



**MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Rapport d'activité



2021

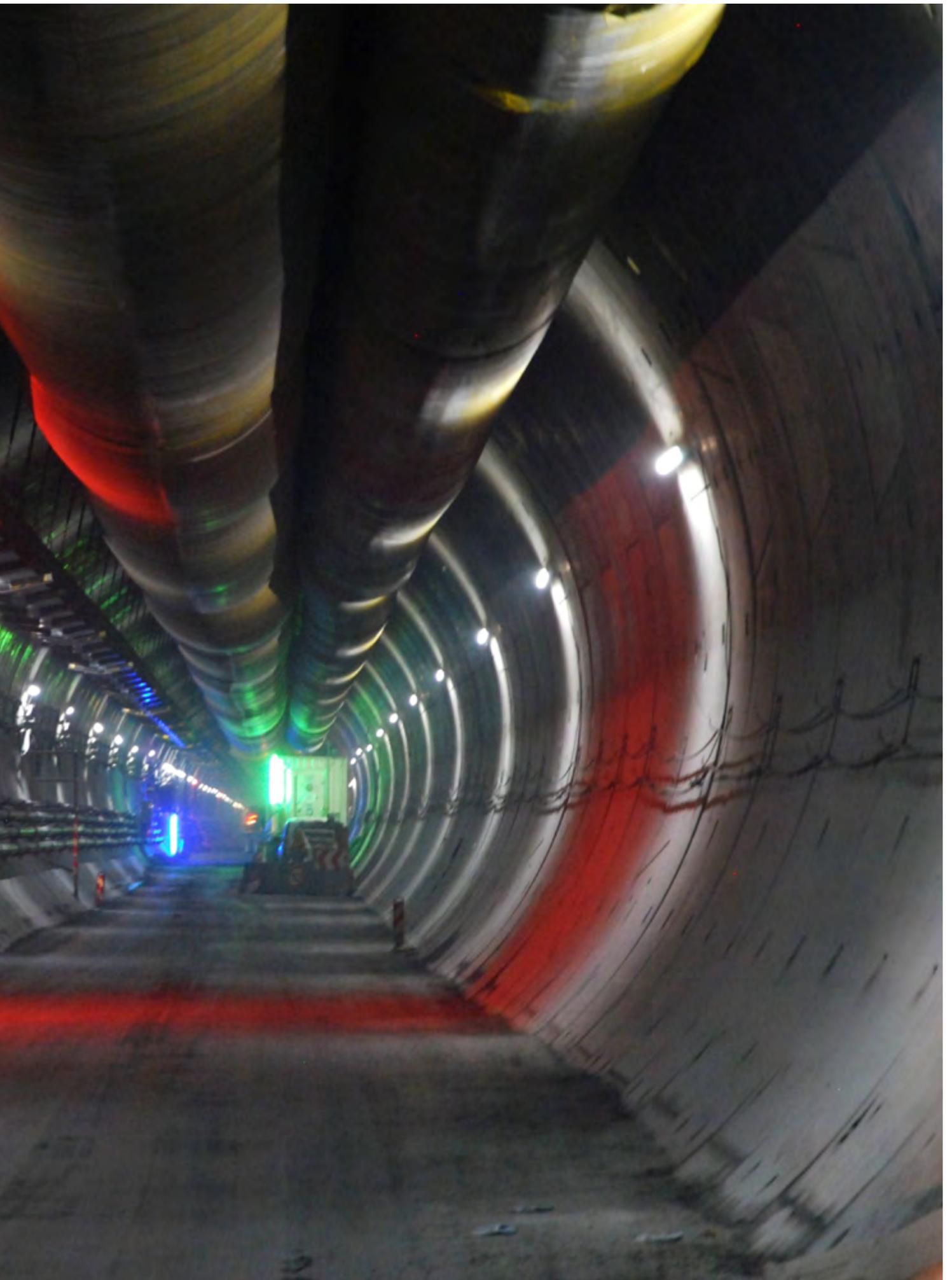


Sommaire

- 4 Organigramme
- 5 Éditorial
- 6 Le CETU,
une organisation
tournée vers
la performance
- 9 Les missions
du CETU
- 10 Définir
les règles de l'art
- 14 Approfondir
la connaissance
- 18 Animer
les réseaux
- 22 Accompagner
les projets
- 26 Accompagner
la vie des ouvrages
- 30 Publications
- 33 Lexique



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.



Organigramme

CHARGÉS DE MISSION

AVIS ET
CONTRÔLE
EXTERNE
ÉQUIPEMENTS
**Jean-Claude
MARTIN**

AVIS ET
CONTRÔLE
EXTERNE
GÉNIE CIVIL
**Gilles
HAMAIDE**

RECHERCHE
ET
PARTENARIATS
**Catherine
LARIVE**

ACTIVITÉS
INSTITUTIONNELLES
ET FORMATION
DONNÉE
Sylvie LAVEDRINE

TRANSITION DANS
LES PRATIQUES
ET DÉVELOPPEMENT
DURABLE
Laetitia d'ALOIA

PÔLES TECHNIQUES

PROCÉDÉS DE CONSTRUCTION,
MARCHÉS ET EXÉCUTION
Florent ROBERT

GÉOLOGIE, GÉOTECHNIQUE
ET DIMENSIONNEMENT
Didier SUBRIN

MATÉRIAUX, STRUCTURES
ET VIE DE L'OUVRAGE
Sébastien BOUTEILLE

VENTILATION ET ENVIRONNEMENT
Jean-François BURKHART

SÉCURITÉ
Hélène MONGEOT

EXPLOITATION
Isabelle LEROUX

EQUIPEMENTS ELECTRIQUES
ET DE GESTION
Séverine BESSON

DIRECTION

DIRECTEUR
Michel DEFFAYET

DIRECTEUR ADJOINT
Éric PREMAT

ANIMATION TRANSVERSALE

OBSERVATOIRE
ET PROGRAMME
RÉNOVATION
Sandrine BESSET

PRÉVENTION SANTÉ
ET SÉCURITÉ AU
TRAVAIL
Agnès CHERREY

APPUI TECHNIQUE
INGÉNIERIE
Serge ZAPPELLI

SECRÉTARIAT GÉNÉRAL

Cyrille BERNAGAUD

PERSONNEL ET MOYENS
GÉNÉRAUX
Laurence JARNIEUX

FORMATION
Sylvana VIZIER

UNITÉ INFORMATIQUE
ET BUREAUTIQUE
Laurent BEAUJEU

COMMUNICATION
ET ACTIVITÉS
INTERNATIONALES
Kristen DROUARD

COMPTABILITÉ
Mireille SULPIZIO

CONSEIL EN GESTION,
QUALITÉ ET INGÉNIERIE
Catherine MAISONNEUVE

DOCUMENTATION
**Armelle EMERY
Nathalie ROCHET**

Editorial

50 ans d'existence en 2021 !

En 1970, la conférence OCDE de Washington avait mis en exergue la nécessité de développer les réseaux de transport et souligné l'intérêt des solutions souterraines, en appelant la communauté à perfectionner les techniques et réduire les coûts des travaux. Fort de l'expérience acquise avec les tunnels du Mont-Blanc et de Fourvière, le noyau de compétences existant au sein de l'Organe Technique Régional de Lyon donna naissance le 1^{er} janvier 1971 au CETU. Le CETU a ensuite accompagné les grandes étapes d'extension des réseaux routiers et des lignes ferroviaires à grande vitesse, en apportant sa contribution aux évolutions technologiques majeures comme le

« À la question de la sécurité viennent s'ajouter de nouveaux enjeux : gestion du patrimoine, développement des nouvelles mobilités et transitions écologique et numérique. »

dans les tunnels avec des travaux importants de réhabilitation. L'effort de mobilisation de la communauté professionnelle a été exemplaire et l'exploitation des tunnels s'est professionnalisée de plus en plus autour de la gestion des risques et l'adaptation des moyens d'intervention en cas d'incident ou d'incendie.

Aujourd'hui, à cette question de la sécurité des infrastructures souterraines qui s'inscrit structurellement dans les missions du CETU,

déploiement du premier tunnelier à front pressurisé pour la ligne D du métro de Lyon, à la fin des années 80, technique appelée à un grand avenir et communément utilisée aujourd'hui partout dans le monde. À partir des années 2000, la priorité a été donnée à l'amélioration de la sécurité



Michel Deffayet & Éric Premat

viennent s'ajouter d'autres enjeux liés à la gestion du patrimoine d'ouvrages, au développement des nouvelles mobilités et bien sûr aux transitions écologique et numérique. Ainsi la création au 1^{er} janvier 2021 de la mission « Transition dans les pratiques et Développement Durable » traduit la volonté que le CETU soit un levier pour impulser une dynamique d'évaluation des impacts et de recherche des solutions les plus décarbonées dans tous les volets de la conception, de la construction et de l'exploitation des ouvrages souterrains. Les outils numériques, et plus globalement les démarches de type BIM, peuvent favoriser ces évolutions en facilitant l'évaluation et la comparaison des solutions.

Dans sa démarche qualité, le CETU a identifié cinq processus qui s'articulent entre eux pour faire en sorte que l'élaboration de doctrine, à partir du développement des connaissances, des retours d'expérience et du travail avec la profession, serve les projets et l'exploitation et mette en valeur le savoir-faire et les atouts de la communauté professionnelle française. Ces cinq modes d'intervention constituent la trame de ce rapport d'activité.

Nous vous souhaitons une bonne lecture et toujours beaucoup de curiosité pour le monde passionnant des souterrains.

Michel Deffayet, directeur
Éric Premat, directeur adjoint

ÉCORESPONSABILITÉ, QUALITÉ, RÉACTIVITÉ :

Le CETU, une organisation tournée vers la performance

Les missions fondamentales du CETU constituent sa raison d'être et animent l'ensemble de son collectif. Pour exercer pleinement ses missions à l'extérieur auprès des bénéficiaires et partenaires de ses interventions, le service doit pouvoir s'appuyer sur une organisation interne robuste, en recherche permanente d'amélioration. Le CETU s'est ainsi engagé dans plusieurs projets transversaux, fédérateurs et structurants, qui lui permettent de s'interroger régulièrement et de s'adapter aux évolutions du contexte et des attentes.



