pour manipuler de grandes quantités de données afin d'extraire les modes. Cependant, les capacités croissantes de calcul permettent d'alléger progressivement ces opérations.

La méthode est illustrée sur le plafond de ventilation (c'est-à-dire le système dalles et suspentes) du tunnel du Siaix, dont les caractéristiques modales dans la section transversale ont été estimées à un point métrique (PM) du tunnel.

Pour compléter cette étude des modes transversaux, il est prévu de reproduire cette méthode en quatre PM du tunnel, correspondant aux positions des inter-tubes entre tube existant et la galerie de secours réalisée en 2017. En ces positions, les terrains environnants le tube principal sont de natures très diverses, impliquant des conditions de convergence du terrain potentiellement différentes. Ainsi, deux types d'analyse peuvent être faites : estimer l'influence de la convergence du terrain sur la structure, en particulier au niveau des conditions aux limites, et par comparaison des mesures faites avant et après l'excavation, estimer le dommage potentiel structurel (qui assouplirait la structure, et donc se traduirait par une diminution des fréquences modales).

Par ailleurs, il est intéressant d'étudier les modes longitudinaux du plafond de ventilation, c'est-à-dire les modes se propageant suivant la longueur du tunnel. La répartition régulière des suspentes en voûte constitue une structure réticulée périodique, dont une représentation continue équivalente est possible grâce à une méthode asymptotique. Ces résultats peuvent également être comparés à des mesures in-situ.

Pour conclure, la caractérisation modale du plafond de ventilation s'inscrit dans la problématique plus générale de l'estimation de la sensibilité intrinsèque de structures de l'échelle locale à celle d'une ville, problématique portée par des associations professionnelles comme l'AFTES (Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain) et l'AFPS (Association Française du génie ParaSismique).

Contact
antoine.rallu@developpement-durable.gouv.fr

Illustration 1 : Instrumentation du plafond de ventilation du tunnel du Siaix.

- En bleu : les sept capteurs placés sur la demi-poutre transverse.
- En haut : Section transversale du tunnel, zoomée sur le plafond de ventilation.
- En bas : Vue en plan de la cellule élémentaire constituée d'une demi poutre transversale (instrumentée) et de quatre dalles contiguës.

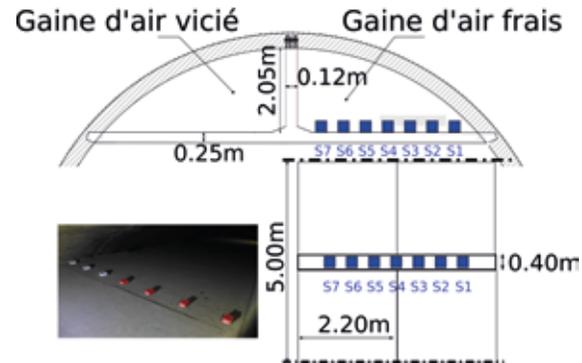


Illustration 2 : Energie de densité spectrale croisée (voies verticales et transversales) en fonction de la fréquence. Prenant en compte l'ensemble des capteurs, cette énergie correspond à la « transformée de Fourier des traces temps croisées les unes avec les autres ».

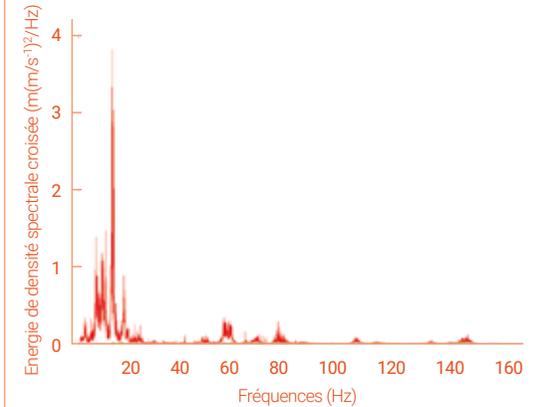
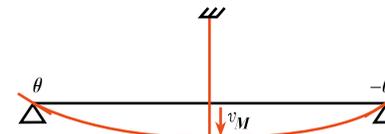


Tableau : Caractéristiques modales issues des mesures

	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
Fréquence	14,8 Hz	18,8 Hz	66,3 Hz	130 Hz
Amortissement	2,8 %	2,6 %	1,9 %	0,8 %

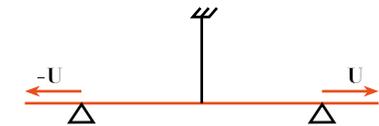
Cinématique A : flexion de la poutre transversale et traction/compression de la suspente

Cinématique modale



Première déformée modale pour la cinématique A.

Cinématique B : traction/compression de la poutre transversale.



Première déformée modale pour la cinématique B.



Michel DEFFAYET,
directeur



Eric PREMAY,
directeur adjoint



Laetitia d'ALOIA-
SCHWARTZENTRUBER,
chargée de mission
Développement durable

Partenaire de Projets Nationaux

Un Projet National (PN) est un programme de recherche. Soutenu par notre Ministère dans le cadre du réseau « recherche appliquée en génie civil », il est le fruit d'une collaboration dans la construction, en terme de recherche et innovation.

Les acteurs de ces projets interviennent dans la conception, la construction et la gestion des infrastructures : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre publics et privés, entreprises de travaux, bureaux d'études, ingénieries, industries pro-

ductrices de matières premières ou de composants de la construction, laboratoires publics et privés, universités et écoles d'ingénieurs, assureurs bureaux de contrôle. Tous œuvrent ensemble pour imaginer des solutions applicables aux ouvrages.

L'IREX, Institut pour la Recherche appliquée et l'Expérimentation en génie civil, est une association qui assure le montage et la gestion administrative et financière des PN.

Contacts

michel.deffayet@developpement-durable.gouv.fr

eric.premat@developpement-durable.gouv.fr

laetitia.daloia@developpement-durable.gouv.fr

RECYBETON

Depuis son lancement en 2013, le CETU est partenaire du Projet National RECYBETON dédié au recyclage complet du béton. Il participe en particulier à deux des six groupes de travail constitués : le GT3 et le GT4. Le GT3 est dédié aux aspects socio-économiques et à l'évaluation environnementale. Le GT4 traite quant à lui des aspects réglementaires et

normatifs. Cette participation à RECYBETON permet d'échanger des éléments d'ordre méthodologique et contextuel sur différents aspects et de les transposer, dans la mesure du possible, à la question de la gestion et de l'emploi des matériaux excavés lors du creusement des ouvrages souterrains.

Ville 10 D

Lancé en 2012, le groupe de travail de ce Projet National réfléchit à l'utilisation et à la valorisation urbaine du sous-sol pour une métropole durable. Il cherche à lever les obstacles liés à l'optimisation de l'aménagement

souterrain urbain. Il contribue à une meilleure planification et pratique du développement des villes en prenant en compte le potentiel du sous-sol et son interaction avec la surface.

MINnD (Modélisation des Informations Interopérables pour les Infrastructures Durables)

2014 a vu naître ce Projet National qui a pour objectif d'aider le développement du BIM (Building Information Modelling) pour les infrastructures en améliorant l'organisation des données des projets afin d'avoir des échanges et partages des informations plus efficaces. Il s'agit d'améliorer les processus

de conception – construction – exploitation et la coopération avec des coûts maîtrisés. Les acteurs de ce Projet ont des activités liées à la conception, la construction et l'exploitation d'infrastructures et travaillent de concert pour l'opérabilité, l'interopérabilité et la pérennité des systèmes d'information.

Contribuant activement au développement de ces projets nationaux, le CETU participe également à l'élaboration d'autres projets à l'échelle nationale.



Christophe WILLMANN,
chargé d'études
au pôle Sécurité (SEC)

Vers la résilience des transports souterrains urbains

Les réseaux souterrains de transport se sont développés au fil du temps dans les villes, devenant de plus en plus complexes notamment en termes d'échange multimodaux. Ils ont pris une importance telle dans les espaces urbains qu'une perturbation même mineure et temporaire peut avoir des effets significatifs à l'air libre sur les autres modes.

Or, le retour d'expérience récent montre que la capacité d'un réseau souterrain de transport à faire face à une menace pour son fonctionnement demeure un enjeu et que les pratiques peuvent être améliorées. Lors de récentes pannes d'envergure ou d'attentats, la gestion des modes dégradés ainsi que le délai de retour à la normale se sont révélés perfectibles. Le comportement des usagers, notamment ceux bloqués dans les rames, ainsi que leurs actions ont montré un potentiel d'amélioration important en termes de gestion et de communication. Enfin, les événements pouvant affecter la structure étant rares, les opérateurs n'ont généralement pas évalué la vulnérabilité de leur réseau et n'ont pas de procédures et techniques préétablies pour y faire face. Les événements de ce type font l'objet d'un traitement particulier au cas par cas.

U-Threat («Underground Transport Hub Resilience to Ensure Availability and Tackle danger») est un projet franco-allemand de recherche dont la résilience est la thématique

principale et sera le fil conducteur de l'ensemble du travail.

La proposition U-Threat se concentrera sur un réseau souterrain de type métro. Pour traiter un événement d'origine accidentelle ou intentionnelle de façon résiliente, trois types de mesures transversales doivent être entreprises : l'évaluation de la situation, la mise en place d'un ou plusieurs modes dégradés mais acceptables, le retour à la normale. Ces trois types de mesures doivent s'appliquer à trois domaines : le génie civil, l'exploitation, la protection/accompagnement des usagers. Elles peuvent être de plusieurs natures, notamment mises

en œuvre avant l'événement (anticipation, préparation...) et pendant l'événement. Les nouvelles technologies (applications mobiles par exemple) comme les dispositions et équipements existants seront intégrés.

Le leader de l'ensemble du projet et leader national allemand est la STUVA, institut de recherche à but non lucratif dont une des activités concerne l'exploitation et la conception de système de transport en commun.

Le leader national français est le CETU qui travaille sur l'ensemble des thématiques liées aux tunnels de la conception (infrastructures et équipements) à l'exploitation tant sous l'angle de la recherche que des projets. Le CETU est également responsable du groupe de travail « structure » et fortement investi dans celui concernant les usagers.



Métro lyonnais
en heure de pointe
© Sébastien Erome

A ce titre, les pôles MSVO, GGD, Exploitation et Sécurité sont fortement impliqués dans le projet.

Outre des leaders nationaux, le projet réunit six autres partenaires, trois allemands (Université de Bochum, PTV (Planung Transport Verkehr) et INIT (Innovation in Traffic Systems)) et trois français (IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'aménagement et des réseaux), KEOLIS Lyon (opérateur privé de transport public exploitant le réseau de métro lyonnais) et ARCADIS (société de conseil et conception de l'espace naturel et construit)).

Quatre partenaires associés conseilleront les acteurs sur les orientations prises : HHW (Hamburger Hochbahn Wache), VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen), le SYTRAL (Syndicat Mixte des transports pour le Rhône et l'agglomération lyonnaise) et le STRMTG (Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports guidés). La réunion de démarrage du projet a eu lieu les 25 et 26 octobre 2017 à Düsseldorf.

Contact

christophe.willmann@developpement-durable.gouv.fr



Le groupe de travail U-Threat



Thierry KUBWIMANA,
chargé d'études
au pôle Ventilation
et Environnement (VE)

Mieux comprendre les écoulements atmosphériques autour des tunnels avec la simulation numérique 3D

Depuis deux ans, le CETU a engagé un travail de recherche sur l'interaction entre le courant d'air issu d'un tunnel et le vent extérieur. Ce travail est motivé par la nécessité d'évaluer les influences météorologiques lors du dimensionnement du système de ventilation mécanique d'un tunnel. Un courant d'air naturel est en effet susceptible de s'opposer au courant d'air établi par la ventilation mécanique et donc d'affecter les performances du désenfumage. En pratique, le concepteur fait appel à des méthodes empiriques et statistiques qui ont l'intérêt de pouvoir être mises en œuvre rapidement, mais dont le niveau de précision est limité. Il y a ainsi un enjeu sécuritaire et économique à trouver de nouvelles méthodes permettant de réduire les incertitudes sur la prise en compte des influences météorologiques sur la ventilation des tunnels.

