




MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Rapport d'activité 2022



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

Sommaire

Éditorial.....	4
Organigramme	5
Anticiper et s'adapter pour rester performants.....	6
Les missions du CETU.....	9
Définir les règles de l'art.....	10
Approfondir la connaissance.....	16
Animer les réseaux.....	22
Accompagner les projets.....	28
Accompagner la vie des ouvrages...	34
Publications.....	40
Lexique.....	43

Éditorial

Prêts à relever de nouveaux challenges.

À

l'heure où de nombreuses tensions économiques, écologiques, énergétiques, sociales... secouent la société française, il est rassurant de constater que le secteur d'activité lié aux ouvrages

souterrains est toujours aussi florissant. Projets ferroviaires et de transports guidés urbains (Grand Paris Express, Eole, TELT...), routiers (Oloron Sainte Marie, Quié, Tende, Marange-Silvange...), rénovations d'ouvrages (Le Rove, Liautaud, Bois des Chênes, Foix, Cilaos...), autant d'opérations qui se sont poursuivies et ont mobilisé la profession en 2022. Le CETU y a bien sûr contribué aux côtés de ses partenaires

« Les hommes et les femmes qui composent le CETU en sont la richesse. Les visages changent parfois, mais l'expertise du collectif demeure. »

de la communauté technique, en continuant à jouer son rôle de centre de ressources et d'expertise public et indépendant en appui des grands maîtres d'ouvrage.

Définir les règles de l'art, approfondir la connaissance, animer les réseaux,

accompagner les projets et la vie des ouvrages... les pages qui suivent vous donneront un aperçu de ce qui compose l'ADN du CETU. On peut par exemple souligner entre autres la mise en œuvre de la démarche nationale de la doctrine routière sous l'égide de la DGITM, la publication de plusieurs textes et guides importants pour la communauté des infrastructures souterraines, les avancées dans le domaine de la transformation numérique au service de la conception, la construction et l'exploitation des ouvrages, l'ouverture à l'ensemble de la profession de l'atlas des tunnels routiers, les nombreuses actions d'appui technique auprès des exploitants, l'activité de la CNESOR...



Éric Premat, directeur par intérim

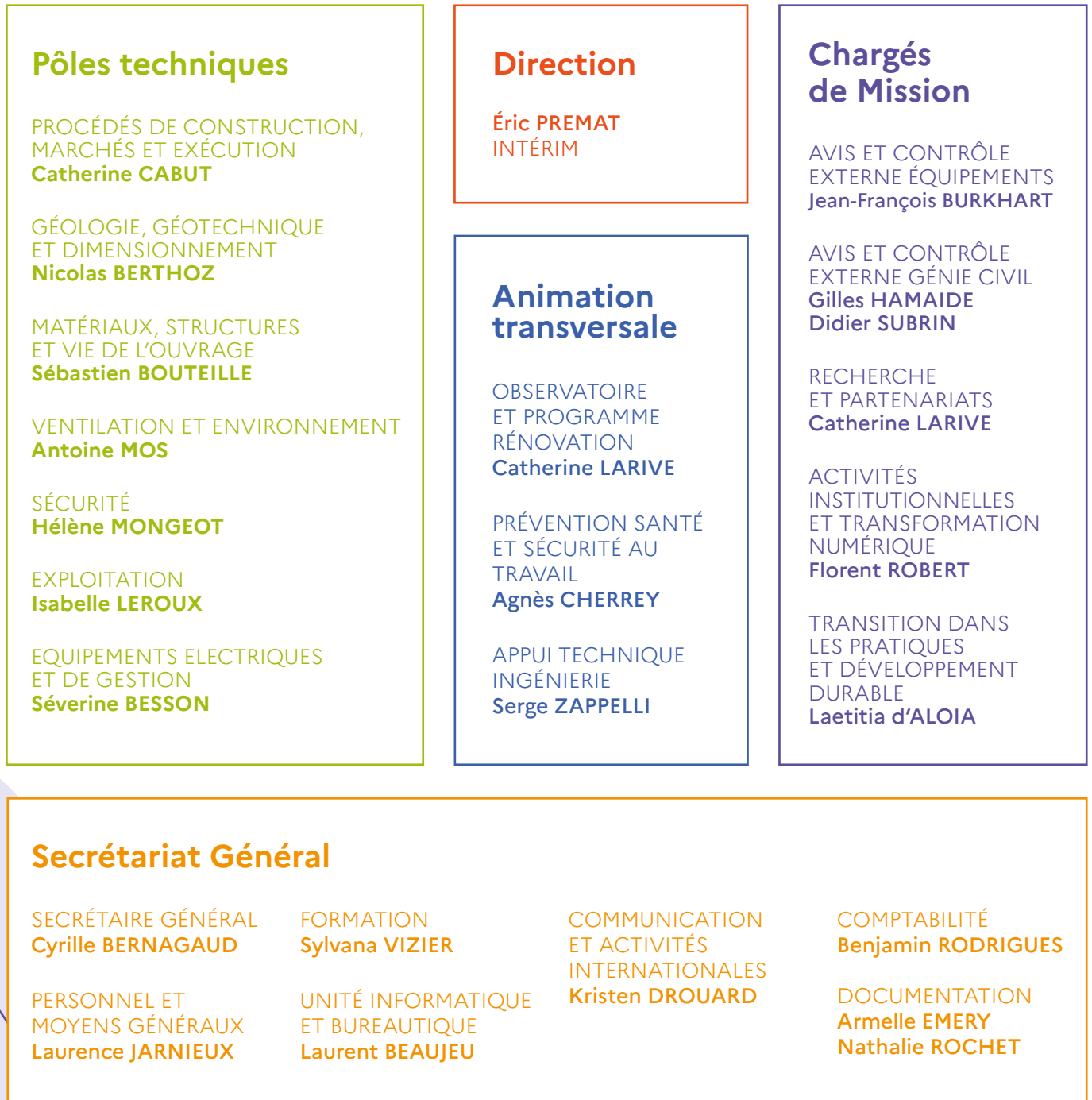
Mais je voudrais souligner ici l'importance des réseaux professionnels avec lesquels le CETU a tissé depuis plus de cinquante ans des relations de confiance qui ont permis des avancées considérables dans le domaine des ouvrages souterrains : au plan national, l'AFTES, qui a fêté ses 50 ans à Chambéry, en est un symbole. Au niveau international, l'AITES et PIARC illustrent aussi cette riche coopération dans laquelle le CETU est très impliqué.

Un tel positionnement ne s'acquiert pas sans un investissement dans le temps, dans la construction d'une expertise durable et au cœur des réseaux professionnels. Les hommes et les femmes qui composent le CETU en sont la richesse. Les visages changent parfois, mais l'expertise du collectif demeure. Je voudrais remercier en particulier Michel Deffayet qui a œuvré à la tête du CETU pendant 18 ans au développement de cette excellence technique. Nos bases sont saines et solides et nous permettent d'ores et déjà de relever aux côtés de nos partenaires les nouveaux challenges qui s'offrent au monde des ouvrages souterrains : transition écologique, sobriété énergétique, nouvelles mobilités...

L'ensemble des équipes du CETU est heureux de vous présenter dans les pages qui suivent une sélection de ses principales activités en espérant vous faire partager notre enthousiasme pour ce domaine passionnant que sont les infrastructures souterraines.

Organigramme

Au 1^{er} mars 2023



Anticiper et s'adapter pour rester performants

Identifier les enjeux émergents pour relever les nouveaux défis, être en phase avec les attentes de la société et construire des réponses appropriées, tels sont les principes qui guident notre activité.

SE POSITIONNER SUR LES ENJEUX DE DEMAIN

Les enjeux de demain sont déjà ceux d'aujourd'hui. L'actualité n'a de cesse de nous confronter à la nécessaire réactivité dont il faut faire preuve : urgence écologique, climatique, sobriété énergétique...

Le CETU doit contribuer à soutenir les démarches œuvrant concrètement à une transition dans les pratiques vers des méthodes de construction, de maintenance et d'exploitation plus économes de la ressource et plus respectueuses de l'environnement. En parallèle, le développement de véhicules connectés et d'énergies nouvelles, ainsi que l'essor des nouvelles mobilités, modifie l'ampleur et la nature des dispositions à prendre dans les ouvrages. L'important est plus que jamais de garantir l'efficacité et la sécurité des réseaux de transport, tous modes confondus, avec le souci de les adapter aux évolutions vers une mobilité plus durable.

Déployer les démarches de modernisation du ministère



Parce que chacun d'entre nous a besoin de se sentir fier de son activité, le CETU s'inscrit pleinement dans les démarches de son pôle ministériel pour porter les actions qui permettent de combiner qualité des conditions de travail et qualité d'un service public sobre et écoresponsable : sensibilisation des cadres aux risques psychosociaux, aux discriminations de tout ordre, structuration de l'activité du service au sein d'une démarche de management par la qualité, encouragement à la sobriété énergétique et à l'écoresponsabilité, et enfin démarche de « Qualité de Vie et Conditions de Travail » (QVCT) s'appuyant sur la participation des agents sont autant d'actions engagées récemment pour donner encore plus de sens à notre activité.

« Combiner qualité des conditions de travail et qualité d'un service public sobre et écoresponsable. »

Développer l'expertise technique et l'excellence scientifique

Le CETU est un service résolument tourné vers l'expertise avec 79 agents fin 2022 dont 14 titulaires d'un doctorat dans un domaine scientifique en lien avec les tunnels et 22 qualifiés par le ministère en tant qu'expert dans leur domaine (9 agents dans le domaine des ouvrages d'art, 7 dans le domaine des transports, 4 dans le domaine de la géotechnique et 2 dans le domaine des risques anthropiques). Parmi ces experts, 7 ont une qualification pointue d'experts internationaux, tous les domaines cités précédemment étant couverts par cette expertise internationale. Cette expertise nourrit le service, enrichit le partage et les échanges sur les enjeux d'aujourd'hui et de demain pour apporter les meilleures réponses possibles aux interlocuteurs du CETU.



Quelques chiffres clés

80

agents

+50 ans
d'expertise

40

ouvrages accompagnés
en moyenne par an

+75 

guides et documents
techniques publiés

22

experts reconnus
par le ministère

14

docteurs



Nos missions

Définir les règles de l'art

Élaborer le cadre réglementaire, normatif et technique applicable aux ouvrages souterrains, contribuer à l'évolution de la doctrine et veiller à sa diffusion et à sa bonne appropriation.



Approfondir la connaissance

Faire progresser le savoir, les techniques et les méthodes, tout en répondant aux préoccupations concrètes de la communauté des tunnels.



Animer les réseaux

Représenter l'État au sein de la communauté des tunnels, aider à fédérer les acteurs au niveau national et international, animer les échanges et former les professionnels.



Accompagner les projets

Apporter un appui aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, exploitants et entreprises dans les projets de construction et de rénovation des tunnels.



Accompagner la vie des ouvrages

Participer à la bonne gestion du patrimoine des ouvrages souterrains et à leur exploitation en sécurité.



Définir les règles de l'art



Fort de son rôle institutionnel, mais aussi de son expérience d'accompagnement de projets, le CETU élabore le cadre réglementaire, normatif et technique applicable aux ouvrages souterrains.

À l'écoute des attentes des parties prenantes, il contribue à l'évolution de la doctrine et veille à sa diffusion et à sa bonne appropriation.

GÉNIE CIVIL : LA DOCTRINE TECHNIQUE S'ENRICHIT !