Être un service public ÉCORESPONSABLE

Comment penser la transition écologique dans les espaces souterrains sans s'interroger sur ses propres modes de fonctionnement ? Lorsque le CETU a réalisé son premier bilan interne des émissions de gaz à effet de serre en 2008,

il était un précurseur. Avec l'actualisation régulière de ce bilan, le CETU dispose aujourd'hui de points de comparaison solides sur l'évolution de ses émissions. Ces données précieuses permettent de mesurer l'effet des actions entreprises et

serviront aussi à moyen terme à mesurer l'effet des changements induits par la crise sanitaire, dans les déplacements en particulier, avec l'objectif de s'inscrire pleinement dans la démarche de service écoresponsable portée par l'État.

Développer un système qualité pour OPTIMISER le fonctionnement



Le CETU s'est engagé depuis plusieurs années dans une démarche qualité. En 2021, la formalisation de la cartographie des processus du service a permis de mettre en cohérence et donner du sens à l'ensemble des activités du service. Sur cette base, un diagnostic (forces, faiblesses, menaces et opportunités) a été réalisé. Il a nourri la rédaction de cartes

d'identité par processus (finalité, contexte et enjeux, parties intéressées et leurs attentes, activités et leurs produits, analyse des risques et opportunités) et la construction d'un plan d'action visant à améliorer l'organisation et le fonctionnement du service. Tous ces éléments ont été partagés avec les agents le 15 novembre 2021 à travers des ateliers par processus.

Cette journée très riche a permis aux agents d'échanger et d'exprimer leurs avis sur la mise en œuvre de la démarche. La réalisation des actions en 2022 permettra d'optimiser les modes de production du CETU et continuera à structurer le système de management de la qualité comme outil de pilotage du service.

Rester RÉACTIF et COMPÉTENT

FORMATION PROFESSIONNELLE

L'évolution permanente des pratiques et des métiers liés aux ouvrages souterrains conduit le CETU à se doter d'une stratégie de développement et de partage des compétences de ses agents. Outre la formation individuelle dont bénéficie chacun auprès des organismes spécialisés, le CETU organise chaque trimestre une journée technique interne.

La conception des équipements ou encore les nouvelles technologies de propulsion et leurs conséquences pour la gestion des ouvrages ont ainsi, entre autres, rassemblé les agents en 2021. Le partage et les échanges sur les enjeux d'aujourd'hui et de demain permettent de rechercher collectivement les meilleures réponses possibles à apporter aux interlocuteurs du CETU.



Quelques chiffres clés

50

ans d'expertise

80

agents

14

docteurs

40

ouvrages accompagnés
en moyenne par an

+70

guides et documents
techniques publiés

Les missions du CETU



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

Contribuer à l'élaboration et à la diffusion de la doctrine (référentiels réglementaires, normatifs et techniques) dans

le domaine des ouvrages souterrains fait partie de l'ADN du CETU. Afin de veiller à la bonne réalisation des opérations pour ces ouvrages (conception, construction

et exploitation), il est en effet essentiel d'élaborer et mettre à disposition de l'ensemble des parties prenantes des règles adaptées, partagées, applicables et appliquées.



Quelques produits phares EN MATIÈRE DE PRODUCTION DE DOCTRINE EN 2021

Capitaliser les bonnes pratiques et les retours d'expérience, formaliser et diffuser les règles de l'art, tels étaient les objectifs de trois documents importants qui ont été mis cette année à la disposition de la communauté des ouvrages souterrains.

Le premier document paru, par ordre chronologique, est le **guide de l'entretien du génie civil (GC) des tunnels routiers**.

Ce guide vise à apporter une aide aux personnes directement chargées de la programmation, la supervision ou la réalisation de cette activité. Si l'entretien du GC est ciblé sur un nombre assez réduit d'actions, ces dernières n'en sont pas moins importantes pour assurer la sécurité et le maintien en bon état des ouvrages.

Dans un tout autre domaine, **un document d'information sur le comportement au feu des câbles** a été publié afin de guider la profession dans l'application du Règlement Produits de Construction n°305/2011 (RPC). En effet, l'Instruction Technique (IT) encore en application est antérieure au RPC, dont l'application est obligatoire depuis 2017, et il était important de préciser la correspondance entre les exigences de l'IT et la classification actuelle du RPC.

Enfin, **le guide sur les levés géologiques et hydrogéologiques de terrain pour les ouvrages souterrains** a été publié en fin d'année 2021. Il apporte les éléments nécessaires à la préparation des missions de terrain, à la réalisation pratique des levés géologiques et hydrogéologiques, à leur interprétation, ainsi qu'à l'organisation contractuelle de ces interventions.

Outre ces trois documents disponibles en téléchargement sur son site, le CETU a contribué également à de nombreuses autres publications dans le cadre du « Référentiel Tunnels » qu'il pilote, ou encore des groupes de travail d'associations professionnelles et de commissions de normalisation auxquels il contribue en tant qu'expert, animateur ou participant.





LA NORMALISATION : PORTER LES INTÉRÊTS FRANÇAIS

En 2021, le CETU a consolidé sa participation aux commissions de normalisation sur les sujets spécifiques aux ouvrages souterrains : qualité de l'air, capteurs de CO₂, géotechnique, environnement, béton fibré, éclairage. Le CETU se mobilise par exemple fortement dans la Commission AFNOR X90X et au niveau européen pour bien faire prendre en compte les enjeux des gestionnaires dans les réflexions concernant l'éclairage de balisage.

Le 11 mai, les échanges avec Viviane Apied, Responsable Ministérielle aux Normes, ont permis de conforter le CETU dans sa stratégie pour valoriser les savoir-faire et porter les intérêts des acteurs français dans un contexte international très concurrentiel.

Améliorer la résilience des tunnels routiers

Les défaillances techniques ou les accidents peuvent contraindre l'exploitation des tunnels routiers et impacter la disponibilité de ces ouvrages, souvent stratégiques dans un réseau d'infrastructures. C'est pourquoi le CETU, au sein d'un groupe de travail de PIARC, collabore aux réflexions menées sur le concept de résilience. Un premier rapport a été publié incluant une étude bibliographique et plusieurs études de cas. L'objectif est de fournir aux maîtres d'ouvrage et aux exploitants des éléments permettant d'anticiper la gestion de situation délicate et, en cas d'événement, de continuer à exploiter l'ouvrage tout en garantissant un bon niveau de sécurité.



FAVORISER L'« ÉCO-CONCEPTION » DES OUVRAGES



Le CETU participe à un groupe de travail lancé en 2021 par l'AFGC. La production visée prendra la forme de fiches thématiques qui définiront les notions, préciseront le cadre de la réflexion et favoriseront l'écoconception des ouvrages de génie civil, dont les tranchées couvertes et ouvrages souterrains. Les recommandations, destinées aux maîtres d'ouvrage, bureaux

d'études, maîtres d'œuvre et entreprises, ont pour but de décliner les leviers potentiels pour éco-concevoir les ouvrages et :

- réduire les impacts environnementaux des matériaux et de leur transport ;
- optimiser des règles de conception et de dimensionnement des structures ;
- limiter les impacts de la réalisation des ouvrages et faciliter la valorisation des matériaux en fin de vie.

La philosophie française de la sécurité s'exporte à Bruxelles !

La ministre des Transports de la Région de Bruxelles-Capitale a sollicité auprès du Directeur Général de la DGITM l'appui du CETU afin de l'aider, en s'appuyant la philosophie française et européenne, à construire le référentiel de sécurité dans le cadre duquel tous les projets de rénovation lourde, de modification substantielle ou de construction de nouveaux ouvrages devront être réalisés. L'examen attentif de l'ensemble des dispositions de sécurité prévues a permis de montrer qu'elles étaient adaptées aux enjeux de sécurité et de nature à permettre de maîtriser le risque incendie dans le contexte des tunnels urbains à fort trafic du réseau routier de la Région de Bruxelles-Capitale.

Référentiel tunnel : un nouveau guide sur l'assainissement

Les systèmes complexes d'assainissement impactent la géométrie des tunnels et doivent être pris en compte dès le début de la conception. Tout défaut de conception ou de réalisation peut compromettre fortement le fonctionnement

de l'ouvrage, engager sa sécurité et mettre en péril sa pérennité. Sur un périmètre circonscrit aux caniveaux à fente, regards siphoniques et collecteurs des systèmes d'assainissement des ouvrages routiers, ce guide, corédigé avec la profession, fournit des

recommandations et des prescriptions sur des points spécifiques couvrant toutes les étapes de la conception à la maintenance, sans pour autant constituer un cahier des charges technique exhaustif.



Une recommandation AFTES sur l'utilisation des géosynthétiques

L'utilisation des géosynthétiques (géotextiles et autres géocomposites) s'est fortement développée ces dernières années en ouvrages souterrains,

en particulier grâce à des produits associant plusieurs fonctions : protection mécanique, drainage, arrêt d'eau provisoire...

Le Comité Technique de l'AFTES a demandé à son groupe de travail n°9 « Étanchéité et drainage des ouvrages souterrains », animé par le CETU, d'actualiser et de regrouper dans un seul document les recommandations déjà existantes relatives aux géosynthétiques de protection d'étanchéité et

aux géosynthétiques de drainage, dans les ouvrages souterrains.

Cette refonte redéfinit les caractéristiques physico-mécaniques des géosynthétiques de protection pour tous les types d'ouvrages souterrains, pour tous les procédés d'étanchéité extradossés et par type de support ou nature de remblai.

Par ailleurs, cette nouvelle recommandation définit les caractéristiques hydrauliques des géosynthétiques de drainage pour des applications provisoires ou définitives.

La prise en compte des différentes configurations rencontrées

sur le terrain rend cette recommandation applicable à tous les projets souterrains. Sa publication est prévue en 2022.



DES RÉVISIONS RÉGLEMENTAIRES SUR DE BONS RAILS !

Le retour d'expérience des ouvrages construits ainsi que les études et la réalisation de nouveaux projets ferroviaires et de transports guidés urbains ont mis en évidence la nécessité de faire évoluer la réglementation concernant la sécurité des tunnels.



Pour les systèmes de métros, le STRMTG a ainsi sollicité le CETU pour son expertise dans les domaines des câbles, de la résistance au feu, des équipements de ventilation et de désenfumage, et des dispositifs d'évacuation. Un groupe de travail, composé d'acteurs institutionnels, d'autorités organisatrices de transport et d'experts tunnels s'est réuni plusieurs fois en 2021 afin de réviser l'instruction datant de 2005.

