



# Rapport d'activité 2020



**MINISTÈRE  
CHARGÉ  
DES TRANSPORTS**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



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

# SOMMAIRE

4 Organigramme

5 Éditorial

6 Le CETU en bref

08 Définir les règles  
de l'art

12 Approfondir  
la connaissance

16 Animer les réseaux

20 Accompagner  
les projets

24 Accompagner  
la vie des ouvrages

28 Publications

31 Lexique



# Organigramme

au 1<sup>er</sup> juillet 2021

**DIRECTEUR** : M. Deffayet

**DIRECTEUR ADJOINT** : E. Premat

**PILOTAGE DE LA RECHERCHE  
ET PARTENARIATS** :

C. Larive

**AVIS & CONTRÔLE EXTERNE**

Équipement : J.-C. Martin

Génie civil : G. Hamaide

**SECRETARIAT GÉNÉRAL** :

C. Bernagaud

**PERSONNEL ET MOYENS GÉNÉRAUX** :

L. Jarnieux

**INFORMATIQUE ET BUREAUTIQUE** :

L. Beaujeu

**CONSEIL EN GESTION, QUALITÉ  
ET INGÉNIERIE** : C. Maisonneuve

**DOCUMENTATION** : A. Emery  
et N. Rochet

**FORMATION** : S. Vizier

**COMPTABILITÉ ET MARCHÉS PUBLICS** :  
M. Sulpizio

**COMMUNICATION ET ACTIVITÉS  
INTERNATIONALES** : K. Drouard

**ANIMATION TRANSVERSALE  
ET CORRESPONDANTS** :

**COORDINATION DES ACTIVITÉS  
INSTITUTIONNELLES ET FORMATION  
DONNÉE** : S. Lavedrine

**TRANSITION DANS LES PRATIQUES  
ET DÉVELOPPEMENT DURABLE** :  
L. D'Aloia- Schwartzentruber

**APPUI TECHNIQUE INGÉNIERIE  
ET DESSIN** : S. Zappelli

**OBSERVATOIRE ET PROGRAMME  
RÉNOVATION** : S. Besset

**ASSISTANTE DE PRÉVENTION**  
A. Cherrey

**7 PÔLES DE COMPÉTENCES** :

**PÔLE PROCÉDÉS DE CONSTRUCTION  
MARCHÉS ET EXÉCUTION (PCME)** :  
F. Robert

**PÔLE GÉOLOGIE, GÉOTECHNIQUE  
ET DIMENSIONNEMENT (GGD)** : D. Subrin

**PÔLE MATÉRIAUX, STRUCTURES  
ET VIE DE L'OUVRAGE (MSVO)** :  
S. Bouteille

**PÔLE VENTILATION ET  
ENVIRONNEMENT (VE)** : J.-F. Burkhart /  
A. Mos

**PÔLE SÉCURITÉ (SEC)** : H. Mongeot

**PÔLE EXPLOITATION (EXP)** : I. Leroux

**PÔLE ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES  
ET DE GESTION (EEG)** : S. Besson

# Éditorial



Michel Deffayet & Éric Premat

Il est difficile de dresser un bilan de l'année 2020 sans évoquer la crise sanitaire qui, à partir de mars, a fortement bousculé nos modes de travail. Si nous avons la chance de mener une activité qui peut s'accommoder, tout au moins temporairement, d'une distanciation physique, cet isolement imposé a été une période difficile pour beaucoup. Le collectif a été éprouvé mais a su, grâce à l'implication de chacun et l'appui efficace des fonctions support, tenir le coup et les principales échéances de production ont été respectées. En France, le très important programme de creusement d'ouvrages souterrains et son calendrier contraint ont conduit à n'interrompre les chantiers de travaux que quelques semaines au plus, pour les reprendre dès avril 2020, avec bien sûr toutes les mesures sanitaires propres à garantir la sécurité des personnes. Dans ce contexte, le CETU a maintenu son accompagnement des chantiers, tout en utilisant tous les moyens d'échanges à distance pour limiter au maximum les déplacements et les réunions physiques. Les activités de recherche, de doctrine et d'étude de projets se sont poursuivies avec un recours renforcé aux outils collaboratifs en ligne. L'évaluation des résultats de l'axe pluriannuel de recherche consacré aux enjeux du développement durable dans le domaine du creusement et de l'exploitation des tunnels a en particulier constitué une étape importante qui ouvre la voie à une mission renforcée du CETU pour promouvoir auprès de la profession et impulser une transition vers des pratiques moins impactantes sur l'environnement. On peut souligner aussi que les nouvelles

« Le collectif a été éprouvé mais a su, grâce à l'implication de chacun et l'appui efficace des fonctions support, tenir le coup. »

formes de mobilités et les évolutions des véhicules viennent légitimement réinterroger les dispositifs en place dans les tunnels et nous conduisent à réfléchir aux adaptations à prévoir.

Conséquence de la crise sanitaire, les réseaux professionnels ont mis en place un mode d'animation et d'échanges en ligne. C'est le cas du comité technique

Tunnels de PIARC qui a lancé résolument son nouveau cycle de production. C'est aussi le cas des comités de l'AITES ou encore de l'AFTES qui ont développé des webinaires et des sessions de formation. Ces modes de communication, finalement très complémentaires des moyens classiques, se sont

installés durablement dans nos façons de faire et facilitent une plus large diffusion de la connaissance.

Le présent rapport d'activité souligne combien les interventions du CETU sont restées nombreuses et variées, en mettant en exergue ses cinq grands processus de production qui s'alimentent et se complètent.

En espérant que ce bref aperçu permettra au lecteur de se faire une bonne idée de ce qui constitue les missions et l'ADN du CETU. Très bonne lecture à tous !

Michel Deffayet, directeur  
Eric Premat, directeur adjoint

# Chiffres clés

Le CETU c'est

50

ans d'expertise

80

agents

13

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 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.



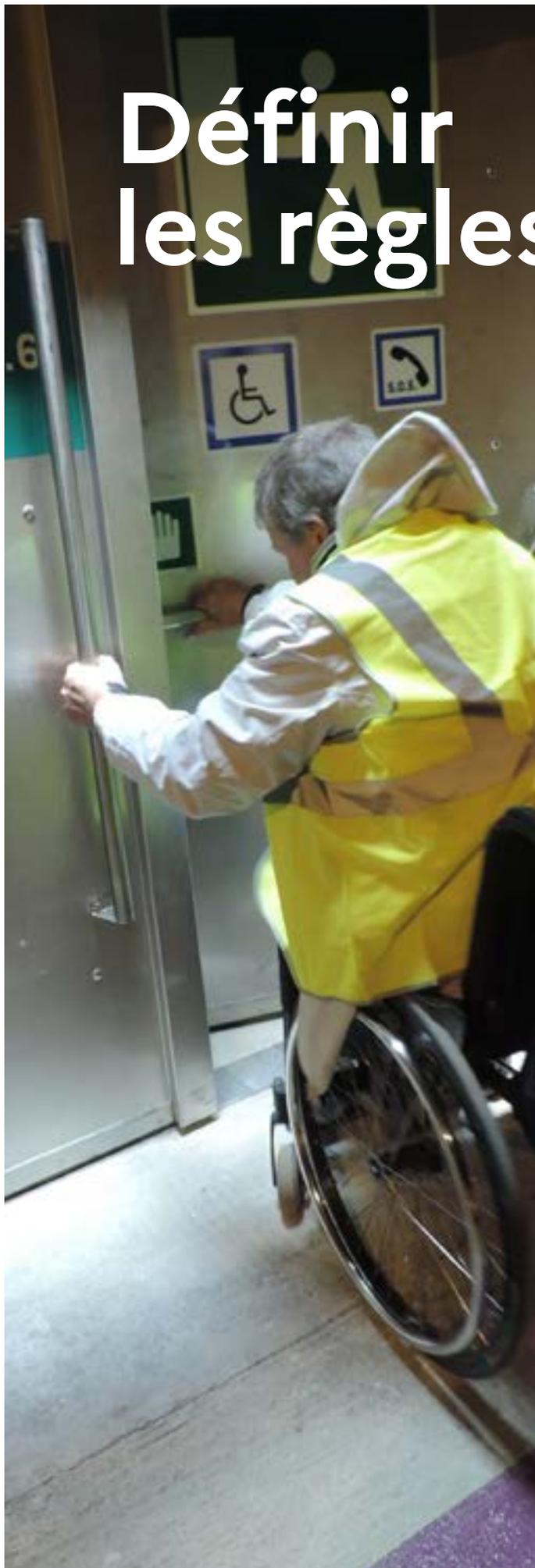
## Accompagner la vie des ouvrages

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

# Définir les règles de l'art



L'une des missions fondamentales du CETU en tant que service de l'Etat est de contribuer à l'élaboration et la diffusion des référentiels réglementaires, normatifs et techniques dans le domaine des ouvrages souterrains. Afin de veiller à la bonne réalisation des opérations pour ces ouvrages (définition, conception, construction et exploitation), il est en effet essentiel de concevoir et mettre à disposition des règles adaptées, partagées, applicables et appliquées, à destination de l'ensemble des parties prenantes.