En 2022, trois nouveaux documents sont venus enrichir la doctrine existante sur la construction et la réparation du génie civil des ouvrages souterrains. Ces documents ont été élaborés soit par le CETU, soit en forte collaboration avec ce dernier.

Soucieux de capitaliser ses connaissances dans ce domaine, le CETU a produit un document d'information présentant les retours d'expérience en matière de réparation en génie civil pour les tunnels creusés. Ce document présente des fiches de chantier et des éléments d'aide au choix des méthodes les plus adaptées en fonction des exigences des maîtres d'ouvrages. Très impliqué dans le travail associatif, le CETU anime un groupe mixte AFTES-ASQUAPRO sur les bétons projetés. Après 6 ans de travaux, une recommandation a vu le jour sur les bétons projetés par voie mouillée pour une application définitive. C'est une aide à la prescription très opérationnelle, doublée de fiches pédagogiques détaillées.

Enfin, en matière de normalisation, le CETU a animé la révision d'une norme sur la protection, la réparation et le renforcement par béton projeté des ouvrages en béton, qui datait de plus de 20 ans. Ce gros travail a été finalisé en 2022 avec une parution officielle de la norme début 2023.

Pannes, accidents et incendies : des statistiques nationales renforcées et affinées

Les statistiques nationales de pannes, accidents et incendies en tunnel routier, permettent aux maîtres d'ouvrage et exploitants de mieux appréhender les enjeux de leurs ouvrages et de nourrir leurs analyses. Elles constituent un entrant indispensable aux analyses de risques des dossiers de sécurité et alimentent la recherche sur la sécurité des tunnels. Ces statistiques prennent la forme de taux de survenance des événements par véhicule et par kilomètre parcouru. Le CETU a souhaité actualiser ces taux, datant de 1998. En collaboration avec le bureau d'études BG et l'université polytechnique de Lausanne, la représentativité des taux a été améliorée grâce à une base de données plus riche. Issue de la collecte des informations in situ, cette base comprend une période de temps et des ouvrages plus représentatifs qu'auparavant. Les paramètres influençant ces taux ont ensuite été recherchés et fiabilisés. Des méthodes



approfondies ont permis de faire émerger les paramètres ayant une influence indépendamment des autres, puis, lorsque c'était possible, de quantifier cette influence. Les résultats sont disponibles dans le document d'information téléchargeable sur le site web du CETU.

Le GTFE publie les actes de deux ateliers thématiques organisés en 2021

Les actes des ateliers du GTFE intitulés « La fermeture des tunnels routiers » et « De la démarche de sécurité... vers la construction d'un système de gestion de la sécurité (SGS) » ont été publiés en 2022. Ces deux documents font suite aux rencontres du GTFE organisées en 2021 et synthétisant les présentations et les échanges riches et fructueux des intervenants et des participants membres du GTFE.





Établir une doctrine sur les risques liés aux nouvelles énergies de propulsion en tunnel

Les nouvelles énergies de propulsion peuvent générer des phénomènes dangereux, particulièrement en milieu souterrain. Le CETU est impliqué depuis plusieurs années dans l'étude des risques associés à ces technologies et contribue activement à l'élaboration de la doctrine dans ce domaine.

Le transport routier représente près de 30 % des émissions de gaz à effet de serre en France. Les objectifs de réduction de ces émissions ne peuvent donc être atteints sans une forte contribution de ce secteur, à travers des évolutions structurelles comme la relocalisation de l'économie, des reports modaux, mais également une

« La gestion des risques en tunnel doit prendre en compte cette nouvelle donne technologique, depuis les analyses des risques et dossiers de sécurité jusqu'aux procédures opérationnelles. »

transformation des parcs de véhicules. L'industrie automobile prévoit une forte électrification des véhicules, avec à terme des véhicules légers et des petits poids lourds essentiellement équipés de batteries, et aussi des véhicules de transport longue distance fonctionnant à l'hydrogène. La propulsion au gaz naturel est une solution de transition permettant de réduire les émissions de CO₂ et

la pollution locale ; elle devrait permettre de privilégier des énergies entièrement décarbonées (hors fabrication). Le risque incendie existe sur ces nouveaux véhicules, comme sur les véhicules actuels. Il est encore trop tôt pour savoir si la probabilité d'un incendie sera sensiblement différente, notamment sur un parc vieillissant. En revanche, il est clair que les phénomènes dangereux peuvent être d'une nature nouvelle. Les feux de véhicule électrique, impliquant une batterie lithium-ion, ne sont pas plus puissants ou dangereux pour les usagers que les feux de véhicule



la pollution locale ; elle devrait permettre de privilégier des énergies entièrement décarbonées (hors fabrication).

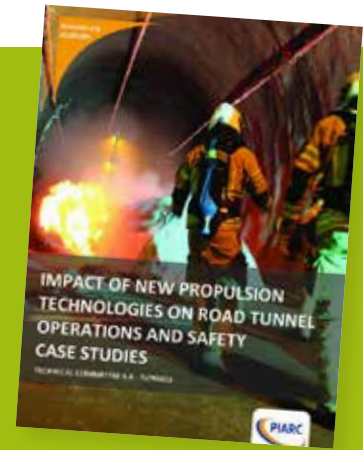
Le risque incendie existe sur ces nouveaux véhicules, comme sur les véhicules actuels. Il est encore trop tôt pour savoir si la probabilité d'un incendie sera sensiblement différente, notamment sur un parc vieillissant. En revanche, il est clair que les phénomènes dangereux peuvent être d'une nature nouvelle.

Les feux de véhicule électrique, impliquant une batterie lithium-ion, ne sont pas plus puissants ou dangereux pour les usagers que les feux de véhicule

Travaux PIARC dans le domaine

À l'international, au sein de l'association mondiale de la route (PIARC), le CETU participe au groupe de travail consacré aux nouveaux modes de propulsion en tunnel routier. En 2022, ce groupe a publié un rapport préliminaire

présentant les premiers résultats de plusieurs projets de recherche dans ce domaine, ainsi que des exemples d'incidents rencontrés. Un rapport plus détaillé avec des recommandations est prévu en 2023.



classique ; ce type de feu peut cependant être plus difficile à éteindre pour les sapeurs-pompier, avec des besoins en eau et des temps d'interruption de trafic accrus. Les gaz comprimés ou liquéfiés peuvent quant à eux être à l'origine de phénomènes d'explosion en cas d'incendie couplé à une défaillance de systèmes de sécurité, ou d'accident couplé à un endommagement de ces systèmes. Explosion de nuage ou éclatement de réservoir sont les événements redoutés, pouvant avoir des conséquences graves en milieu souterrain ; leur probabilité estimée reste cependant bien inférieure à celle des incendies recensés aujourd'hui. La gestion des risques en tunnel doit prendre en compte cette nouvelle donne technologique à différents niveaux, depuis les analyses des risques et dossiers de sécurité jusqu'aux procédures opérationnelles. Il s'agit de préserver un bon niveau de sécurité, sans freiner le développement des nouveaux modes de propulsion, élément essentiel à la transition écologique. Cette adaptation est urgente, car le développement des nouvelles énergies de propulsion est très rapide. Il subsiste cependant de nombreuses incertitudes sur la caractérisation des phénomènes et de leurs conséquences.

Le CETU, par son positionnement à l'interface entre la recherche et l'opérationnel, joue donc un rôle naturel d'animateur sur l'établissement d'une doctrine partagée. Dès 2019, un groupe de travail national a ainsi été lancé, associant des scientifiques, des exploitants, des autorités organisatrices de la mobilité et des services de secours. Ce groupe

publiera début 2023 un état des lieux de la problématique, qui décrira les risques ainsi que les contraintes des différents acteurs. D'autres groupes ont été mis en place sur les études spécifiques des dangers et les procédures d'exploitation.

Près de

30%

des émissions de gaz à effet de serre en France sont issues du transport routier



Peter Sturm,
Université de Graz, Autriche.

PIARC Comité Technique
4.4 – animateur WG4

« **Le WG4 du Comité Technique 4.4 de PIARC travaille sur l'impact des nouveaux modes de propulsion sur la sécurité des tunnels routiers. Le CETU est l'un des principaux contributeurs aux documents établis dans le cadre de ce groupe de travail. Comme ce sujet a fait l'objet de recherches récentes menées par le CETU et l'INERIS, leur contribution est d'une grande importance pour PIARC et est très appréciée.** »

Les tunnels ferroviaires sont également concernés par ces enjeux : quatre régions prévoient de mettre en circulation des trains à hydrogène dès 2025, dont certains circuleront en tunnel. Le CETU a également copiloté un groupe de travail chargé de superviser une analyse préliminaire des risques spécifiques à cette situation.

UNE FORTE CONTRIBUTION À LA DOCTRINE TECHNIQUE DE PIARC

Historiquement le CETU a toujours été très impliqué dans le Comité Tunnels de PIARC, à la fois dans l'équipe d'animation et par des contributions actives au sein des groupes de travail.

Le cycle actuel (2020-2023) n'échappe pas à ce constat. En effet, représenté dans chacun des quatre groupes de travail du Comité Tunnels, le CETU a largement alimenté deux documents publiés en 2022 : un rapport technique sur l'entretien et l'exploitation des tunnels urbains à fort trafic et un rapport avec études de cas sur



l'amélioration de la résilience des tunnels routiers.

Le CETU est, en outre, intervenu sur la mise à jour du « manuel tunnels ». Ce document (disponible en anglais, français et espagnol) facilite l'accès aux différents rapports techniques ; il doit donc être régulièrement complété pour permettre d'accéder

aux nouveaux produits élaborés par les groupes de travail.

Le CETU a aussi contribué à un produit plus spécifique porté par PIARC : le montage d'un appel à projets sur la problématique des hors-gabarits pour les ponts et pour les tunnels.

Porter la doctrine nationale sur les tunnels routiers

Dans le cadre de la mise en place d'une coordination nationale de la production de la doctrine technique routière, le CETU a été mandaté par la DGITM pour porter la thématique « tunnels ». Il s'agit d'améliorer la bonne prise en compte des besoins de la profession souterraine en matière de doctrine, depuis l'identification des attentes jusqu'à l'élaboration, la validation et la diffusion des productions, en s'appuyant notamment sur ses instances d'animation de la communauté professionnelle. La première réunion du comité de pilotage en juin a permis de lancer officiellement la démarche.

MAIS AUSSI...

L'intégration du CETU à la Commission AFNOR X65A.

Elle coordonne les travaux intéressant plusieurs commissions de normalisation sur la thématique de la Sécurité Incendie. À ce titre, elle suit l'activité de l'ISO/TC 92 « Fire Safety » et en particulier celle du sous-groupe transverse ISO/TC 92/WG 15 « Fire Safety for Tunnels ».

La publication (en français et en anglais) d'un document d'information sur la stabilité du front de taille

Ce document a pour objectif de proposer une synthèse générale des mécanismes de rupture, des approches de modélisation disponibles et de leurs domaines d'application, ainsi que des outils de calcul les plus adaptés à chaque projet. Il peut être téléchargé gratuitement sur le site Internet du CETU.



La participation à la révision du guide éclairage dans le cadre des travaux de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) Comité Technique 4-53.

La participation au Workshop TAIEX, organisé par la Commission Européenne à Sarajevo. L'objectif de cet événement était d'informer les pays des Balkans de la réglementation européenne concernant la sécurité des tunnels routiers. Le CETU a présenté la mise en œuvre par la France de la transposition de ces exigences réglementaires.