Dans le domaine ferroviaire, le CETU a participé, sous l'égide de l'Établissement Public de Sécurité Ferroviaire et en collaboration avec le ministère de l'Intérieur (DGSCGC) à la révision de l'instruction technique interministérielle (ITI 98300).

Les nouveaux textes devraient être publiés courant 2022.

MAIS AUSSI...

La publication par le CETU d'avis techniques sur des systèmes d'étanchement.

La poursuite des travaux de normalisation sur les capteurs de gaz au sein des Comités ISO TC 146 et CENELEC.

La contribution du CETU aux travaux d'actualisation de la NF P95-102 (ouvrages en béton projeté).



Approfondir la connaissance

Pour alimenter ses contributions à l'établissement du cadre réglementaire, normatif et technique, ainsi que pour être pertinent dans son appui à la conception, la construction, l'exploitation en sécurité et la gestion patrimoniale des ouvrages

souterrains, le CETU se doit de développer le savoir et la recherche liés à ces infrastructures. À ce titre, il s'intéresse tout particulièrement à la connaissance du parc et des activités techniques et socio-économiques en travaux souterrains.

Il conduit également des actions de recherche appliquée en veillant notamment à favoriser les innovations et à impulser des dynamiques de changement en faveur de la transition écologique.



Le Grand Paris Express

ADOPTE

LES VOUSSOIRS FIBRÉS

La Société du Grand Paris a sollicité le CETU et l'Université Gustave Eiffel pour l'accompagner dans la mise en œuvre de voussoirs en béton fibré sur le Grand Paris Express. Le monotube du lot 1 de la ligne 16 est aujourd'hui construit à 70% avec ce matériau désormais proposé en variante sur les futures lignes.

Dès 2018, l'entreprise EIFFAGE a proposé **une option voussoirs fibrés pour le chantier du lot 1 de la ligne 16**. Un béton fibré est deux fois moins consommateur d'acier qu'un béton armé et ne nécessite pas d'atelier de montage des cages d'armatures. Les volumes colossaux du chantier du Grand Paris Express ont positionné cette option technique comme un enjeu environnemental et économique.

La mise en œuvre, considérée comme innovante, était un challenge et une première dans l'hexagone. La Société du Grand Paris a alors sollicité l'Université Gustave Eiffel et le CETU pour établir un partenariat de recherche et de développement afin de s'engager dans la validation de cette option technique.

L'entreprise et son préfabricant Bonna Sabla ont réalisé de nombreuses études techniques en phase amont pour retenir une formulation et un dosage en fibre adaptés. **Le maître d'ouvrage a souhaité un accompagnement continu par l'Université Gustave Eiffel et le CETU** lors de cette première étape ainsi que pour les études d'exécution. La préfabrication des voussoirs a également nécessité des spécifications et des adaptations pour le cadrage du contrôle et du suivi dans un contexte de production industrielle.

Cet ouvrage du lot 1 de 12,5 km a nécessité près de 70 000 m³ de béton pour fabriquer les voussoirs du tunnel, aujourd'hui constitués de béton fibré sur environ 70%



Ligne 16 : Poussée des vérins sur voussoirs fibrés.

du linéaire. Le suivi détaillé et les expertises menées lors de la pose ont permis de conclure à une qualité technique équivalente à une solution traditionnelle en béton armé.

Ce contexte facilite le montage de travaux de recherche pour progresser sur la connaissance de ce matériau. Une thèse est d'ailleurs en cours pour établir les lois de comportement spécifiques et développer les outils de calcul permettant de compléter la justification des études d'exécution. Ces outils doivent permettre d'optimiser le dimensionnement des voussoirs fibrés.

À noter que les lots 2 et 3 de la ligne 16 et les lots de la ligne 18 sont également en cours d'étude ou de réalisation avec des voussoirs en béton fibré.



Embarquement immédiat !



Les mesures de pollution en tunnel, réalisées traditionnellement par l'installation d'un analyseur en un point donné, ne permettent pas de connaître la réelle exposition des usagers, car les niveaux de pollution fluctuent tout au long du tunnel. Pour cette raison, le CETU développe actuellement un véhicule instrumenté destiné

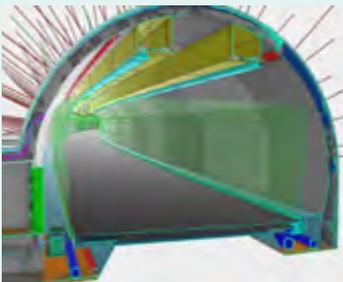
à mesurer les niveaux de polluants en temps réel. Une première expérimentation a été réalisée avec un opacimètre. Les relevés obtenus ont été comparés aux valeurs des opacimètres fixes du tunnel et les résultats obtenus sont encourageants. La suite du projet vise à développer une alimentation électrique renforcée sur le véhicule et à ajouter des analyseurs supplémentaires.

MATÉRIAUX EXCAVÉS : DEUX POSTDOCTORATS MENÉS AU CETU

Laetitia Mongeard (ENS Lyon) a terminé en 2021 sa recherche sur l'analyse territoriale pour la mise en place d'une filière de valorisation des matériaux excavés en travaux souterrains avec une application au projet Future Circular Collider du CERN. Ce travail, cofinancé par le SGAR AURA, sera actualisé en 2022 par l'ENS. Parallèlement, Jérémy Rodrigues (École des Mines de Saint-Étienne) a terminé l'élaboration d'un guide sur l'Analyse du Cycle de Vie appliquée à l'évaluation des impacts sur l'environnement des scénarios de gestion des matériaux excavés. Ce travail, soutenu par l'ADEME, a fait l'objet d'un cas d'application sur le prolongement du métro B de Lyon avec l'appui du SYTRAL.

Le Building Information Modelling au CETU : c'est parti !

Fin 2021, le CETU s'est lancé dans la réalisation de maquettes numériques BIM pour les tunnels d'Oloron Sainte Marie (projet d'ouvrage neuf) et Butte d'Osse (ouvrage existant). L'objectif est de tester en conditions réelles les avantages et les limites des outils BIM, de traiter les interfaces génie civil et équipements et d'intégrer, le cas échéant, les éléments « sol » et « avoisinants ». Ces deux projets ont été choisis pour leur relative simplicité et pour leur éventail de



fonctionnalités et problématiques. Cette expérimentation permettra de faire évoluer les méthodes collaboratives des équipes projet, ainsi que les compétences et outils du CETU.

TRAINS À HYDROGÈNE : ÉVALUER ET MAÎTRISER LES RISQUES



L'État, SNCF et quatre régions se sont engagés à faire circuler à partir de 2025 14 rames de train hybride hydrogène/électrique. Certaines lignes identifiées ont des tunnels de longueur assez importante.

Or, l'hydrogène peut comporter des risques d'incendie ou d'explosion qui seraient aggravés s'ils se produisaient en tunnel. Le ministère chargé des Transports a donc institué un groupe de travail, co-piloté par le CETU et l'EPSF (Établissement Public de Sécurité Ferroviaire), qui s'assurera que les dispositions techniques et d'exploitation prévues permettent à ce mode de propulsion innovant d'assurer le haut niveau de sécurité exigé sur le réseau ferroviaire français et en particulier dans ses tunnels.

L'innovation au service des inspections

Des outils innovants émergent pour l'inspection du génie civil des tunnels, visant notamment la réduction du temps passé à relever les désordres sur le terrain. Comment ces outils peuvent-ils trouver

leur juste place dans les inspections détaillées définies par l'ITSEOA ? Pour le savoir, en 2021 le CETU a lancé des essais en partenariat avec la DIR Centre Est, le département de la Savoie et trois sociétés

proposant différents outils. Le potentiel et les limites des outils testés sont évalués en comparant les résultats à ceux obtenus par la Centrale d'Inspection du CETU, selon la méthode traditionnelle.

Fort de cette expérience, le CETU formulera des recommandations sur l'utilisation de ce type d'outil dans le cadre des inspections.

Une année féconde pour le projet TULIP !

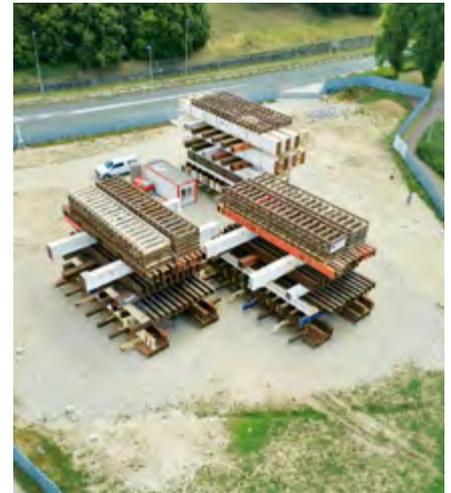
L'année 2021 a vu trois avancées significatives concernant l'estimation de l'impact des tunneliers à fronts pressurisés sur des fondations profondes :

- la soutenance de la thèse CETU/ENTPE de Soukaina El Jirari qui a permis de développer une procédure de modélisation numérique 3D des déplacements induits dans le terrain par ce type de machine ;
- l'exploitation des résultats de l'expérimentation en vraie grandeur développée par le CETU, la SGP, l'ENTPE et l'Université Gustave Eiffel, sur la ligne 16 du Grand Paris Express où trois pieux ont été instrumentés. Plusieurs

résultats nouveaux ont été obtenus concernant l'interaction tunnelier-terrain-pieux par les deux doctorants du projet TULIP, Agathe Michalski (CETU/ENTPE) et Wassim Mohamad (Université Gustave Eiffel) ;

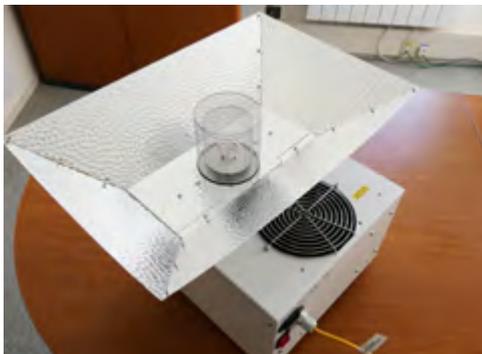
- l'organisation d'un exercice de prévision de l'impact du tunnelier sur un des trois pieux. Mobilisant 19 équipes, il a permis de confirmer que le sujet n'est pas trivial : les approches utilisées sont variées et la dispersion des résultats obtenus significative. Les développements numériques se poursuivent, avec comme objectif la publication d'une synthèse globale des

enseignements tirés du projet TULIP à l'été 2023.