# Un guide pour maîtriser les essais et la réception des équipements

Quel que soit le mode de transport, les essais des équipements des tunnels sont essentiels, car repose sur eux le contrôle de leur conformité aux exigences réglementaires en termes de sécurité. L'absence de document de référence en la matière a conduit le CETU à publier un guide pour la profession.



**Le retour d'expérience montre que le plus grand soin doit être apporté aux opérations de tests et essais des équipements,** afin qu'en aucun cas

un tunnel ne soit ouvert à la circulation s'il n'est pas doté de systèmes aboutis et stabilisés. Néanmoins, il ressort que cela ne se fait pas sans difficulté et dans des délais qui dépassent parfois ceux fixés initialement.

Ces difficultés s'expliquent par le fait que la réglementation conduit à l'installation d'équipements nombreux et sophistiqués formant des ensembles complexes. S'ajoute à cela le fait qu'il existe à ce jour peu de textes sur lesquels s'appuyer pour définir et ordonnancer les phases d'essais et de réception des équipements de tunnels.

**Constatant l'absence de document de référence en la matière, le CETU, dans le cadre du « Référentiel Tunnels » (voir encadré), a publié un guide destiné à l'ensemble de la profession.** Ce document propose une définition des objectifs des essais et de leur contenu, donne des préconisations sur les modalités d'organisation du processus de réception et traite la question sensible des garanties,

indissociable du processus d'essais et de réception. Des ordonnancements-types d'opération couvrant les phases de travaux, d'essais, de marche à blanc et de vérification de service régulier sont donnés en exemple, ainsi que des clauses-types à utiliser pour la rédaction des marchés de maîtrise d'œuvre et de travaux.



**Ce guide, intitulé « Équipements des tunnels routiers et de transports guidés urbains - Essais, réceptions et garanties », a été rédigé par un groupe réunissant, outre le CETU, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et entreprises.**



Le « référentiel Tunnels », animé par le CETU, met à disposition les références de documents utiles à la rédaction des marchés publics de travaux de construction et de réhabilitation des tunnels routiers, ferroviaires et de transport guidé. Il se charge aussi de la rédaction de documents.

Pour en savoir plus sur le Référentiel Tunnels : <http://cet-tunnels.fr/referentiel-tunnel/>



# Mieux ventiler : des normes pour les capteurs de gaz

**En 2020, le CETU a poursuivi sa participation à deux comités de normalisation relatifs aux capteurs de gaz (CO et NO<sub>2</sub>) et de visibilité.**

**Le comité ISO TC146** travaille sur la norme ISO 23431 « Mesurage de la qualité de l'air du tunnel routier ». L'intérêt de cette norme est de présenter les différentes techniques de mesure en tunnel et de proposer des méthodes d'étalonnage pour les appareils concernés, en tunnel exclusivement, ce qui les rend en général assez complexes.

**Le comité CENELEC TC216** travaille sur le projet de norme PrEN 50545-2. Cette norme prescrira les performances attendues pour

ces capteurs et les méthodes de qualification imposées aux fabricants : d'abord des épreuves en laboratoire puis des essais de plusieurs mois in situ (c'est-à-dire dans un tunnel en exploitation).

**Dans le cadre de ces deux comités, le CETU a porté son expertise et sa doctrine dans les domaines spécifiques de la qualité de l'air et de sa mesure dans les ouvrages en exploitation**, afin que les normes répondent au mieux aux intérêts des maîtres d'ouvrage et

exploitants, ainsi qu'à la protection de la santé des usagers. Les nouvelles générations de capteurs devraient ainsi permettre une gestion de la ventilation sanitaire au plus juste et une maintenance maîtrisée réduisant les durées d'intervention dans les ouvrages.



## Une nouvelle recommandation sur les reconnaissances



**L'année 2020 a vu la finalisation d'une quatrième recommandation par le groupe de travail n° 24 de**

**l'AFTES qui traite du thème des reconnaissances.** Ce groupe est piloté par le CETU.

Après l'apport des techniques pétrolières pour les reconnaissances, les reconnaissances à l'avancement en méthode conventionnelle

puis celles pour les tunneliers, cette nouvelle recommandation focalise sur les reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques nécessaires à la conception des ouvrages souterrains.

**L'objet est de présenter dans un document unique des informations pratiques en vue d'accompagner les maîtres d'ouvrage, concepteurs et prestataires**

**de reconnaissances dans leur projet.** La recommandation s'attache à mettre en évidence les points essentiels à suivre dans le cadre d'une campagne de reconnaissances au stade de la conception. Elle présente notamment les points de repères clés pour la programmation et la commande des reconnaissances. Un webinaire, organisé les 23 et 24 septembre 2020 a été l'occasion de signaler sa disponibilité pour les membres de l'association en prépublication sur le site internet de l'AFTES en attendant sa publication officielle.

MAIS AUSSI...

**Des réflexions sur les objectifs du « Référentiel Tunnels », dans le but de mieux l'adapter aux besoins de la profession. ♦ La contribution aux travaux de la Division 4 de la Commission Internationale de l'Éclairage, « Transports et Éclairage public ». ♦ La participation au groupe de travail relatif à l'article 91 de la loi LOM, ce groupe étant chargé de définir les méthodes d'évaluation des nuisances vibratoires, ainsi que les seuils de vibrations aux abords des infrastructures ferroviaires. ♦ La préparation d'un guide sur l'entretien du génie civil des tunnels routiers, à paraître en 2021.**

## Faciliter l'évacuation des personnes à mobilité réduite

Le CETU a publié en 2020 un document d'information précisant les dispositions réglementaires et les préconisations spécifiques afin que les Personnes à Mobilité Réduite puissent accéder en autonomie aux

équipements de sécurité en tunnel routier. Sont déclinées les dispositions géométriques permettant aux PMR de cheminer ou d'attendre en sécurité dans les issues de secours en cas d'incendie. La stratégie de mise en

sécurité correspond au cas général d'un tunnel neuf lors de sa phase de conception. Pour les tunnels existants, les préconisations sont à respecter dans la mesure du possible, notamment dans le cadre de la mise en



œuvre d'un programme important de travaux d'amélioration de la sécurité.



## ENNEMI PUBLIC N° 1 DES TUNNELS : LES VENUES D'EAU

Depuis 2001, le CETU assure le secrétariat de la commission permanente relative aux Avis Techniques CETU qui a été créée dans le but de délivrer des avis techniques sur des procédés d'étanchéité utilisés dans la construction et la rénovation des ouvrages souterrains. Elle est composée de représentants de la profession, de maîtres d'ouvrage, de maîtres d'œuvre et du CEREMA.

En 2020, ce sont 3 avis techniques qu'ont été validés (feuille préfabriquée, enduit mince, géosynthétique bentonitique) et 8 qui sont en cours d'instruction (1 asphalte, 3 joints, 1 étanchéité liquide, 1 géomembrane synthétique, 1 géosynthétique bentonitique et 1 bitumineuse).

## HORS-GABARIT – DANGER !



Les événements liés aux véhicules hors gabarits recensés en tunnels routiers montrent que la signalisation routière n'empêche pas de nombreux usagers de s'engager sur des itinéraires qui leur sont interdits.

Les conséquences sont nombreuses, allant de dommages à l'ouvrage, à la mise en danger des usagers par des chutes d'équipements, engendrant une perturbation de l'exploitation, voire la fermeture du

tunnel. Suite aux retours d'expérience recueillis, une mise à jour de la Note 18 sur « La prise en compte des véhicules hors gabarit aux abords des tunnels routiers » a été publiée. Ce document est téléchargeable sur le site web du CETU.

## NORMALISATION ET BÉTON : LE CETU RESTE ACTIF !

Dans la logique de son implication dans des commissions de normalisation ciblées sur ses champs d'action, le CETU est très actif dans les instances de normalisation des bétons projetés et bétons renforcés de fibres.

Animateur du groupe d'experts sur les bétons fibrés de l'AFNOR, il est également membre des commissions P18B et P18C. Au niveau de la Commission Européenne de Normalisation, il apporte son soutien aux animateurs français du WG10 du TC 104, groupe chargé de réviser les normes sur les bétons projetés. Le CETU travaille également pour le BNTRA, sur la révision de la norme française sur la protection, la réparation et le renforcement des ouvrages d'art par béton projeté.

## Tunnels ferroviaires : nouvel arrêté sur les rails

Dans les projets ferroviaires, l'application conjointe d'une réglementation européenne et nationale s'avère délicate, en raison de textes fondés sur des principes de mise en sécurité des passagers en situation d'urgence sensiblement différents. Ainsi, il a été décidé de refondre l'Instruction interministérielle 98-300, devenue obsolète, pour compléter et préciser dans la réglementation nationale certains points de la réglementation européenne (Spécification technique d'interopérabilité « Tunnel » annexée au règlement 1303/2014 modifié). Le CETU a participé à cette refonte avec un projet de nouvelle instruction technique maintenant finalisé, qui devrait paraître prochainement.