Une nouvelle recommandation AFTES sur les reconnaissances

Productions collectives de toute la profession, les recommandations de l'AFTES répondent à un besoin toujours présent et renouvelé depuis 50 ans : celui de formaliser ensemble les règles de l'art et de fixer les jalons d'une bonne pratique. Il est tout naturel que le CETU soit très actif dans ces travaux en animant plusieurs des groupes de travail et en contribuant à bien d'autres.

Parmi les groupes animés par le CETU figure le GT 24, qui en 2022 a publié une recommandation sur les spécificités des reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques nécessaires à la conception des ouvrages souterrains. Ce document comporte 5 chapitres : acteurs et organisation, stratégie, étapes et planification, méthodes pratiquées et aspects contractuels, formant ainsi un document de synthèse complet et très didactique.

Des recommandations AFTES sur d'autres thématiques sont en préparation et viendront s'ajouter à un référentiel déjà significatif.

Approfondir la connaissance



Constituant une part importante des activités du CETU, la recherche et la production de connaissance reposent sur une confrontation permanente entre R & D et retours d'expérience.

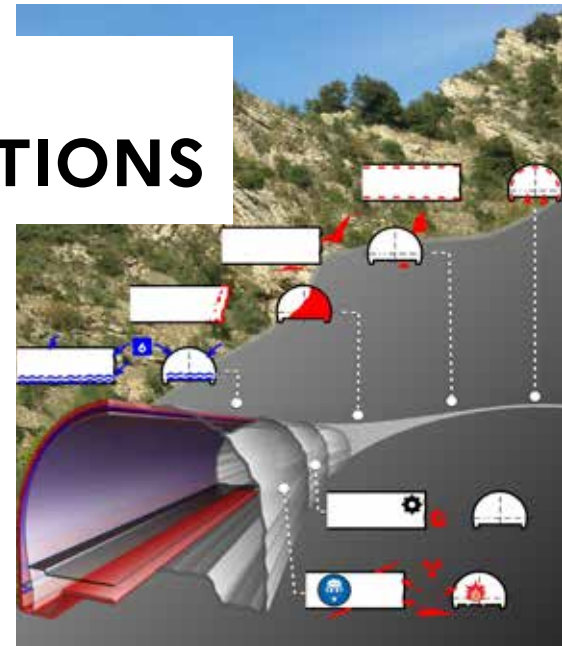
L'objectif : faire progresser les techniques et les méthodes, contribuer à l'innovation et répondre aux préoccupations concrètes de la profession.

LA MAÎTRISE DES RISQUES AU CŒUR DES PRÉOCCUPATIONS

E ntre management de projet et doctrine technique, ingénierie opérationnelle et développement scientifique, le CETU se positionne auprès du Ministère des Transports et des maîtres d'ouvrages publics notamment en accompagnement des projets de construction dont la maîtrise des risques se décline à tous les stades d'avancement : faisabilité, conception, réalisation. L'année 2022 voit l'aboutissement de plusieurs guides et documents d'information spécifiques aux ouvrages souterrains (levés géologiques et hydrogéologiques de terrain,

conduite des études de tunnel, management des risques) qui ont été ou seront prochainement diffusés.

Des publications scientifiques et techniques ont permis par ailleurs de proposer des améliorations pour la pratique du dimensionnement géotechnique et structural (impact du creusement sur les fondations profondes, comportement à grande profondeur) et pour le cadrage contractuel des risques (éclairage des pratiques internationales, enjeux logistiques des grands ouvrages). Ces travaux de recherche



et doctrine seront prochainement soumis à une commission d'évaluation présidée par un membre du conseil scientifique du CETU et représentative de l'ensemble de la profession.

Le CETU, acteur de la transformation numérique

Depuis plusieurs années, le CETU s'est engagé dans la transformation numérique et notamment dans la mise en œuvre du BIM (Building Information Modelling). Un travail important a été réalisé dans le cadre du projet national de recherche MINnD (Modélisation des informations interopérables pour les infrastructures durables) coordonné par l'IREX, afin de travailler sur les taxonomies et le dictionnaire des données relatives aux ouvrages souterrains, et d'aboutir à la production de formats neutres relatifs à ces ouvrages. Ce travail est aujourd'hui porté au niveau international pour se traduire in fine dans les Industry Foundation Classes relatives aux tunnels en cours de finalisation au sein de buildingSMART International. Elles seront déployées dans les IFC4.4. En parallèle, le CETU est très impliqué dans le pilotage et la production du GT 45 de l'AFTES sur les nouvelles technologies numériques. La recommandation sortira dans le courant de l'année 2023.

Au sein du CETU, une expérimentation BIM a été lancée sur les tunnels d'Oloron et de Butte d'Osse afin de tester les limites du BIM et d'en tirer les enseignements en termes de conception et de gestion du patrimoine.

De nouvelles bases de données sur les tunnels routiers français !

Fruit d'une collaboration avec les exploitants, l'Observatoire des Tunnels du CETU a développé un atlas et un site web cartographique des tunnels routiers. Ces deux outils permettent d'obtenir des informations détaillées sur chaque tunnel routier français, constituant ainsi des bases de données utiles à l'ensemble de la profession. Pour y accéder, rendez-vous sur le site Internet du CETU, rubrique Observatoire des Tunnels !





Évolutions, innovations, sobriété : l'éclairage au cœur des travaux de recherche

Préservation des ressources, crise énergétique... le contexte actuel met l'éclairage des tunnels sous les projecteurs ! Des travaux de recherche ont été engagés pour trouver des solutions plus économes en énergie et pour maîtriser leur impact environnemental tout en répondant aux objectifs de sécurité.

L'éclairage des tunnels routiers répond avant tout à des enjeux de sécurité : pour prévenir les accidents et suraccidents, un éclairage est essentiel pour que l'utilisateur puisse voir un obstacle à la distance d'arrêt, et, lorsque nécessaire, permettre l'évacuation des personnes dans de bonnes conditions de visibilité.

Les règles de dimensionnement de l'éclairage des tunnels, développées dans les années 80, constituent la base de la doctrine française, portée par le CETU. Avec les évolutions technologiques, et tout particulièrement le développement des LEDs,

des recherches ont été engagées pour étudier des solutions plus économes en énergie et mesurer leur impact environnemental.

Dans cet objectif, le CETU et l'ENTPE ont co-encadré une thèse intitulée « Éclairage à LED des tunnels routiers : étude de l'influence de la luminance et de la température de couleur sur la visibilité, modélisation de scénarios d'éclairages adaptatifs économes en énergie asservis aux conditions environnementales et au trafic ». Cette thèse a été soutenue le 21 décembre 2022 par Dorian Talon. Ces travaux, basés sur une expérience psychovisuelle et une maquette numérique, ont notamment mis en évidence les économies possibles en asservissant l'éclairage à la luminosité et l'état de la chaussée, ou à la vitesse du flux de véhicules.

Afin de poursuivre la confrontation entre la théorie et le terrain, un partenariat de recherche a été monté autour du démonstrateur DELTA (Démonstrateur Éclairage LED du Tunnel d'Antony). Ce consortium fédère des acteurs de l'éclairage des tunnels : le CETU, la Direction interdépartementale des routes d'Île de France (DIRIF), le Cluster Lumière, l'ENTPE, le Cerema, Lombardi, Comatelec Schreider, Phoenix Contact et SDEL. Un tube non exploité de la tranchée couverte d'Antony a été mis à disposition par la DIRIF.

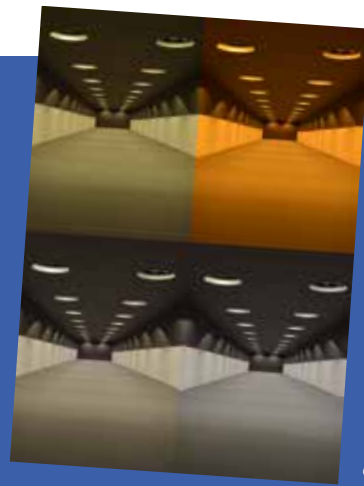


Maquette numérique montrant des luminaires à 2000k

Un éclairage optimal à 4 000 K

Les résultats d'une expérience psychovisuelle ont montré que les sources de lumière de faible température de couleur offrent de meilleures performances visuelles pour les observateurs. Cependant, on ne peut pas tirer parti de cette constatation pour réaliser des économies

d'énergie, puisque les LEDs de faible température de couleur présentent une efficacité lumineuse réduite. La conclusion finale de cette expérimentation est que les luminaires à 4 000 K constituent une solution optimale en tunnel.



Maquette numérique montrant quatre températures de couleur



Les partenaires du projet DELTA dans le tunnel d'Anthony (Île-de-France)

Ce tunnel hors circulation est équipé d'une installation d'éclairage pilotée avec variation possible de nombreux paramètres. Des tests sont prévus, portant sur l'asservissement des LEDs à la luminance extérieure, à la vitesse réelle du trafic, mais également sur l'impact des uniformités et des températures de couleur sur la visibilité.

En parallèle, un partenariat avec le laboratoire Laplace de Toulouse s'intéresse plus précisément à l'impact environnemental des différentes sources lumineuses comme les sources sodium, LED, plasma ou induction, en réalisant des analyses de cycle de vie sur des luminaires pour tunnels. Certains ont également été installés dans le hall d'essais du CETU pour mesurer leur consommation électrique dans différentes configurations de gradation. Ce démonstrateur est

également un outil pédagogique pour appréhender les technologies traditionnelles comme les plus innovantes. Les premiers résultats sont prometteurs et confortent certaines orientations.

35%

économie d'énergie potentielle évaluée

(dans le cadre de la thèse citée) sur un tunnel type en asservissant l'éclairage à la vitesse



Alix Jocteur Monrozier

Responsable Recherche & Innovation – Cluster Lumière

« Notre collaboration avec le CETU, débutée en 2012, se poursuit avec toujours autant de succès. Fort de 4 projets - dont ETICOM et DELTA - et d'événements communs, ce partenariat a permis de créer des échanges fructueux autour de l'éclairage dans les tunnels, et de mettre en relation fabricants, mainteneurs, exploitants de tunnels et collectivités. »

Les recherches menées ont vocation à alimenter les réflexions françaises, européennes et internationales pour que la doctrine puisse s'adapter aux innovations. Le CETU participe activement à la révision de guides sur l'éclairage des tunnels (CIE 88, CEN 14380) et contribue, via ses travaux scientifiques, à faire évoluer ces textes.

ANALYSE DU CYCLE DE VIE APPLIQUÉE AUX TUNNELS

En 2022, la Mission « Transition dans les Pratiques et Développement Durable » du CETU a poursuivi les études et actions de recherche relatives à l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) appliquée aux ouvrages souterrains.

La restitution des travaux de postdoctorat de Jérémie Rodrigues (EMSE, École des Mines de Saint-Étienne) au SYTRAL sur le cas d'étude du prolongement du métro B de Lyon (ACV appliquée à la gestion et valorisation des matériaux excavés) peut notamment être surlignée. Les travaux de la Mission TPDD ont également été présentés lors de la journée sur « l'ACV dans le génie civil » organisée par l'Association Universitaire de Génie Civil*, lors du séminaire stratégique d'INDURA et enfin auprès du GTFE. Les deux



Installation de chantier du prolongement du métro B de Lyon à Hôpitaux Lyon Sud (source CETU)

dernières présentations ont porté respectivement sur la « sobriété des ouvrages souterrains » et sur l'« évaluation des impacts environnementaux des équipements en tunnel routier par l'ACV ». À l'automne 2022, l'arrivée d'une jeune ingénieure des TPE a marqué le démarrage d'un nouveau volet avec

le lancement d'une thèse sur l'ACV du creusement au tunnelier, en collaboration avec l'ENPC (École des Ponts ParisTech) et TELT.