Vue aérienne de l'expérimentation.

ÉTUDES DE TECHNOLOGIES D'ÉCLAIRAGE INNOVANTES



La majorité des tunnels est encore équipée d'éclairages traditionnels (sodiums, fluo). Ces équipements constituent souvent le premier poste en tunnel en termes de consommation d'énergie et de production de déchets. C'est pourquoi,

depuis 2016, une réflexion sur des technologies d'éclairage alternatives adaptées aux tunnels est menée en partenariat avec l'Université de Toulouse Paul Sabatier III (LAPLACE). Les objectifs de cette réflexion commune sont d'identifier des technologies innovantes, de calculer leurs impacts environnementaux, de les comparer à ceux des sources traditionnelles et de mettre au point un outil qualitatif d'aide au choix des technologies d'éclairage en fonction du besoin en tunnel.

Les études réalisées ont déjà permis d'identifier que les luminaires à induction et à plasma ont des caractéristiques intéressantes pour un usage en tunnel, tant sur le plan de la photométrie que de leurs consommations électriques. Elles se poursuivront en 2022 avec l'étude de luminaires LED, technologie actuellement généralisée dans la rénovation de l'éclairage des tunnels. Cette dernière étape permettra de disposer d'une analyse de cycle de vie de chacune des technologies étudiées afin de pouvoir les comparer.

MAIS AUSSI...

Des réflexions sur les impacts potentiels de la circulation en tunnel des systèmes de transport intelligents.

La poursuite de la collaboration au projet européen FCCIS (Future Circular Collider Innovation Study) porté par le CERN.

Le lancement des études concernant le remplissage du vide annulaire dans les ouvrages forés au tunnelier.

La poursuite de l'accompagnement d'innovations dans le domaine des bétons fibrés à ultra-haute performance.

La co-organisation avec PIARC et COSUF d'un webinaire sur les nouveaux modes de propulsion en octobre 2021.



Animer les réseaux

Participer à la sécurité des ouvrages souterrains et les inscrire dans une dynamique de développement durable : tels sont les défis qui se présentent aux professionnels du domaine au quotidien. Répondre aux attentes des usagers, réduire l'empreinte environnementale des ouvrages et de leurs équipements, optimiser

et pérenniser le patrimoine des ouvrages routiers, ferroviaires ou fluviaux : autant de questions débattues et traitées dans les instances réglementaires (comités de sécurité des tunnels transfrontaliers, CNESOR), dans les associations professionnelles au niveau national ou international ainsi que dans le cadre des formations

professionnelles. Pour être au plus proche des préoccupations de tous les acteurs du domaine et pouvoir adapter constamment leur programme de travail en fonction des besoins et des enjeux, les agents du CETU s'impliquent pleinement dans ces différentes missions.



Une contribution soutenue À UNE ANNÉE AFTES BIEN REMPLIE

Le confinement imposé n'a pas empêché l'année 2021 d'être très active pour l'AFTES et aussi, par conséquent, pour tous les acteurs CETU impliqués dans ses actions. La préparation du congrès bien sûr, mais aussi l'avancement des travaux des groupes et comités ont été parmi les plus prenantes...

Ce n'était pas gagné d'avance, mais le **congrès 2020 de l'AFTES**, finalement reporté aux 6-8 septembre 2021, a pu bénéficier d'une période d'accalmie dans l'épidémie, et permettre ces retrouvailles tant attendues de toute une profession qui, en prise avec un programme de travaux souterrains particulièrement lourd depuis plusieurs années, avait hâte de se retrouver et faire découvrir ses chantiers les plus emblématiques. Une occasion aussi de mettre en exergue les avancées et les nombreuses innovations que la dynamique actuelle de notre profession suscite. Elles constituaient le thème central du congrès, avec un focus sur les travaux exceptionnels menés en région parisienne sous la houlette de la SGP, de SNCF Réseau ou de la RATP. Ce n'est pas la matière qui manquait !

Le CETU a contribué au montage et à l'animation de ce congrès. Il a présenté également plusieurs communications sur ses travaux en propre ou ceux qu'il anime au sein de l'AFTES. Son stand a été, trois jours durant, un point de rassemblement et d'échanges.

La communication passe aussi par la **publication régulière d'articles** dans la revue Tunnels et Espace Souterrain. Le CETU a été présent dans chacun des numéros de l'année 2021, avec un rôle de coordonnateur du dossier spécial publié en octobre et consacré aux tunnels visitables de petit diamètre.



L'équipe du CETU présente au congrès AFTES en septembre 2021.

L'effort se porte aussi sur la **seconde collection de l'AFTES**, à savoir l'édition des recommandations, aboutissement de plusieurs mois, voire plusieurs années de labeur des groupes de travail. Ce sont des textes souvent reconnus comme majeurs au sein de la communauté française et au plan international. Le CETU est impliqué dans 16 groupes de travail et en anime 8, dont plusieurs assez lourds du fait de la multiplicité des participants ou de la diversité des intérêts en jeu. L'année 2021 a vu la publication de 3 recommandations très attendues et 5 sont en voie de l'être rapidement.

Un bilan finalement pas si mal pour une année tout de même bien chahutée !



UNE FORMATION EN LIGNE POUR LES CHEFS DE CIGT

Le CETU travaille avec le CMAFOAD (Centre d'appui ministériel de formation à distance) à la création d'une formation à distance pour les chefs de CIGT des DIR exploitant des tunnels. Cette formation complétera la formation « Prise de poste » et apportera des connaissances sur les enjeux et les principes de l'exploitation en sécurité des tunnels routiers. Elle traitera également des missions et obligations quotidiennes d'un chef de CIGT exploitant des tunnels. Le CETU a élaboré le synopsis de la formation avec le CMAFOAD, puis en a écrit le contenu pédagogique. Le CMAFOAD va maintenant intégrer ce contenu dans un média adapté, afin de rendre la formation plus vivante. Rendez-vous en 2022 pour la découvrir !

Un partenariat PFC-CETU au service des compétences

Depuis très longtemps, Ponts Formation Conseil (PFC) et le CETU sont très fortement impliqués dans la diffusion des connaissances et l'accompagnement de tous les acteurs publics et privés agissant sur les champs des ouvrages souterrains, pour les aider à relever les défis réglementaires, environnementaux et technologiques qui s'imposent à eux. Les deux organismes ont signé une convention de partenariat pour renforcer leur contribution au développement des compétences au sein de la profession. Ce partenariat permettra de consolider les liens entre les professionnels qui suivent les formations et un service technique d'État spécialisé dans la production de doctrine, de méthodes et d'outils.

LES FORMATIONS ITACET CONNAISSENT UN BEAU SUCCÈS !



Depuis de nombreuses années, le comité ITA-CET de l'AITES organise en collaboration avec la Fondation ITACET des formations pour la communauté professionnelle

des tunnels. Le CETU co-anime le comité ITA-CET et s'investit fortement dans le choix du contenu pédagogique des formations et des intervenants, pour la plupart très actifs au sein des groupes et comités de l'AITES. La crise sanitaire a conduit à adapter le format des formations et 2021 a vu la naissance de courtes formations en ligne, avec un rythme d'une session par mois. Gratuites, elles couvrent de nombreuses thématiques. Fortes de leur succès, ces formations se poursuivront en 2022. Visitez www.itacet.org pour plus d'informations.

La géotechnique au cœur des réseaux professionnels

Au centre des préoccupations des constructeurs, les associations professionnelles et savantes (CFGI, CFMS, CFMR) fédèrent la communauté géotechnique en couvrant les domaines de la géologie, de l'hydrogéologie, de la mécanique des sols et des roches. Présent dans leur gouvernance, le CETU facilite les liens avec la profession des travaux souterrains, tout particulièrement au sein de l'AFTES. Un constat manifeste : les actions communes se multiplient avec des séances scientifiques et techniques ou des groupes de travail conjoints, les prix J. Goguel, J. Kérisel, P. Londe, attribués à de jeunes chercheurs et professionnels et remis à l'occasion des JNGG, des organes de communication tels les revues RFG et TES, ainsi que des groupes Jeunes très actifs.



Affluence au webinar PIARC France-CETU

Le 15 avril, plus d'une centaine de maîtres d'ouvrage, exploitants et équipementiers ont participé à un webinar coorganisé par PIARC France et le CETU sur l'exploitation durable des

tunnels routiers. Ce webinar a focalisé sur deux aspects des travaux réalisés par le Comité « Exploitation des Tunnels Routiers » de PIARC, auquel le CETU participe activement.

Ont été présentés le modèle d'évaluation quantitative des risques pour le transport de marchandises dangereuses dans les tunnels routiers (QRAM) et la méthode FMDS pour maîtriser

la fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité des équipements des tunnels routiers. L'enregistrement est disponible sur la chaîne You Tube de PIARC France.

La CNESOR publie son bilan 2013-2017

Le bilan d'activité de la Commission Nationale d'Évaluation de la Sécurité des Ouvrages Routiers (CNESOR) sur la période 2013-2017 est paru en janvier 2021.

Ce document présente le bilan de l'activité de la commission et synthétise les principaux enseignements des dossiers examinés sur la période concernée, sans reprendre ceux déjà présentés dans les précédents bilans d'activité (périodes 2006-2008 et 2009-2012), sauf si des compléments ou aspects nouveaux méritaient d'être explicités.

Ce rapport apporte, à l'exploitant et aux autres acteurs de la sécurité, un éclairage sur les conditions de mise en œuvre de la réglementation, au-delà de la stricte application d'une instruction technique conçue pour fixer les principes de référence. Après avoir abordé des sujets relatifs aux dispositions techniques durant les précédentes périodes, la CNESOR a été amenée à s'exprimer plus souvent sur la vie des ouvrages et leurs conditions d'exploitation. Le document est disponible sur le site Internet du CETU, dans la rubrique « Sécurité des tunnels ».