# Approfondir la connaissance



Les activités du CETU pour développer le savoir et la recherche sur les ouvrages souterrains sont au service de ses missions, tant pour l'établissement de la doctrine et des règles de l'art que pour ses interventions dans les projets d'ingénierie et les expertises. Ces actions visent aussi à collecter, exploiter et mettre à disposition de la profession les connaissances sur le parc des ouvrages souterrains et les activités qui s'y déroulent. Le CETU joue par ailleurs un rôle moteur dans des actions de recherche appliquée ou d'accompagnement de l'innovation. Il est attentif à identifier les sujets à enjeux, en prêtant une attention particulière aux actions en faveur de la transition écologique. Le Conseil Scientifique apporte chaque année un concours essentiel à la validation de ce programme de travail.



# Ouvrages souterrains et développement durable : Bilan de 6 années de recherche

L'axe stratégique de recherche et de doctrine sur les « Impacts et évaluation développement durable des projets souterrains » a été évalué en juin 2020.

**Le travail réalisé au cours des six dernières années a porté sur quatre thématiques principales :**

- **L'analyse du cycle de vie (ACV)**, avec notamment la rédaction (en cours de finalisation) de recommandations du GT41 de l'AFTES pour établir une méthodologie générale sur l'application de l'ACV aux ouvrages souterrains, et une implication forte dans le projet National Ville 10D-Ville d'idées, notamment grâce à une thèse sur la contribution des espaces souterrains à la ville durable.
- **Un approfondissement des connaissances**, toujours à partir d'approches ACV, sur les impacts des équipements de tunnels routiers, tout particulièrement l'éclairage et la ventilation qui représenteraient 60 à 70% des consommations énergétiques d'un tunnel en phase exploitation. Les évolutions récentes des solutions techniques d'éclairage ont été prises en compte pour rechercher des pistes de réduction des impacts environnementaux et de consommation.
- **Les matériaux excavés**, avec une montée en puissance progressive de cette thématique portée par des projets emblématiques dont le projet FCC (Future Circular Collider) du CERN. Le CETU a notamment contribué aux recommandations du GT35 de l'AFTES et publié un document d'information sur les « Matériaux géologiques naturels excavés en travaux souterrains ».

Trommel utilisé dans la gestion des matériaux excavés pour séparer les plus gros granulats.



- **La qualité de l'air**, avec la révision en cours du dossier pilote environnement et de la note d'information sur le traitement de l'air, ainsi que la publication de la note sur la détection et le contrôle du dioxyde d'azote dans les tunnels routiers.

Présidée par Thibault Prévost (CGDD), la commission d'évaluation a salué l'ampleur et la qualité des travaux et des productions et formulé des suggestions sur l'orientation à donner aux travaux à venir. Ces recommandations seront intégrées à la réflexion menée en 2021 pour mettre en place une mission transversale dédiée à la « Transition dans les pratiques vers un développement durable » avec pour objectif d'impulser et d'accompagner une véritable dynamique au sein de la communauté professionnelle pour concevoir et exploiter des ouvrages plus respectueux de l'environnement et de la préservation des ressources.



# Une thèse sur l'aérodynamique externe des tunnels

**Les projets récents de rénovation de tunnels ont mis en évidence un besoin de connaissance dans les phénomènes atmosphériques susceptibles d'affecter les systèmes de ventilation à installer.**

Dans les études de ventilation, ces phénomènes naturels sont, souvent encore, estimés grâce à des relations empiriques simplificatrices alors que la simulation numérique 3D des écoulements atmosphériques tend à se développer. **C'est dans ce cadre que le CETU, en collaboration avec le Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique de l'École Centrale de Lyon, a lancé**

**la thèse de son chargé d'études et de recherche, Thierry Kubwimana.**

La soutenance s'est tenue le 28 septembre 2020. Des essais en soufflerie ont ainsi été menés pour mesurer les caractéristiques moyennes et turbulentes de l'écoulement au voisinage d'un modèle réduit de tunnel. Différentes approches numériques ont ensuite été employées pour simuler ce type d'écoulement.

**Le travail a permis de montrer que la mécanique des fluides numérique pouvait amener des prédictions de bonne qualité** et capter la sensibilité à

différents paramètres de contrôle qui ont été mis en évidence expérimentalement. Cela ouvre des perspectives encourageantes pour les études de ventilation en tunnel.



Vélocimétrie par images de particules en tête de tunnel.

## « U-Threat », un projet ambitieux finalisé avec succès

Piloté par la STUVA et le CETU, le projet U-Threat a réuni 8 partenaires financés par l'ANR (France) et le BMBF (Allemagne).

**Centré sur le concept de résilience dans les transports souterrains, il a permis d'améliorer le traitement des événements intentionnels ou accidentels.**

Parmi les 45 livrables produits, citons un outil concernant l'exploitation, développé pour

réorienter le trafic en cas de perturbation et la réalisation d'un manuel de crise. En matière de génie civil et d'incendie, c'est une méthode qui a été mise au point pour évaluer les dommages causés à la structure et appliquer les mesures adéquates (surveillance, renforcement), et une autre pour assurer une réparation durable. Concernant l'évacuation des usagers, une maquette d'application de téléphone mobile a été développée et 37 scénarios ont été modélisés puis analysés pour proposer des améliorations (ex : chemin d'évacuation).

**Les résultats ont suscité un vif intérêt.** L'union internationale des transports publics a demandé un rapport de synthèse du projet et quatre articles ont été acceptés pour des conférences internationales de référence.

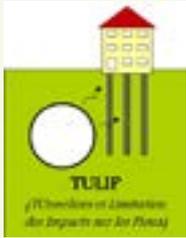
**À l'échelle nationale, les exploitants et leurs autorités administratives ont indiqué l'utilité des mesures proposées dont certaines sont déjà mises en œuvre.**



MAIS AUSSI...

**Le pilotage du projet d'amélioration de l'outil d'évaluation des risques liés au transport de marchandises dangereuses dans les tunnels routiers (DGQRAM). 🚚 Le montage d'un partenariat de recherche dans le cadre du projet DELTA (Démonstrateur Éclairage Led du Tunnel d'Antony), qui vise à mener des expérimentations sur les LED dans un tunnel non exploité sur l'A86. 🚚 La participation à une expérimentation d'éclairage innovant dans un paravalanche en Haute Savoie, qui emploie des dispositifs de réflexion de la lumière naturelle, dans l'objectif de rendre plus visibles les cyclistes. 🚚 La tenue d'un séminaire de recherche sur la thématique des matériaux excavés en travaux souterrains, dans le cadre d'un partenariat entre l'UMR 5600 «Environnement Ville Société» et le CETU.**

## Le tunnelier « Armelle » a traversé l'expérimentation TULIP !



Début juillet 2020, le tunnelier « Armelle » creusant la Ligne 16 du Grand Paris Express est passé au cœur du site expérimental du projet de recherche collaboratif TULIP, entre la SGP, le CETU, l'ENTPE et l'UGE. Le succès de l'acquisition des mesures constitue un premier résultat fort de ce projet consacré à l'étude de l'impact des tunneliers sur

les fondations profondes. Ces résultats feront l'objet de publications internationales fin 2021, et seront utilisés comme support de développement et de calage de modèles numériques adaptés à cette problématique. Fin 2020, un exercice de prévision a également été initié afin de confronter les savoir-faire des différents bureaux d'études et universités.

## NOUVELLES ÉNERGIES EN DÉVELOPPEMENT, NOUVEAUX RISQUES À MAÎTRISER !



Les véhicules propulsés par de nouvelles énergies (électrique, gaz, hydrogène), levier important de la transition écologique, sont de plus en plus présents sur la route. Ils génèrent cependant des risques spécifiques, qu'il

faut prendre en compte dans la conception et l'exploitation des tunnels, sans pénaliser les évolutions nécessaires. Un groupe de travail, animé par le CETU, a été lancé en 2020 et rassemble exploitants, autorités de transport, industriels et scientifiques. Il vise à établir un état des lieux des risques et des contraintes du point de vue des différents acteurs, afin de favoriser une gestion équilibrée des risques liés à ces nouvelles énergies.

## FAIRE CONNAÎTRE LES ENJEUX DES ITS EN TUNNELS ROUTIERS

Lors du Congrès ATEC-ITS de janvier 2020, le CETU est intervenu pour parler des enjeux des ITS (Intelligent Transport Systems) en tunnels routiers. L'objectif était de souligner les contraintes techniques liées au développement de ces systèmes en tunnel, ainsi que les opportunités que représentent ces derniers. Ce congrès a permis d'identifier des collaborations potentielles, avec deux priorités : assurer la continuité des services ITS à l'approche et lors de la traversée des tunnels, et identifier les fonctionnalités existantes à renforcer et les fonctionnalités nouvelles apportées par ces systèmes.

## Le CETU sur les fronts du BIM

Le CETU est fortement impliqué dans le développement du BIM (Building Information Modelling) dans le domaine des travaux souterrains. Il pilote notamment le groupe de travail n°45 de l'AFTES sur les nouvelles technologies numériques, qui prépare une recommandation à l'intention des maîtres d'ouvrage. De plus, le CETU participe activement au projet national de recherche MINnD (Modélisation des INformations INteropérables pour les INfrastructures Durables). Il est également expert au sein de l'équipe projet de building Smart International afin de produire les formats neutres BIM (les Industry Foundation Classes) spécifiques aux tunnels, qui ont vocation à être transposés en normes internationales ISO.