* L'article à la base de la présentation a été publié dans l'Academic Journal of Civil Engineering (vol.40, n°22, mars 2022).

Améliorer l'évaluation des risques liés aux marchandises dangereuses

Le modèle DGQRAM est utilisé depuis 20 ans par de nombreux pays pour analyser les risques liés au transport des marchandises dangereuses en tunnel. Des besoins d'amélioration ont émergé et se sont inscrits dans un projet global piloté par le CETU sous l'égide de PIARC. Il a impliqué une vingtaine de personnes, experts ou représentants de huit pays financeurs. Un prestataire (BG associé à ILF) a implémenté les améliorations décidées et hiérarchisées par les experts. Un consultant (ENALOS) a contribué au contrôle. La nouvelle version peut être commandée sur le site de PIARC.

Principalement

13

s scénarios d'accidents sont pris en compte par le modèle DGQRAM



MAIS AUSSI...

La participation au projet REMATCH (Resource efficient tunnelling based on real-time excavation material characterisation). L'objectif général de ce projet franco-allemand est d'utiliser l'ensemble de données des tunneliers, à l'aide de méthodes d'intelligence artificielle, pour améliorer le recyclage de grandes quantités de matériaux d'excavation.

La réactivation des concertations avec les laboratoires agréés pour préciser les méthodes de réalisation des essais au feu, notamment sur le thème de l'écaillage. D'autres thèmes seront également traités par ce groupe de travail.

L'organisation d'une journée technique au CETU le 30 novembre, pour échanger sur les pratiques et besoins actuels et futurs en termes de simulation numérique 3D d'écoulements fluides, également appelée « Computational Fluid Dynamics » ou « CFD ». Cette journée a réuni une quarantaine de participants. Les présentations ont été d'un haut niveau technique et ont suscité des échanges très riches.



Une étude pour évaluer l'impact de la dispersion de toxiques sur les usagers en intérieur et en extérieur d'un tunnel routier. Cette étude a été menée dans le cadre d'une convention de recherche avec l'INERIS.



Véhicules automatisés en tunnel : enjeux et opportunités

Certains tunnels comprennent déjà des équipements connectés, assurant des fonctions de sécurité et d'exploitation, dont la gestion est centralisée et plus ou moins automatisée. Ainsi, le véhicule automatisé et le tunnel routier sont considérés tous deux comme des objets intelligents en raison de leurs équipements, de leur connectivité et des échanges d'informations qui en découlent. Quels sont les enjeux et opportunités pour exploiter au mieux la coopération entre véhicule automatisé et tunnel ? Pour le tunnel, quelles adaptations sont nécessaires ? Pour le véhicule automatisé, quelles informations pourraient être transmises pour améliorer la sécurité ?

Les résultats de l'étude que mène le CETU sur ces questions permettront d'accompagner les exploitants et la communauté des systèmes de transport intelligents pour trouver des solutions appropriées, adaptées aux spécificités tunnel avec un niveau de sécurité optimale.

Animer les réseaux



Représentant de l'État au sein de la communauté des tunnels, le CETU aide à fédérer les acteurs au niveau national et international.

Il anime les échanges, forme les professionnels, met son expérience et ses compétences à la disposition de ses partenaires et contribue activement à la production technique des réseaux.

Une réussite pour les journées techniques de l'AFTES à Chambéry

Le CETU a répondu présent à l'appel de l'AFTES les 26 et 27 octobre 2022 à l'occasion des journées techniques organisées en collaboration avec TELT et SNCF Réseau. La thématique retenue était « Grands projets souterrains & Innovations "Matériels, Équipements, Produits". L'objectif principal pour l'AFTES était de montrer son soutien à ce grand projet ferroviaire Lyon-Turin. Une présentation dédiée a permis de découvrir tout le travail exceptionnel mené sur le territoire de la Maurienne pour accompagner ce chantier

d'envergure, l'enjeu étant que le territoire et le projet se connaissent et se nourrissent mutuellement. Ces journées furent également l'occasion de mettre en valeur les fabricants et fournisseurs qui, s'ils sont moins visibles que les grands acteurs, entreprises et ingénieries, apportent des contributions essentielles à la réalisation des travaux souterrains. L'AFTES a aussi profité de la présence des 470 participants pour fêter ses 50 ans. Un retour sur 5 décennies de progrès et d'avancées considérables dans les travaux souterrains. L'occasion



aussi de rendre un hommage à tous ceux qui donnent de leur temps pour faire vivre et progresser la communauté professionnelle.

Conférence PIARC à Grenade : une forte implication du CETU

Dans la continuité de la première conférence internationale tenue à Lyon en 2018, PIARC et l'Asociacion Technica de Carreteras en ont organisé une seconde qui a rassemblé près de 700 personnes à Grenade (Espagne) en présence de nombreuses personnalités dont M. Nazir Alli (Président de PIARC).

De nombreux experts du comité tunnels PIARC ont participé à cette conférence. Le CETU, pour ce qui le concerne, est intervenu lors de la session des directeurs des routes, a animé une session de travail et a présenté trois interventions : gestion d'un PCC de secours en cas de crise, éclairage à Leds et mise à jour du modèle d'évaluation quantitative des risques liés au transport des marchandises dangereuses.

Juste avant cette conférence, le comité tunnels de PIARC s'était réuni pour suivre l'avancement des différents groupes de travail et aussi identifier des sujets techniques qui pourraient être envisagés pour le prochain cycle de travail (2024-2027). Très au fait des problématiques émergentes dans le monde des tunnels, le CETU a pu, à cette occasion, faire des propositions dont plusieurs ont été jugées intéressantes et seront très probablement reprises.



Les tunnels à la pointe du management des risques

L'élaboration des opérations d'investissement sur le réseau routier national fait l'objet d'un processus cadré au niveau national, décliné pour chaque opération dans un Plan Qualité d'Opération (objectifs, acteurs, risques, pilotage). Le CETU intervient depuis plusieurs années dans les formations aux PQO dédiées du département TEDET sur le management des risques et son intégration dans le pilotage d'une opération.





Le CETU accroît son rayonnement international lors du congrès mondial des tunnels

Le congrès qui s'est déroulé à Copenhague en septembre 2022 s'est caractérisé par une forte présence du CETU avec 6 articles présentés. Suite aux élections, le CETU assure désormais le rôle de président du Comité COSUF et animateur du Working Group 22.

Le CETU a été présent à cet événement à plusieurs titres, notamment à travers la vice-présidence du Comité ITA-CET (Committee for Education and Training) qui a co-organisé avec la Fondation ITACET et les organisateurs danois une formation de deux jours sur l'intégration des préoccupations environnementales dans la conception des tunnels et ouvrages souterrains.

Plusieurs agents sont intervenus dans les sessions techniques afin de présenter les articles retenus. Ce fut le cas sur le projet franco-allemand de recherche U-THREAT sur la résilience des systèmes de transports souterrains, l'étude du comportement

des sols au creusement au tunnelier, et enfin sur le développement de formats neutres IFC (Industry Foundation Classes) pour les tunnels.

Au sein du WG12

« C'est la première fois que le CETU assure l'animation d'un groupe de travail de l'AITES. »

(béton projeté) auquel participe le CETU, le travail en cours porte sur l'élaboration d'un rapport sur le thème « In-service condition of sprayed concrete



Présentation de N. Berthoz (photo CETU)

linings ». Le CETU y contribue en partageant les retours d'expérience sur le tunnel des Cliets (en Savoie) construit avec un revêtement définitif en béton projeté et une étanchéité projetée. Deux exposés techniques ont également été présentés : le premier fait par le représentant australien était sur le thème « Experiences with permanent sprayed concrete linings at West Connex M4-M5 Link, Sydney » ; le second, présenté par un doctorant norvégien, portait sur le sujet « Investigation of in-situ condition and lifetime assessments of sprayed concrete linings in Norway ».

Une initiative européenne importante pour la transformation numérique



Le forum EUTF (European Underground & Tunnel Forum) a tenu un comité de pilotage sur le BIM à Copenhague, afin de partager et harmoniser les pratiques au sein des neuf nations membres (Allemagne, Autriche, Belgique, Espagne,

France, Italie, Pays-Bas, Portugal, Suisse). L'EUTF se réunit régulièrement en cours d'année et prépare en amont du congrès mondial les positions communes de ses pays membres.

Au sein du WG 21 (analyse du cycle de vie) dont le CETU est également membre, des élections se sont tenues et un nouvel animateur et un nouveau vice animateur ont été élus.

Suite aux élections au sein du WG22 (BIM en tunnels) le CETU en assure désormais le rôle d'animateur. C'est la première fois que le CETU assure l'animation d'un groupe de travail de l'AITES.

En 2022, deux guides ont été publiés.

Le premier guide est destiné à être utilisé par tous les ingénieurs et les maîtres d'ouvrage afin de fournir un cadre de référence pour la mise en œuvre du BIM dans les ouvrages souterrains. Ce guide est spécifiquement axé sur la mise en œuvre du BIM pour un tunnel creusé mécaniquement avec pose de voussoirs. Le second document présente les recommandations de l'AITES pour l'application de la norme ISO 19650-1 et 2 pour les ouvrages souterrains. Lors du congrès, il a été décidé de débiter la rédaction d'un troisième document sur l'apport du BIM pour une approche durable

en travaux souterrains. Une séance de travail a également été dédiée aux travaux de buildingSMART International sur les formats neutres BIM pour les tunnels. Enfin, le CETU assure désormais la présidence du Comité COSUF (Comité on Operational Safety of Underground Facilities). Le champ d'action de ce comité concerne l'exploitation des tunnels et autres

6

C'est le nombre

d'articles présentés par le CETU dans les sessions techniques du congrès



Olivier Vion

Directeur Exécutif de l'AITES

« Depuis sa création en 1974, le CETU a été partie prenante impliquée dans la vie de l'AITES qui compte aujourd'hui 78 pays membres. Les compétences développées par le CETU tant dans le domaine de la construction que de l'exploitation des ouvrages souterrains sont un apport considérable pour les progrès des travaux souterrains, mais également pour le rayonnement du savoir-faire français à l'international. »

installations souterraines ainsi que la sécurité. Faisant l'objet d'un MoU (Memorandum of Understanding) avec l'association mondiale de la route, il s'agit de l'un des quatre comités de l'AITES.

Former des cadres à la gestion de crise

Avec l'ouverture à la circulation de la VR52, le 10 mai 2022, la Direction Interdépartementale des Routes Est (DIR Est) a pris en charge l'exploitation de la tranchée couverte de Marange-Silvange, une tranchée couverte bi-tube de 400 mètres de longueur, surveillée 24 heures sur 24 depuis le Centre d'Ingénierie, de Surveillance et de Gestion du Trafic (CISGT) de Metz.