TENDE : UNE FORTE IMPLICATION CETU AU COMITÉ DE SÉCURITÉ

Tende, tunnel transfrontalier entre la France et l'Italie, est administré par une Commission Intergouvernementale (CIG) assistée par un comité de sécurité. Le CETU assure la présidence de la délégation française au sein de ce comité franco-italien qui émet à la demande de la CIG, ou de sa propre initiative, des avis sur les questions liées à la sécurité dans le tunnel actuel et dans le cadre de la réalisation du tunnel neuf.

Comportant actuellement un tube, Tende en aura deux à la fin du chantier en cours. Hélas, fin 2020, la tempête Alex a dévasté la plateforme française. Les travaux ont été interrompus et le projet initial a dû être modifié. Plusieurs propositions ont été élaborées et d'un travail principalement consacré au suivi de l'exploitation du tube existant, le comité de sécurité s'est alors investi dans l'examen des aspects sécurité du projet modificatif.

MAIS AUSSI...

La poursuite du rôle de vice-président de ITA-COSUF et la contribution à plusieurs groupes de travail de l'AITES.

L'organisation de journées techniques à destination du personnel GEIE-GEF sur la surveillance du génie civil du tunnel routier de Fréjus.

L'organisation d'une formation sécurité pour les personnels des services routiers.

La contribution aux activités du Cluster Lumière.

La participation aux activités de la Société Industrie Minérale.



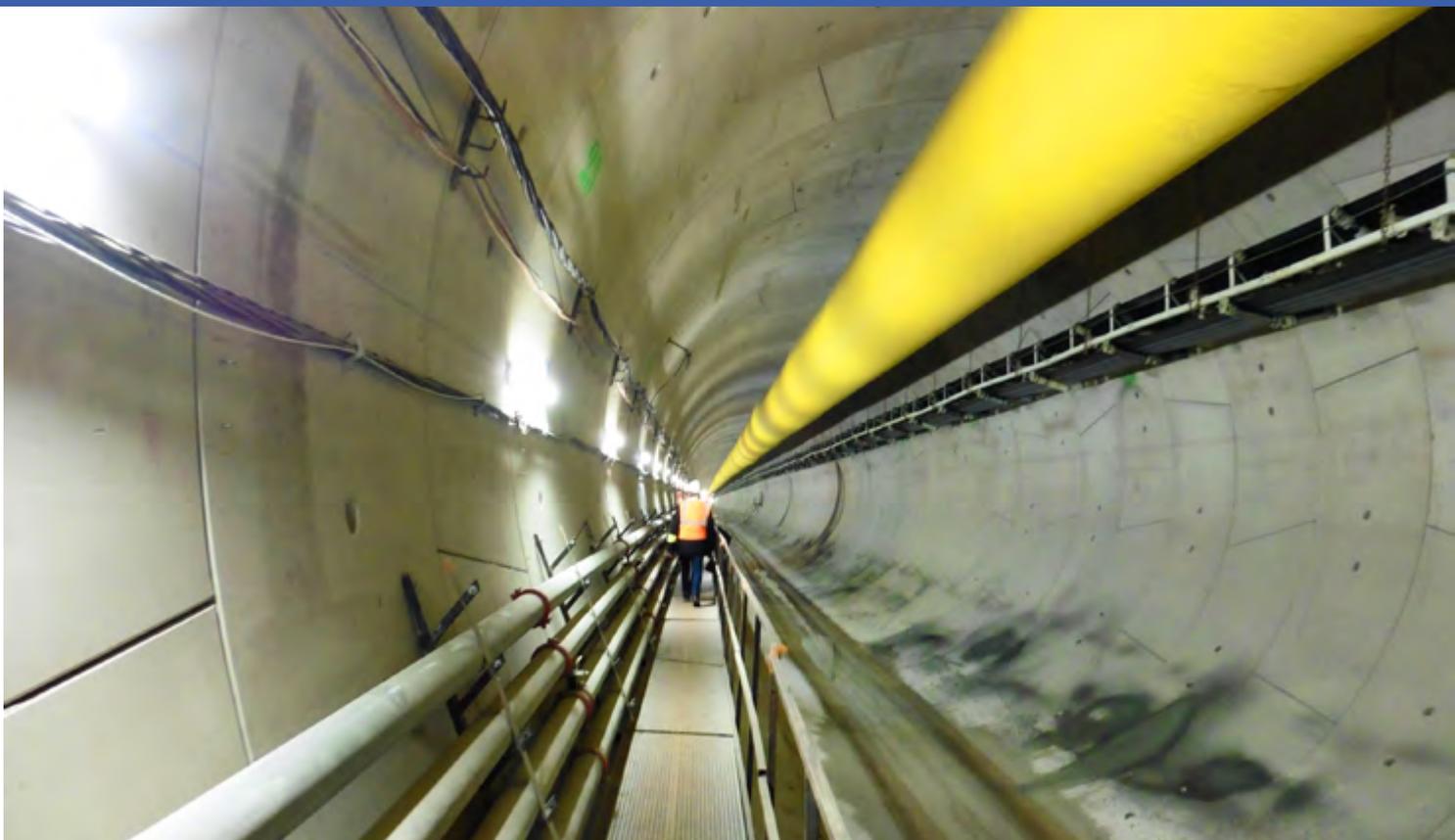
Accompagner les projets

Le CETU reste très présent dans les opérations sur le réseau routier national non concédé (RRN NC). En 2021 ont été terminées l'étude préalable du tunnel de Quié dans l'Ariège et l'étude de projet du tunnel d'Oloron-Sainte-Marie dans les Pyrénées-Atlantiques. Par ailleurs, plusieurs interventions ont été poursuivies pour

la réhabilitation d'ouvrages en service comme le tunnel de la Grand-Mare en Seine-Maritime, les tranchées couvertes de Firminy dans la Loire et de Hayange en Moselle.

De plus, la préparation des travaux de réparation de la galerie technique du tunnel du Bois de Peu dans le Doubs a été achevée. À côté des interventions nombreuses sur le RRN NC,

le CETU apporte toujours son expertise auprès de plusieurs maîtres d'ouvrage d'opérations nouvelles, soit ferroviaires tels que SNCF Réseau à Paris pour EOLE et à Marseille pour la ligne nouvelle Provence-Côte-d'Azur, soit de transports guidés urbains tels que la Société du Grand Paris et Île-de-France Mobilités.



Timing cadencé POUR UN TUNNEL À QUIÉ (ARIÈGE)

Le projet de déviation de Tarascon-sur-Ariège fait l'objet d'une volonté politique forte de le voir aboutir rapidement. Maître d'ouvrage délégué, la DREAL Occitanie a planifié les études pour répondre à cette attente. Il en résulte des délais serrés, tant sur la production de l'étude préalable d'ouvrage d'art du tunnel, portée par le CETU, que sur la production des études de projet et DCE.



Tracé figuratif du futur tunnel de Quié.

Le timing est serré, mais le sujet technique n'en est pas moins complexe !

Des reconnaissances réalisées en 2018 à Quié avaient mis en évidence de grandes incertitudes sur la connaissance des terrains. Les risques qu'elles engendraient empêchaient alors le CETU de statuer sur la faisabilité des variantes tunnel notamment au droit de trois potentielles singularités géologiques (glissement de versant, sillon glaciaire et terrains très défavorables). L'établissement de l'étude préalable d'ouvrage d'art (EPOA) du tunnel nécessitait ainsi de nouvelles reconnaissances directement ciblées sur ces trois singularités. Cette position a été partagée par la DREAL Occitanie qui a lancé en 2020 les reconnaissances préconisées par le CETU. Malgré la livraison des résultats

des reconnaissances en retard, le CETU les a exploitées et intégrées pour mener à bien l'EPOA dans le planning initial avec une livraison en juillet 2021. Sur le fond, il en ressort finalement que les trois variantes envisagées sont faisables techniquement. Des coûts prévisionnels ont été estimés ainsi que des provisions pour risques qui demeurent importantes même avec ces reconnaissances nombreuses : le passage d'une zone centrale reste délicat avec des informations encore insuffisantes.

En parallèle à cette production, le CETU a assisté la DREAL Occitanie pour le recrutement d'un maître d'œuvre via une procédure de négociation. Ces séances de négociation ont eu lieu en novembre et la désignation doit intervenir dans le premier trimestre 2022.



Le tunnel du « Bois des Chênes » se modernise

Le tunnel du Bois des Chênes sur la commune de Hayange est géré par la DIR Est. Le CETU accompagne le Service Système et Réseaux depuis 2017 dans la rénovation de cet ouvrage autoroutier de 296 mètres. Proche de la limite de 300 mètres réglementaires, le programme de rénovation a été adapté avec l'installation de barrières, de PMV et de plots lumineux, la mise en place de capteurs d'air, mais aussi la mise en peinture des piédroits et la rénovation de l'alimentation électrique. En 2021, le CETU a apporté son aide pour l'élaboration d'un dossier de sécurité simplifié et la rénovation de la Gestion Technique Centralisée. L'année 2022 verra la fin du projet avec la mise en service de cette dernière.



Bois de Peu : les travaux vont démarrer

La galerie technique du tunnel de Bois de Peu doit être renforcée et étanchée pour préserver les équipements et réseaux qui y sont installés. Le CETU accompagne la DIR Est depuis 2018 pour cette opération. Après le diagnostic puis la définition du projet, l'année 2021 a été consacrée à la passation du marché de travaux.

Les moyens nécessaires pour ces travaux spéciaux en milieu confiné et l'exiguïté des espaces aux têtes de l'ouvrage sont contraignants et influencent le coût du chantier et l'exploitation de la RN57.

Après un premier appel d'offres infructueux, une seconde consultation a permis de sélectionner un groupement d'entreprises pour réaliser les travaux dès le printemps 2022.

Tranchée couverte de Marange-Silvange : dernière ligne droite !



Après trois ans de travaux, la tranchée couverte de Marange-Silvange est dans la dernière ligne

droite pour la mise en place des équipements d'exploitation et de sécurité. L'assistance du CETU pour la réalisation des travaux s'est poursuivie en 2021, avec plus spécifiquement la préparation des essais. Le CETU a accompagné la DIR Est lors de la réalisation des essais en usine de la future GTC supervision et a réalisé les mesures de performance d'une section d'essai d'éclairage. Les essais sur site se poursuivent en 2022 avec pour objectif une mise en service de la tranchée couverte au printemps.