Le travail de recherche a pris la forme d'une thèse encadrée conjointement par le CETU et le Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA) de l'École Centrale de Lyon. Le LMFA dispose d'une expertise reconnue dans l'expérimentation en soufflerie ainsi que dans la simulation numérique 3D des écoulements atmosphériques. La thèse est réalisée par Thierry Kubwimana, ingénieur en poste au sein du pôle Ventilation et Environnement.

L'année 2017 a vu la réalisation d'essais expérimentaux sur une maquette de tunnel à échelle réduite dans la soufflerie atmosphérique du LMFA. D'un point de vue de la mécanique des fluides, il s'agit de caractériser l'interaction entre un orifice pariétal et une couche limite turbulente rugueuse, en prenant en compte l'influence de la géométrie locale de la paroi. Ces essais ont permis de mieux comprendre la phénoménologie de l'écoulement au voisinage d'une tête de tunnel. Par la suite, les données expérimentales seront comparées à celles issues de simulations numériques, afin d'améliorer la méthodologie des simulations dans le cadre d'études d'ingénierie.

Contact
thierry.kubwimana@developpement-durable.gouv.fr



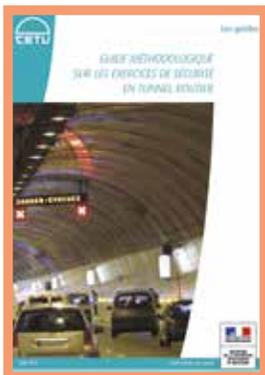
Maquette du tunnel
en soufflerie



Visualisation laser de l'écoulement
en sortie de tunnel



Christine SESCOAFIO,
chargée d'études au pôle
Exploitation (EXP)



Exercices de sécurité : accompagner les maîtres d'ouvrage et les personnels exploitants

Les exercices annuels de sécurité sont imposés par la réglementation dans les tunnels routiers de plus de 300 mètres de longueur, quel qu'en soit le maître d'ouvrage. Considérés comme une partie intégrante de la démarche de sécurité, les exercices permettent d'acquérir des automatismes pour répondre de façon efficace et rapide aux événements, tout en développant une culture de sécurité commune à tous les acteurs. Le CETU a publié un guide, intitulé « Guide méthodologique sur les exercices en tunnel routier » pour accompagner les maîtres d'ouvrage et les personnels exploitants dans la réalisation de ces exercices. Des exploitants de tunnels et un service de secours ont été associés, pour la relecture du guide et pour la contribution à des exemples de scénarios.

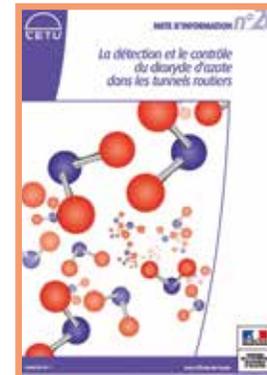
La première partie de ce guide est consacrée aux principes généraux. Cette partie brosse un état des lieux de la réglementation en vigueur et des différents acteurs concernés. Elle précise, qu'ils soient cadre ou de terrain, que tous les exercices n'ont pas les mêmes objectifs et ne correspondent pas aux mêmes besoins.

La deuxième partie du guide dresse un panorama le plus complet possible des différentes étapes à franchir pour la réussite d'un exercice. Chaque étape est accompagnée de conseils spécifiques et concrets. Les exercices de sécurité, en tant qu'élément d'un système de gestion de la sécurité, s'inscrivent dans une démarche d'amélioration continue. C'est la raison pour laquelle, le processus de mise en œuvre a été pensé en quatre étapes en s'appuyant sur la roue de Deming : planifier l'exercice, l'effectuer, l'analyser et agir. En effet, la planification qui les précède et la mise en œuvre d'actions curatives, correctives ou préventives qui les poursuit sont essentielles pour assurer leur réussite. A la fin du guide, des annexes proposent une large palette d'outils pour aider l'exploitant lors de l'exécution de ces différentes étapes.

Contact
christine.sessoafio@developpement-durable.gouv.fr



Bruno VIDAL,
chargé d'études
au pôle Ventilation et
Environnement (VE)



Détection et contrôle du dioxyde d'azote dans les tunnels routiers : note d'information n°26

Le fonctionnement de la ventilation sanitaire est un enjeu sensible pour les exploitants de tunnel :

- ventiler en excès, c'est consommer inutilement de l'énergie, avec des conséquences budgétaires potentiellement fâcheuses ;
- ventiler de manière insuffisante, c'est laisser les usagers subir des expositions aux polluants atmosphériques au-delà des seuils réglementaires.

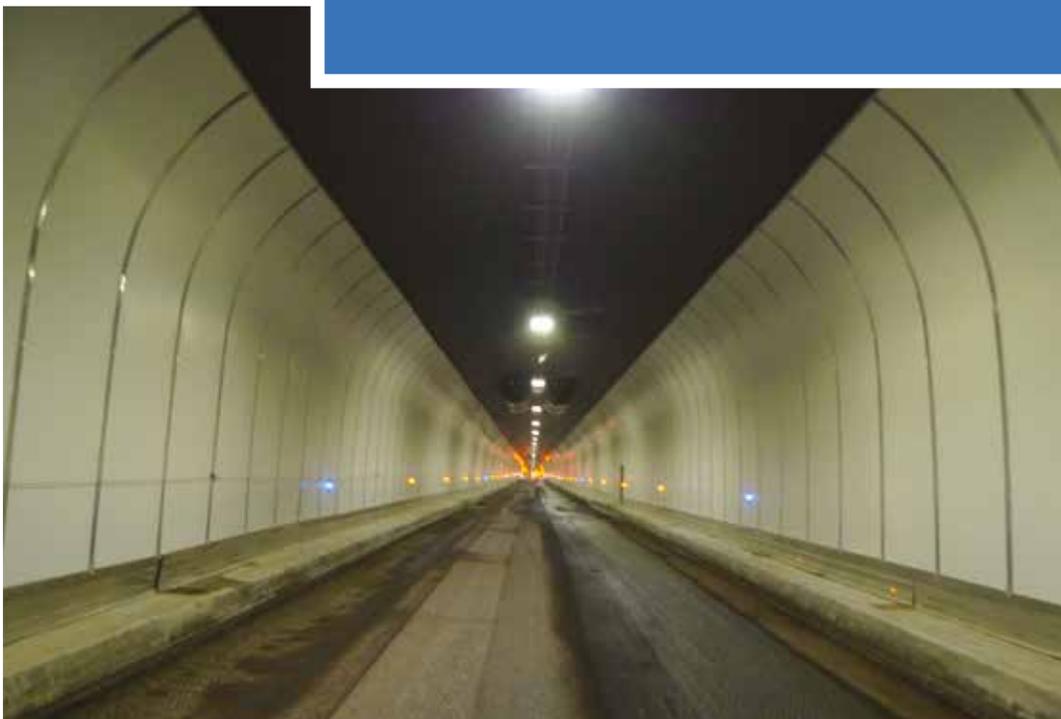
Parmi les deux principaux traceurs actuels de la pollution automobile, les particules fines et le dioxyde d'azote (NO₂), seul le NO₂ fait l'objet d'une réglementation en tunnel routier. En dépit des innovations technologiques observées sur le parc automobile roulant, le NO₂ est un polluant dont les émissions ne régressent pas et certaines conditions potentiellement délicates (congestion du trafic, faible renouvellement naturel de l'air) peuvent conduire les usagers à des niveaux d'exposition à ne pas négliger. La dilution des polluants par apport d'air frais permet d'assurer une bonne qualité de l'air en tunnel. C'est le rôle de la ventilation sanitaire. Il convient toutefois d'en maîtriser rigoureusement la chaîne de contrôle-commande, et tout particulièrement la mesure des concentrations en NO₂.

Le CETU a étudié la problématique de la détection des oxydes d'azote en tunnel routier afin de proposer des solutions qui éviteraient soit de surestimer chroniquement les niveaux de NO₂, soit d'en ignorer régulièrement les dépassements réglementaires. Ainsi les tunnels routiers doivent désormais être équipés de détecteurs de NO₂ qui peuvent être choisis parmi deux grandes familles d'appareils : les cellules électrochimiques ou les appareils à mesure optique. La note d'information n°26 présente les atouts et les limites des deux catégories de capteurs, compare leurs contraintes respectives d'utilisation et fournit des éléments d'aide au choix.

Contact
bruno.vidal@developpement-durable.gouv.fr



INGÉNIERIE



Depuis la conception d'un tunnel jusqu'à son inauguration, nous accompagnons les différents maîtres d'ouvrage, sur des projets tels que la ligne Lyon-Turin ou la ligne 14 Sud du Grand Paris. Nous apportons des solutions à des cas particuliers : glissement de terrain à Aiguilles, tunnel d'Oloron-Sainte-Marie, galerie de sécurité du Siaix, tranchée couverte Marange-Silvange, rénovation globale du tunnel de la Grand'Mare, travaux d'éclairage au tunnel de Lièpvre. En 2017, deux tunnels ont été inaugurés : le Chat et Baza. Nos services ont également accompagné les essais incendie dans les tunnels de Saint-Béat et de Caluire-et-Cuire et sont intervenus en situation de crise pour l'accident survenu au tunnel de Fourvière. Enfin, des sujets plus atypiques ont fait l'objet d'un accompagnement, notamment dans une galerie détectant les ondes gravitationnelles.



Odile VANNIÈRE,
chargée de mission Appui
Technique et Grands Projets

Tunnel Euralpin Lyon-Turin, un partenariat en place

Le 30 août 2017, une convention-cadre a été signée entre TELT (Tunnel Euralpin Lyon-Turin) et le CETU. L'objectif est double : dans un esprit de partenariat et dans l'intérêt réciproque des deux entités, préciser les thèmes pouvant donner lieu à une demande d'expertise ou d'avis par TELT au CETU, mais aussi déterminer les domaines dans lesquels le retour d'expérience de TELT pourrait être utile à des fins de doctrine, de recherche, voire d'expérimentation.

Dans le cadre du projet du tunnel de base de la liaison Lyon-Turin, les interventions peuvent porter en particulier :

- sur les sujets concernant la géologie, la géotechnique et l'hydrogéologie (connaissance du comportement des terrains, conception, dimensionnement, justification des ouvrages),
- sur les aspects contractuels spécifiques, en particulier le management des risques techniques,
- sur la démarche environnementale (Analyses de Cycle de Vie, matériaux excavés).

Contact

odile.vanniere@developpement-durable.gov.fr



En 2017, le partenariat s'est concrétisé par des missions d'expertises techniques en lien avec le retour d'expérience des descenderies réalisées par TELT et qui seront utilisées pour les travaux de creusement du tunnel de base du Mont-Cenis. Le CETU apporte également conseil et expertise sur les aspects contractuels et la stratégie d'achat. Le domaine de la recherche n'est pas oublié. Un programme visant à modéliser le comportement différé des terrains fortement tectonisés a été élaboré dans le cadre d'une thèse de doctorat de l'École des Ponts-ParisTech qui a débuté à l'automne 2017.

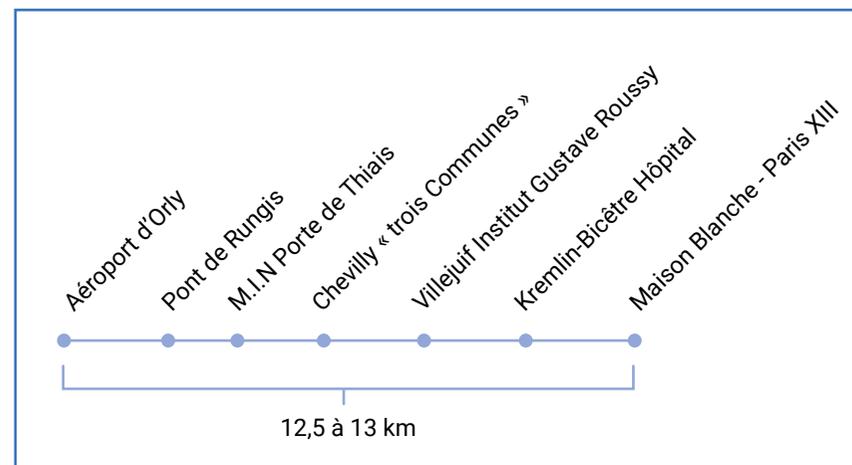


Didier SUBRIN,
chef du pôle Géologie,
Géotechnique et
Dimensionnement (GGD)



Gilles HAMAIDE,
chargé de mission Avis
et contrôle externe
génie civil

Ligne 14 sud du Grand Paris Express : présents au comité d'experts de la RATP



Dans le cadre des études et de la préparation des marchés pour les travaux souterrains relatifs au prolongement de la ligne 14 sud, incluse dans le Grand Paris Express, la direction de projet RATP a souhaité s'entourer d'un comité d'experts apportant un conseil et une expertise sur des aspects techniques, organisationnels ou contractuels. Deux personnes participent à ce comité d'experts.