Pour accompagner la mise en service, la DIR Est a mis en place un programme de formation complet destiné à former les agents impliqués dans la gestion et l'exploitation de l'ouvrage. C'est ainsi qu'en février 2022, le CETU a contribué à une demi-journée de formation

destinée aux cadres d'astreinte de la DIR de niveau 4, c'est-à-dire l'encadrement supérieur de la DIR : directeur et ses adjoints, secrétaire général et chefs de service. La formation a permis de faire connaître aux cadres d'astreinte les risques

spécifiques aux ouvrages souterrains, les enjeux de sécurité et la réglementation qui s'y rattachent. Elle a aussi permis de les aider à savoir agir concrètement en cas d'évènement et à mieux comprendre la stratégie de mise en sécurité en cas d'incendie.

CNESOR : UNE REPRISE D'ACTIVITÉ TRÈS ATTENDUE

M. Michel Quatre, président de la commission nationale d'évaluation de la sécurité des ouvrages routiers depuis sa création en 2005, a laissé sa place à M. Didier Simonnet (photo ci-contre).

En outre, le mandat de 5 ans des dix personnalités qualifiées, nommées conjointement par les ministres chargés respectivement de l'équipement et de la sécurité civile en raison de leur compétence technique, arrivait quant à lui à échéance.

De nouvelles nominations ont ainsi été prononcées.

Suite à ces changements, la CNESOR a pu reprendre son activité au bénéfice de la sécurité des tunnels routiers français.

5



**réunions
de la CNESOR**

se sont tenues
en 2022

MAIS AUSSI...

Une implication soutenue dans les formations d'enseignement supérieur, dont le Mastère « Tunnels et Ouvrage Souterrains » piloté par l'ENTPE et l'INSA.

La signature d'une convention ENTPE/ CETU pour la réalisation d'une formation pour les opérateurs tunnel.

La mise en ligne d'une formation à distance sur les enjeux et les principes d'exploitation en sécurité des tunnels routiers, destinée aux chefs des CIGT et développée en collaboration avec le CMAFOAD (Centre ministériel d'appui à la formation à distance).

Une forte présence du CETU dans les comités de sécurité des grands tunnels routiers transfrontaliers, soit en étant membre ou président (tunnels franco-italiens de Tende et franco-espagnol du Somport) soit en assurant le secrétariat technique et en fournissant des experts techniques (tunnels du Mont-Blanc et du Fréjus). Le CETU intervient aussi dans des tunnels ferroviaires, participant au comité de sécurité du tunnel sous la Manche et à celui du tunnel du Mont-Cenis.



Intérieur du tunnel du Somport (source Wikipedia)



Formation tunnels ferroviaires : fruit d'un partenariat tripartite

Une formation sur les tunnels ferroviaires a été organisée en juin, à la demande de la sous-direction des systèmes ferroviaires et guidés de la DGITM, suite à sa réorganisation. Conçue dans le cadre du partenariat entre l'EPSF, la DGSCGC et le CETU, elle a pris la forme d'une demi-journée de webinaire décomposée en trois ateliers animés respectivement par chaque entité. Après un premier atelier dédié à la présentation par l'EPSF du cadre réglementaire de la sécurité et du matériel roulant, le CETU a concentré son intervention dans le deuxième atelier sur les différentes parties d'ouvrages de génie civil composant un ouvrage ferroviaire souterrain, et sur la ventilation du tunnel et des ouvrages d'évacuation. La matinée s'est terminée avec la présentation par la DGSCGC des principes d'intervention des services de secours et de leur prise en compte dans le Plan d'Intervention et de Sécurité.

Accompagner les projets



S'appuyant sur ses compétences pluridisciplinaires en ingénierie, le CETU intervient sur des projets de construction et de rénovation des tunnels. Il assiste les autorités dans leurs décisions et apporte un appui aux maîtres d'ouvrage, exploitants, maîtres d'œuvre et entreprises.

Une assistance multidisciplinaire auprès de TELT

La section transfrontalière de la future liaison ferroviaire Lyon-Turin inclut un tunnel de base long de 57,5 km. Le CETU assiste le maître d'ouvrage sur des thématiques très variées, dont l'étanchéité du tunnel. Pour l'étanchéité extradors, les spécifications techniques sont définies par le référentiel « Dispositif d'étanchéité par géomembranes PVC-P adapté aux ouvrages à fortes profondeurs ». Dans le cadre de ce référentiel, une étude sur la durabilité de la géomembrane a été lancée avec en 2022,

un protocole d'essais mis au point par le CETU, le CEREMA et le laboratoire Géosynthétiques de l'INRAE.

Le CETU intervient également auprès de TELT sur des questions environnementales (bilan carbone, indicateurs environnementaux, etc.). Plusieurs agents ont été mobilisés en 2022 au sein de la Mission Transition dans les Pratiques et Développement Durable ou dans les pôles techniques. Enfin, le CETU est intervenu dans le projet à travers le groupe de travail Ventilation-Évacuation. Ce GT s'est réuni à plusieurs



reprises en 2022 avec le futur gestionnaire de l'infrastructure pour engager de nouvelles réflexions autour des stratégies et dispositifs de sécurité dans le tunnel de base.

Succès pour les travaux à Bois de Peu

La galerie de reconnaissance géologique du tunnel de Bois de Peu, d'environ 10 m² de section et 500 m de longueur, est devenue à la mise en service de l'ouvrage une galerie technique. Suite au diagnostic réalisé par le CETU pour la DIR Est en 2018, des travaux de renforcement des soutènements et d'étanchement ont été programmés.

Ces travaux ont eu lieu entre mars et juillet 2022. Au total, une centaine de mètres de galerie initialement non soutenus ont été renforcés par des boulons à ancrage réparti et du béton projeté fibré. Des réparations des soutènements existants (purges, drainage des venues d'eau et reprises de béton projeté) ont également été réalisées sur une centaine de mètres. Enfin, le radier a lui aussi été repris afin de permettre une meilleure collecte des eaux.

Les spécificités de ce chantier concernent notamment la faible section transversale de la galerie, nécessitant des moyens adaptés, ainsi que l'accès difficile à la galerie via la toiture-terrasse du local technique.

Les trois pôles du génie civil du CETU sont intervenus sur cette opération, en partenariat avec l'équipe d'Autun du Cerema, afin d'assister la DIR Est pour le visa des documents d'exécution et le suivi des travaux.

BOIS DES CHÊNES : FIN DES TRAVAUX !

Six années durant, le CETU a accompagné la DIR Est dans la mise en sécurité du tunnel du Bois des Chênes, situé sur l'autoroute A30 sur la commune de Hayange. L'ouvrage de 276 m dispose maintenant de nouveaux équipements (barrières, PMV, plots, etc.) et d'une toute nouvelle GTC/Supervision permettant de l'exploiter depuis le PC Myrabel.





EOLE : Assistance multithèmes pour un projet particulièrement complexe

Les difficultés rencontrées sur le projet EOLE ont été nombreuses. L'appui du CETU s'est focalisé sur des questions à très forts enjeux techniques et financiers pour lesquels des réponses méthodologiques restent encore à construire collectivement.

Le projet EOLE, conduit par SNCF Réseau, consiste à prolonger de 55 kilomètres à l'Ouest l'actuelle ligne E du RER parisien, afin de contribuer à la désaturation de l'axe majeur reliant Chatelet à la Défense. Cette opération comprend :

- la réalisation d'un tunnel de 8 kilomètres entre Haussmann Saint-Lazare (HSL) et Nanterre,
- la création de trois nouvelles gares (Gare Porte Maillot, Gare La Défense et Gare Nanterre La Folie),
- la rénovation et le réaménagement de 47 km

de voies ferrées et la modernisation de dix gares existantes.

Le CETU a apporté son appui au maître d'ouvrage dans la réalisation du tunnel et des gares Porte Maillot et la Défense, ainsi que dans les modalités d'exploitation et de maintenance de la ligne dans son ensemble.

Michel Deffayet a animé le comité d'experts mis en place dès 2014, afin

700 m²

c'est la surface maximale dont a disposé le maître d'ouvrage pour installer son puits d'accès chantier à proximité de la gare Saint Lazare. C'est le défi des projets urbains que de savoir compenser avec des emprises extrêmement réduites.



EOLE - Vue d'une des chambres de l'entonnement Ouest HSL

d'examiner les modalités de réalisation des ouvrages souterrains. Ce comité s'est beaucoup focalisé sur les dispositions de rabattement des nappes à Porte Maillot et Haussmann Saint Lazare, ainsi que sur l'impact de la construction de la gare à ciel ouvert et de la gare souterraine Porte Maillot sur les ouvrages sensibles avoisinants (station ligne 1 du métro, RER A, Palais des congrès, etc.).

À Porte Maillot, la complexité technique du projet associée à des caractéristiques mécaniques très hétérogènes des terrains localement rencontrés a imposé des méthodes de conception innovantes

Une question de méthode

Il n'est pas simple de faire cohabiter l'exploitation d'un tronçon existant avec la mise en service d'un prolongement important. Cette opération nécessite de repenser l'organisation générale, de prendre en compte des générations d'équipements différentes

et de redéfinir ce qui pourra être commun ou devra rester spécifique à chacun des deux tronçons. Le CETU a apporté son expérience en matière d'équipements, notamment dans la définition des futures modalités d'exploitation, de contrôle et de maintenance de l'ensemble de la ligne.



Couloir de correspondances Porte Maillot
Crédit direction du projet EOLE-SNCF

© Direction du projet EOLE-SNCF

et des adaptations continues du chantier. Le maître d'ouvrage envisage de mener un retour d'expérience complet afin de tirer les enseignements utiles à tous du chantier de rabattement mettant en œuvre de multiples techniques, ainsi que de la méthode observationnelle assez exemplaire qui a été employée en accompagnement du terrassement de la gare profonde.

À son raccordement, l'opération génie civil HSL consiste en la réalisation du puits Pasquier ainsi que l'entonnement Ouest. Ce dernier relie l'arrière gare HSL existante à 4 voies au futur tunnel de prolongement EOLE à 2 voies creusé au tunnelier. L'entonnement long de 173 m a été creusé par sections divisées, à environ 32 m sous le niveau du terrain naturel et après rabattement de la nappe phréatique. Il se décompose en 7 chambres de dimensions et de formes structurelles différentes.

Sur cet aspect du projet, le CETU est intervenu pour du conseil et de l'expertise quant à la mise en œuvre et la durabilité du procédé d'étanchéité « intradosé » retenu pour cet ouvrage. L'emploi d'un tel procédé dans des proportions aussi importantes est en effet inhabituel en France.

Un autre sujet particulièrement sensible est celui des matériaux excavés. Sur ce thème, le CETU est intervenu en 2021 et 2022 en groupement avec l'Université Gustave Eiffel qui dispose d'une solide compétence en chimie minérale. La détection locale de pyrite au sein des dépôts stockés a imposé à la fois d'évaluer

« La complexité technique du projet associée à des caractéristiques mécaniques très hétérogènes des terrains localement rencontrés a imposé des méthodes de conception innovantes et des adaptations continues du chantier. »



Pascal Binet

Adjoint au Directeur de Projet
Eole-Nexteo

« Le CETU dans un projet complexe comme EOLE, c'est un partenariat fort depuis l'origine du projet avec SNCF Réseau. Il occupe une place de conseil auprès de la MOA EOLE qui bénéficie de l'indépendance, de la compétence technique, de la connaissance réglementaire et de la maîtrise de la commande publique. En ce sens, l'intervention du CETU a constitué un outil essentiel d'aide à la décision. »

l'importance de cette difficulté et de préciser les aspects techniques, réglementaires, organisationnels ou contractuels qui pouvaient être impactés. Cette démarche a permis de mener à bien l'ensemble de l'excavation en limitant les perturbations dans le calendrier global de l'opération.