ÉTABLIR LA FAISABILITÉ D'UN TRAMWAY EN SOUTERRAIN



T 10

Le prolongement du tramway T10 de Clamart vers une gare du Grand Paris Express s'inscrit dans un milieu complexe

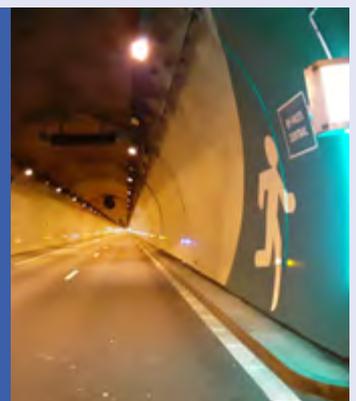
du fait de la forte densité urbaine, de la topographie du site et du contexte géologique avec la présence de carrières souterraines. Le CETU a accompagné Île-de-France Mobilités, maître d'ouvrage du projet, pour le pilotage du dossier d'objectifs et de caractéristiques principales (DOCP). Le CETU a ainsi proposé des notes de cadrage des prestations des bureaux d'études techniques, précisant les objectifs pour établir la faisabilité des variantes en souterrain. Il a ensuite suivi ces prestations et conseillé le maître d'ouvrage sur l'application des recommandations de la profession.

Sécurisation du tunnel de la Grand'Mare

Le tunnel de la Grand'Mare est un élément stratégique du réseau routier de l'agglomération rouennaise (40 000 véhicules par jour). Divers travaux de mise en sécurité y ont été menés depuis 2009. Ce projet est maintenant entré dans sa phase finale de rénovation

lourde, avec notamment la création de sept nouvelles issues de secours et le renouvellement d'une grande partie des équipements, d'ici fin 2023. Ces aménagements permettront une sécurisation de l'ouvrage en adéquation avec

l'importance du trafic. Le CETU a assisté la DIR Nord-Ouest, maître d'ouvrage, pour des étapes majeures du projet en 2021 : la rédaction du dossier de consultation des entreprises et l'appel d'offres travaux.



Grand Paris Express : accompagner la valorisation des matériaux excavés

La mission Transition dans les pratiques et Développement Durable (TPDD) du CETU est AMO de la SGP au sein du groupement NEOCE qui réunit NÉO-ECO (mandataire), le CETU, le CEREMA, le CERIB et BURGEAP (sous-traitant).

L'accord-cadre a été signé en 2020 pour une durée de deux ans renouvelable. Il porte sur l'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la mise en œuvre de la stratégie d'entreprise, du programme d'innovation, la valorisation des terres du GPE et l'optimisation des ouvrages



Réunion du groupement NEOCE, oct. 2021.

de la Société du Grand Paris » et concerne le lot 2 : « Recyclage et valorisation des matériaux excavés ».

En 2021, le CETU a participé à plusieurs missions, notamment sur le traitement des marins de tunnelier, l'appui réglementaire, la relecture du guide écomatériaux et a pris le pilotage de la mission

7 sur « Benchmark "Best Practice" - Valorisation des terres ». Cette mission visait à faire bénéficier le GPE des meilleures pratiques et innovations en matière de gestion et valorisation des matériaux excavés d'autres projets souterrains. Le CETU a ainsi réalisé un bilan des retours d'expérience sur d'autres grands projets afin de vérifier leur intérêt et transposabilité au GPE tout en tenant compte du contexte réglementaire en vigueur.

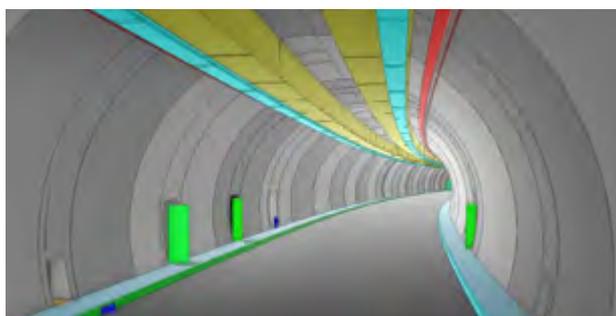


TUNNEL D'OLORON-SAINTE-MARIE : UNE CONCEPTION DERNIER CRI !

Le projet de tunnel d'Oloron-Sainte-Marie s'inscrit dans le contournement de la ville, d'une longueur d'environ 3,6 km, sur la RN 134 au sud de Pau. Il a pour objectif d'améliorer le cadre de vie et la sécurité des riverains de cette commune et de faciliter la liaison entre Pau et l'Espagne par le tunnel du Somport.

Le CETU a finalisé la conception détaillée du tunnel de 450 m de longueur et a livré le Projet d'Ouvrage d'Art à la DREAL Nouvelle-Aquitaine. La prochaine étape est le recrutement d'un maître d'œuvre pour finaliser la conception à l'échelle de l'ensemble de la déviation et assurer une mission complète de maîtrise d'œuvre.

L'équipe projet du CETU a impliqué l'ensemble des pôles techniques et une quinzaine d'agents. Ce projet fut l'occasion de mettre en pratique à ce niveau d'étude les doctrines élaborées au CETU pour le management des risques, la gestion des matériaux excavés (et la rédaction d'un cahier A3/B3 relatif à l'environnement humain et naturel) ou encore pour les estimations des ouvrages neufs, y compris la provision pour risques identifiés.



Maquette BIM du tunnel d'Oloron.

MAIS AUSSI...

La mise en sécurité des tunnels du Rousset et de Boulc dans le cadre d'une assistance au Conseil Départemental de la Drôme.

Une assistance à la DREAL Grand Est dans le cadre des études préalables du contournement autoroutier de Thionville (A31 bis).

Une assistance à la DIR Centre Est pour la mise à niveau de l'éclairage de la tranchée couverte du Rondeau et la mise en sécurité de la tranchée couverte de Firminy.



Accompagner la vie des ouvrages

Le CETU contribue à la bonne gestion du patrimoine des tunnels et à leur exploitation en sécurité. Traitant à la fois les aspects génie civil et équipements, il apporte aux exploitants, aux maîtres d'ouvrage et aux autorités administratives des solutions pour :

- connaître l'état et la performance des ouvrages et de leurs équipements, afin de programmer les actions nécessaires ;

- optimiser les coûts d'exploitation, de maintenance et de réparation ;
- mettre en œuvre de nouveaux modes d'organisation ;
- faire face aux évolutions du trafic.

Dans une vision prospective et novatrice, le CETU continue à s'investir dans :

- la conception de méthodes d'inspection, de maintenance et de

réparation limitant l'impact sur l'exploitation ;

- la mise en place d'une démarche de professionnalisation continue de l'exploitation ;
- le déploiement de systèmes de gestion de la sécurité efficaces et pérennes ;
- un accompagnement pour prendre en compte l'émergence de nouveaux risques.



Échanges entre exploitants : LE GTFE ET LE COMITÉ TUNNELS S'ADAPTENT !

Respectivement animé et co-présidé par le CETU, le GTFE et le Comité Tunnels ont su adapter le format de leurs rencontres en 2021 et ainsi maintenir les échanges tant appréciés par les exploitants de tunnels routiers.

Animé par le CETU, le GTFE (Groupe de travail francophone des exploitants de tunnels routiers) permet à ses membres de se rencontrer deux fois par an pour échanger sur différentes thématiques à enjeux.

Malgré la crise sanitaire, qui a compromis l'organisation de réunions physiques au premier semestre de 2021, les membres ont pu se réunir le 27 mai pour un webinaire sur le sujet de la fermeture des tunnels.

Cet événement a permis de mettre en évidence et mieux comprendre le comportement de certains usagers qui ne respectent pas les consignes données lors d'une fermeture. Il a également permis de mieux appréhender les problèmes d'accès aux tunnels rencontrés par les pompiers lors d'un événement. Enfin, les différentes façons de gérer la congestion pour éviter la fermeture ont été abordées. Les échanges sur ces questions ont été riches d'enseignements et regroupés dans « Les Actes du GTFE », disponibles en téléchargement sur le site internet du GTFE (<https://gtfe.fr>).

La seconde rencontre 2021 du GTFE a pu se tenir les 7 et 8 octobre à Rouen, à l'invitation de la DIR Nord-Ouest. La première journée a permis d'échanger sur les systèmes de gestion de la sécurité (SGS) et s'est terminée par une visite du tunnel de la Grand'Mare. Les interventions des exploitants ont montré les bénéfices de la mise en œuvre des SGS dans la démarche globale de sécurité initiée depuis 20 ans dans les tunnels routiers.



Les participants de la réunion du GTFE à Rouen.

Le Comité Tunnels co-présidé par le conseil départemental de la Savoie et le CETU réunit les collectivités exploitant des tunnels routiers. En raison de la crise sanitaire, il s'est réuni en format webinaire le 24 juin sur le sujet de la constitution du dossier de sécurité d'un ouvrage.

Les 1^{er} et 2 décembre 2021, le Département du Doubs a invité les membres à assister à une réunion en présentiel à Besançon sur le sujet des tunnels courts et/ou à faible trafic. Cette réunion, qui s'est terminée par la visite du tunnel de Champlive, a permis d'échanger sur la façon d'assurer la sécurité dans ce type de tunnel, tout en s'adaptant aux enjeux qu'ils représentent.



LE PC OSIRIS S'ÉQUIPE D'UN SIMULATEUR

La DIR Centre Est a demandé au CETU de l'accompagner dans la définition d'un simulateur du superviseur du PC Osiris à Albertville. L'objectif est de disposer d'un outil permettant une utilisation en autonomie par les opérateurs souhaitant tester des commandes et une utilisation avec l'intervention d'un formateur qui anime un scénario et évalue l'opérateur. Afin que l'outil qui sera développé réponde aux mieux aux besoins de la DIR, ont été réalisés un benchmark, des visites de simulateurs utilisés par d'autres exploitants et des ateliers associant directement les opérateurs. Une revue de projet permettra de faire le point sur les fonctionnalités possibles selon les attentes et contraintes identifiées.

RÉOUVERTURE EXPRESS POUR LE TUNNEL DE CHAMOISE !