## Le CETU partenaire du projet Européen « FCC IS\* »

Porté par le CERN, lancé en novembre 2020, ce projet de recherche Horizon 2020 vise au développement de nouvelles infrastructures de recherche européenne durables. En effet, d'ici

2040, le CERN souhaite se doter d'un nouvel accélérateur de particules à même d'aller plus loin dans l'investigation de l'infiniment petit. Le CETU est notamment responsable du livrable :

« plan de gestion des matériaux excavés sur le FCC ». Ce document décrira la stratégie que le maître d'ouvrage compte mettre en place pour gérer, réemployer et valoriser au mieux

les 9 millions de m<sup>3</sup> de matériaux excavés attendus sur le projet.

\* Future Circular Collider Innovation Study



# Animer les réseaux



En tant que service spécialisé dans le domaine des tunnels, le CETU joue un rôle important dans la diffusion de la connaissance et l'accompagnement des pratiques des acteurs du domaine, tout en restant à l'écoute de leurs préoccupations et en étant à leurs côtés pour relever les nouveaux défis environnementaux et technologiques. C'est pourquoi le CETU est très présent dans les associations nationales et internationales, mais également dans les instances institutionnelles comme les comités de sécurité des tunnels transfrontaliers ou encore la CNESOR. Enfin, il ne faut pas oublier l'engagement important des agents du CETU dans les actions de formation à destination des professionnels.



# Le CETU reste actif dans le nouveau cycle PIARC

**Le CETU a historiquement toujours pris une part active dans les travaux du Comité « tunnels » de PIARC, qui fait référence dans le monde de l'exploitation et de la sécurité des tunnels routiers. Pour le cycle 2020-2023, le CETU reste fortement impliqué dans le pilotage de ce comité, ainsi que dans ses groupes de travail et « task forces ».**

**PIARC (Association Mondiale de la Route) travaille par cycle d'une durée de quatre ans.** À la fin de chaque cycle, un plan stratégique identifie les grandes thématiques de travail et les objectifs précis qui seront attribués à chaque comité pour le cycle suivant. Le programme de travail établi par le comité tunnels pour chaque cycle constitue un savant mélange des travaux engagés depuis plusieurs années (tels que l'exploitation des tunnels routiers complexes, les concepts de sécurité, ou les incendies en tunnel) et des réflexions sur de nouvelles problématiques (exploitation plus durable, sûreté de fonctionnement, etc.).

C'est ainsi que le programme du cycle précédent (2016-2019) comprenait notamment la mise à jour d'une méthodologie liée aux risques en tunnel et un travail exploratoire sur l'application du concept de Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité et Sécurité (FMDS).

**Le cycle actuel (2020-2023) a été lancé en février 2020** et à cette occasion le comité Tunnels a réuni plus de quarante participants issus d'une vingtaine de pays. Cette réunion a permis de préparer très efficacement le travail pour le cycle en cours, qui est tout à fait en phase avec les cycles précédents. En effet, tout en poursuivant le travail engagé de longue date sur l'exploitation des tunnels, il s'intéresse à des problématiques émergentes comme les nouveaux modes de propulsion ou les véhicules autonomes.



Le comité PIARC Tunnels c'est plus de 60 membres qui représentent 29 pays



**Les objectifs des groupes de travail** du comité technique 4.4 en charge du sujet « Tunnels » se déclinent donc ainsi :

- Mesures pour **accroître la résilience** des tunnels.
- **Bonnes pratiques d'exploitation** (maintenance et gestion du trafic), en particulier pour les tunnels urbains très fréquentés.
- **Impact des nouvelles technologies de propulsion** sur l'exploitation et la sécurité des tunnels routiers.
- **Systèmes de transport intelligents** en tunnels.

D'autres tâches plus spécifiques concernent la mise à jour du manuel des tunnels, la mise à jour et l'amélioration de l'outil DG QRAM et la préparation de la deuxième conférence internationale sur les tunnels.

Dans ce nouveau cycle, **le CETU assure le secrétariat francophone du Comité et participe à chacun des groupes de travail et tâches** indiqués ci-dessus (en assurant le pilotage pour certains), avec une douzaine d'agents impliqués au total.



# Des réseaux qui se réinventent pendant la crise

**L'activité associative est essentielle pour faire évoluer les connaissances et consolider la capacité collective de la profession à répondre aux enjeux d'aujourd'hui et de demain.**

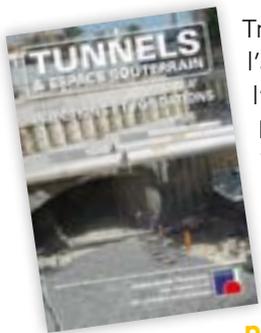


**Fortement secoués dans leurs pratiques par la crise sanitaire, les réseaux professionnels ont développé d'autres moyens que les traditionnelles rencontres pour maintenir le lien et continuer de travailler ensemble.** D'abord utilisés avec un peu de réticence, les outils d'échanges en ligne ont démontré qu'ils ouvraient des perspectives très intéressantes. Ce constat est vrai au niveau national avec le montage de

plusieurs webinaires AFTES de présentations des dernières recommandations. PIARC France a fait de même en demandant aux délégués français d'animer des réunions d'échanges en ligne. Les rencontres du GTFE organisées par visio en 2020 ont aussi connu un beau succès. Ce n'était pas gagné d'avance mais le bilan est très positif. Au niveau international, le comité tunnels de PIARC a énergiquement

lancé son nouveau cycle, et les comités ITACOSUF et ITA-CET dans lesquels le CETU est très impliqué n'ont pas ralenti leur activité. Loin de là même, les échanges se sont renforcés et des sessions de formations en ligne mensuelles ont été mises en place et deviennent des pièces maîtresses dans la vie de l'association.

## Le CETU très impliqué dans la vie de l'AFTES



Très présent dans l'animation de l'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES), **le CETU assure actuellement sa présidence.** Au sein du comité éditorial de la revue « Tunnels et Espace Souterrain »

de l'association, il contribue à la bonne diffusion dans la profession des plus récents développements scientifiques, techniques et méthodologiques.

**Pilote de 7 des 24 groupes de travail,** le CETU joue un rôle clé dans la production de doctrine sur des sujets à enjeux liés à la conception et à la construction des ouvrages souterrains (reconnaitances géotechniques, matériaux innovants, prise en compte des aspects développement durable, nouvelles technologies numériques, pratiques contractuelles...).

**Les recommandations produites par ces groupes de travail sont unanimement reconnues** comme des références en matière de règles de l'art y compris à l'international. Ces documents présentent le grand intérêt d'exprimer le point de vue collégial de la profession. Il en résulte une appropriation collective et une application optimale des dispositions préconisées au bénéfice de tous les acteurs.

MAIS AUSSI...

**Une rencontre avec le BAST (Institut fédéral de recherche en ingénierie routière - Allemagne) pour identifier de possibles pistes de collaboration.** 🏗️ **L'organisation de formations « Valorisation des Acquis Initiaux » et « Mise en situation » pour des opérateurs en poste depuis plus de 6 mois dans des tunnels avec mode de surveillance de niveaux D3 ou D4.** 🏗️ **L'organisation d'une session technique sur la prise en compte des enjeux du développement durable lors de projets de rénovation dans le cadre de la conférence internationale « Beyond a tunnel vision », animée par le COB (Pays Bas).** 🏗️ **La participation aux rencontres PIARC-France – IDRRIM pour faire un point d'avancement des travaux des comités techniques de PIARC auxquels le CETU est fortement impliqué.**

## Cluster Lumière : de nouvelles pistes de collaboration

Chaque année le Cluster réunit les laboratoires et centres de recherche autour du thème de l'éclairage et de la lumière. À cette occasion, chaque participant peut partager ses sujets d'actualité ou thématiques de recherche et mettre en avant les opportunités de collaboration. Plusieurs sujets pouvant faire l'objet d'un appel à consortium ont été identifiés et notamment l'éclairage adaptatif. Déjà déployée en tunnel pour l'éclairage de renfort, cette thématique est en pleine évolution et un nouveau partenariat de recherche et d'innovation impliquant le CETU semble tout indiqué.

## 100<sup>e</sup> réunion pour la CNESOR !

Instituée par décret du 24 juin 2005, la Commission Nationale d'Évaluation de la Sécurité des Ouvrages Routiers se réunit environ 6 fois par an afin d'examiner des dossiers préliminaires ou de sécurité, de formuler un avis sur les demandes d'agrément des experts et des organismes qualifiés en matière de sécurité des ouvrages routiers ou encore de fournir une expertise sur une question précise.

Le mercredi 14 octobre 2020, la CNESOR a tenu sa 100<sup>ème</sup> réunion et examiné son 234<sup>e</sup> dossier de sécurité, en visioconférence du fait de la crise sanitaire.