Ce tronçon de treize kilomètres environ relie la gare Olympiades à l'aéroport d'Orly. Le creusement est presque totalement réalisé au tunnelier, sept nouvelles stations sont prévues.

La géologie du secteur d'étude se caractérise par trois zones principales dont les couches géologiques sont :

- la plaine alluviale de la Seine : sur ce secteur, le tracé intercepte l'anticlinal de Meudon. Les formations géologiques de l'Eocène inférieur (sables inférieurs de l'Yprésien, fausses glaises, argiles plastiques) sont présentes sous le recouvrement alluvionnaire du Quaternaire, et reposent sur la craie du Crétacé ;

Contacts

didier.subrin@developpement-durable.gouv.fr
gille.hamaide@developpement-durable.gouv.fr

- le versant entre Kremlin-Bicêtre et Villejuif : il correspond à une zone d'affleurement d'une majeure partie de la série stratigraphique (des calcaires grossiers aux sables de Fontainebleau) ;

- le plateau tertiaire de Villejuif à Orly : les formations de l'Oligocène surmontent les couches géologiques citées précédemment.

Le CETU est ainsi intervenu en 2017, essentiellement sur des sujets en lien avec la maîtrise des risques de l'opération, parmi lesquels :

- Les conditions de construction de la gare de Maison Blanche ;
- Les conditions de creusement du tronçon de raccordement à la ligne 14 existante vers Olympiades ;
- Le passage sous les carrières souterraines dans les calcaires grossiers et leur franchissement éventuel ;
- Le passage sous les taxiways à l'aéroport d'Orly.

Le comité d'experts assure un rôle complémentaire à celui exercé auprès de la RATP par le maître d'œuvre et les assistants à maîtrise d'ouvrage qui conservent leurs prérogatives et responsabilités. Le CETU est intervenu au cours de réunions de travail, en s'appuyant sur des documents produits par le maître d'œuvre.

En 2017, le comité d'experts s'est prononcé sur les études d'avant-projet, de projet et sur le dossier de consultation des entreprises.

Par ailleurs, la RATP soumet tous ses projets à un comité de risques permanent, constitué en partie de personnes de la RATP et d'experts. Le CETU a également participé en 2017 à ce comité des risques. La consultation des entreprises pour les travaux de génie civil a été lancée à l'automne 2017, l'année 2018 est en partie consacrée à la passation des contrats de travaux puis au démarrage de la réalisation.



Johan KASPERSKI,
chargé d'études au pôle
Géologie, Géotechnique et
Dimensionnement (GGD)

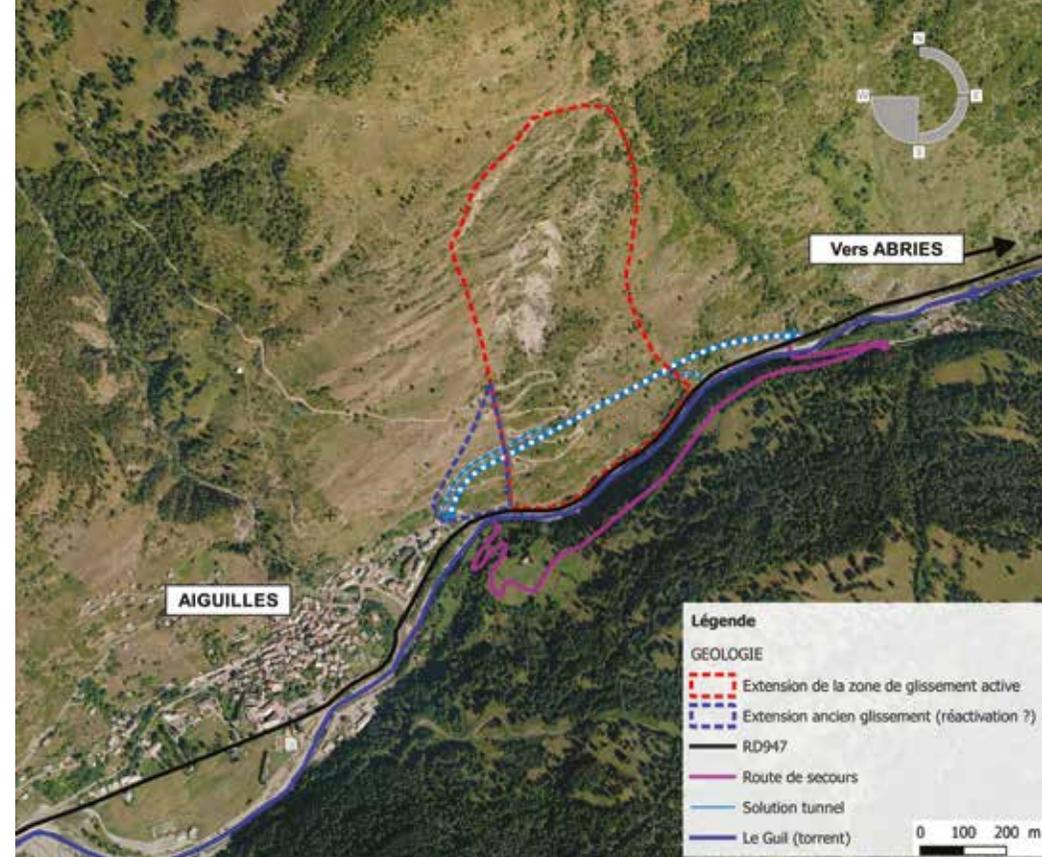
Glissement de terrain d'Aiguilles : une solution à l'étude

Aiguilles, un glissement de terrain de 9 millions de m³ condamne la route et menace de barrer la vallée. Pourquoi ne pas passer dessous ? C'est la question que le conseil départemental des Hautes-Alpes a posée en milieu d'année. En effet, début 2017, un glissement de terrain se réactive en rive droite du Guil à l'Est d'Aiguilles (Hautes-Alpes). En bas de ce versant, la route RD947 se trouve affectée par le glissement, emportée vers la rivière et sujette à des chutes de blocs. A court terme, et pour éviter l'isolement total de deux communes en amont du glissement, le conseil départemental des Hautes-Alpes a fait construire une piste de secours en rive gauche de Guil, face au glissement de la rive droite. Cette piste a des caractéristiques géométriques dégradées : pour pérenniser l'itinéraire à long terme, une évaluation des différentes solutions est engagée soit en déviation en rive gauche, soit en tunnel en rive droite.

C'est dans ce contexte particulier que le département des Hautes-Alpes a confié au CETU une mission d'assistance technique relative à l'étude de cette solution tunnel pour le rétablissement de la RD947. Ce type d'étude amont se doit de concilier le peu de données disponibles avec des attentes fortes et précises de la part du maître d'ouvrage dans des délais ici particulièrement contraints.

Contact

johan.kasperski@developpement-durable.gouv.fr



Pour mener à bien ce projet, le CETU a mobilisé plusieurs de ses pôles de compétences. Tandis que les pôles GGD et PCME ont œuvré sur les aspects génie civil en estimant ses coûts et délais, les pôles Sécurité, VE et Exploitation ont complété l'étude avec les dispositions de sécurité et les mesures d'exploitation à prévoir. Cette assistance s'est ainsi traduite par une note de problématique examinant les points critiques susceptibles d'engager la faisabilité de la variante tunnel. En cohérence avec son engagement pour un management par les risques, le CETU a mis en avant non seulement les coûts et délais de l'estimation technique mais aussi ceux, plus délicats à quantifier, induits par les risques identifiés. Même si un premier chif-

frage approximatif et des délais ont été estimés sur la base d'un tunnel de 900 mètres de long avec deux galeries de secours, les conclusions insistent sur la connaissance actuelle limitée du glissement de terrain (notamment sa profondeur et son extension) qui empêche de confirmer la faisabilité de ce projet. Pour envisager cette faisabilité, le CETU a défini un programme de reconnaissances à même de lever les incertitudes.

Les conclusions apportées, les éléments produits et un accompagnement permanent ont aidé le conseil départemental à comparer de manière éclairée la solution tunnel avec les autres solutions aériennes.



Antoine RALLU,
chargé d'études au pôle
Procédés de Construction,
Marchés et Exécution (PCME)

Tunnel d'Oloron-Sainte-Marie : l'assistance au maître d'ouvrage se poursuit

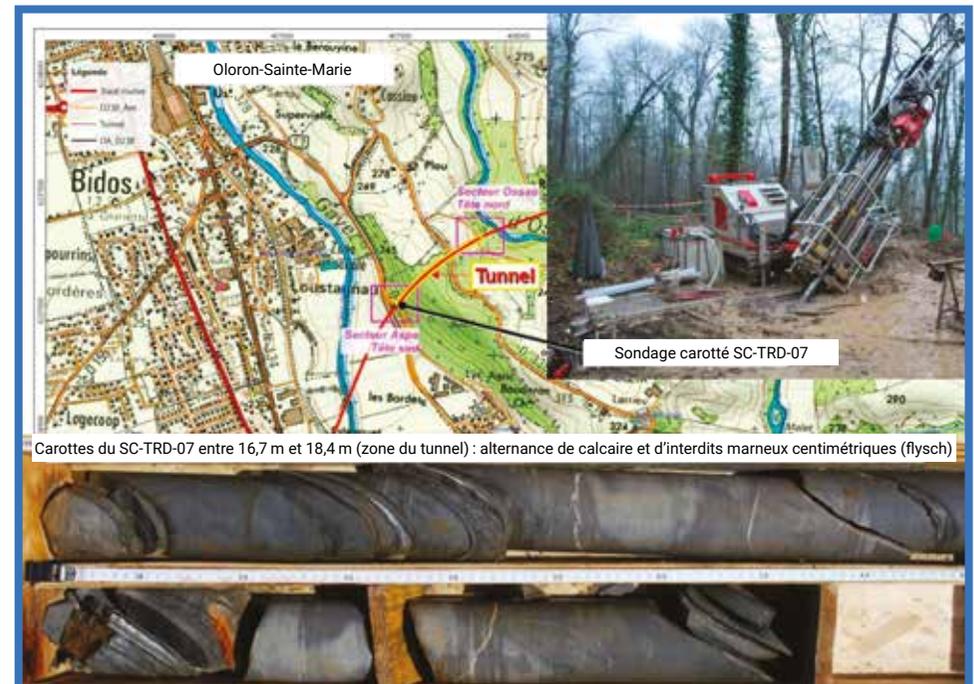
Le projet de construction du tunnel d'Oloron s'inscrit dans le projet de la déviation de la commune d'Oloron-Sainte-Marie (Pyrénées-Atlantiques) par la RN134. Cette déviation comprend en particulier deux viaducs, huit ouvrages d'art courants et un tunnel de 480 mètres. La maîtrise d'ouvrage est assurée par la DREAL Aquitaine et l'équipe de maîtrise d'œuvre, pilotée par le Service d'Ingénierie Routière Aquitaine de la DiR Atlantique, est composée de différents services de l'Etat.

Le CETU assure une mission d'assistance au maître d'ouvrage, notamment en vue de l'élaboration et de l'instruction du Dossier Préliminaire de Sécurité du tunnel, et une mission d'assistance au maître d'œuvre, principalement pour la rédaction du dossier de projet (POA) génie civil et équipement du tunnel.

L'année 2017 a été marquée par la réalisation de la campagne de reconnaissance géologique, hydrogéologique et géotechnique et des essais associés, dont l'objectif pour le tunnel est d'affiner le modèle géotechnique (en complément des précédentes campagnes de reconnaissance) permettant ainsi le dimensionnement géotechnique et structurel du tunnel et le positionnement des fronts d'attaques aux têtes, et par l'élaboration du Dossier Préliminaire de Sécurité. La première moitié de l'année 2018 sera consacrée à la finalisation du dossier de projet de tunnel.