En mai 2021, l'incendie d'un poids lourd impose la fermeture temporaire du tube sud du tunnel de Chamoise. APRR a alors sollicité le CETU pour l'accompagner lors de la mise en sécurité et du cadrage de l'expertise de la zone incendiée. Le CETU a poursuivi son engagement durant la définition et la réalisation des travaux de renforcement provisoire

du faux plafond sur 10 m au droit de l'incendie. La réactivité des intervenants a permis la réouverture du tube après seulement dix jours de fermeture. Suite au diagnostic, le projet de réparation définitive est en cours de définition et le maître d'ouvrage souhaite que le CETU poursuive son assistance lors des travaux programmés au printemps 2022.

Inspections détaillées périodiques réalisées en 2021

ÉQUIPEMENTS

- Orly Nord et Orly Sud sur la RN7 (DiRIF - 94)
- Saint-Vallier sur la RD51 (CD26)
- Belle-rive sur l'A86 (DiRIF - 92)
- Taverny sur l'A115 (DiRIF - 95)
- Bois de Peu sur la RN57 (DIR E - 25)
- Fontain sur la RN57 (DIR E - 25)
- Boissy-Saint-Léger sur la RN19 (DiRIF - 94)
- Champigny sur l'A4 (DiRIF - 94)
- Dreyer sur l'A4 (DiRIF - 94)

GÉNIE CIVIL

- Les Monts tube nord sur RN201 (DIR CE)
- Les Treize-vents sur A55 (DIR Med)
- Saint-Béat sur RN125 (DIR SO)
- Saint-Antoine sur A7 (DIR Med)
- Les Pennes-Mirabeau sur A7 (DIR Med)
- Bois des Chênes (ou Hayange) sur A30 (DIR E)

Fiabilisation du désenfumage du tunnel du Landy

Sur la base du dossier de sécurité établi pour le renouvellement de l'autorisation d'exploitation du tunnel du Landy à Saint-Denis (93), la CNESOR a identifié quelques limites du système de désenfumage, qui peuvent nuire à l'auto-évacuation des usagers et à l'intervention des secours dans certains cas. L'étude portée par le CETU a permis de pallier ces lacunes sans nécessiter de modifier le système de ventilation en place. Un ajustement de l'algorithme de désenfumage, visant à profiter du cantonnement du système de ventilation pour assister

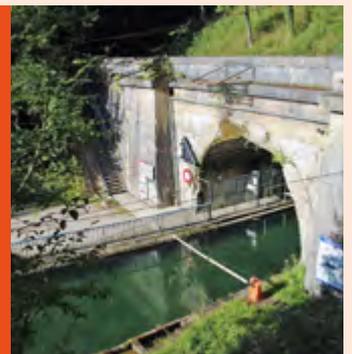


les accélérateurs, permet de rendre les performances de désenfumage robustes en toutes circonstances et pour toute phase de l'incendie.

À la demande de VNF, le CETU est intervenu pour une mission d'assistance et de conseil sur la sécurisation du tunnel fluvial de Mauvages, l'un des plus longs d'Europe (4,8 km) et second tunnel fluvial français. La mission consistait à définir les

conditions de mise en œuvre d'une télégestion du tunnel depuis le PC VNF de Bar-le-Duc situé à une cinquantaine de kilomètres. Les investigations, réalisées en partenariat avec le CEREMA, ont permis de réaliser un diagnostic de la sécurité de l'ouvrage.

Une analyse approfondie a conduit ensuite à définir les besoins complémentaires en termes d'équipements de signalisation et de communication auprès des usagers ainsi que les mesures organisationnelles à mettre en œuvre.



Des SGS opérationnels en DIR !

Dans un but d'amélioration et de maintien de la sécurité des tunnels, les DIR se sont engagées avec le CETU depuis 2016 dans une démarche de co-construction de systèmes de gestion de la sécurité (SGS) de leurs tunnels. Après une phase de construction et développement du SGS permettant à chaque DIR de disposer d'un « SGS expérimental » en 2019, le travail actif d'approfondissement et de complément mené par les DIR a permis de qualifier ces SGS comme « opérationnels » en 2021. Outre l'apport méthodologique

fourni par le CETU au sein du groupe de travail réunissant les huit pilotes SGS, l'accompagnement des DIR en 2021 s'est complété par le lancement d'une vague d'audits SGS pour 2021-2022, dans la continuité de la campagne de diagnostics des SGS expérimentaux de 2019-2020. Avec un audit réalisé tous les deux ans dans chaque DIR, le CETU vise à couvrir l'ensemble des thématiques du SGS sur un cycle d'examen périodique de 6 ans. En 2021 ont ainsi pu être audités les SGS de la DIRIF, DIRCE, DIRSO et DIRMC, où des thématiques

telles que la gestion du patrimoine ont été revisitées, et des thématiques nouvelles ont été abordées comme la culture de sécurité, la coordination avec les tiers, ou la gestion des modifications.

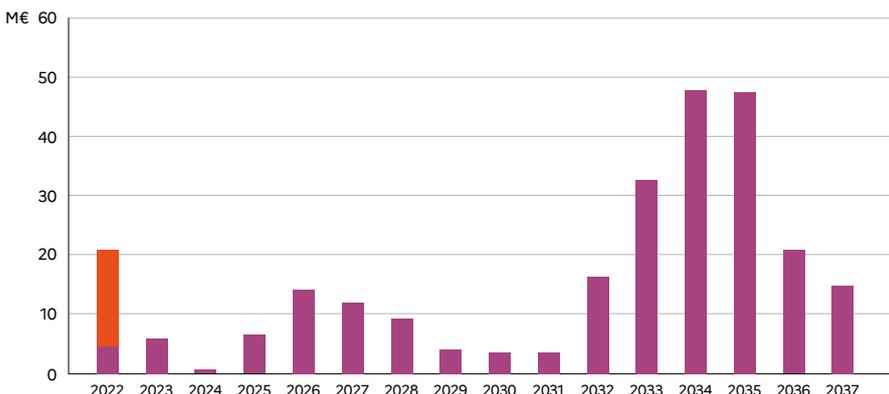


ÉVALUER L'ÉTAT DES ÉQUIPEMENTS ET PLANIFIER LEUR RENOUVELLEMENT

Depuis la publication de l'ITSEOA* révisée fin 2010, tous les tunnels du réseau routier national non concédé (RRN-NC) doivent faire l'objet d'inspections détaillées des équipements : initiales (IDI) et périodiques (IDP). Fin 2020, sur la base des 9 IDI et des 36 IDP qu'il a réalisées, le CETU a publié un document de synthèse sur l'état et l'évolution du patrimoine « équipements » des tunnels du RRN-NC. En 2021, cette synthèse a été consolidée en intégrant les inspections réalisées en 2019 et 2020. Parallèlement au suivi des équipements réalisé via les inspections, le CETU a élaboré une méthodologie pour la planification de leur renouvellement. Construite d'une part sur la base des durées de vie moyennes théoriques données dans le Fascicule 40 et, d'autre part, sur l'âge des différents équipements installés dans les tunnels de plus de 300m sur le RRN-NC, elle permet d'identifier les besoins et d'estimer les échéances ainsi que les budgets à moyen terme.

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

Projection de renouvellement des équipements pour les tunnels du RRN-NC.



MAIS AUSSI...

Une sensibilisation des exploitants dans le cadre de la mise en place du RRF (Réseau Radio du Futur).

L'organisation d'une réunion virtuelle sur le développement de l'intelligence artificielle dans les systèmes de DAI.

Le développement d'outils pour optimiser les délais de réalisation des inspections des équipements.

La poursuite de l'expertise dans le projet Eleclink (interconnexion électrique sous la Manche).

L'accompagnement de l'EPSF pour la partie génie civil dans le cadre des audits sur la sécurité du réseau SNCF.

Les publications

GUIDES

- Assainissement des tunnels routiers : De la conception à la maintenance, Les guides, janvier 2021, 26 p.
- Guide de l'entretien du génie civil des tunnels routiers, Les guides, juin 2021, 43 p.
- Guide des levés géologiques et hydrogéologiques de terrain pour les ouvrages souterrains, décembre 2021, 23 p.

DOCUMENTS D'INFORMATION

- Comportement au feu des câbles : mise en œuvre du Règlement des Produits de Construction n° 305/2011 (RPC) dans les tunnels routiers, Les documents d'information, octobre 2021, 14 p.
- Vérifications du pilotage des installations d'éclairage basé sur le principe d'allumage-extinction, Fiche d'action n° 2, novembre 2021, 4 p.

ACTES DU GTFE

- Actes du GTFE de novembre 2020 sur les impacts de la crise sanitaire, 19 p., mis en ligne sur le site internet du GTFE le 26 mai 2021.

ARTICLES DANS DES REVUES SCIENTIFIQUES INTERNATIONALES

- HAAS M., MONGEARD L., ULRICI L., D'ALOIA SCHWARTZENTRUBER L., CHERREY A., GALLER R., BENEDIKT M., Applicability of excavated rock material : A European technical review implying opportunities for future tunnelling projects, Journal of Cleaner Production, volume 315, 15 septembre 2021, article n°128049, 17 p.

ARTICLES DANS DES REVUES PROFESSIONNELLES

- LARIVE C., BERTHOZ N., BOUTEILLE S., ZAPPELLI S., Le béton projeté : une source d'optimisation de la conception des tunnels, Entreprendre en souterrain, n°11, octobre 2020-janvier 2021, pp. 33-41.
- BURKHART J-F., ARNAU J-P., BOUVATIER G., BREHM A., GUILLOT L., MARTINETTO O., ROIGNOT M., Organiser le processus d'essais et de réception des équipements pour maîtriser l'ouverture à l'exploitation des tunnels, Tunnels et espace souterrain, n° 275, janvier-mars 2021, pp. 32-47.
- BESSON S., BLATTNER B., TUELEAU E., Rénovation des installations d'éclairage en led aux tunnels du Pas de l'Escalette et de Montjézieu,

Tunnels et espace souterrain, n° 275, janvier-mars 2021, pp. 60-75.

- DEFFAYET M., MOREAU B., La sécurité incendie des espaces souterrains, Tunnels et espace souterrain, n° 276, avril-juin 2021, pp. 40-45.
- CHERREY A., MONGEARD L., ROBERT F., D'ALOIA SCHWARTZENTRUBER L., Droit et statut des terres excavées en France, Tunnels et espace souterrain, n° 276, avril-juin 2021, pp. 58-81.
- CHARLES E., YAGHZAR M., D'ALOIA SCHWARTZENTRUBER L., Analyse de cycle de vie de l'éclairage et de la ventilation en tunnel routier, Tunnels et espace souterrain, n° 278 octobre-novembre-décembre 2021, pp. 56-70.
- LARIVE C., MESTARI A., MORICEAU B., Le béton projeté - Un matériau technique performant et innovant, Mines et Carrières, n° 292, juin 2021, pp. 34-43.