Le secrétariat de la commission est assuré par le CETU. Pour plus d'informations, vous pouvez écrire à [cnesor.cetu@developpement-durable.gouv.fr](mailto:cnesor.cetu@developpement-durable.gouv.fr).



## DES ÉCHANGES FRUCTUEUX LORS DES JOURNÉES POCES

Le Pôle de compétences en environnement souterrain (PoCES) a organisé la deuxième édition de ses journées techniques les 8 et 9 septembre 2020. Le CETU et l'AFTES étaient des partenaires de cet événement, qui avait pour objectif de favoriser les échanges entre scientifiques, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entrepreneurs et fournisseurs autour du thème de la durabilité des bétons en environnement souterrain. Une soixantaine de participants d'horizons variés ont débattu sur ce sujet à très fort enjeu avec des tables rondes qui ont permis des échanges fructueux sur les prescriptions, les contrôles, l'instrumentation et les innovations dans ce domaine.

## LE PROJET ELECLINK : UNE PREMIÈRE MONDIALE !



Les interconnexions électriques entre pays permettent une mutualisation de la production et de nombreux projets de ce

type ont vu le jour en Europe. C'est notamment le cas du projet Eleclink auquel participe le CETU.

Si ce projet constitue une première mondiale, ce n'est pas par son implantation dans le tunnel sous la Manche, ni par la puissance transmise (1000 MW). Son originalité réside dans les câbles électriques de 320 kV implantés dans un tube ferroviaire, obligeant à porter une attention particulière aux interactions entre le « système » ferroviaire et la liaison électrique. Le CETU a notamment apporté son expertise en termes de compatibilité électromagnétique et de maintenance dans ce projet qui devrait s'achever en 2022.

## Classe inversée ! Serai-ils tombés sur la tête ?

Fin 2020, Ponts Formation a réalisé à distance les 2 modules de formation : « Pilotage de projet » et « Risques ». L'occasion pour les intervenants du CETU de proposer un mode d'apprentissage original : la classe inversée.

Le principe est d'anticiper la transmission des connaissances théoriques. Pratiquement, les stagiaires ont reçu des documents à étudier avant le démarrage de la formation. En formation, ils ont restitué ce qu'ils avaient compris. Ce dispositif privilégie l'activité des stagiaires, crée une dynamique de groupe et permet à l'intervenant de se consacrer aux interrogations et incompréhensions.

L'essai fut concluant et ce dispositif sera renouvelé en 2021 à la demande des stagiaires !

# Accompagner les projets



En 2020, le CETU a participé fortement à la maîtrise d'œuvre de conception pour de nouveaux tunnels comme Oloron ou Quié et à la maîtrise d'œuvre de réalisation, pour des tranchées couvertes comme Marange-Silvange ou Firminy, sur le réseau routier national. En parallèle les interventions auprès des maîtres d'ouvrage ont été croissantes : assistance pour des études de faisabilité comme à Saint-Denis de la Réunion, études préliminaires comme pour la LNPCA avec SNCF Réseau, expertise sur des thèmes très ciblés comme auprès de l'ANDRA pour le projet CIGEO et des diagnostics d'ouvrages anciens, notamment avec VNF. À côté de cette implication importante dans ces gros projets, le CETU continue d'intervenir régulièrement pour la rénovation des équipements des tunnels routiers, en particulier pour la modernisation des systèmes d'éclairage.



# Le projet NEO : une étude de faisabilité complexe

Le Conseil Régional de la Réunion a fait appel au CETU pour déterminer la faisabilité d'un ouvrage souterrain dans le cadre du projet de Nouvelle Entrée Ouest (NEO) de Saint-Denis à la Réunion. Une intervention qui s'est révélée très complexe...



**Dans le cadre du projet NEO, une variante avait pour objectif de faire passer en souterrain la route nationale actuellement urbaine et en bordure de l'océan.**

Le Conseil Régional a fait appel au CETU fin d'année 2019 pour déterminer la faisabilité d'un tel ouvrage et de ses inter-tubes. L'élaboration du modèle géologique global du secteur s'est rapidement révélée très complexe. En effet, le secteur comporte différents types de terrain avec des organisations chaotiques : si les coulées et brèches basaltiques sont relativement favorables au creusement d'un tunnel, les terrains alluvionnaires meubles (sables et galets) se révèlent très délicats. Le fait que l'ensemble des terrains se situe sous une nappe phréatique ayant des connexions possibles avec l'océan complique encore le contexte géotechnique.

**Le CETU s'est ainsi penché sur la tenue des terrains meubles** notamment avec des avoisinants sus-jacents. Le modèle géologique produit pour l'ensemble du secteur a conduit à un classement en termes de faisabilité des portions d'ouvrage selon les terrains, les profondeurs et les avoisinants. Cette méthodologie a mis en avant l'importance du positionnement des ouvrages souterrains dans les horizons géologiques les plus favorables. **Cela a conduit à proposer des modifications sur les tracés envisagés de manière conjointe et intégrée avec le Conseil Régional.**

**Le CETU a finalement statué sur la faisabilité d'un tunnel en proposant deux tracés (court et long respectivement de 1 km et 1,3 km de longueur).** Une première estimation a été fournie avec une provision pour risques élevée considérant le grand nombre d'incertitudes géologiques demeurant à ce stade. Plus largement, les variantes tunnels représentent deux des cinq scénarios envisagés : un débat public a eu lieu entre septembre et décembre 2020. Les compte-rendu et bilan ont été publiés en février 2021 et la décision des maîtres d'ouvrage est attendue avant l'automne 2021.





# Peau neuve pour la tranchée couverte de Firminy

Sur la RN88, en sortie de Saint-Étienne direction le Puy-en-Velay, la tranchée couverte de Firminy et les deux tranchées environnantes, S. Allende et A. Camus, font l'objet depuis 2014 de travaux de rénovation importants tant en génie civil qu'en équipements.

**Ces ouvrages font partie des derniers du réseau routier national non-concédé à faire l'objet d'une rénovation complète** pour la mise en conformité à la réglementation française et européenne, (directive européenne n°2004-54-CE relative aux ouvrages de plus de 500 m situés sur le RTE-T) : éclairage LED, détection automatique d'incident, dispositifs de fermetures et auto-évacuation, suppressions des issues,

alimentation électrique, caniveaux à fente, regards siphoniques, bassins, etc. Une gestion technique centralisée a également été créée pour intégrer l'ouvrage à la supervision du PC Osiris situé à Albertville.

**Le CETU intervient en tant qu'assistant à maîtrise d'ouvrage et expert technique auprès de la DIR Centre Est sur toutes les phases du projet.**

Après les derniers tests et essais et les opérations de réception de l'ouvrage, l'année 2021 marquera le passage au niveau de surveillance D4 de la TC de Firminy.



## La tranchée couverte de Marange-Silvange s'équipe



La tranchée couverte de Marange-Silvange s'inscrit dans l'aménagement en voie rapide de la RN52 (dite VR52) entre l'A30 et à l'A4, dans le département de la

Moselle. Cet ouvrage, de 400 m de long, est composé de deux tubes unidirectionnels.

**Après les travaux de génie civil réalisés entre 2016 et 2018, les travaux d'équipements, toujours sous maîtrise d'œuvre DIR Est, ont débuté en octobre 2018.**

**Le CETU assiste le SIR Lorrain pour la production des visas et pour le suivi d'exécution des travaux.** En 2020, parmi tous les documents d'exécution produits par l'entreprise en charge des travaux, on peut notamment citer les analyses fonctionnelles liées à la

GTC-Supervision. Dans ce cadre, le CETU a participé à de nombreuses visioconférences de mise au point technique, notamment sur les thèmes de l'architecture et des fonctionnalités du système : interfaces avec les équipements existants au Centre Ingénierie Sécurité Gestion du Trafic, virtualisation des serveurs ou encore ergonomie des vues de l'interface homme machine. Ce travail de préparation sera suivi par la pose des équipements et le déploiement des différents systèmes à partir mai 2021, avec une mise en service prévue au second trimestre 2022.

MAIS AUSSI...

**La poursuite des sondages dans le cadre du projet du tunnel de Quié, afin de caractériser trois secteurs particulièrement compliqués du point de vue géologique.**

**La participation au groupe d'experts en charge du suivi des travaux du projet EOLE (prolongement du RER E vers l'ouest).** **Le démarrage d'une assistance auprès de la Société de Grand Paris, pour l'aider à définir sa stratégie opérationnelle de gestion et de valorisation des déblais.** **La participation à un comité d'experts en charge d'accompagner le projet d'aménagement des voies couvertes de la Défense aux deux roues et aux piétons.**



## SUIVI DES VIBRATIONS AU TUNNEL DES CLIETS

Le conseil départemental de la Savoie a décidé de faire construire un nouveau tunnel de 240 mètres sur la commune de Cohennoz, sur le site des Cliets, suite à l'obstruction de l'entrée nord du tunnel existant par un éboulement de grande ampleur (8000 m<sup>3</sup>). Le CETU a été missionné par l'entreprise Vinci TP Lyon pour le contrôle externe du respect des seuils de vibration imposés sur les constructions et sites avoisinants (ponts, falaise, etc) lors de l'excavation du tunnel à l'explosif qui a commencé en novembre 2020. Confrontée à une géologie peu favorable et à des conditions climatiques difficiles, l'entreprise a réussi à avancer en adaptant les plans de tirs et les soutènements dans le respect des seuils vibratoires fixés.