Faisabilité d'un nouveau tunnel à Cilaos

La ville de Cilaos sur l'île de La Réunion n'est desservie que par la RN5 qui comporte à son point le plus haut le tunnel de Gueule Rouge.

Celui-ci a une géométrie inadaptée au trafic d'aujourd'hui : les bus le traversent, rétroviseurs rabattus et y restent fréquemment coincés. Considérant cette sécurité dégradée, le Conseil Régional de la Réunion (CRR) a sollicité le CETU pour envisager les différentes solutions. La prise en compte des cyclistes et des contraintes d'exploitation, la recherche en amont des pistes d'optimisation des coûts forment les particularités de ce projet qui s'insère dans un cadre préservé. Réalisée en 2022 et livrée en janvier 2023, l'étude



de pré-faisabilité considère six variantes plus ou moins courtes. Le CRR dispose ainsi d'un rapport exhaustif aux estimations actualisées pour choisir la variante dont la conception sera alors à préciser. En parallèle de cette mission, le CETU s'est saisi de la nécessité d'améliorer la sécurité

de traversée du tunnel à court terme en proposant et définissant des dispositifs d'équipements légers. Ceux-ci peuvent être déployés rapidement pour signaler la présence de cyclistes et alerter les secours sans délai en cas de problème.

LA TRANCHÉE COUVERTE DE MARANGE-SILVANGE EST EN SERVICE



Après plus de 6 ans de travaux, la tranchée couverte de Marange-Silvange (Moselle) a été mise en service le 10 mai 2022.

Le CETU a assisté la DIR Est pour la mise en œuvre des équipements de sécurité et d'exploitation, sur les problématiques de tenue au feu ainsi que sur les procédures liées à la mise en service. L'assistance s'est intensifiée durant cette dernière année avec la formation des agents, la participation aux essais et exercices ainsi que la réalisation de l'inspection détaillée initiale par la centrale d'inspection équipements du CETU.

MAIS AUSSI...

Une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage auprès de la DREAL Occitanie dans le cadre du projet de déviation de Tarascon, avec le suivi de la mission de maîtrise d'œuvre de conception du tunnel de Quié.

Un appui auprès de la DIR Nord-Ouest pour le suivi de la phase Travaux dans le cadre de la mise en sécurité du tunnel de la Grand-Mare, avec notamment la réalisation de plusieurs rameaux inter-tubes.

Des mesures de luminance et d'éclairage pour évaluer les performances d'un prototype en vue du remplacement de l'installation d'éclairage des tunnels de Caluire et Rochechardon sur le Boulevard Périphérique Nord de Lyon

La poursuite de l'accompagnement de SNCF Réseau au stade des études préalables pour les ouvrages souterrains de la Ligne Nouvelle Provence Côte d'Azur (LNPCA). La déclaration d'utilité publique a été obtenue en octobre 2022.

Une assistance auprès de la Métropole de Nice Côte d'Azur dans le cadre de la mise en conformité du tunnel du Liautaud vis-à-vis de la protection au feu. Cet ouvrage, de 14 types de structures différentes, a nécessité des reconnaissances et diagnostics pour justifier la résistance structurelle en cas d'incendie et optimiser le dimensionnement des protections passives.




Structure voûtée et ventilateurs dans le tunnel du Liautaud (photo CETU)



Le CETU en appui de la DREAL Grand Est

Le projet A31bis prévoit un élargissement à 2 x 3 voies de l'actuelle autoroute A31 entre Metz et Nancy au nord de Thionville, ainsi que la réalisation d'une liaison en tracé neuf entre Richemont et la A31 au nord de Florange. La raison : une congestion importante de cet axe, due notamment au trafic des travailleurs transfrontaliers. Sur le tronçon neuf, 4 variantes sont actuellement à l'étude, dont 3 comportant un ouvrage souterrain. Le CETU est en appui de la DREAL Grand Est, maître d'ouvrage du projet, et l'assiste dans la constitution du dossier d'Études Préalables. Cette mission d'AMO s'inscrit dans les prérogatives du CETU en accompagnement du maître d'ouvrage État sur un projet d'ouvrage souterrain. En décembre 2022, le service est intervenu lors d'une réunion de concertation publique dont l'objectif est de retenir une variante qui sera étudiée dans le cadre de la fin des Études Préalables.



Accompagner la vie des ouvrages



Le CETU participe à la bonne gestion du patrimoine des ouvrages souterrains et à leur exploitation en sécurité. Il aide à construire des politiques de gestion du patrimoine, inspecte et évalue l'état des ouvrages, réalise des audits de sécurité.

Une journée de partage des acteurs du SGS Tunnels

Pour répondre aux enjeux d'exploitation en sécurité des tunnels du réseau routier national non concédé, une démarche de Système de Gestion de la Sécurité (SGS) a été lancée en 2016 avec l'ensemble des Directions Interdépartementales des Routes (DIR) selon un calendrier de mise en œuvre de cinq ans. Une étroite collaboration entre le CETU et les DIR a permis d'élaborer et de consolider les SGS au fil des années. Dans la continuité du webinaire de 2021 qui avait mis en exergue la bonne avancée de la démarche

et le caractère désormais opérationnel des SGS, le CETU et la Direction des Mobilités Routières du Ministère ont convié les DIR à une journée de partage des retours d'expérience, le 20 septembre. Les objectifs étaient d'échanger sur la vision du SGS partagée par ses différents acteurs, les bonnes pratiques, les freins et les difficultés rencontrées, et enfin sur la manière de faire vivre le SGS en l'intégrant pleinement à l'activité de l'exploitant. La journée a souligné le souci permanent de créer un système utile et utilisé



au quotidien, ainsi que l'intérêt des SGS pour donner une vision claire de la sécurité, prenant en compte les enjeux auxquels sont confrontés les exploitants de tunnels routiers.

Surveiller les tunnels pour comprendre leur évolution

Le CETU réalise les inspections détaillées du génie civil et des équipements des tunnels du réseau routier national non concédé (RRNC) en application de l'Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA). En 2022, quinze inspections ont ainsi été réalisées.

Pour réaliser leurs missions, les deux centrales d'inspections, génie civil ou équipements, utilisent des matériels de plus en plus performants. Elles peuvent si nécessaire s'appuyer sur les spécialistes des autres pôles techniques. La centrale d'inspection du génie civil réalise également des mesures de convergences dans certaines zones sensibles qui justifient une surveillance renforcée. Pour mieux analyser ces mesures, un outil de représentation des déformées au cours du temps est en développement. Depuis 2011 et l'introduction de la démarche d'inspection des équipements dans l'ITSEOA, la centrale d'inspection des équipements a quant à elle inspecté la quasi-totalité des ouvrages du RRNC de plus de 300 m, ainsi que quelques ouvrages pour d'autres gestionnaires. Les premiers ouvrages inspectés il y a une dizaine d'années en sont aujourd'hui à leur troisième passage, permettant au CETU de disposer d'un riche retour d'expériences sur l'évolution de l'état et des performances des systèmes en tunnel.

Inspection génie civil de la galerie de sécurité du tunnel du Lioran



TUNNEL DE FOIX : REFONTE GTC ET ÉTANCHÉITÉ

À la demande de la DIR Sud-Ouest, le CETU a étudié la refonte de la GTC-Supervision du tunnel de Foix selon plusieurs scénarios dépendant du périmètre des travaux et du nombre d'ouvrages concernés (Foix, Saint-Béat, futur tunnel de Quié). L'intégration de ces travaux dans un marché de tierce maintenance applicative a été analysée. Le CETU s'est aussi penché sur les problèmes d'étanchéité du tunnel.





La donnée, clef de voûte de la gestion du patrimoine

La gestion du patrimoine génie civil et équipements a été au cœur des débats qui ont eu lieu entre les professionnels des tunnels routiers lors de la conférence GTFE / PIARC France de juin 2022. De tous les échanges tenus par les acteurs intervenant dans ce domaine aux aspects multiples et variés, il est ressorti un dénominateur commun : la donnée, élément clef de la gestion du patrimoine.

Plus de 300 maîtres d'ouvrage, exploitants, concepteurs et équipementiers se sont retrouvés à Lyon le 2 juin 2022 pour une première conférence coorganisée par le GTFE et PIARC France. Cet événement avait pour thème la gestion du patrimoine des tunnels routiers. Sachant que presque la moitié des tunnels routiers en France ont plus de 50 ans, les enjeux

« Des données bien sélectionnées, conservées et structurées seront d'autant plus faciles à exploiter au service de la gestion de patrimoine. »

ces enjeux et de promouvoir les dernières connaissances dans ce domaine, tout en facilitant les échanges entre parties prenantes.

sont multiples : stratégie de gestion, connaissance du patrimoine, surveillance, entretien et réparation du génie civil, maintenance et renouvellement des équipements. La conférence a permis de rappeler



Comparé aux réseaux ferroviaires et de métros, le réseau routier comporte un faible linéaire de tunnels. Ces derniers concentrent toutefois de nombreux enjeux, non seulement en termes de sécurité et d'exploitation, mais également en termes financiers. Si pour le génie civil le coût en phase d'exploitation est minoritaire (85% du coût à la construction, 15% durant la vie de l'ouvrage), ce ratio s'inverse pour les équipements

Des inspections plébiscitées

La rencontre du comité tunnels organisée en mai 2022 dans la Drôme a également mis en évidence les avantages des inspections détaillées périodiques pour les exploitants dans la démarche de sécurité

et de gestion du patrimoine. Elles permettent d'avoir un regard extérieur sur l'état de l'ouvrage, d'améliorer le contrôle continu, d'orienter les demandes de budget, d'anticiper les besoins en équipements, de faciliter



le renouvellement des dossiers de sécurité et de s'assurer d'un niveau de sécurité optimal.

qui ne représentent que 15% du coût à la construction, mais 85% en phase d'exploitation. Cependant, les enjeux sur le long terme peinent à exister face aux contraintes de sécurité et d'exploitation plus immédiates, avec le risque ultérieur de travaux lourds et coûteux qui auraient pu être évités ou anticipés.

À ces éléments de contexte s'ajoutent une nouvelle phase de décentralisation, l'arrivée à échéance de certains contrats de concession et le besoin croissant de sobriété énergétique. Ces sujets nécessitent de développer des outils techniques et méthodologiques afin d'aider les gestionnaires à prendre les bonnes décisions à court, moyen et long terme.

Au fil des échanges de la conférence, les données sont apparues comme un maillon crucial de la gestion de patrimoine et dans la réponse aux enjeux susmentionnés. En effet, de nombreuses données sont acquises pendant la vie d'un tunnel. Si elles sont bien sélectionnées, conservées et structurées, elles seront d'autant plus faciles à exploiter au service de la gestion de patrimoine. Par ailleurs, les interfaces entre acteurs aux différents stades de la vie d'un ouvrage constituent souvent des points critiques associés à un risque de perte d'information pouvant avoir des conséquences directes sur la gestion de l'ouvrage, voire sur l'ouvrage lui-même.

La conférence a mis en avant divers outils innovants développés pour faciliter l'accès, la collecte,

le partage entre acteurs et l'exploitation des données, comme le BIM, les outils d'aide à l'inspection du génie civil et le jumeau numérique.

Un message commun est ressorti : à l'heure du numérique, avoir une gestion efficace et

Au moins

30%

des tunnels recensés par l'observatoire du CETU ont plus de 50 ans



Georges Borot

Directeur de la Sécurité, de la Sûreté et de l'audit, SFTRF.