Contact

antoine.rallu@developpement-durable.gouv.fr



Carottes du SC-TRD-07 entre 16,7 m et 18,4 m (zone du tunnel) : alternance de calcaire et d'interdits marneux centimétriques (flysch)



Catherine CABUT,
chargée d'études au pôle
Procédés de Construction,
Marchés et Exécution (PCME)

Percement de la galerie de sécurité du tunnel du Siaix

La galerie de sécurité du tunnel du Siaix (RN90 en Savoie) a été percée début octobre 2017, après 18 mois de creusement. Cet ouvrage est destiné à améliorer la sécurité du tunnel routier existant : il permet à la fois l'évacuation des usagers de la route en cas d'incident dans le tunnel et la circulation des cyclistes sur une voie dédiée.

Le CETU intervient sur cette opération comme assistant à maîtrise d'ouvrage auprès de la DiR Centre-Est et ce, depuis l'externalisation de la maîtrise d'œuvre au groupement BG-Arcadis en 2013. Cette assistance technique porte sur les sujets spécifiques aux ouvrages souterrains, et vise en particulier la maîtrise du coût et des délais, la limitation de l'impact des travaux sur le tunnel existant (sur les structures ou l'exploitation de la RN90), la sécurité des usagers et des personnels, la qualité de l'ouvrage réalisé. Elle se traduit notamment par une participation aux réunions mensuelles MOA/MOE de suivi du projet et la production d'avis sur des sujets à enjeux particuliers pour le MOA. Le CETU a également participé au contrôle extérieur des vibrations et au suivi des convergences du tunnel pendant les travaux.

Contact

catherine.cabut@developpement-durable.gouv.fr

Le marché de travaux de génie civil a été attribué à Eiffage TP en 2015. Le creusement des 1460 mètres de galerie et des sept rameaux de communication avec le tunnel existant a été réalisé en méthode conventionnelle, à l'explosif, avec des conditions de creusement relativement meilleures que celles attendues. Le creusement a été réalisé en deux attaques successives : la première d'environ 500 mètres depuis la tête amont, côté Bourg-Saint-Maurice, la seconde depuis l'aval, côté Moutiers. Près de 600 tirs auront été nécessaires, chacun nécessitant la fermeture de la RN90 pendant quelques minutes. Une attention toute particulière a été apportée au suivi des vibrations, afin de ne pas endommager le tunnel tout proche.

Les travaux d'étanchéité et de revêtement ont ensuite pris le relais et se sont achevés en juin 2018, la fin des travaux de génie civil étant prévue en fin de cette même année. Les travaux d'équipements suivront, pour une mise en service de la galerie courant 2019.



Cérémonie de percement de la galerie de sécurité du tunnel du Siaix
20 octobre 2017



Lionel AUBERT,
chargé d'études au pôle
Équipements Électriques
et de Gestion (EEG)

Tranchée couverte de Marange-Silvange : le dossier de consultation des entreprises pour les équipements est élaboré

Situé dans le département de la Moselle (57), le projet de VR52 va améliorer la liaison entre les autoroutes A4 et A30. Il comprend la réalisation d'une tranchée couverte au niveau de la traversée de la commune de Marange-Silvange. La maîtrise d'ouvrage est réalisée par la DREAL Grand-Est et la maîtrise d'œuvre par le SIR Lorrain.

Cette tranchée couverte, de type portique double d'une longueur de 400 mètres et d'ouverture 10,25 mètres, est de type unidirectionnel avec deux voies par sens. En plus des niches de sécurité et des niches incendie, la tranchée couverte comporte deux issues de secours situées en partie centrale.

Réalisés selon les techniques des parois moulées et du terrassement en taupe, les travaux de génie civil devraient se terminer au premier semestre 2019. Pendant cette phase, le CETU a endossé un rôle de conseil dans le domaine de la tenue au feu des structures.

Le CETU intervient également comme assistant à la maîtrise d'œuvre auprès de la DIR Est (Direction interdépartementale des Routes) pour la réalisation des travaux d'équipements. Il a participé à la rédaction des

Contact
lionel.aubert@developpement-durable.gouv.fr

pièces techniques des équipements électriques et de gestion de la tranchée couverte, du réseau d'assainissement TMD (Transport de Matières Dangereuses) et des réseaux secs. Le dossier de consultation des entreprises correspondant a été publié fin 2017.

La tranchée couverte disposera notamment d'un éclairage full LED, d'un système de détection automatique d'incident par vidéosurveillance, d'un dispositif de fermeture et des équipements de contrôle de l'atmosphère. Elle intégrera les dernières préconisations en termes d'accessibilité PMR (Personnes à Mobilité Réduite) au niveau des issues de secours. Les travaux d'équipements sont prévus en 2018.



Édicule de l'issue de secours
ouest en construction



Antoine MOS,
chargé d'études
au pôle Ventilation
et Environnement (VE)

Grand'Mare : une rénovation de fond en comble

Le CETU intervient en tant qu'assistant au maître d'ouvrage pour la rénovation du tunnel de la Grand'Mare, ouvrage essentiel du réseau de voies rapides de la métropole de Rouen. Cette opération d'envergure est découpée en plusieurs phases. L'année 2017 a été riche sur le terrain comme dans nos bureaux.

La phase de remise à niveau des équipements existants du tunnel a été finalisée. Elle a notamment permis de mettre les ouvrages d'évacuation aux normes d'accessibilité, d'installer un réseau de contrôle-commande basé sur les dernières technologies pour assurer sa pérennité, et d'améliorer la surveillance et la gestion du trafic dans l'ouvrage par la rénovation de la détection automatique d'incident et la pose de nouveaux dispositifs de signalisation dynamique.

Fin 2015, à la suite de l'examen d'un dossier de sécurité par la CNESOR (Commission Nationale d'Évaluation

Contact

antoine.mos@developpement-durable.gouv.fr

de la Sécurité des Ouvrages Routiers), il a été décidé de procéder rapidement à la pose de dispositifs de protection au feu à la tête sud de l'ouvrage, au-dessus de laquelle se trouve le centre de gestion du trafic de Rouen.

Le CETU a rédigé le cahier des charges de l'opération, qui a été réalisée fin 2017 par l'entreprise Freyssinet sous la direction de chantier du maître d'œuvre Segic. Le chantier a commencé par une réparation des principaux désordres de génie civil constatés dans la zone. En effet, les venues d'eau sont très nuisibles pour les matériaux de protection au feu. La structure a ensuite été protégée. Les travaux ont été réalisés entièrement de nuit pour une gêne minimale au trafic. Actuellement, les études pour la phase suivante de rénovation sont en cours, portant notamment sur les aménagements d'évacuation.



Tunnel de la Grand'Mare



Benjamin BLATTNER,
chargé d'études au pôle
Équipements Électriques
et de Gestion (EEG)

Le tunnel de Lièpvre fait peau neuve

Sur les 942 tunnels routiers en exploitation en France (au 31 décembre 2017), un grand nombre possède des équipements qui ont atteint la durée de vie estimée. L'éclairage représente une part importante des travaux de rénovation qui demande une compétence particulière liée au métier tunnel. Le CETU peut apporter son expertise auprès des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre dans ces opérations. Le tunnel de Lièpvre consti-

tue un exemple récent : le CETU a accompagné la DiR Est dans une rénovation alliant nouvelles performances, nouvelles technologies et économies d'énergies. L'objectif : garantir aux usagers une vision sans l'effet « trou noir » en entrée de tunnel et un éclairage de nuit pour marquer la singularité de l'ouvrage.

Le tunnel de Lièpvre

- localisation : RN59 (Haut-Rhin)
- type : tunnel bidirectionnel à 2 x 1 voie (interurbain)
- longueur : 117 mètres
- vitesse : 90 km/h
- mise en service : 1992

Organisation du chantier

- maître d'ouvrage : DiR Est
- maître d'œuvre : SESYR
- assistant maître d'œuvre : CETU
- titulaire : Eiffage Énergie
- durée des travaux : 1 mois sous alternat de circulation
- coût de l'opération : environ 270 k€

Contact
benjamin.blattner@developpement-durable.gouv.fr

Les travaux en chiffres

DÉPOSE DE L'ANCIENNE INSTALLATION

- 240 mètres de chemins de câbles inox et pendants
- 130 luminaires sodium basse pression et boîtes de dérivation

MISE EN ŒUVRE DE LA NOUVELLE INSTALLATION

- 120 mètres de chemins de câbles composites et pendants
- 67 luminaires LED et boîtes de dérivation
 - 52 luminaires 340 W pour le régime jour (4000°K)
 - 15 luminaires 59 W pour le régime nuit (3000°K)

Innovations

- technologie 100 % LED
- demi-file (non continue) depuis chaque entrée jusqu'au milieu de l'ouvrage
- gradation de jour au plus près du besoin : de 20 % à 100 %
- alerte de l'exploitant via SMS détaillés
- enregistrement analogique des données
- toutes les consignes sont réglables via l'interface homme machine pour adapter les niveaux durant la vie de l'installation

Nouvelle installation jour et nuit





Eric CHARLES,
chargé d'études au pôle
Équipements Électriques
et de Gestion (EEG)

Inauguration du tunnel du Chat

Mis en service en 1932, propriété du département de la Savoie depuis 2006, le tunnel bidirectionnel du Chat, d'une longueur de 1 700 mètres, relie le bassin chambérien à l'avant-pays savoyard. Après trois années d'importants travaux de remise aux normes, il est à nouveau ouvert à la circulation depuis novembre 2017 avec une nouvelle galerie de sécurité accessible aux cyclistes et aux piétons.

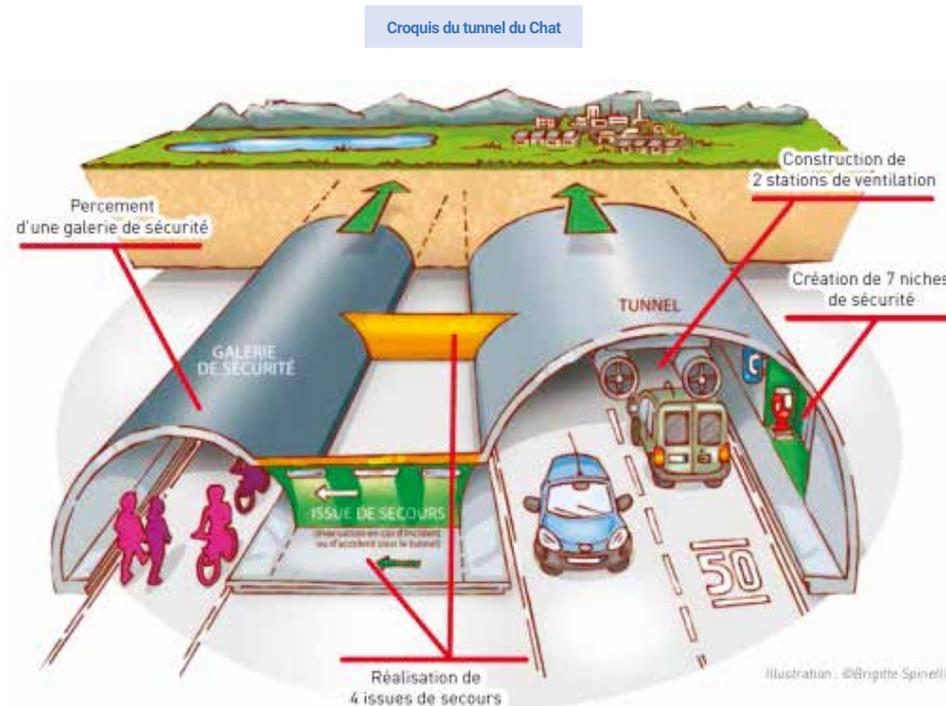
La rénovation du tunnel principal du Chat et la construction d'une galerie de sécurité parallèle font de ce chantier l'un des plus importants conduits par le Département ces dernières années avec un investissement de 46 M€ sur trois ans, et de 57 M€ pour les études, les travaux préparatoires et aménagements complémentaires.

Trottoirs élargis, nouvel éclairage innovant et économique à base de LED couplé avec revêtement de chaussée très clair pour améliorer la visibilité et économiser l'énergie, ventilation et équipements neufs, niches de sécurité tous les 100 mètres équipées d'extincteurs et de postes d'appel d'urgence, aménagement des rameaux d'évacuation des usagers tous les 300 mètres reliés à la galerie de sécurité : tel a été le programme des travaux au cours des six derniers mois.