## Des ateliers ANDRA-CETU pour expertiser les coûts

Le projet Cigéo ([www.andra.fr/cigeo](http://www.andra.fr/cigeo)) est un projet d'une complexité rare dont la réalisation s'étale sur plus d'un siècle. Début 2020, l'ANDRA a fait appel au CETU pour approfondir certains thèmes relatifs aux coûts des ouvrages souterrains. Le CETU a apporté son expertise sur la structuration des coûts du projet, la méthodologie d'évaluation utilisée pour les élaborer ainsi que sur la robustesse des estimations. L'intervention s'est faite sous la forme originale de huit ateliers de travail, qui ont permis d'enrichir les échanges et d'approfondir certains sujets, comme l'organisation du chantier et les moyens qui seront mis en œuvre. Les ateliers se sont déroulés du 5 mars 2020 au 28 janvier 2021.

## TRAVERSÉE FERROVIAIRE SOUTERRAINE DE MARSEILLE : C'EST REPARTI !

**Le projet a été retenu dans les investissements prioritaires de la Loi d'Orientation des Mobilités, pour désaturer le nœud ferroviaire marseillais. Il comprendra 2 tunnels bitubes de 5,2 km et 3,1 km ainsi qu'une gare souterraine de 400 m de longueur, pour un budget d'environ 2,2 Md€.**

**Le CETU accompagne SNCF-Réseau pour cette nouvelle phase d'études qui doit conduire à la déclaration d'utilité publique. Les enjeux « tunnels » concernent la sécurité ferroviaire, l'identification des avoisinants les plus sensibles, l'organisation des chantiers avec les modes d'évacuation des matériaux excavés et la fiabilisation du coût de l'opération avec la consolidation des modèles géologique, hydrogéologique et géotechnique.**

## TUNNEL D'OLORON : UN PROJET ÉCOLE

**Le CETU est toujours mobilisé pour la réalisation du Projet d'Ouvrage d'Art du tunnel d'Oloron Sainte-Marie pour le compte de la DREAL Aquitaine, via une équipe projet de 15 agents. Ce projet est l'occasion d'appliquer les doctrines élaborées au CETU, notamment pour le management des risques. Le dossier comprend une structuration des données conforme aux dernières recommandations du GT 32 de l'AFTES, en décomposant les données géotechniques au sens large, les données relatives aux avoisinants et les données relatives à l'environnement, dont la gestion des matériaux excavés. L'estimation a été affinée en utilisant les derniers développements du CETU dans ce domaine, en particulier pour l'estimation de la provision pour risques identifiés.**



## Bilan de santé pour VNF

Suite à un effondrement dans le tunnel de la Bourieure sur lequel le CETU était déjà intervenu en 2019,

Voies Navigables de France a souhaité faire réaliser un diagnostic géotechnique et structural de son patrimoine. C'est ainsi que fin 2020, le CETU a été chargé d'inspecter l'ouvrage voisin de Bénavau près d'Epinal. Quelques pathologies et signes de vieillissement ont été constatés, mais rien de plus normal pour un ouvrage datant de 1877 ! Les archives de la construction mais surtout l'analyse des désordres structuraux dans leur contexte géotechnique ont permis d'expliquer leur cause : d'anciens puits de ventilation comblés ou fontis remblayés, par lesquels l'eau ruisselle et occasionne des dommages en voûte ou sur les piédroits.

# Accompagner la vie des ouvrages



Accompagner la vie des ouvrages a toujours été une préoccupation forte du CETU qui apporte depuis de nombreuses années son expertise pour aider les gestionnaires à pérenniser et moderniser leur patrimoine génie civil et équipements en conciliant les enjeux économiques, technologiques et environnementaux tout en tenant compte des enjeux de sécurité. Les actions du CETU s'inscrivent souvent à court terme, par exemple en assistant un exploitant à optimiser ses CME (Conditions Minimales d'Exploitation) ou en réalisant un audit d'un processus de maintenance, mais aussi à long terme en définissant la notion de bon état d'un ouvrage à un horizon de plusieurs années.



# Mont Blanc : prévoir la fin de concession d'un tunnel centenaire

La fin de concession du tunnel du Mont-Blanc aura lieu le 31 décembre 2050. Se pose alors la question de définir le « bon état » du tunnel à cette date puisque, selon les termes du contrat de concession, c'est dans le respect de cette condition qu'à son échéance, le tunnel devra être remis aux États français et italien.

**La rétrocession à l'État d'un tunnel concédé est à ce jour sans précédent en France, et il n'existe pas de texte qui donne une définition du bon état d'un tunnel en vue de sa rétrocession en fin de concession.** Il faut donc que la notion de « bon état » soit explicitée. Du côté français, c'est le CETU qui a été chargé de ce travail par la Direction des Infrastructures de Transport, en lien avec le Comité de Sécurité du tunnel. La démarche se devait d'être engagée suffisamment tôt, car pour ce tunnel qui aura près de 90 ans en 2050, des travaux de rénovation de sa structure sont à envisager. Du fait des contraintes d'exploitation, ces travaux de réparation de désordres apparus avec le temps pourraient s'étaler sur plusieurs années.

**S'il faut admettre qu'en 2050 l'ouvrage présentera un vieillissement lié à son âge, le tunnel devra néanmoins pouvoir être exploité à son niveau de service de référence.** L'exploitation devra se faire



dans le respect des exigences de sécurité applicables à cette échéance, sans qu'il soit nécessaire d'engager d'autres travaux d'entretien spécialisés ou de réparation que ceux relevant de l'entretien et de la maintenance courants. Le jugement du bon état en fin de concession ne reposera pas uniquement sur l'évaluation de l'état du tunnel en 2050. Sera également prise en compte l'analyse d'un programme d'intervention pluriannuel à établir préalablement. Ce programme devra démontrer que l'objectif de bon état sera atteint à travers des travaux d'entretien et de réparations éventuelles, continus et réguliers.

**L'analyse engagée par le CETU, tant pour le génie civil que pour les équipements, ne se limitera pas au bon état apparent.**

Elle portera aussi sur une appréciation précise de sa capacité structurelle résiduelle pour les aspects génie civil et de ses performances pour les aspects équipements. C'est sur ces principes que sera explicité le bon état de chaque élément du tunnel.





# Limiter les fermetures des tunnels et leurs impacts

Dans certains tunnels, la décision de fermer un ouvrage à cause d'une indisponibilité de moyens ou d'équipements peut s'avérer compliquée lorsqu'elle entraîne le blocage d'un réseau routier, même lorsque les conditions minimales d'exploitation (CME) l'imposent. Dans ce cadre, **la DIR Centre Est a sollicité l'appui du CETU afin de limiter le nombre de fermetures de plusieurs de ses ouvrages et de mieux en gérer les impacts.**

Ainsi, pour un ouvrage, **le CETU a préconisé de travailler sur la fiabilisation de l'alimentation**

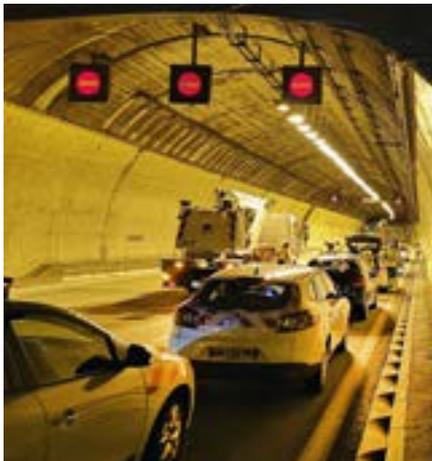


**électrique** du tunnel en se coordonnant mieux avec le fournisseur d'énergie. Pour un autre, le CETU accompagne la DIR dans le cadre de l'élaboration d'**une analyse des risques liés au transport de marchandises dangereuses** et de simulations

numériques qui devraient permettre d'objectiver le risque et à terme d'affiner ou de confirmer les CME actuelles.

Enfin, l'assistance à la DIR porte également sur **la définition de mesures d'exploitation exceptionnelles** permettant au préfet d'autoriser la réouverture de l'ouvrage en application du fascicule 5 du guide des dossiers de sécurité. Cette réflexion amont est par ailleurs préconisée par la CNESOR, l'anticipation étant préférable à une prise de décision précipitée en période de crise.

## Un audit conjoint des tunnels du réseau ESCOTA



Afin de s'assurer que les Sociétés Concessionnaires d'Autoroutes entretiennent et maintiennent en bon état leurs tunnels, le service de Gestion et de Contrôle des réseaux Autoroutiers concédés (GCA) réalise des audits sur la gestion et l'entretien des ouvrages. Ces audits veillent à la conformité aux référentiels techniques et doivent démontrer un fonctionnement et une exploitation des ouvrages en toute sécurité. Cette démarche s'inscrit également dans une perspective de fin de concession. Dans ce contexte, **GCA a sollicité le CETU pour réaliser un audit documentaire spécifique au patrimoine « tunnels » du réseau**

**VINCI-ESCOTA.** L'audit a concerné à la fois le génie civil et les équipements et a été complété par une visite terrain des tunnels de Las Planas et Castellar.