« Les inspections détaillées périodiques issues du guide d'application de l'ITSEOA pour le génie civil et les équipements des tunnels (fascicule 40) constituent un outil précieux d'évaluation de l'état des ouvrages et de suivi de leur évolution au fil des années. Elles permettent de comparer l'état de différents ouvrages et apportent une aide dans la priorisation des actions, notamment en matière de gros entretien et renouvellement. »

adaptée à la multiplication et à la dématérialisation des données devient primordial. Les données récoltées et conservées doivent avoir une utilité et être utilisées.

Reprise de la surveillance du tunnel du Rove

Construit entre 1905 et 1926, le tunnel du Rove avait pour but de relier le nord du port de Marseille à l'étang de Berre. Il reste à ce jour le plus grand tunnel canal du monde (7120m).

En 1963, deux éboulements ont obstrué le tunnel sur 170 m et formé un cratère important en surface au droit d'une zone non urbanisée. Bien que cet ouvrage soit non exploité depuis 1963, de nombreux travaux de renforcement, investigations et expertises ont été menés par le Grand Port Maritime de Marseille (GPMM). Depuis 2007, l'ouvrage ne faisait plus l'objet d'aucun suivi.

Le GPMM a sollicité l'intervention du CETU pour effectuer un diagnostic géotechnique et structurel du tunnel et remettre



en place un suivi régulier. L'année 2022 a été consacrée à l'analyse des nombreux documents d'archives et à la réalisation de l'inspection détaillée partielle de la partie nord du tunnel. Cette inspection atypique a nécessité la mobilisation

de moyens matériels lourds et de compétences multiples. Elle a permis de fiabiliser les données clés issues des archives, d'actualiser la représentation des pathologies connues et d'en évaluer l'évolution.

LE COMITÉ TUNNELS : UN LIEU DE PARTAGE POUR LES COLLECTIVITÉS

Le CETU et le département de la Savoie animent le Comité Tunnels, un réseau d'exploitants de tunnels routiers gérés par les collectivités. Ces tunnels sont confrontés à des problèmes spécifiques : niveau de trafic modeste, moyens d'exploitation plus réduits, etc. Outre un rappel de la réglementation, de la doctrine et des règles de l'art, les rencontres biennuelles du Comité permettent de traiter les sujets de préoccupation et de partager des retours d'expériences. En 2022, le comité s'est réuni dans la Drôme, au sujet des inspections des équipements, et en Haute-Savoie sur la prise en compte des cyclistes.



Comité Tunnels dans la Drôme :
visite du tunnel des Grands Goulets

45

collectivités

sont membres
du Comité
Tunnels



MAIS AUSSI...

Un appui à la DiRIF pour un projet de voies réservées aux bus, en vue des Jeux olympiques à Paris en 2024. Le CETU a étudié conjointement avec un bureau d'études les impacts sur la sécurité que pourront avoir ces voies réservées dans les tunnels qu'elles traversent.

La signature d'une convention GEIE - TMB - CETU en vue de valider les compétences acquises et l'expérience des opérateurs.

Une rencontre avec le STRMTG pour échanger sur une proposition de méthodologie de sûreté de fonctionnement dans les tunnels. L'objectif était de recueillir le regard extérieur sur la méthodologie envisagée d'un expert en sûreté de fonctionnement intervenant également dans le domaine des transports.

Une nouvelle solution d'aménagement de la tête française du tunnel de Tende, approuvée à l'automne 2022 par la commission intergouvernementale des Alpes du Sud, deux ans après le passage de la tempête Alex dans la vallée de la Roya, qui a emporté les ouvrages d'accès. Les travaux vont démarrer par la reprise du viaduc d'accès, de la plate-forme et du nouveau tube, auxquels feront suite les travaux pour la requalification du tube historique. Pour rappel, le CETU préside au sein du Comité de sécurité de ce tunnel transfrontalier.



Le tunnel de Tende côté français après le passage de la tempête Alex en 2020 (photo : Florent Adamo/Cerema Méditerranée)



Tunnel des Monts : une décision de réouverture objectivée

Lorsqu'un ouvrage a été fermé pour dépassement des conditions minimales d'exploitation, il est le plus souvent rendu à la circulation lorsque la disponibilité des équipements défectueux ou des personnels de l'exploitant permet de nouveau son exploitation avec un niveau de sécurité suffisant. Toutefois, sa réouverture peut également faire suite à la mise en œuvre de mesures spécifiques décidées par le préfet.

En 2022, le CETU a accompagné la DiR Centre-Est dans une étude visant à objectiver le risque dans le tunnel des Monts et ainsi fournir au préfet des éléments permettant une prise de décision rapide, pouvant aboutir à la réouverture du tunnel moyennant des mesures spécifiques. Pour cela, un bureau d'études a été mandaté pour simuler des scénarios d'incendie en cas d'indisponibilité de certains équipements, simulations qui seront ensuite utilisées pour étudier chaque condition de fermeture.

Les publications

RAPPORTS NATIONAUX ET EUROPÉENS

- Recueil et analyse des incidents et accidents en tunnel - année 2020, en application de la circulaire 2006-20 du 29 mars 2006, 2022.
- Rapport sur les accidents et les incendies : Tunnels français de plus de 500 m du réseau routier transeuropéen - années 2020-2021, 2022.

DOCUMENTS D'INFORMATION CETU

- Pannes, accidents et incendies en tunnel routier : éléments statistiques, fév. 2022, 24 p.
- La stabilité du front de taille des tunnels - Mécanismes de rupture, justification et principes constructifs, déc. 2022, 40 p.
- Retours d'expérience sur la réparation du génie civil des tunnels routiers (rédaction finalisée en 2022, 116 p.).

ACTES DU GTFE

- Actes de l'atelier du GTFE de mai 2021 sur la fermeture des tunnels routiers, mis en ligne sur le site Internet du GTFE en sept. 2022, 20 p.
- Actes de l'atelier du GTFE d'octobre 2021 sur la construction d'un Système de Gestion de la Sécurité (SGS) mis en ligne sur le site Internet du GTFE en nov. 2022, 24 p.

ARTICLES DANS LES REVUES SCIENTIFIQUES

- BERTHOZ N., BOURGEOIS E., BRANQUE D., MICHALSKI A., MOHAMAD W., LE KOUBY A., SZYMKIEWICZ F., KREZIAK C., Impact du creusement au tunnelier sur un pieu : synthèse de l'exercice de prévision TULIP, Revue Française de Géotechnique, 2022, vol. 173, n°2, 16 p.
- RALLU A., BERTHOZ N., CHARLEMAGNE S., BRANQUE D., Vibrations induced by tunnel boring machines in urban areas: in situ measurements, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2022, 16 p.
- RALLU A., BERTHOZ N., Vibrations induced by tunnel boring machines in urban areas: dataset of synchronized in-situ measurements inside the shield and on the surface, Data Brief, 2022, vol. 41, art. n° 107826, 18 p.
- D'ALOIA SCHWARTZENTRUBER L., L'Analyse du Cycle de Vie appliquée aux ouvrages souterrains, Academic Journal of Civil Engineering (AJCE) vol. 40, n°22, mars 2022, 13 p.
- MOHAMAD W., BOURGEOIS E., LE KOUBY A., SZYMKIEWICZ F., MICHALSKI A., BRANQUE D., BERTHOZ N., SOYEZ L., KREZIAK C., Full scale study of pile response to EPBS tunnelling on a Grand Paris Express site, Tunnelling and Underground Space Technology, 2022, vol. 124, art. n° 104495, 14 p.

- WILLMANN C., VIAGOKAS N., CHAISE C., L'évacuation des usagers en cas d'incendie de métro en tunnel - projet U-Threat, revue TEC n°254, juillet 2022, pp. 62-63.

ARTICLES DANS LES REVUES PROFESSIONNELLES

- Nouvelle liaison ferroviaire Lyon-Turin, Chantier SMP4, Fiche tunnelier n°135, Tunnels et espace souterrain, n°279, janvier-mars 2022, pp. 114-116.
- Galerie de reconnaissance de La Maddalena (Tunnel de base du Mont-Cenis – Nouvelle ligne Lyon-Turin, Fiche tunnelier n°136) Tunnels et espace souterrain, n°279, janvier-mars 2022, pp. 118-120.
- Grand Paris Express – ligne 14 Sud – Lot 4, Fiche tunnelier n°137, Tunnels et espace souterrain, n°279, janvier-mars 2022, pp. 122-124.
- Prolongement de la ligne 12 à Paris – Lot T1 et S1, Fiche tunnelier n°138, Tunnels et espace souterrain, n°280, avril-juin 2022, pp. 130-132.
- Tunnel du Perthus – Ligne ferroviaire Perpignan – Figueras, Fiche tunnelier n° 139, Tunnels et espace souterrain, n°281, juillet-sept. 2022, pp. 96-98.
- BERTHOZ N., RALLU A., CHARLEMAGNE S., BRANQUE D., SUBRIN D., Vibrations induites par les tunneliers en contexte urbain : caractéristiques et impacts potentiels, Tunnels et espace

souterrain, n°281, juillet-sept. 2022, pp. 17-30.

- BURKHART J-F., MOS A., CARLOTTI P., DUSSERRE A., PASSELAIGUE J-M., Ventilation et désenfumage des réseaux de métro, Techniques de l'ingénieur, mars 2022, art. réf. SE2082 V1, 17 p.
 - CHARLES E., YAGHZAR M., DALOIA SCHWARTZENTRUBER L., Analyse de cycle de vie de l'éclairage et de la ventilation en tunnel routier, Tunnels et espace souterrain, n°278, oct.-nov.-déc. 2021, pp. 56-70.
 - Évaluations AFTES – Brèves du GT9 publiées dans chacune des revues Tunnels et Espace Souterrain.
- ARTICLES DANS LES CONGRÈS**
- D'ALOIA SCHWARTZENTRUBER L., L'Analyse du Cycle de Vie appliquée aux ouvrages souterrains, Journée Thématique de l'AUGC : L'Analyse du Cycle de Vie dans le Génie Civil, 8 avril 2022, Paris La Défense, 13 p.
 - BERTHOZ N., BRANQUE D., MERCADO-CHAVEZ C., EL JIRARI S., Evaluation du taux de déconfinement du terrain en sortie de jupe des tunneliers, 11^e JNGG, Lyon, juin 2022, 8 p.
 - KASPERSKI J., GAILLARD C., Levés de terrain pour la modélisation géologique : illustration de leur efficacité, 11^e Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur (JNGG) Lyon, juin 2022, 9 p.
 - MOHAMAD W., BOURGEOIS E., LE KOUBY A., SZYMKIEWICZ F., MICHALSKI A., BRANQUE D., BERTHOZ N., KREZIAK C., Effet du creusement au tunnelier sur les fondations profondes : comparaison entre cordes vibrantes et fibres optiques, 11^e Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur (JNGG) Lyon, juin 2022, 8 p.
 - MOHAMAD W., BOURGEOIS E., LE KOUBY A., SZYMKIEWICZ F., SOYEZ L., KREZIAK C., NOURELDEEN A., BRANQUE D., RALLU A., MICHALSKI A., BERTHOZ N., Effects of tunnelling on existing pile foundations: the TULIP project, Proceedings of the 20th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Sydney, mai 2022, 6 p.
 - MICHALSKI A., BRANQUE D., BERTHOZ N., MOHAMAD W., BOURGEOIS E., LE KOUBY A., SZYMKIEWICZ F., Full-scale experiment of the TBM / soil / pile interaction in Parisian subsoil, ITA-AITES World Tunnel Congress, WTC2022, Copenhagen, sept. 2022, 6 p.
 - RALLU A., BERTHOZ N., In-situ experimental quantification of particle velocities emitted by TBMs in urban areas, ITA-AITES World Tunnel Congress, WTC2022, Copenhagen, sept. 2022, 6 p.
 - RIVES M., BORMANN A., ROBERT F., DIAS N., et al., BuildingSMART International IFC standards for underground infrastructures, ITA-AITES, WTC2022, Copenhagen, sept. 2022, 7 p.
 - SALIZZONI P., PERUZZI C., CINGI P., MARRO M., MOS A., ANGELI D., Influence of the longitudinal air flow on the extraction flow rate required to achieve smoke confinement in a transverse-ventilated tunnel, 19th International Symposium on Aerodynamics, Ventilation & Fire in Tunnels (ISAVFT) Brighton, sept. 2022, 14 p.
 - WILLMANN C., TRUCHOT B., MOS A, Toxic release in tunnels – impact on user safety and possible mitigation measures, 19th ISAVFT, Brighton, sept. 2022, 15 p.
 - BURKHART J-F., BOUVATIER G., BREHM A., MARTINETTO O., Organising the process of testing and acceptance of equipment to control the opening of tunnels for operation, 19th ISAVFT, Brighton, sept. 2022, 15 p.
 - WILLMANN C., VIAGOKAS N., CHAISE C., L'évacuation des usagers en cas d'incendie de métro en tunnel — projet U-Threat, Congrès ATEC-ITS, Paris, janvier 2022, 11 p.
 - WILLMANN C., VIAGOKAS N., CHAISE C., HOFFMAN P., NASS J., projet U-Threat – Evacuation of @users from a metro train on fire in a tunnel, ITA-AITES, WTC2022, Copenhagen, sept. 2022, 5 p.

- WILLMANN C., DEFERT R., KOHL B., VAGIOKAS N., Dangerous goods Quantitative Risk Assessment Model and its updating/upgrading project, PIARC 2nd International conference on road tunnel operations and safety, Grenade, octobre 2022, 18 p.
- LUCIANI F., BORCHIELLINI R., WILLMANN C., SERGI S., COUVERT J.M., LADRE G., PONS P., Fréjus tunnel risk assessment : specifically developed Italian method combined with the French one, PIARC 2nd International conference on road tunnel operations and safety, Grenada, octobre 2022, 22 p.
- TALON D., BESSON S., Développement d'éclairages leds économes en énergie, confortables et sûrs pour l'utilisateur, PIARC 2nd International conference on road tunnel operations and safety, Grenade, octobre 2022, 25 p.
- MARTIN J-C., Fonctionnement en mode dégradé d'un poste de contrôle-commande assurant la surveillance de plusieurs tunnels, PIARC 2nd International conference on road tunnel operations and safety, Grenada, oct. 2022, 9 p.
- DOREAU MALIOCHE J., MOREAU B., BOUTEILLE S., VOLLMANN G., KLAPROTH C., THIENERT C., Underground Transport Hub Resilience to Ensure Availability and Tackle Danger – Structural Issues, ITA-AITES World Tunnel Congress, WTC2022, Copenhague, septembre 2022, 6 p.

THÈSES DE DOCTORAT EN PARTENARIAT AVEC LE CETU

- TALON Dorian, Éclairage à LED des tunnels routiers : étude de l'influence de la luminance et de la température de couleur sur la visibilité, modélisation de scénarios d'éclairage adaptatif économes en énergie asservis aux conditions environnementales et au trafic, thèse de doctorat, ENTPE, décembre 2022.
- VU Duc-Tam, Modélisation numérique du comportement des bétons de fibres métalliques sous des sollicitations multiaxiales tenant compte l'effet de l'orientation des fibres - application aux voussoirs de tunnel, décembre 2022.

AVIS TECHNIQUES CETU

- Révision du référentiel AT CETU : 5.8 Dispositifs « d'étanchéité » par Géosynthétique Bentonitique (GSB) version n° 18 – mai 2022.
- NEOPHALTE-TP, (Asphalte) Avis Technique n° 22-03, disponible sur le site internet du CETU.
- MAPEPLAN_TT, Géomembrane PVC-S, Avis Technique n° 20-10) disponible sur le site internet du CETU.

DOCUMENTS PRODUITS AVEC UNE FORTE PARTICIPATION DU CETU

- Livrable du groupe 1.4 IFC Tunnel spécifications pour extension des IFC4.3, GT 1.4 de MINnD saison 2, 41 p.
- Bétons projetés par voie mouillée pour une application définitive en ouvrage souterrain, Principes et aide à la prescription, Recommandation conjointe GT6 AFTES-ASQUAPRO, GT6R5F1, 160 p.
- Reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques nécessaires à la conception des ouvrages souterrains, Recommandation AFTES GT24, GT24R3F1, 97 p.
- Évaluations AFTES « Étanchéité et drainage innovants » (disponibles sur le site AFTES).
- Impact of new propulsion technologies on road tunnel operations and safety: case studies, PIARC, 2022, 44 p.
- Good practices in maintenance and traffic operation of heavy trafficked urban road tunnels: PIARC, 2022, 64 p.
- Bridge and tunnel strikes by oversized vehicles, PIARC, 2022, 184 p.
- Improving road tunnel resilience, considering safety and availability: a PIARC briefing note including a collection of case studies, PIARC, 2022, 200 p.

Lexique

AMO

Assistance à maîtrise d'ouvrage

ASQUAPRO

L'Association pour la Qualité du Béton Projeté

AFNOR

Association Française de Normalisation

AFTES

Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain

AITES

Association Internationale des Tunnels et de l'Espace Souterrain

ASQUAPRO

Association pour la qualité de la projection des bétons

BIM

Building Information Modelling

CEREMA

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

CERN

Centre Européen pour la Recherche Nucléaire

CIE

Commission Internationale de l'Éclairage

CMAFOAD

Le Centre Ministériel d'Appui à la Formation à Distance

CNESOR

Commission Nationale d'Évaluation de la Sécurité des Ouvrages Routiers

COSUF

Comité on Operational Safety of Underground Facilities

DIRIF

Direction des Routes d'Île-de-France

DIR

Direction Interdépartementale des Routes

DG-QRAM

Dangerous Goods Quantitative Risk Assessment Model

DGSCGC

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

DGITM

Direction Générale des Infrastructures, des Transports et des Mobilités

DREAL

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

ENTPE

École Nationale des Travaux Publics de l'État

EOLE

Est-Ouest Liaison Express

EPSF

Etablissement Public de Sécurité Ferroviaire

EUTF

European Underground & Tunnel Forum

GTFE

Groupe de Travail Francophone des Exploitants des tunnels routiers

INSA

Institut National des Sciences Appliquées

INDURA

Infrastructures Durables Rhône-Alpes

INERIS

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

INRAE

Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement

ITA-CET

International Tunnelling Association Committee for Education and Training

ITSEOA

Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art

MINnD

Modélisation des Informations interopérables pour les infrastructures durables

PIARC

Association Mondiale de la Route

STRMTG

Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés

SYTRAL

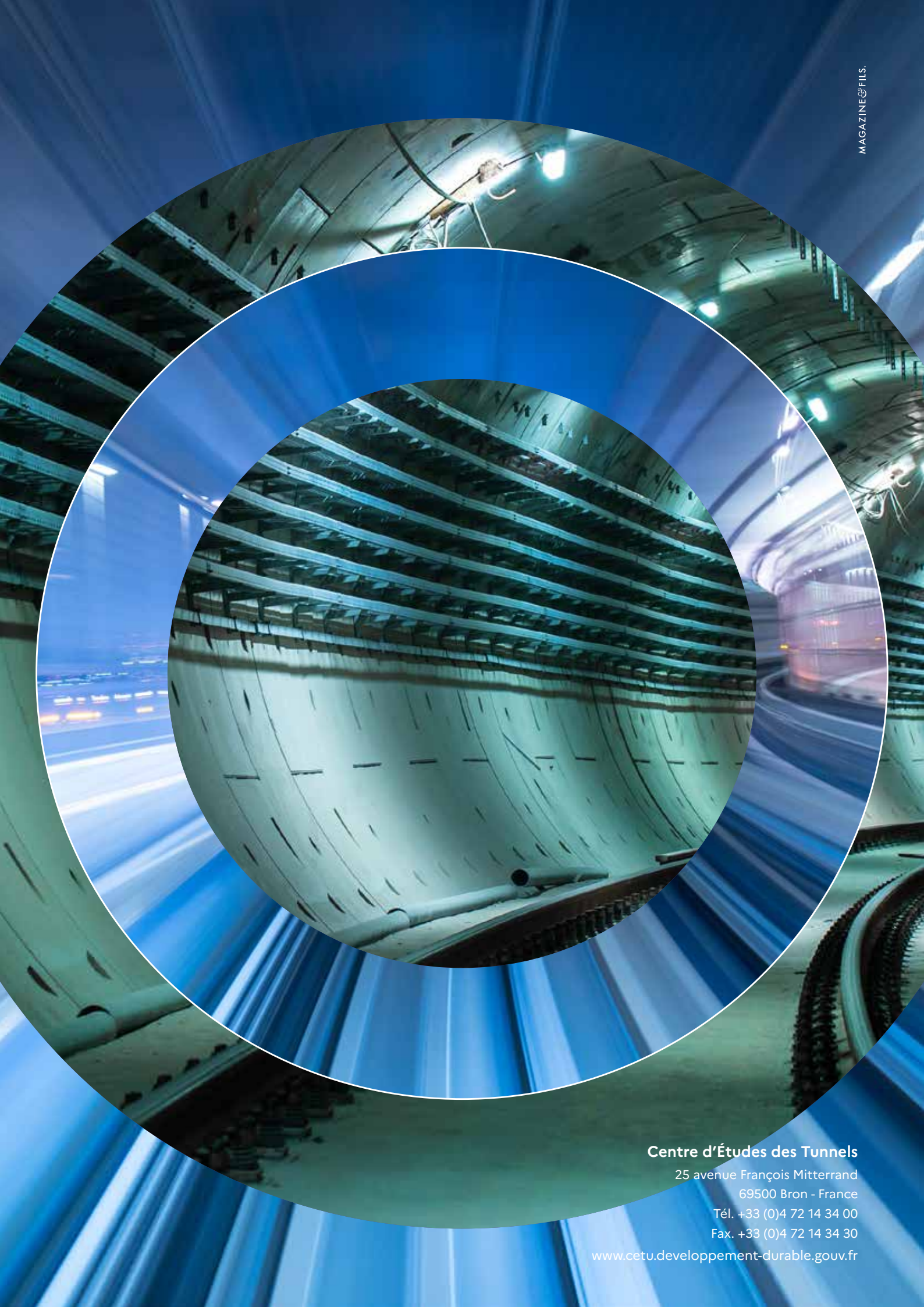
Syndicat mixte des Transports en commun pour le Rhône et l'Agglomération de Lyon

TEDET

Département de la Transition Écologique, de la Doctrine et de l'Expertise Technique

TELT

Tunnel Euralpin Lyon-Turin



Centre d'Études des Tunnels

25 avenue François Mitterrand

69500 Bron - France

Tél. +33 (0)4 72 14 34 00

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

www.cetu.developpement-durable.gouv.fr