À la clé sur cet itinéraire départemental très emprunté, un tunnel moderne et sécurisé qui permet l'évacuation des usagers en cas d'incident ou d'accident, facilite l'accès des secours et la traversée des piétons et des cyclistes en toute sécurité.

Le CETU a assuré une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour le compte du département de la Savoie. La mission de maîtrise d'œuvre a été réalisée par les bureaux d'études SYSTRA et HGM.

Contact
eric.charles@developpement-durable.gouv.fr



Intérieur du tunnel
du Chat



Serge ZAPPELLI,
chargé d'études au pôle
Procédés de Construction,
Marchés et Exécution (PCME)



Thierry MANUGUERRA,
chargé de mission
Valorisation des données

Le tunnel de Baza inauguré

Situé sur la RN 102 à Aubenas, le tunnel de Baza est un ouvrage routier bidirectionnel d'une longueur de 360 mètres, mis en service en juillet 1996 pour désengorger le centre-ville de la circulation des véhicules. Les travaux se sont déroulés sous fermeture totale de la circulation pendant six mois.

D'une part, des travaux de génie civil ont été réalisés, avec notamment le creusement d'une issue de secours et les reprises des trottoirs, du réseau d'incendie et de la collecte et du stockage des eaux. D'autre part, l'ensemble des équipements d'exploitation et de sécurité ont été renouvelés avec la mise en place d'une surveillance humaine permanente du tunnel.

L'éclairage est constitué pour sa totalité – éclairage de section courante et éclairage de renfort – et ceci pour la première fois pour un tunnel de l'État, à base de sources LED innovantes et économiques en énergie avec une gradation par paliers en fonction des conditions de luminosité extérieure.

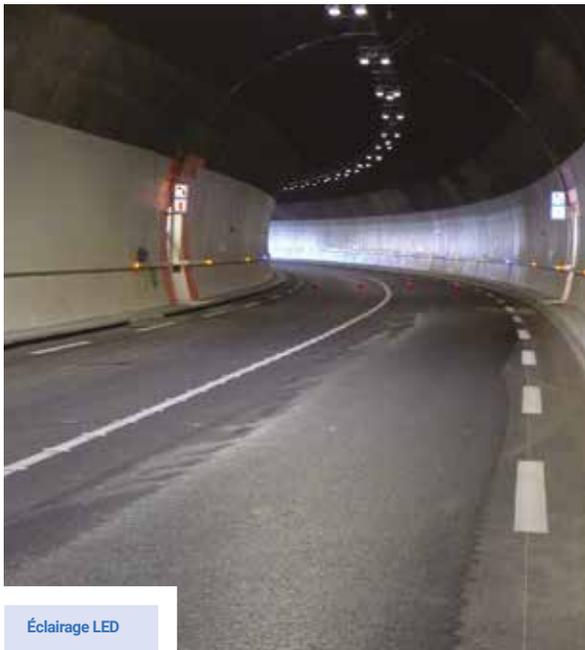
Pour ce chantier d'importance, les délais ont été bien tenus, grâce notamment aux moyens mis en œuvre et à la concertation entre la DiR et les différents acteurs locaux. Ainsi, les perturbations ont été mineures tant au niveau de la circulation routière que pour la gestion des transports scolaires.

La Direction interdépartementale des Routes Massif Central a assuré la maîtrise d'ouvrage de l'opération avec pour le CETU, une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage et pour le bureau d'étude EGIS Tunnel, une mission de maîtrise d'œuvre.

Contacts

serge.zappelli@developpement-durable.gouv.fr

thierry.manuguerra@developpement-durable.gouv.fr



Éclairage LED



Inauguration du tunnel de Baza



Séverine BESSON,
cheffe du pôle
Équipements électriques
et de Gestion (EEG)



Jean-François BURKHART,
chef du pôle
Ventilation et Environnement
(VE)



Tunnel de Saint-Béat

Tunnel de Saint-Béat : tests avec un véhicule en feu

Pour le tunnel de Saint Béat, situé sur la RN125 dans les Pyrénées, 2017 a été l'année des travaux d'équipements. Long de 1103 mètres, ce tunnel creusé ainsi que ses deux galeries d'évacuation ont été dotés de nombreux équipements : ventilation, caméras, éclairages, capteurs de pollution, barrières, signalisation dynamique, feux flash, radio, détecteurs de hors gabarit, postes d'appel d'urgence, réseau incendie... Ces équipements de sécurité ont été testés afin de vérifier leur parfait fonctionnement avant l'ouverture à la circulation.

Parmi ces tests, un essai de désenfumage avec fumées chaudes a été réalisé. Les fumées ont été produites par la combustion d'une épave de véhicule, afin de reproduire les conditions les plus proches possibles d'un événement réel. L'essai a permis de vérifier le bon fonctionnement de la détection de fumées par le système de Vidéo /

DAI (Détection Automatique d'Incident), le lancement correct du scénario de désenfumage à distance depuis le CIGT (Centre d'Ingénierie et de Gestion du Trafic) de Saint-Paul-de-Jarrat (DiR Sud-Ouest) et l'efficacité du système de désenfumage transversal dont est doté le tunnel.

Cet essai a aussi été l'occasion pour les sapeurs-pompiers du SDIS 31 de réaliser un exercice d'entraînement. Aux côtés de la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) Occitanie, maître d'ouvrage de l'opération, et de la DiR Sud-Ouest, maître d'œuvre, le CETU a participé à la définition préalable de l'essai et à son suivi sur place. En amont, le CETU a conduit un séminaire d'échanges avec une vingtaine de cadres du SDIS, afin de leur présenter le tunnel dans lequel ils pourront être amenés à intervenir dans le futur.

Contacts

severine.besson@developpement-durable.gouv.fr
jean-francois.burkhart@developpement-durable.gouv.fr



Antoine MOS,
chargé d'études
au pôle Ventilation
et Environnement (VE)

Le tunnel de Caluire, des fumées sans feu !

Les tunnels du boulevard périphérique Nord de Lyon ont fait l'objet de travaux importants visant à les mettre en conformité avec la réglementation en vigueur. Les systèmes de désenfumage sont particulièrement concernés par ces améliorations.

Afin de valider les performances du nouveau dispositif installé dans le tunnel de Caluire (3 300 mètres), le groupement d'entreprises a réalisé en août 2017 des essais dits de « fumées tièdes » dans l'ouvrage. Ce type d'essais est réalisé en brûlant un mélange de nitrate de potassium et de fécule de pomme de terre, dit « mélange Chardot ». Il permet d'observer les phénomènes de propagation des fumées qui peuvent se produire lors d'un incendie de véhicule, tout en conservant une puissance modérée et en émettant des fumées peu salissantes. Cela contribue à alléger les contraintes d'organisation telles que la protection des ouvrages ou le nettoyage après essai, d'où un gain de temps appréciable dans le cas

d'un tunnel en exploitation. À cette occasion, le CETU a assisté le Grand Lyon et la préfecture du Rhône pour la validation du bon fonctionnement des systèmes.



Essai d'enfumage dans le tunnel de Caluire : un foyer simulé à l'aide du mélange « Chardot »

Contact

antoine.mos@developpement-durable.gouv.fr



Sébastien BOUTEILLE,
chargé d'études au pôle
Matériaux, Structure et Vie
de l'Ouvrage (MSVO)



Démolition de la dalle isolant
la zone circulée de la gaine vicié
© Métropole de Lyon

Tunnel de Fourvière : accident hors gabarit le 28 septembre 2017



Stéphane Fraison, maître d'ouvrage, chef de projets - Unité Maîtrise d'Ouvrage
- Services des Voies rapides et Tunnels - Métropole de Lyon

« Nous avons sollicité le CETU pour nous accompagner dans la gestion de cet accident. L'enjeu majeur, pour la Métropole de Lyon, était de permettre une réouverture rapide du tunnel à la circulation générale, et ceci dans de bonnes conditions de sécurité. Nous avons apprécié la réactivité et les compétences du CETU qui a analysé les solutions techniques envisagées. Son intervention nous a permis de disposer immédiatement d'une expertise pluridisciplinaire (génie civil et ventilation notamment) de la phase provisoire jusqu'à la reconstruction de la gaine. »

À Lyon, jeudi 28 septembre 2017 à 8 heures du matin, dans le tunnel sous Fourvière, un convoi exceptionnel hors gabarit (porte-char transportant une pelle mécanique) percute 21 dalles préfabriquées situées en plafond et isolant la gaine d'air vicié du tunnel. Le tube impacté (Nord-Sud, sens de circulation Paris-Marseille) est immédiatement fermé. Une matinée sera nécessaire pour dégager le bras de la pelle mécanique resté bloqué sous la dalle. L'analyse technique de la détérioration des dalles préfabriquées conduit au maintien de la fermeture du tube pour sa mise en sécurité. La gestion du trafic, délicate dans la métropole lyonnaise en raison des nombreux travaux en cours (BPNL, rocade Est et A466), devient très complexe avec cette fermeture inattendue.

Sollicité par le Grand Lyon, le CETU apporte son soutien technique et réglementaire dès les premières réunions de gestion de crise occasionnées par cet incident. Un étaie provisoire sur la largeur de la dalle de la gaine permet la réouverture à la circulation du tube concerné le 5 octobre à 17 heures, alors que le trafic sur la métropole lyonnaise est particulièrement congestionné. Cette réouverture s'accompagne de la diminution de la largeur des voies à 2,90 mètres et de la réduction du gabarit à 3,5 mètres de hauteur, imposées par la présence de l'étaie provisoire, et

de l'abaissement de la vitesse à 50 km/h. Pour s'assurer du respect de ce nouveau gabarit en hauteur, l'exploitant met en place une présence humaine permanente en tête de tunnel, assistée par des CRS en renfort. Malgré les mesures d'information et de communication sur les conditions de réouverture, notamment sur les panneaux à message variable situés en amont sur le réseau, 154 véhicules hors gabarit sont interceptés durant les premières 24 heures. Les jours suivants, le nombre de véhicules hors gabarit ne diminue pas. La gestion de ces véhicules accentue la congestion du trafic, car l'espace de stockage est limité à l'entrée du tunnel. De plus, le seul itinéraire pour leur évacuation est une voie de service inadaptée à cette catégorie de véhicules. Il apparaît alors impossible de maintenir ces conditions d'exploitation et de congestion de trafic sur une durée estimée à deux mois pour l'étude et la réparation des dalles.

Le Grand Lyon décide alors de déposer les dalles endommagées pour pouvoir retirer l'étaie provisoire limitant le gabarit, avec réalisation des travaux de nuit pour limiter la gêne à l'exploitation. La dépose des dalles créant une ouverture dans la gaine d'air vicié, il est impératif de s'assurer au préalable s'il est possible d'isoler cette partie de la gaine tout en maintenant un fonctionnement suffisant de la ventilation

en cas d'incendie. Le désenfumage du tube est alors assuré par la seule usine de ventilation située côté Saône, l'extraction par l'usine de ventilation située côté Gorge de Loup à proximité de la zone ouverte étant consignée.

Après vérification de la capacité de désenfumage restante, validation par les services concernés du fonctionnement en mode dégradé et adaptation du plan d'intervention et de sécurité (PIS), le tunnel rouvre le samedi 14 octobre avec ses largeurs de voies et sa limitation de vitesse d'origine, mais avec un gabarit limité à 4,30 mètres pour maintenir une revanche suffisante pour la protection des équipements et du génie civil.

Pour assurer un soutien continu et efficace auprès du maître d'ouvrage, le CETU a mobilisé les compétences des différents pôles du service dans l'ensemble des domaines impactés : génie civil, équipements, sécurité et exploitation. Cet apport s'est effectué en direct lors des réunions de crise organisées par le Grand Lyon ou légèrement en différé lorsque des vérifications plus lourdes étaient nécessaires. Le CETU continue d'assister la Métropole pour la réparation définitive des éléments préfabriqués composant la dalle de la gaine d'air vicié en 2018.

Contact
sebastien.bouteille@developpement-durable.gouv.fr

D'autres interventions plus atypiques



Yohan PERU,
chargé d'études au pôle
Géologie, Géotechnique
et Dimensionnement
(GGD)



François PAILLETTE,
chef par intérim de la centrale
d'inspection génie civil du pôle
Matériaux, Structures et Vie
de l'Ouvrage (MSVO)

Une inspection classée secret-défense

L'année 2017 a vu le CETU diversifier son champ d'activités aux ouvrages souterrains militaires pour le compte du ministère de la Défense. L'établissement d'Infrastructure de la Défense (ESID) a confié au CETU une mission d'inspection et de diagnostic des galeries souterraines sur un de ses ouvrages.

Datant de la fin du 19^e siècle, l'ouvrage a fait l'objet de différentes phases de travaux ou d'adaptations liées aux événements historiques (occupation allemande par exemple) ou à des changements d'activités.

Les galeries souterraines de l'ouvrage sont affectées par des problèmes de stabilité, tant dans les parties revêtues ou maçonnées que dans les parties non revêtues (rocher apparent). Ces instabilités ont parfois fait l'objet de travaux de confortement, soit par la mise en œuvre d'un revêtement ou d'un parement béton, soit par la mise en place de protections grillagées.

Le contenu de la mission a consisté en :

- la mise à niveau de l'état de connaissance des galeries ;
- la compréhension de l'origine des désordres et des pathologies ;
- la préconisation des travaux de mise en sécurité, si besoin ;
- la définition des modalités de surveillance (instrumentation, auscultations...).

Une mission d'AMO (Assistance à Maîtrise d'Ouvrage) doit être faite fin 2018 pour les travaux de mise en sécurité des galeries.

Contacts

yohan.peru@developpement-durable.gouv.fr
francois.paillette@developpement-durable.gouv.fr



Exemple de confortements en place
(voûte bétonnée et grillage)



Exemple d'effondrement
d'une galerie



Johan KASPERSKI,
chargé d'études au pôle
Géologie, Géotechnique et
Dimensionnement (GGD)



Florent ROBERT,
chef du pôle Procédés
de Construction, Marchés
et Exécution (PCME)

Une galerie pour détecter les ondes gravitationnelles

À Rustrel, dans le Vaucluse, le projet MIGA consiste à réaliser une galerie souterraine à l'intérieur du laboratoire souterrain à bas bruit du Centre National de Recherche Scientifique (CNRS). La maîtrise d'ouvrage est assurée par l'antenne marseillaise du CNRS. Le CETU intervient en tant qu'assistant au maître d'ouvrage.

Le projet est composé de deux galeries souterraines perpendiculaires de même longueur, dont le creusement s'effectue à partir des installations souterraines du laboratoire, qui comprennent elles-mêmes un réseau de galeries qui constituait l'ancien poste de conduite de tir n°1 de la force de dissuasion nucléaire française. Cet équipement permettra d'installer des instruments pour mener des recherches sur les ondes gravitationnelles.

Nos services ont ainsi aidé le maître d'ouvrage à définir son programme, compte-tenu de l'enveloppe financière disponible, et a établi des prescriptions pour recruter un maître d'œuvre. A l'issue de l'appel d'offres, c'est le groupement Ingérop-Geos qui a été retenu pour mener à bien cette mission.

Parallèlement à ce recrutement, un programme de reconnaissance basé sur deux sondages carottés horizontaux a été défini afin de lever des incertitudes fortes sur le modèle géologique. Si la même entreprise (GEOSONIC-COFOR) a réalisé les deux sondages, le CETU a également assuré le levé géologique des carottes du second sondage.

Contacts

johan.kasperski@developpement-durable.gouv.fr
florent.robert@developpement-durable.gouv.fr

Enfin, il a largement contribué à l'établissement du modèle géologique, hydrogéologique et géotechnique. Son positionnement d'assistance à maître d'ouvrage lui a permis de s'assurer que les principes de management du risque tels qu'ils résultent de sa doctrine et de celle de l'AFTES (Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain) sont mis en œuvre sur ce projet.

L'opération va se poursuivre par le recrutement d'une entreprise de travaux afin de réaliser ce chantier exceptionnel, non pas par sa taille, mais par ses spécificités liées à la difficulté d'accès au front de taille.



Sondage carotté horizontal en galerie : les parements ont dû être sciés pour permettre la mise en place de la carotteuse



Que ce soit à l'international, au niveau national ou en local, nous proposons un enseignement suivi auprès de différents acteurs du monde des tunnels. Le Comité ITA-CET propose une formation des professionnels. Le CETU intervient notamment auprès de la SGP, des pompiers, des exploitants et des opérateurs de CIGT. Enfin, le mastère Tunnels est présenté.



FORMATION DONNÉE





Kristen DROUARD,
appui aux actions
internationales



Visite terrain dans le cadre d'une formation organisée
au Bhoutan en novembre 2017

Avec le Comité ITA-CET, former les professionnels de demain

Le Comité ITA-CET (Committee on Education and Training) de l'AITES (Association Internationale des Tunnels et de l'Espace Souterrain) est chargé de coordonner et de promouvoir les actions de l'Association en termes d'éducation et de formation dans le domaine des tunnels et de l'espace souterrain. Le CETU est fortement impliqué dans l'animation de ce Comité : depuis 2013 il assure la vice-présidence et l'animation de l'un des groupes de travail et depuis 2014, le secrétariat administratif.

L'année 2017 a été une année très active pour ce comité qui a participé à l'organisation de huit formations à la demande de divers pays membres de l'AITES (Malaisie, Chine, Norvège, Argentine, Chili, Emirats Arabes Unis, Bhoutan et Mexique). Ces formations, organisées en collaboration avec la Fondation ITACET, ont traité de thématiques très variées telles que « la gestion des risques », « la conception, la construction et l'exploitation de tunnels utilitaires » ou encore « les conditions de creusement en terrain meuble »,

Contact
kristen.drouard@developpement-durable.gouv.fr

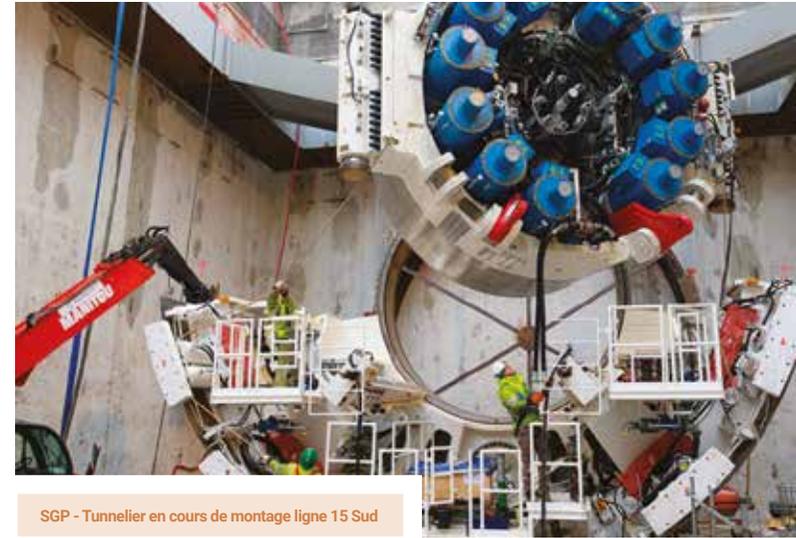
qui sont en corrélation avec les préoccupations actuelles des pays concernés. Nos services ont contribué à l'élaboration du programme et au choix des intervenants de ces formations, destinées principalement aux étudiants et aux jeunes professionnels. Quelques agents y ont également participé en tant qu'intervenants.

Outre les formations, le Comité anime un réseau universitaire fort de vingt-sept membres issus d'universités et d'établissements d'enseignement supérieur de tous pays. Dans ce cadre, il participe notamment à la mise en place de formations universitaires de haut niveau, telles que le Mastère Tunnels et Ouvrages Souterrains proposé par l'INSA et l'ENTPE à Lyon. Plusieurs de nos agents dispensent régulièrement des cours aux étudiants de ce Mastère (voir article page 64).



Odile VANNIÈRE,
chargée de mission
Appui Technique
et Grands Projets

Formation Société du Grand Paris : bilan de fin de cycle 2



SGP - Tunnelier en cours de montage ligne 15 Sud

En lien avec l'ENTPE et en partenariat technique avec le Cerema, le CETU conduit depuis 2015 un programme de formation pour la Société du Grand Paris. Abordant les fondamentaux du génie civil des ouvrages souterrains (tunnels et gares), de la conception à la phase travaux, cette formation s'adapte pour répondre aux évolutions du projet et aux attentes des équipes de maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris.

En 2017 avec le lancement des consultations et l'attribution des premiers marchés de travaux, l'approche de la contractualisation à travers le management des risques est un point jugé essentiel pour les stagiaires. Le bilan 2017 des onze journées de formations est très satisfaisant et répond aux objectifs de la SGP.

Contact
odile.vanniere@developpement-durable.gouv.fr



Christophe WILLMANN,
chargé d'études au pôle
Sécurité (SEC)

Formation des pompiers



Pompiers lors d'un cérémonial

L'approche systémique fonde la gestion de la sécurité moderne. Le tunnel est ainsi considéré comme un véritable système où usagers, services de secours et opérateurs interagissent avec l'ouvrage. L'information et la formation de tous ces acteurs sont donc des facteurs essentiels d'une sécurité réussie. C'est à ce titre que le pôle Sécurité intervient chaque année à l'école nationale supérieure des officiers de sapeur-pompiers dans le cadre des formations initiales ou continues. En 2017, le CETU a participé à dix sessions de formation.

Contact
christophe.willmann@developpement-durable.gouv.fr



Sébastien BÉNICHOU,
chargé d'études au pôle
Exploitation (EXP)



Visite du PC secours
des tunnels du Grand Lyon

Formation pour personnels exploitants

Selon la Directive Européenne 2004/54/CE et l'Instruction Technique de 2000, les personnels d'exploitation doivent recevoir une formation initiale et continue adaptée. C'est pourquoi le CETU pilote deux formations répondant à ces objectifs réglementaires. Elles complètent les formations mises en place par l'exploitant.

En 2017, les actions de formation de valorisation des acquis initiaux se sont poursuivies. Elles s'adressent à des opérateurs disposant d'une ancienneté supérieure à six mois. Les deux sessions organisées en 2017 ont accueilli 33 stagiaires, qui ont alterné les cours, les exercices et les visites terrain. Depuis son lancement en 2004, 642 stagiaires ont pu bénéficier de cette formation.

La nouvelle formation lancée en 2016 a été reconduite. Destinée aux opérateurs plus expérimentés, pour des mises en situation lors d'événements, elle a réuni 19 opérateurs en 2017, soit un total de 35 opérateurs depuis son

Contact
sebastien.benichou@developpement-durable.gouv.fr

lancement. À l'aide d'un simulateur, les opérateurs se sont entraînés à gérer des événements à occurrence très faible dans le respect de leurs procédures internes. Les opérateurs se sont remis en cause, pour essayer de mieux réagir face à un événement inopiné.

Ces deux formations sont pilotées en lien avec l'ENTPE, et animées en collaboration avec différents acteurs du monde des tunnels : exploitants, sapeurs-pompiers, consultants spécialisés... avec l'appui de psychologues. Les stagiaires ont profité des nombreux échanges entre eux et avec les intervenants.

En proposant un dispositif pédagogique adapté contribuant à l'harmonisation des pratiques, au développement d'un socle commun de connaissances et à l'amélioration continue du savoir-être et du savoir faire, ces deux formations répondent aux attentes exprimées dans ce domaine par les exploitants et maîtres d'ouvrages.



Sébastien BÉNICHOU,
chargé d'études au pôle
Exploitation (EXP)

Tunnel de Baza et Pas de L'Escalette : formation professionnalisation des opérateurs CIGT Issoire et Clermont-l'Hérault

Depuis 2011, la DiR (Direction interdépartementale des Routes) Massif-Central a pour objectif de permettre aux deux Centres d'Ingénierie et de Gestion du Trafic (CIGT d'Issoire et CIGT de Clermont-l'Hérault) d'assurer indifféremment la surveillance de son réseau routier, y compris les tunnels, pour en renforcer la sécurité.

En 2014, le CETU a participé à la réalisation d'une première action de « sensibilisation à la gestion des tunnels », dans le cadre de la mise en œuvre du projet d'« interopérabilité » de la DiR MC. Les opérateurs du CIGT d'Issoire avaient alors été formés à la prise en gestion des tunnels de Montjézieu et du Lioran à compter de 2015.

Cette intervention de « sensibilisation » des futurs « opérateurs tunnels » s'inscrivait dans un cursus de formation « prise de poste opérateurs tunnels » mis en place par la DiR MC pour le CIGT d'Issoire. Compte tenu des rotations des équipes d'opérateurs, deux sessions (basées sur le même programme de deux journées

Contact
sebastien.benichou@developpement-durable.gouv.fr



Exemple de CIGT

consécutives) avaient été réalisées au CIGT d'Issoire, une en 2014 et l'autre en 2015.

À la suite de cette action, le CETU a participé en 2017 à la réalisation d'une seconde action de « professionnalisation à la gestion des tunnels » des opérateurs du CIGT d'Issoire et du CIGT de Clermont-l'Hérault pour la prise en gestion du tunnel de Baza et la continuité de gestion des tunnels du Pas de l'Escalette et du Rocher de la Vierge.

Compte tenu du principe d'interopérabilité des deux CIGT pour la surveillance des tunnels mis en place lors de la première action, les opérateurs des deux CIGT ont été concernés par cette formation.

Par ailleurs, cette action a été menée avec la DiR MC et s'est inscrite dans son cursus de formation pour les « opérateurs tunnels » du CIGT d'Issoire et de Clermont-l'Hérault.



Mastère AFTES

DENIS BRANQUE, RESPONSABLE PÉDAGOGIQUE DU MASTÈRE SPÉCIALISÉ TOS

→ Pouvez-vous nous présenter en quelques mots le Mastère spécialisé « Tunnels et Ouvrages Souterrains » ?

Le Mastère spécialisé « Tunnels et Ouvrages Souterrains » (TOS) a été créé en 2011 à l'initiative de l'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES) afin d'anticiper les forts besoins en ingénieurs que connaît la profession des travaux souterrains confrontée à des projets de grande envergure comme le Grand Paris Express ou le Tunnel Euralpin Lyon-Turin. Il s'agit d'une formation professionnalisante d'une durée d'un an, délivrée en co-accréditation par l'ENTPE et l'INSA de Lyon, dont l'objectif principal est de donner à des ingénieurs généralistes en génie civil (niveau Bac+5) des compétences scientifiques et techniques solides dans les domaines de la construction et de la justification des ouvrages souterrains. Au-delà de ces aspects scientifiques et techniques, cette formation souhaite apporter aux étudiants une bonne connaissance de la démarche globale de conception des ouvrages souterrains, depuis les phases amont de définition du projet jusqu'aux phases de réalisation de l'ouvrage, tout en intégrant les contraintes liées à son exploitation et à sa maintenance.

→ Quel est le rôle du CETU dans cette formation ?

Le Centre d'Études des Tunnels (CETU), au même titre que l'AFTES, est depuis la création du Mastère TOS un partenaire privilégié et essentiel de la formation. Son directeur et ses agents (chefs de pôle, chargés de mission, chargés d'études) ont apporté, et continuent d'apporter, un soutien indispensable à notre formation. Dès le début, le CETU a été étroitement associé à la définition du programme des enseignements du Mastère. En tant que représentant de l'État et porteur de la doctrine des tunnels au niveau national, il est essentiel que la formation s'appuie sur l'expertise du CETU pour sensibiliser les futurs cadres que nous formons aux recommandations techniques qui définissent les règles de bonne pratique dans le domaine des travaux souterrains et que les aspects réglementaires relatifs à la contractualisation des projets, à l'impact environnemental des travaux, à la sécurité en phase d'exploitation soient enseignés dans notre formation par des experts représentants de l'état.

→ En pratique, comment se traduit la participation du CETU au Mastère TOS durant une année de formation ?

Le CETU assure la responsabilité pédagogique de deux modules d'enseignement (Approche générale du projet, et Equipements et sécurité en phase d'exploitation). A ce titre, le responsable du module est garant des enseignements de son module, il choisit les intervenants, définit et valide le contenu des cours, organise l'évaluation des étudiants en fin de module, participe aux différents jurys de la formation.

Par ailleurs, une quinzaine d'ingénieurs du CETU interviennent en tant qu'enseignants au sein du Mastère TOS dans leurs domaines d'expertise respectifs. En 2017, près d'un quart des 350 heures de cours du Mastère TOS a été assuré par ces experts.

Enfin le CETU est fortement impliqué dans le module projet de « Mise en situation professionnelle ». Là encore, le CETU apporte à nos étudiants son expertise tant sur les aspects techniques de conception et de justification des ouvrages que sur les aspects managériaux de gestion de projet. Dans ce module projet, le CETU joue aussi un rôle essentiel de facilitateur dans la mobilisation des partenaires professionnels (MOA, MOE, entreprises) ainsi que pour l'accès aux données contractuelles du chantier support.

→ Quels enseignements tirez-vous de ces sept années de partenariat avec le CETU dans le cadre du Mastère TOS ?

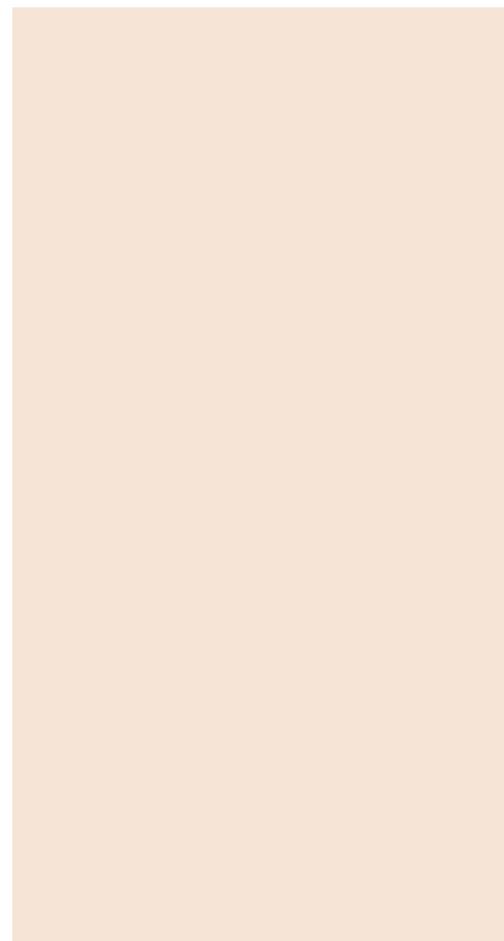
Le Mastère TOS ouvrira le 1er octobre 2018 sa huitième session. L'INSA de Lyon et l'ENTPE ont à ce jour diplômé dans cette formation plus de 80 étudiants qui ont pour la plupart intégré des entreprises françaises d'ingénierie ou de construction dans le domaine du souterrain. Cette belle réussite du Mastère est bien entendu portée par la forte activité que connaît aujourd'hui le monde des travaux souterrains. Elle est aussi due à la qualité du contenu de la formation et au fort niveau d'expertise de ces enseignants. Concernant ces deux derniers points, le CETU joue un rôle essentiel pour garantir l'excellence de notre formation. Il doit donc être considéré à juste titre comme l'un des acteurs clés de la réussite de ce Mastère.



Contact
gille.hamaide@developpement-durable.gouv.fr



Mastère TOS : visite du chantier de prolongement de la ligne 4 à Paris par la promo 2017-2018



LES PUBLICATIONS

DOCUMENTS ET NOTES D'INFORMATION

- Systèmes de protection passive contre l'incendie – Justification des performances pour les structures de tunnel routier, mars 2017, 26 p.
- Guide méthodologique sur les exercices de sécurité en tunnel routier, juin 2017, 40 p.
- Vérifications et maintenance des luminancemètres – Fiche d'action n° 1, août 2017, 2 p.
- Aide à la rédaction de CCTP - Bétons projetés par voie mouillée pour les soutènements de tunnels, septembre 2017, 43 p.
- La détection et le contrôle du dioxyde d'azote dans les tunnels routiers – Note d'information n° 26, novembre 2017, 11 p.

THÈSES

- **DE LA FUENTE (M.)**, Applicability of the convergence-confinement (CV-CF) method to tunnels excavated with single shielded TBM in rock media. Proposition of some simple empirical expression for the study of the ground-lining interaction, Rapport d'avancement de thèse ENPC
- **EL JIRARI (S.)**, Modélisation numérique du creusement des tunnels aux tunneliers à front pressurisés, Rapport d'avancement de thèse

RAPPORTS DE RECHERCHE

- **POTIER (M.)**, Enquête à grande échelle auprès des usagers des tunnels routiers - Comparaison des résultats 2004-2015, avril 2017, 38 p.
- **CHANUT (M.-A.), KASPERSKI (J.)**, Photogrammétrie appliquée aux tunnels. Recommandations pour les prises de vue, juin 2017, 8 p.
- **VIDAL (B.)**, Mesure de PM10 et d'oxydes d'azote dans le tunnel du Mont Blanc – Rapport de mesure, Campagne de mai-juin 2016, novembre 2017, 59 p.
- Prise en compte des effets des incendies en tunnel sur la capacité d'évacuation des personnes, rapport d'étude INERIS/CETU, décembre 2017, 132 p.

DOCUMENTS PRODUITS AVEC UNE FORTE PARTICIPATION DU CETU

- Avis technique délivré par la commission « Etanchéité des ouvrages souterrains »
- Nom du procédé : EUROFLEX V
- Caractéristiques des incendies de dimensionnement en tunnels routiers (2017R01FR), CT C3.3
« Exploitation des tunnels routiers » de l'AIPCR, mars 2017, 77 p.
- Exploitation des tunnels routiers : premiers pas vers une approche durable (2017R02FR), CT C3.3
« Exploitation des tunnels routiers » de l'AIPCR, octobre 2017, 74 p.

ARTICLES ET COMMUNICATIONS À DES CONFÉRENCES

- **AUDI (Y.), D'ALOIA (L.)**, ... , Contribution des espaces souterrains à la ville durable, Journées GC'2017, « Grand Paris et Espaces Souterrains », Cachan, 15-16 mars 2017, 8 p.
- **MARTIN (J.-C.), MANUGUERRA (T.)**, Pourquoi éclairer ?, Tunnels et Espace Souterrain, n° 260, avril-mai-juin 2017, pp. 31-38
- **KASPERSKI (J.)**, Quantification des déplacements 3D par la méthode PLaS - application au glissement du Chambon (Isère), Revue française de géotechnique, n° 150, 2^e trim. 2017, 14 p
- **LARIVE (C.), PAILLETTE (F.), CHAMOLEY (D.)**, Repair of the Rive-de-Gier tunnel with the Thin Shell Waterproofing solution TECTOPROOF, 43th ITA-AITES World Tunnel Congress, Bergen, NOR, 9-15 juin 2017, 6 p.
- **HUMBERT (E.), ROBERT (F.)**, Key elements for keeping the costs of tunnelling projects under control, 43th ITA-AITES World Tunnel Congress, Bergen, NOR, 9-15 juin 2017, 7 p.
- **D'ALOIA (L.)**, The new guidelines of the french working group GT41 « Underground works and sustainable development », 43th ITA-AITES World Tunnel Congress, Bergen, NOR, 9-15 juin 2017, 8 p.
- **MONGEOT (H.)**, Arrivée du véhicule autonome en tunnel : enjeux et perception, Atelier n°9 « Mobilités

- numériques », Journées Transport Déplacements du RST, 29 juin 2017, 11 p.
- **MARSAULT (M.-N.), MARTINETTO (O.)**, Les contrôles préalables à l'examen périodique de sécurité des tunnels routiers, Tunnels et Espace Souterrain, n° 261, juil.-août-sept. 2017, pp 87-96
 - **MAZZOLENI (G.)**, L'état de l'art pour les étanchéités par géomembranes PVC translucide, Tunnels et Espace Souterrain, n° 261, juil.-août-sept 2017, pp 99-102
 - **RALLU (A.)**, High frequency reduced models for repetitive beams, EURO DYN 2017, Rome, 10-13 sept. 2017 – Procedia Engineering, 199-2017, pp 1501-1506
 - **VIDAL (B.), BURKHART (J.-F.), ...**, Biofiltration of road tunnel discharge – An experimental study, ISAVFT 17, Lyon, 13 au 15 septembre 2017, pp. 119-132
 - **MOS (A.)**, ..., The effects of solid barriers on the behaviour of smoke in fire events within ventilated tunnels, ISAVFT 17, Lyon, 13 au 15 septembre 2017, pp. 213-227
 - **MOS (A.)**, ..., Critical velocity in inclined tunnels, ISAVFT 17, Lyon, 13 au 15 septembre 2017, pp. 339-350
 - **LARIVE (C.)**, ..., Innovative rehabilitation technology for corrugated metal pipe culverts using wet-mix sprayed UHPFRC, Int. Symposium UHPFRC, Montpellier, 2-4 octobre 2017, 7 p.
 - **MOREAU (B.), MINDEGUIA (J.-C.)**, Influence of spalling on fire resistance of common reinforced concrete structures – Case 1 : simple beam, 5th International workshop on Concrete Spalling due to Fire Exposure, Borås (SWE), 12-13 octobre 2017, pp 131-140
 - **ROBERT (F.), MOREAU (B.)**, Definition of a screening fire test based on the stress level in tunnel segment exposed to fire, 5th International workshop on Concrete Spalling due to Fire Exposure, Borås (SWE), 12-13 octobre 2017, pp 167-174
 - **BERTHOZ (N.), BRANQUE (D.), SUBRIN (D.)**, Improving the Understanding of Tunnel Excavation Under Pressure Using a Small-Scale EPBS Model, CIGOS 2017, Int. Conference New Challenge in Civil Engineering, HO CHI MINH City (VNM), 26 et 27 octobre 2017, 9 p.
 - **AURAND (V.), BANOS (C.)**, Bilan des premières inspections périodiques des équipements des tunnels routiers en France, Congrès international de l'AFTES « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 8 p.
 - **TESSON (M.), DROUARD (K.)**, L'expertise de l'AIPCR au service de la communauté des tunnels, Congrès international de l'AFTES « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 8 p.
 - **PAILLETTE (F.), CHAMOLEY (D.), LARIVE (C.), BOUTEILLE (S.)**, Étanchement de tunnels sous circulation, Congrès international de l'AFTES « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 9 p.
 - « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 9 p.
 - **CHAMOLEY (D.), LARIVE (C.)**, Campagne d'essais sur le fluage des bétons projetés fibrés, Congrès international de l'AFTES « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 9 p.
 - **ROBERT (F.), D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER (L.)**, Spécificités, scénarios de gestion et rôle des acteurs dans la gestion et l'emploi des matériaux excavés, Congrès international de l'AFTES « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 9 p.
 - **ROBERT (F.), HUMBERT (E.)**, Le Management des Risques : encore un effort !, Congrès international de l'AFTES « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 8 p.
 - **CABUT (C.), ROBERT (F.), HAMAIDE (G.)**, La mission de maîtrise d'oeuvre en travaux souterrains : spécificités pour le suivi des travaux de creusement, Congrès international de l'AFTES « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 9 p.
 - **HAMAIDE (G.), ROBERT (F.)**, Mise à jour du guide d'application du fascicule 69 du CCTG Travaux, Congrès international de l'AFTES « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 7 p.
 - **RALLU (A.), HANS (S.)**, Caractérisation dynamique sous bruit mécanique ambiant de structures

environnant un chantier souterrain : modes transversaux de la dalle de ventilation du tunnel du Siaix, Congrès international de l'AFTES « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 9 p.

- **DE LA FUENTE (M.), SUBRIN (D.), SULEM (J.),** Traitement et rétro-analyse des auscultations réalisées dans le tunnel routier du Fréjus et sa galerie de sécurité lors de leurs constructions respectives, Congrès international de l'AFTES « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 10 p.
- **KASPERSKI (J.), GAILLARD (C.),** Maitrise d'oeuvre du tunnel de Saint-Béat : retour d'expérience du suivi géologique en continu, Congrès international de l'AFTES « L'espace souterrain : notre richesse », Paris, 13 au 15 novembre 2017, 8 p.

DOCUMENTS INTERNES

→ Rapports de stage :

- **BALAT (A.),** Réalisation d'une station d'acquisition de luminance, DUT Génie Electrique et Informatique Industrielle, avril-juin 2017, 54 p.
- **THUET (L.),** Proposition de méthodologie pour la valorisation des matériaux excavés et leur caractérisation. Application au cas de la Ligne Nouvelle Provence Alpes Côte d'Azur, mémoire professionnel de fin d'études, Master de Géologie appliquée (UFC), septembre 2017, 54 p.

→ Notes techniques :

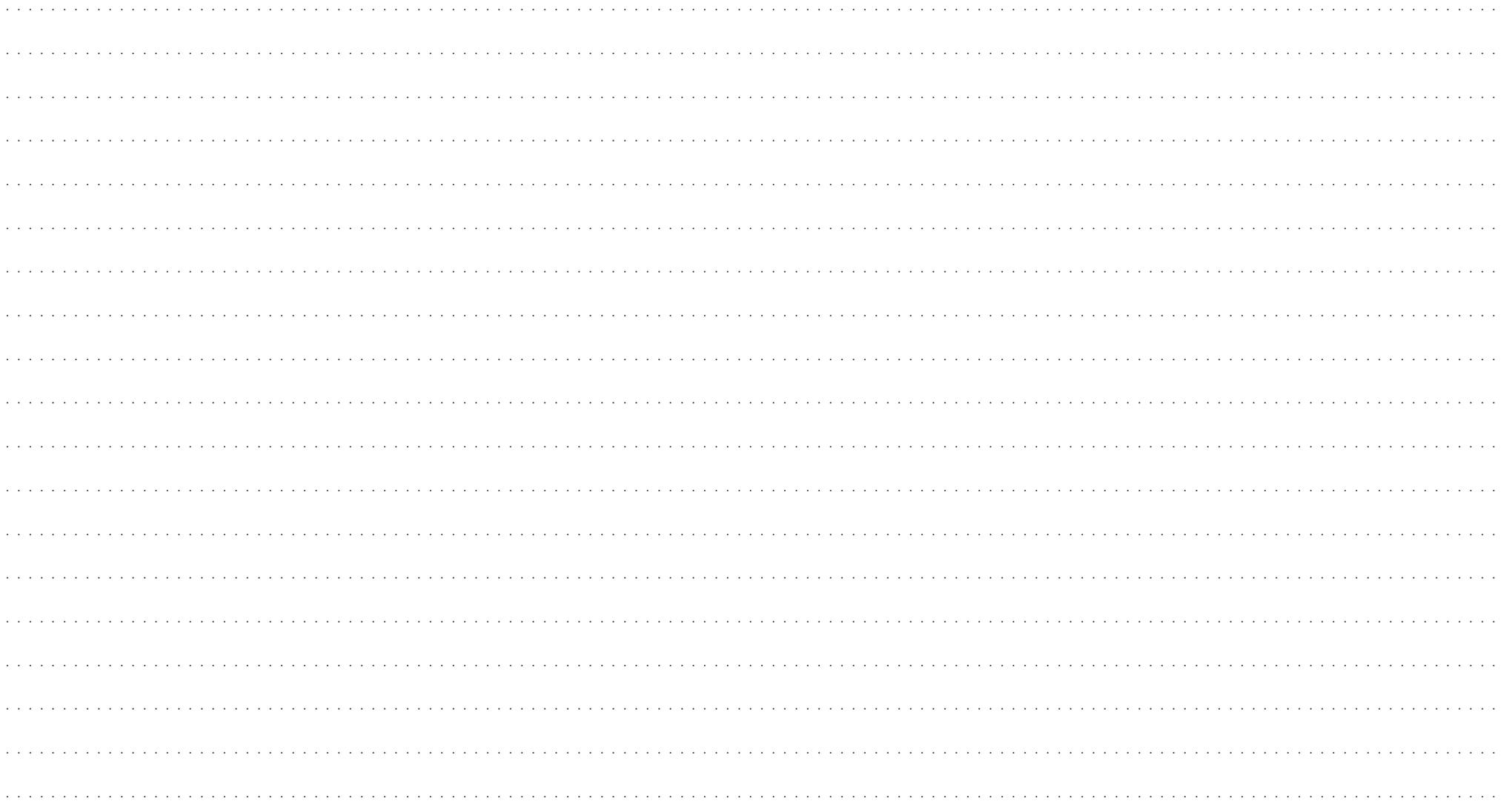
- **BESSON (S.),** Rapport d'optimisation des niveaux d'éclairage – Tunnel Maurice Lemaire, rapport d'étude, janvier 2017, 35 p.

- **BESSET (S.), PREYNAT (S.), POTIER (M.),** Sécurité dans les tunnels de transports guidés. Réglementation – Acteurs – Procédures – Données réseaux, juin 2017, 16 p.
- **BALAY (S.),**
 - Hauteurs et gabarit en tunnel, septembre 2017, 6 p.
 - Les cyclistes en tunnels, septembre 2017, 4 p.
 - Les piétons en tunnels, septembre 2017, 4 p.
- **ZAPPELLI (S.),** Le tunnel de Saint-Béat - Bilan des travaux , (5 rapports), octobre 2017
- **ZAPPELLI (S.),** Le rameau du tunnel de Ponserand. Bilan des travaux sur la pose du procédé d'étanchéité, octobre 2017, 18 p.
- **CHARLES (E.),** Note sur les véhicules hors gabarit CD67 (tunnel de Schirmeck), rapport d'étude, octobre 2017, 8 p.
- **BLATTNER (B.),** Tunnels de Bioge, de l'Eglise et des Tines – Rénovation de l'éclairage avec prise en compte des cyclistes, rapport d'étude, octobre 2017, 21 p.
- **BERTHOZ (N.),** Réflexions sur la justification des soutènements et des revêtements des tunnels par des approches continues, décembre 2017, 11 p.
- **MARSAULT (M.-N.),** Benchmarking de 6 SGS existants dans les transports et l'industrie (ARD 8.1 - Construire et faire vivre un SGS en tunnel routier), décembre 2017, 115 p.



LEXIQUE

- **ADSTD**
Association des directeurs techniques des métropoles, des départements et des régions (devenue ADTech)
- **AFTES**
Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain
- **AIPCR**
Association Mondiale de la Route
- **AITES**
Association Internationale des Tunnels et de l'Espace Souterrain
- **ANDRA**
Agence Nationale pour la gestion de Déchets Radioactifs
- **BEFIPS**
Belgique, Espagne, France, Italie, Portugal et Suisse
- **CECP**
Centre d'Études et de Construction de Prototypes
- **CEREMA**
Centre d'études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
- **CERIB**
Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie et du Béton
- **CFD**
Computational Fluid Dynamics
- **CFMR**
Comité Français de Mécanique des Roches
- **CIRR**
Comité d'Innovation Routes et Rues
- **CNESOR**
Commission Nationale d'Évaluation de la Sécurité des Ouvrages Routiers
- **DGITM**
Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer
- **DGSCGC**
Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises
- **DIT**
Direction des Infrastructures de Transport
- **DG-QRAM**
Dangerous Goods-Quantitative Risk Assessment Models
- **DSCR**
Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière
- **EOLE**
Nom du projet pour le prolongement du RER E
- **EPSF**
Établissement Public de Sécurité Ferroviaire
- **GEF**
Groupement d'Exploitation du Fréjus
- **GPMM**
Grand Port Maritime de Marseille
- **GTC**
Gestion Technique Centralisée
- **GTFE**
Groupe de Travail Francophone des Exploitants de tunnels routiers
- **IFSTTAR**
Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
- **INERIS**
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
- **INSA**
Institut National des Sciences Appliquées
- **IRF**
International Road Federation
- **ISAVFT**
International Symposium on Aerodynamics, Ventilation and Fire in Tunnels
- **ITA-CET**
Committee on Education and Training
- **ITA COSUF**
Committee on Operational Safety of Underground Facilities
- **ITPE**
Ingénieur des Travaux Publics de l'État
- **MARRN**
Mission d'Appui du Réseau Routier National



Centre d'Études des Tunnels

25 avenue François Mitterrand

69674 BRON - FRANCE

Tél. +33 (0)4 72 14 34 00

Fax. +33 (0)4 72 14 34 30

cetu@developpement-durable.gouv.fr



Centre d'Études des Tunnels

www.cetu.developpement-durable.gouv.fr