**Le CETU a réalisé une analyse du cadrage et de la mise en œuvre de la politique de suivi du génie civil (i.e. surveillance, entretien et réparation) et des équipements (i.e. maintenance, contrôle et renouvellement) y compris la méthodologie d'inspection détaillée.**

**Cet audit a permis de fournir au gestionnaire des recommandations concrètes pour améliorer le suivi déjà substantiel de ses ouvrages.**

MAIS AUSSI...

**Le lancement du nouveau site Internet du Groupe de Travail Francophone des Exploitants de tunnels routiers ([www.gtfe.fr](http://www.gtfe.fr)), géré par le CETU. ☉ La poursuite des formations sur les principes généraux des systèmes de gestion de la sécurité, dispensées par le CETU auprès des Directions Interdépartementales des Routes. ☉ La participation au comité de pilotage de l'étude sur les évacuations massives en tunnel sur les lignes de métros automatiques, lancée par le STRMTG. ☉ Une mission d'assistance à maîtrise d'œuvre dans le cadre des travaux de rénovation de la trémie de Champoulet, notamment sur les aspects éclairage avec une nouvelle installation LED.**

## Manche : le CETU à pied sec !

Les tunnels transfrontaliers sont encadrés par des conventions binationales spécifiques. Celle du tunnel sous la Manche prévoit l'intervention d'inspecteurs génie civil pour assurer un contrôle de l'état de l'ouvrage, de la politique de surveillance et d'entretien.

À ce titre, le CETU a organisé une inspection génie civil en février 2020. Elle a permis de visiter les parties sensibles de l'ouvrage comme les zones de croisement de voies et d'identifier les problématiques d'organisation de l'entretien courant et des réparations auxquelles est confronté Eurotunnel. Les observations et recommandations qui en découlent sont reportées et suivies par les instances inter-gouvernementales.



## 10 inspections génie civil et équipements ont été menées en 2020

- Montjézieu sur l'A75 (48) – IDP GC et EQ,
- Siaix sur la RN90 (73) – IDP GC et EQ,
- Bobigny, Lumen et Norton sur l'A86 (93) – IDP EQ,
- Landy sur l'A1 (93) – complément IDP EQ,
- Saint-Benoit, Pont-Julien, Pont d'Angles et Rouaine sur la RN202 (05) – IDP GC
- Ambroise Paré sur l'A13 (92) – complément IDP EQ,
- Pas de l'Escalette et Rocher de la Vierge sur A75 (34) – IDP GC
- Noailles sur l'A20 (19) – IDP GC

\* IDP = Inspection détaillée périodique

## LA GTC - SUPERVISION FAIT L'OBJET D'UNE PUBLICATION



La Gestion Technique Centralisée (GTC) - Supervision est un maillon essentiel pour assurer la sécurité des usagers et l'écoulement du trafic. Véritable cerveau du tunnel, elle permet la surveillance et le pilotage à distance des équipements.

Au regard de son importance ainsi que des nouveaux enjeux liés à la transformation numérique et la cybersécurité, il était devenu nécessaire de stabiliser la doctrine

sur ce sujet.

Suite à un atelier sur cette thématique organisée par le GTFE fin 2019, une première étape a été franchie en 2020 avec une publication présentant les principes, le cadre réglementaire et technique ainsi que des retours d'expérience. Elle est disponible sur le site web du GTFE ([gtfe.fr](http://gtfe.fr)).

## AUDIT SNCF RÉSEAU : COOPÉRATION INÉDITE AVEC L'EPSF

Dans le cadre de son partenariat avec l'Établissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF), le CETU a assisté ce dernier dans sa mission de veille sur la sécurité du système ferré national en réalisant avec lui un audit de la politique de sécurité tunnel de SNCF Réseau. Cet audit visait à évaluer la robustesse de sa conception et de sa mise en œuvre, le pilotage et le bouclage de la sécurité, la gestion opérationnelle des situations d'urgence et la surveillance et la maintenance des équipements de sécurisation des tunnels. Suite aux entretiens menés auprès de 4 directions et aux constats formulés, SNCF Réseau a présenté son plan d'actions correctives dont la mise en œuvre sera suivie par le CETU et l'EPSF.

## Analyse des risques du Fréjus : on retient deux méthodes !

Un second tube sera bientôt achevé au tunnel du Fréjus afin de passer d'un mode bidirectionnel à un mode principalement unidirectionnel. Cette modification nécessite d'actualiser les pièces du dossier de sécurité et notamment les analyses de risques. Le comité de sécurité a décidé que la principale d'entre elles, l'étude spécifique de dangers, serait réalisée avec deux méthodes : celle utilisée en France et une nouvelle à développer selon la directive italienne ad-hoc.

Avec le Politecnico di Torino, le CETU a été sollicité par le maître d'ouvrage et l'accompagne dans la mise au point de la méthode italienne, dans le suivi de la réalisation de la méthode française et dans l'articulation entre les deux.

# Les publications

## Guides du CETU

- Equipements des tunnels routiers et de transports guidés urbains : essais, réceptions et garanties, juin 2019 (version publiée 2020), 79 p.

## Documents et notes d'information

- Note d'information n° 18, Prise en compte des véhicules hors gabarit aux abords des tunnels routiers, version 2020, janvier 2020, 8 p.
- Les personnes à mobilité réduite dans les tunnels routiers – Dispositions réglementaires et préconisations spécifiques, Document d'information, janvier 2020, 41 p.
- Levés géologiques et hydrogéologiques de terrain pour les ouvrages souterrains – Objectifs, spécifications, organisation contractuelle, Document d'information, septembre 2020, 22 p.
- Les actes des ateliers du GTFE / Gestion Technique Centralisée – Supervision / Atelier du 10 octobre 2019, novembre 2020, 22 p.

## Rapports de recherche

- **POTIER (M.), WILLMANN (C.)**, U-THREAT, Classification of tunnels between stations regarding vulnerability, mars 2020, 8 p.
- **CETU**, U-THREAT – WP5 – Users evacuation from a train on fire in tunnel – Scenarios study, mai 2020, 82 p.
- **DOREAU-MALIOCHE (J.)** - U-THREAT - WP4, Procedure for quick and reliable post-incident assessment, 2020, 28p.
- **DOREAU-MALIOCHE (J.)** - U-THREAT - WP4, Structural aspects of exemplary investigated underground stations, 2020, 10p.
- **DOREAU-MALIOCHE (J.)**, KLAPROTH (C.), VOLLMANN (G.) - U-THREAT - WP4, Methodology for pre-incident assessment to identify critical structural elements in terms of station and hub functionality, 2020, 42p.

- **MOREAU-MALIOCHE (J.)**, KLAPROTH (C.), VOLLMANN (G.) - U-THREAT - WP4, Engineering concepts for durable repair, 2020, 14p.

## Thèses

- IU (Y), Modeling of time-dependent and anisotropic behavior of highly squeezing ground : application to the Saint-Martin-la-porte exploratory galleries of the Lyon-Turin link, thèse de doctorat, École Nationale des Ponts et Chaussées, 2020
- **KUBWIMANA (T.)**, Simulation de l'écoulement atmosphérique au voisinage d'une tête de tunnel, thèse de doctorat, spécialité Mécanique des fluides, École Centrale de Lyon, 2020, 280 p.
- CHAABAT (F.), Control of fire smoke in road tunnels equipped with mechanical ventilation systems, thèse de doctorat, spécialité Mécanique des fluides et énergétique, École Centrale de Lyon, 2020, 181 p.

## Documents produits avec une forte participation du CETU

- **WILLMANN (C.)**, NASS (J.), CHAIZE (C.), ALAUZET (A.), U-THREAT- WP5 - Restoration of user's confidence, mai 2020, 7 p.
- **WILLMANN (C.)**, NASS (J.), CHAIZE (C.), ALAUZET (A.), Users' vulnerability - assessment of a station, mars 2020, 15 p.
- Tunnel Safety Work Stream : Tunnel Safety Report - A benchmark of the practices of Highways England (United Kingdom), Agentschap Wegen en Verkeer (Flanders), **Centre d'Études des Tunnels (France)** and Rijkswaterstaat (The Netherlands), to identify possibilities for cost reduction, Rapport TS Workstream, novembre 2020, 70 p.
- Norme NF P94-001 : Repérage amiante environnemental, étude géologique des sols et des roches en place, mission et méthodologie, Norme AFNOR, mars 2020, 40 p.
- Rédaction du Guide d'instruction des Avis d'Experts « Procédés d'étanchéité et

dispositifs de drainage innovants », GT9 AFTES, mars 2020, 22 p.