ARTICLES DANS LES CONGRÈS

- WILLMANN C., DEFFAYET M., Dangerous goods vehicles in road tunnels, a significant modification of French risk analysis, Colloque ISTSS, 5-7 mai 2021, 18 p.

- **WILLMANN C.**, TRUCHOT B., New energy carriers and additional risks for user safety in tunnels, Colloque ISTSS, 5-7 mai 2021, 18 p.
- **WILLMANN C.**, VAGIOKAS N., CHAISE C., HOFFMAN P., NASS J., U-Threat project - resilience of underground transport - Evacuation of users from a metro train on fire in a tunnel, Colloque ISTSS, 5-7 mai 2021, extended abstract (2 p.) and poster.
- **D'ALOIA SCHWARTZENTRUBER L., CABUT C., MASSONNAT M., LEYMARY G.**, Bilan environnemental de la galerie de sécurité du tunnel du Siaix situé sur la RN90 (73), Congrès de l'AFGC - GC'2021 : Le Génie Civil face au défi de la croissance verte, Cachan, 8-9 juin 2021, 8 p.
- **D'ALOIA SCHWARTZENTRUBER L., CHERREY A., CHAMOLEY D., MONGEARD L.**, De la production des matériaux d'excavation à la préservation des ressources minérales, Congrès de l'AFGC - GC'2021 : Le Génie Civil face au défi de la croissance verte, Cachan, 8-9 juin 2021, 9 p.
- **BERTHOZ N., MICHALSKI A.**, Impact des tunneliers sur des fondations profondes : modélisation numérique 3D d'essais réalisés sur modèle réduit, XVI^e Congrès international de l'AFTES, Paris, 6-8 septembre 2021, 12 p.
- **CHAMOLEY D.**, GUINARD P., Nouvelles recommandations AFTES sur la protection des étanchéités extradossées et le drainage des ouvrages souterrains, XVI^e Congrès international de l'AFTES, Paris, 6-8 septembre 2021, 12 p.
- **GAILLARD C.**, Reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques nécessaires à la conception des ouvrages souterrains : présentation de la Recommandation AFTES, XVI^e Congrès international de l'AFTES, Paris, 6-8 septembre 2021, 8 p.
- **GAILLARD C., KASPERSKI J.**, Levés géologiques et hydrogéologiques de terrain pour les ouvrages souterrains : retour aux sources pour la conception, XVI^e Congrès international de l'AFTES, Paris, 6-8 septembre 2021, 7 p.
- **LIU Y., SULEM J., SUBRIN D., TRAN-MANH H., HUMBERT E.**, Auscultation et modélisation du comportement des tunnels excavés dans des terrains tectonisés : L'exemple des galeries d'exploration de Saint-Martin-la-Porte, XVI^e Congrès international de l'AFTES, Paris, 6-8 septembre 2021, 10 p.
- **MACARY M., BARROIS B., RAVIX L., LECA E., BOURDON P.**, Maîtrise des risques dans les contrats de conception-réalisation : comparaison des pratiques anglo-saxonnes et françaises en travaux souterrains, XVI^e Congrès international de l'AFTES, Paris, 6-8 septembre 2021, 11 p.
- **MANUGUERRA T., CHEVALIER T., ANSELME D.**, Sécurisation de la traversée des tunnels pour les usagers modes doux, XVI^e Congrès international de l'AFTES, Paris, 6-8 septembre 2021, 10 p.
- **ROBERT F., DIAS N., RIVES M.**, Les travaux du projet de recherche MINnD pour la mise en œuvre du BIM en travaux souterrains, XVI^e Congrès international de l'AFTES, Paris, 6-8 septembre 2021, 10 p.
- **BERTHOZ N., RALLU A.**, In-situ monitoring of vibrations emitted by tunnel boring machines in urban areas, Proceedings of the 9th International Conference on Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures (EVACES), 14-17 septembre 2021, 8 p.
- **VU DT., TOUTLEMONDE F., TERRADE B., MARCHAND P., BOUTEILLE S.** Numerical Modeling of the Steel Fiber Reinforced Concrete Behavior Under Combined Tensile and Shear Loading by a Micromechanical Model Taking into Account Fiber Orientation. In: Serna P., Llano-Torre A., Martí-Vargas J.R., Navarro-Gregori J. (eds) Fibre Reinforced Concrete: Improvements and Innovations II. BEFIB 2021, 20-22 septembre 2021, RILEM Bookseries, vol 36. Springer, 10 p.

- LIU Y., SULEM J., **SUBRIN D.**, TRAN-MANH H., HUMBERT E., Insights on squeezing behavior from St-Martin-la-Porte galleries, congrès Eurock ISRM, Turin (online), 20-25 septembre 2021, 8 p.
- **CHARLES E.**, **YAGHZAR M.**, **D'ALOIA SCHWARTZENTRUBER L.**, **BESSON S.**, **BURKHART J.F.**, Analyse de Cycle de Vie des équipements de ventilation et d'éclairage en tunnel routier : Modélisation, résultats, pistes de réduction des impacts environnementaux et des consommations d'énergie. Life Cycle Assessment of lighting and ventilation in road tunnel modelling, results and how to reduce environmental impacts and energy consumption, 22^e Congrès de Maîtrise des Risques et Sûreté de Fonctionnement $\lambda\mu 22$. IMDR (Institut pour la Maîtrise des Risques), e-congrès Lambda Mu 22, 6 octobre 2020 - 19 janvier 2021, 7 p.

THÈSES DE DOCTORAT

- EL JIRARI S., Modélisation numérique du processus de creusement pressurisé des tunnels, Thèse de doctorat, ENTPE, 15 mars 2021, 196 p.
- LIU Y., Modeling of time-dependent and anisotropic behavior of highly squeezing ground : application to the St-Martin-la-Porte exploratory galleries of the Lyon-Turin link, Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est, École des Ponts ParisTech, 15 décembre 2020, 223 p.

RAPPORT DE RECHERCHE

- Rapport d'évaluation de l'axe 7, Évolutions techniques & économiques dans l'exploitation et la maintenance des tunnels routiers, mai 2021, 42 p.

DOCUMENTS PRODUITS AVEC UNE FORTE PARTICIPATION DU CETU

- **CETU**, Bilan et principaux enseignements des dossiers examinés sur la période 2013-2017, Commission nationale d'évaluation de la sécurité des ouvrages routiers, janvier 2021, 70 p.
- **SELLIER V.**, **CHAUBERT C.**, **MORIN E.**, **PANIGONI T.**, Recommandation de l'AFTES GT3R7F1 : Vibrations générées par les tirs de mines : guide pour la détermination des seuils de vibration lors des études d'avant-projet, AFTES, mai 2021, 19 p.
- Fiches Tunnelier (second tube du tunnel autoroutier du Fréjus ; galerie du Rizzanèse ; tunnel de Lee ; galerie technique de la Compagnie parisienne de chauffage urbain), Tunnels et espace souterrain, n° 275, janvier-mars 2021, pp. 106-111 et 114-119 .
- Fiche Tunnelier (métro de Toulouse), Tunnels et espace souterrain, n° 276, avril-juin 2021, pp. 110-112 .
- **CHAMOLEY D.**, Changement de dénomination des "Avis d'Experts AFTES" en "Évaluation AFTES" - Etanchement et drainage innovants en ouvrages souterrains, Tunnels et espace souterrain, n° 277, juillet-septembre 2021, pp. 104-106.

- **CHAMOLEY D.**, Étanchéité à forte profondeur par Géomembranes Synthétiques - Protocole d'essais CETU / INRAE / TELT, Les recommandations du GT n°9 de l'AFTES, Tunnels et espace souterrain, n° 275, janvier-mars 2021, p. 122.
- Améliorer la résilience des tunnels routiers en tenant compte de la sécurité et de la disponibilité / Improving Road Tunnel Resilience, Considering Safety and Availability - PIARC Literature Review, Technical Committee 4.4 Tunnel, WG2, 2021, 211 p.
- Good practices in maintenance and traffic operation of heavily trafficked (urban) road tunnels, PIARC Collection of case studies, Groupe 1 du TC4.4, 2021, 35 p.
- Étude CETU-INERIS sur la dispersion des toxiques en tunnel routier - rapport INERIS - direction Incendie Dispersion et Explosion (IDE), septembre 2021, 64 p.

AUTRES DOCUMENTS

- Cartographie des documents de référence pour la conception et la réalisation de l'étanchement en ouvrages souterrains, disponible sur le site internet du CETU <http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr/cartographie-des-documents-de-reference-pour-la-a1229.html>
- Supports issus du webinaire PIARC France-CETU du 15 avril 2021 sur l'Exploitation Durable des Tunnels Routiers (vidéo, présentations et questions/réponses)

Lexique

ANDRA

Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs

AFTES

Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain

ANR

Agence Nationale de la Recherche

BMBF

Ministère fédéral allemand de la formation et de la recherche

BNTRA

Bureau de Normalisation des Transports, des Routes et de leurs Aménagements

CEA

Commissariat à l'Énergie Atomique

CENELEC

Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique

CEREMA

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

CERN

Centre Européenne pour la Recherche Nucléaire

CNESOR

Commission Nationale d'Évaluation de la Sécurité des Ouvrages Routiers

CNRS

Centre National de la Recherche Scientifique

DIR

Direction Interdépartementale des Routes

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

EPSF

Établissement Public de Sécurité Ferroviaire

GCA (devenu FCA en 2022)

Gestion et Contrôle du réseau Autoroutier concédé

GTFE

Groupe de Travail Francophone des Exploitants des tunnels routiers

IDRRIM

Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité

PIARC

World Road Association/
Association Mondiale de la Route

PoCES

Pôle de Compétences en Environnement Souterrain

RTE-T

Réseau TransEuropéen de Transport

SGP

Société du Grand Paris

SIR

Service Ingénierie Routière

STUVA

Organisme allemand pour les études en transports souterrains

Notes

A series of horizontal dotted lines for writing notes.





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