- IFC-Tunnel Project, Report WP2: Requirements analysis report (RAR) – buildingSmartInternational, Rapport Technique, juillet 2020 (version anglaise), 176 p.
- Fiches Tunneliers « Mécanisation » n°120-125, Revue Tunnels et Espace Souterrain, Fiches Tunneliers GT4, 2020
- ITA Working Group n°12 and ITAtech, « Permanent Sprayed Concrete Linings », ITA REPORT N°24 / octobre 2020, 55 p.
- Avis techniques délivrés en 2020 par la commission « Étanchéité des ouvrages souterrains »
  - Xilhon ML GSB
  - KENTREC EM1 Enduit mince
  - Parafor Ponts FPM

### Articles et communications à des conférences

- **MOREAU (B.), DEFFAYET (M.)**, La sécurité incendie des espaces souterrains, revue TES – revue thématique « le droit du sol / espaces souterrains », 4 p.
- **MOREAU (B.), DEFFAYET (M.)**, Chan (I.), LAM (F.), CHAU (P.), BETTELINI (M.), NG (F.), AU (G.), Fire safety issues in underground spaces: a need for regulatory evolution – French, Swiss and Hong Kong SAR, China (Hong Kong) contexts, congrès ACUUS 2020, 9 p.
- **D'ALOIA SCHWARTZENTRUBER (L.), ROBERT (F.), CHERREY (A.), CHAMOLEY (D.), MONGEARD (L.), GARCIER (R.)**, Gestion, réemploi et valorisation des matériaux excavés en travaux souterrains : enjeux et perspectives, Colloque « La terre dans tous ses états » Chaire Valorisation des terres issues des chantiers urbains (ECT/EIVP), Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées – Sciences et techniques, juillet 2020
- **BERTHOZ (N.), SUBRIN (D.)**, BRANQUE (D.), Déplacements induits par les tunneliers : rétro-analyse de chantiers en milieu urbain sur la base de calculs éléments finis en section courante, Revue Française de Géotechnique, 2020, 20 p.
- **BERTHOZ (N.), BOUTEILLE (S.)**, MOHAMAD (W.), **SUBRIN (D.)**, Dimensionnement des revêtements de tunnels : réactions hyperstatiques ou éléments finis ? Tunnel lining design : hyperstatic reactions or finite elements ? JNGG 2020, Lyon, 8 p.
- EL JIRARI (S.), WONG (H.), DELERUYELLE (F.), BRANQUE (D.), **BERTHOZ (N.)**, LEO (C.), Analytical modelling of a tunnel accounting for elastoplastic unloading and reloading with reverse yielding and plastic flow, Computers and Geotechnics, n°121, 2020, 12 p.
- **BERTHOZ (N.), MICHALSKI (A.)**, BRANQUE (D.), **SUBRIN (D.)**, Impact des tunneliers sur des fondations profondes : modélisation numérique 3D d'essais réalisés sur modèle réduit - Impact of tunnel boring machines on piles : 3D numerical modelling of trials carried out on a reduced-scale model, AFTES, Paris, 12 p. AFTES – Paris 2020, 8p.
- YICHUN LIU, SULEM (J.), **SUBRIN (D.)**, HUY TRAN-MANH, Long-term behavior of lined tunnels excavated in squeezing ground, 5th International ITASCA, Symposium 2020, 3 p.
- YICHUN LIU, SULEM (J.), **SUBRIN (D.)**, HUY TRAN-MANH, HUMBERT (E.), Modélisation des tunnels excavés dans les terrains fortement tectonisés - modeling of tunnels excavated in highly squeezing ground, JNGG – Lyon 2020, 8 p.
- **MACARY (M.)**, BARROIS (B.), RAVIX (L.), Maîtrise des risques dans les contrats de conception-réalisation : comparaison des pratiques anglo-saxonnes et françaises - Risk allocation for design and build contract: comparison of Anglo-Saxon and French practices, AFTES – Paris 2020, 11 p.
- **ROBERT (F.)**, BEAUFILS (M.), Geotechnical Data Standardization for BIM, Présentation BIM World octobre 2020, 20 p.
- **ROBERT (F.)**, GT 45 Point sur la normalisation des IFC propres aux travaux souterrains, Webinaire AFTES, 22-23 septembre 2020, 19 p.
- **LARIVE (C.)**, **BOUTEILLE (S.)**, **BERTHOZ (N.)**, **ZAPPELLI (S.)** « Fiber-Reinforced Sprayed Concrete as a permanent concrete lining. », Structural Engineering International, n°4, 2020, pp. 498-505

- **PETIT (S.)** (pour le GT9), « Recommandation à venir sur la protection des étanchéités et le drainage des ouvrages souterrains », Revue « Tunnels et Espace Souterrain » n° 271, janvier-février-mars 2020, 2 p.
- **PETIT (S.)** (pour le GT9), « Point technique sur l'étanchement de la tranche du radier dans le cas des structures intégrées », Revue « Tunnels et Espace Souterrain » n° 273, avril-mai-juin 2020, 2 p.
- **CHAMOLEY (D.)** (pour le GT9), « Cartographie des documents de référence pour la conception et la réalisation de l'étanchement en ouvrages souterrains », Revue « Tunnels et Espace Souterrain » n° 274, octobre-novembre-décembre 2020, 2 p.
- FTARADA, **B. VIDAL**, C. EDGE, C. SEEWALD, T. HALBACH, R. HALLAM, Measurement of road Tunnel air quality - EN 50545-2 – International Webinar» Tunnel Safety and Ventilation, Graz décembre 2020, 8p.
- CHAABAT (P.), SALIZZONI (P.), CREYSSELS (M.), MOS (A.), WINGRAVE (J.), CORREIA (H.), MARRO (M.), Smoke control in tunnel with a transverse ventilation system : an experimental study, Building and environment, 167, 2020, 13 p
- **BURKHART (J.F.), YAGHZAR (M.), VIDAL (B.), GRAND (J.P.)**, ROBIN (D.), CASTEL (S.), BOISSAT (R.), Expérimentation du pilotage de la ventilation d'un tunnel par des micro-capteurs pour réduire l'exposition aux polluants des riverains / Experiment for controlling the ventilation of a tunnel with microsensors for reducing the exposure of local residents to pollutants, Revue Tunnels et Espaces Souterrains, n°271, janvier-février-mars 2020, 8p.
- **WILLMANN (C.)**, U-Threat – Conférence de présentation des résultats du projet U-Threat aux exploitants de réseaux de transport guidé souterrains et aux autorités organisatrices, septembre 2020, 27 p.
- **WILLMANN (C.)**, TRUCHOT (B.), New energy carriers and additional risks for user safety in tunnels, Interflam, 2020, 12 p.
- Fréjus : Analyse des aspects délais/coûts, Rapport final, CETU – ENTPE, août 2020
- **RICHARDOT (G.)**, Analyse du retour d'expérience sur les chantiers des grands ouvrages souterrains : définition d'une méthode de caractérisation des matériaux excavés en vue de leur valorisation, Rapport de stage de TFE de l'ENTPE, juin 2020
- **AHOULOU (F.)**, Gestion des matériaux excavés lors du creusement des ouvrages souterrains : Élaboration d'une base de données techniques et environnementales des méthodes de prétraitement, prise en compte du transport et du stockage, Rapport de stage - « Projet industriel », Ecole des Mines de Saint-Etienne, janvier 2020
- **MAVOUNGOU (C.)**, Apport du modèle géologique à la gestion des matériaux excavés en travaux souterrains : Application au cas complexe des terrains molassiques, Rapport de stage de MASTERE spécialisé Exploitation et Environnement Minier, IMT Mines d'Alès, septembre 2020

#### NOTES ET RAPPORTS INTERNES :

- **RALLU (A.)**, Note sur les calculs de convergence, janvier 2020, 13 p.
- **ROBERT (F.), CHERREY (A.)**, Enjeux et spécificités de la gestion des matériaux excavés en travaux souterrains, juin 2020
- **CHARLES (E.), YAGHZAR (M.)**, Équipements en tunnel routier état des lieux – enjeux environnementaux et énergétiques, juin 2020
- **CHARLES (E.)**, Collecte de données techniques et environnementales sur les équipements d'éclairage, juin 2020
- **YAGHZAR (M.), BURKHART (J.F.), VIDAL (B.)**, Rapport de synthèse du Programme AIRTURIF : Mesures fixes, Synthèse, juin 2020
- **VIDAL (B.)**, Gestion et connaissance de la qualité de l'air dans les tunnels routiers – Memorandum sur les capteurs gaz et la normalisation, Note technique, mai 2020, 14 p.
- **VIDAL (B.)**, TEMI – armoire de détection des polluants - Rapport des expérimentations dans le tunnel du Mont Blanc 3 campagnes de mesures : mars 2018, novembre 2018, et juin 2020, octobre 2020, 24 p.

#### Documents internes

##### RAPPORTS DE STAGE :

- **NCIR (K.)**, Étude de la construction de la galerie de sécurité du tunnel de

# 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

**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**

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

**UGE**

Université Gustave Eiffel



**Centre d'Études des Tunnels**

25 avenue François Mitterrand

69500 Brøn - France

Tél. +33 (0)4 72 14 34 00

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

[www.cetu.developpement-durable.gouv.fr](http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr)