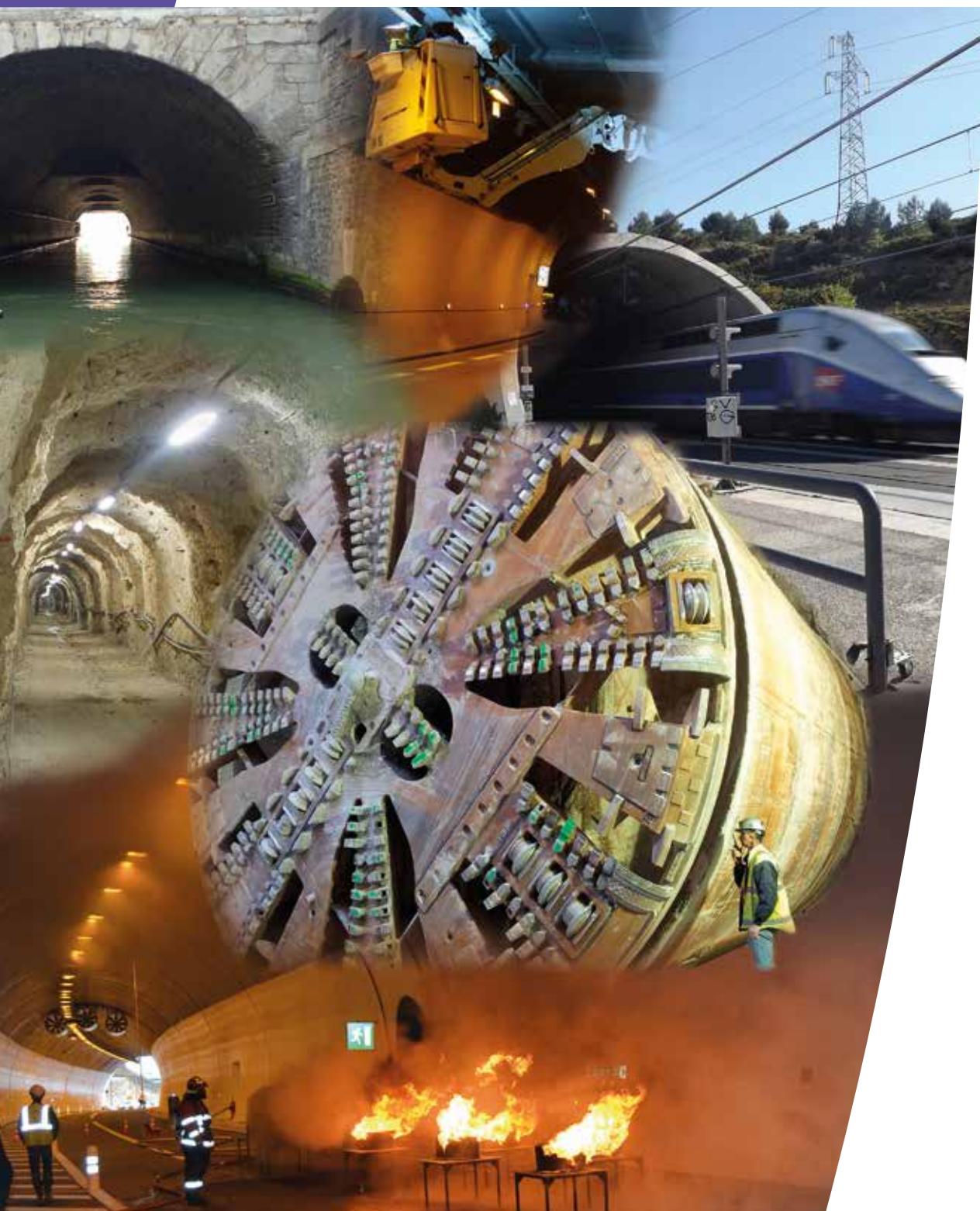
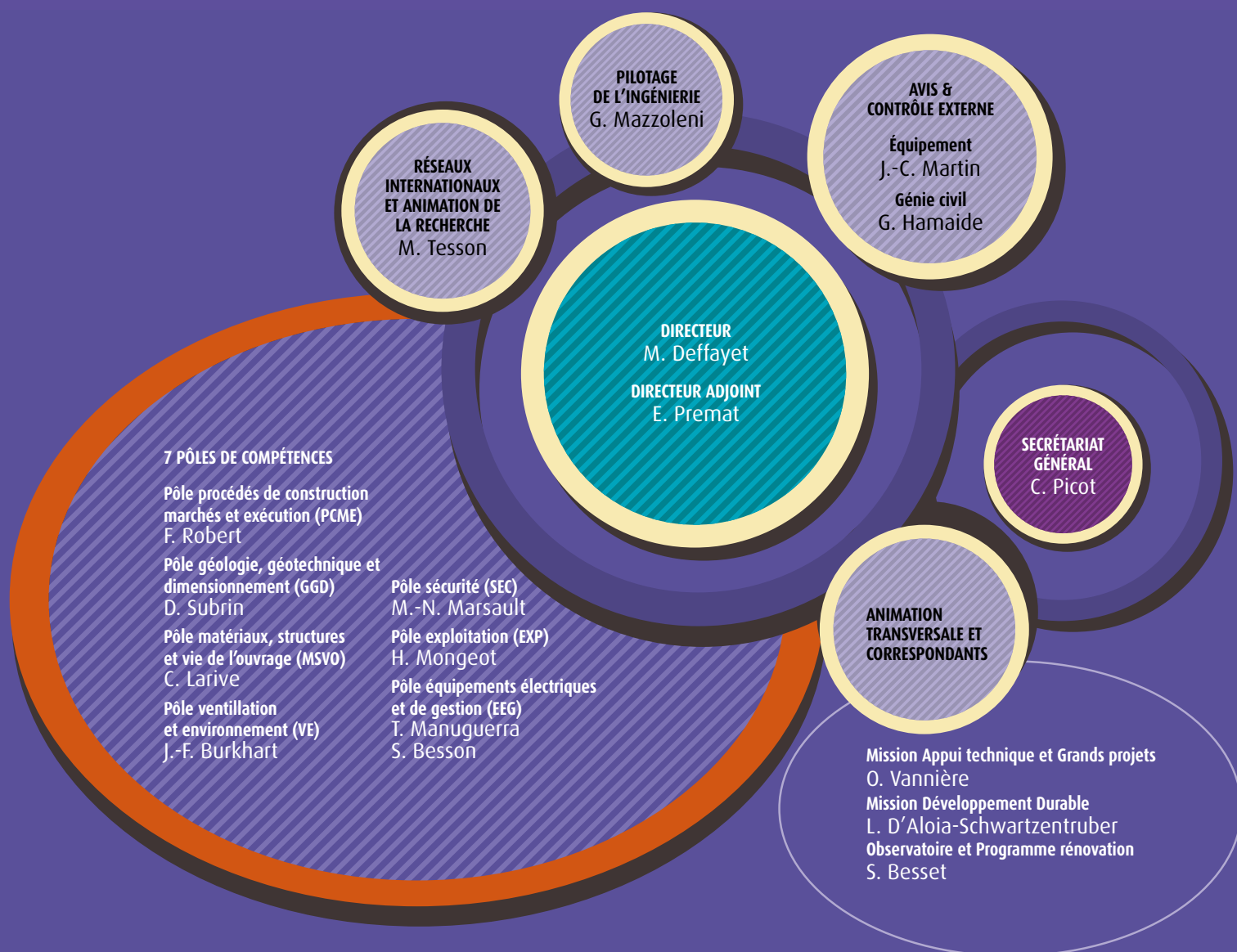


Rapport d'activité 2015



Sommaire

■ Éditorial	3
■ Présentation et missions du CETU	4
■ En bref...	6
■ Accompagner la mise en œuvre de la réglementation	12
■ Animer les réseaux nationaux et internationaux	16
■ Aider à mieux gérer le patrimoine	20
■ Prendre en compte le développement durable dans les ouvrages souterrains	24
■ Développer une expertise et aider les maîtres d'ouvrages pour les tunnels ferroviaires	30
■ Participer aux projets d'ouvrages souterrains	36
■ Développer des actions de recherche	42
■ Capitaliser et diffuser la connaissance	50
■ Les publications	57



Édito



Éric Premat,
Directeur adjoint

Michel Deffayet,
Directeur

D'année en année, se confirme de plus en plus nettement qu'il est attendu du CETU d'être un référent, un facilitateur, un lieu de ressources, de conseil et d'expertises. Après une période fortement consacrée aux travaux d'amélioration de la sécurité dans les tunnels existants, les maîtres d'ouvrage de tunnels routiers s'interrogent sur la gestion dans la durée de ces ouvrages, les moyens à y consacrer, les organisations à prévoir et les dispositions à prendre pour assurer à un coût raisonnable le maintien d'un haut niveau de sécurité et une vigilance de tous.

Dans le domaine des tunnels ferroviaires et des transports guidés, d'importantes opérations sont à l'étude ou en travaux. Les perspectives de travaux souterrains en France pour les 15 années qui viennent sont vraiment motivantes comme l'illustre la journée organisée par l'AFTES à Lyon le 16 octobre et qui a évoqué, pour la période 2020 – 2025, plus de 20 tunneliers simultanément en activité pour excaver plus de 40 kilomètres par an.

Ces perspectives ouvrent de nouveaux champs d'étude et d'investigation, et interrogent l'ensemble de la profession sur sa capacité à répondre à la demande tant en volume qu'en compétences disponibles.

Le présent rapport d'activité met en exergue, comme un fil rouge, le positionnement du CETU auprès des maîtres

d'ouvrage, et les développements méthodologiques qui sont conduits pour consolider le processus d'étude et la phase de contractualisation, des thématiques qui intéressent directement les projets à venir. Pour les opérations plus avancées et les tunnels existants, l'effort a été porté sur le suivi et la capitalisation du retour d'expérience des travaux, et ensuite sur la surveillance et le contrôle des systèmes installés, ainsi que la politique d'entretien et de maintenance.

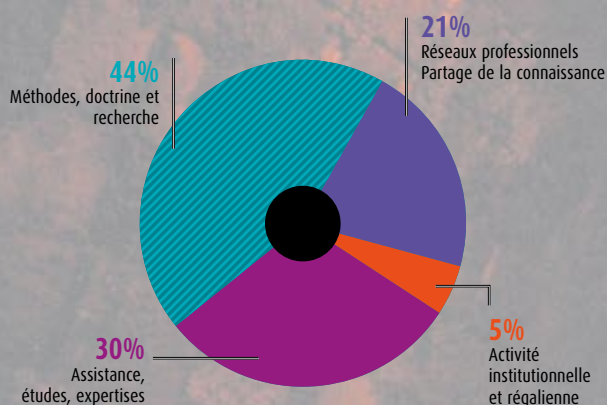
Le rapport souligne aussi la place du travail en réseau et en partenariat. Le CETU ne peut fonctionner qu'avec une forte implication dans les milieux professionnels, pour y trouver de l'information et animer ensuite la construction d'éléments de doctrine. De plus en plus s'affirme pour le CETU une vocation d'observatoire pro-actif dans la collecte de données, techniques certes mais pas seulement, et la diffusion d'analyses et de synthèses sur un champ élargi autour des tunnels et de l'espace souterrain.

Derrière ces priorités, se dessine la stratégie du CETU pour les années qui viennent et qui est en cours de validation avec le ministère. Si les interventions du CETU sont multiples comme on le constate à la lecture des pages qui suivent, il est essentiel de rester concentré sur un nombre restreint d'axes avec de forts enjeux, pour lesquels le CETU sait pouvoir apporter une réelle plus-value.

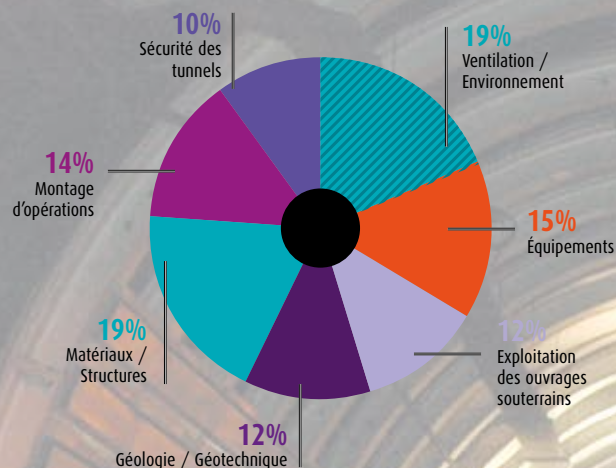
■ M. D. / E. P.

Les missions du CETU

Répartition de l'activité par mode d'intervention



Répartition de l'activité par domaine



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

Le conseil scientifique du CETU

Créé en 1992 pour orienter et évaluer les activités de recherche et doctrine du CETU, le conseil scientifique rassemble des spécialistes de toutes les disciplines que couvre notre champ d'activité.

Il est composé de membres représentatifs de l'ensemble de la profession et de nos partenaires, provenant aussi bien du ministère et de son réseau scientifique et technique, que des milieux universitaires, de l'ingénierie, de la maîtrise d'ouvrage et de l'exploitation.

Ce conseil a plusieurs missions :

- il donne son avis sur nos orientations en matière de recherche et doctrine,
- il examine les méthodes utilisées,
- il évalue les résultats obtenus.

Il se réunit une fois par an en session plénière sous la présidence de M. QUATRE, IGPEF.

Le CETU c'est :

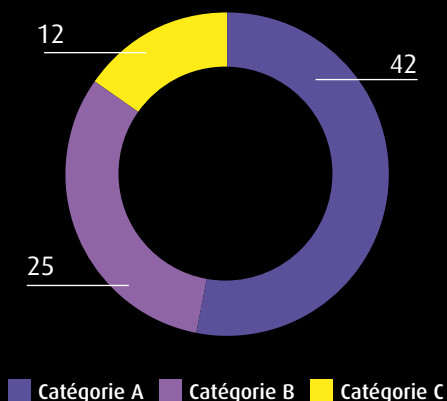
- **Sept pôles thématiques** rassemblant 5 à 11 personnes qui interviennent tant en recherche, projets, expertises qu'en élaboration de doctrine ou de méthode ou encore en contrôles, inspections, exploitation de retours d'expérience, mesures. Leur rôle est de développer et capitaliser la connaissance dans un domaine donné, de réaliser des activités de recherche et de doctrine, de mettre en commun, formaliser et diffuser le savoir-faire et de développer les compétences des agents.

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

- **Des chargés de mission** qui, en raison de leur expérience approfondie, procèdent à certaines expertises, apportent leur contribution aux pôles ou aux équipes projet et remplissent certaines fonctions dans des organismes extérieurs (animation de réseaux, membres de comités techniques, etc.). Ils assurent également au sein du CETU des fonctions transversales permanentes (animation de la recherche, avis réglementaires sur les projets pour l'État et contrôle externe des projets établis par le CETU, pilotage des actions d'ingénierie, développement de l'activité dans le domaine ferroviaire, prise en compte du développement durable, observatoire des tunnels) ou occasionnelles (montages de projets ou réseaux thématiques européens, assistance à certains maîtres d'ouvrage).

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

Effectifs : 81 personnes



Des spécialistes, des experts dont certains au plan international (20 agents qualifiés par les comités de domaine du MEDDE), 12 docteurs

Une **formalisation** des procédures sous la forme de notes de service pour chaque activité

Activités d'ingénierie

Un chargé de mission « pilotage de l'ingénierie »
Un Comité de Programmation et de Suivi qui se réunit une fois par mois
Des chefs de projets et des équipes projet
Un suivi des affaires dédié incluant des revues de projet périodiques

Activités de recherche et doctrine

Un chargé de mission « animation de la recherche »
Un programme de recherche et doctrine annuel :
- 6 axes stratégiques transversaux de recherche
- des actions spécifiques thématiques par pôle
Un suivi d'avancement trimestriel
Une démarche d'évaluation périodique des axes
Un conseil scientifique qui se réunit une fois par an

Activités support

Fonctionnement du service et gestion des moyens humains et financiers avec une attention particulière pour :
- la gestion des compétences et la valorisation des parcours professionnels
- l'éco-responsabilité (achat responsable, Plan de Déplacement d'Entreprise, Bilan des Émissions de gaz à Effet de Serre)

2015, en bref



Tunnel de Saint-Béat

Janvier

Fin du bétonnage du revêtement et des dalles de ventilation du **TUNNEL DE SAINT-BÉAT**, pour lequel le CETU assiste techniquement la DIRSO maître d'œuvre

Intervention à Bruxelles le 7 janvier, dans le cadre du **4TH SFPE SEMINAR ON FIRE SAFETY IN TUNNELS AND UNDERGROUND INFRASTRUCTURES**, pour présenter 15 ans d'études et recherches au CETU sur les incendies en tunnel routier, sur la gestion du patrimoine et la politique d'exploitation des tunnels routiers



Percement du tunnel de Chabrières

Réunion du **COMITÉ ITA-CETU** au CETU le 9 janvier pour faire le point d'avancement des travaux des 4 groupes d'activité et établir le programme 2015 des actions de formation à l'international

Réunion du **COMITÉ DE DOMAINE « TRANSPORTS DURABLES, SÉCURITÉ, INTER-MODALITÉ ET MOBILITÉ »** les 13 et 14 janvier au CETU, qui participe activement au repérage, au conseil et à l'accompagnement des agents à haut niveau de compétence scientifique et technique dans le cadre de 3 comités de domaine

Le 27 janvier réunion à Cologne du **STEERING BOARD D'ITA-COSUF**, dont le CETU est membre, pour préparer les séminaires de printemps (Dubrovnik) et d'automne (Hambourg), ainsi que le programme de travail des 4 activity groups

Parution du **RAPPORT D'ACTIVITÉ** « Bilan et principaux enseignements des dossiers examinés sur la période 2009-2012 » de la **CNESOR**, qui rassemble par thématique bon nombre de développements sur des points de doctrine

Le 29 janvier, première réunion du groupe de **SUIVI ET D'OPTIMISATION DES DÉPENSES DE FONCTIONNEMENT DES TUNNELS ROUTIERS (SOFT)** qui rassemble les exploitants de tunnels des 9 DIR, avec l'objectif de partager les données et les pratiques afin de trouver ensemble des pistes d'économie dans l'exploitation des tunnels, en particulier en termes de consommations et dépenses d'énergie électrique

Février

Lors de la **14^E CONFÉRENCE INTERNATIONALE FIRE AND MATERIALS** qui s'est déroulée du 2 au 4 février à San Francisco, présentation des travaux de recherche sur la dégradation thermique des matériaux de véhicules routiers sous atmosphère contrôlée, menés en collaboration avec le LNE et l'institut Pprime (Université de Poitiers)



Laboratoire souterrain bas bruit

Le CETU est retenu par le CNRS pour une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour le **CREUSEMENT D'UNE GALERIE SUPPLÉMENTAIRE DANS LE LABORATOIRE SOUTERRAIN BAS BRUIT (LSBB)** à Rustrel dans le Vaucluse.

Les 23 et 24 février, réunion de la **FONDATION ITACET** à Paris pour préparer les actions de formation à venir et les soutiens aux étudiants ; une réunion conjointe avec l'IRF (International Road Federation) a permis d'envisager des actions de formation communes

Le 26 février, **SÉMINAIRE ANNUEL INTERNE DE PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE RECHERCHE** qui a offert l'occasion de partager, avec la quasi-totalité des agents et doctorants, les travaux de recherche et doctrine menés en 2014, ainsi que les dernières avancées dans l'ensemble des domaines techniques

Mars

Les 4 et 5 mars, 1^{re} réunion du **WORKSTREAM TUNNEL SAFETY**, groupe de travail auquel participent les Pays-Bas, le Royaume-Uni, la Belgique et la France, représentée par le CETU. Les discussions ont porté sur la comparaison des principes et règles de sécurité à prendre en compte dans la conception et l'exploitation des tunnels



JOURNÉES AFGC 2015 les 18 et 19 mars 2015 dans les locaux de l'ESTP avec la présentation par le CETU de 3 articles : « Construire en souterrain : quels avantages du point de vue du développement durable ? », « Évaluation des impacts sur l'environnement des tunnels creusés au tunnelier par une méthode de type Analyse du Cycle de Vie », et « Gestion des matériaux excavés en travaux souterrains »

Seconde réunion du groupe de travail international de l'AIPCR en charge de la **REFONTE DU LOGICIEL EQR** (Évaluation Quantitative du Risque), animée par le CETU les 30 et 31 mars à Paris



Véhicule de transport de marchandises dangereuses

Avril

Le 2 avril, réunion à Paris du Comité d'orientation du PN Ville10D consacré à la place du sous-sol dans l'aménagement durable de la ville; la réunion s'est attachée à finaliser le contenu de la 2^e tranche du programme de recherche

Participation du CETU à la réunion du comité technique de l'exploitation des tunnels routiers de l'AIPCR à San Juan (Argentine) les 13 & 14 avril 2015, et au séminaire international sur l'exploitation des tunnels routiers binationaux en zone de montagne du 15 au 17 avril

Publication de la **2^e NEWSLETTER DU COMITÉ ITA-CET** afin de sensibiliser un large public international sur ses actions de formation et de partage des connaissances



Mai

Le 13 mai, l'ENTPE, l'ENSAL et le CETU ont rencontré plusieurs responsables de **L'UNIVERSITÉ TONGJI** (Shanghai) pour examiner des pistes de collaborations possibles



Rencontre avec l'Université TONGJI

FORMATION SUR LA SÉCURITÉ DES TUNNELS ROUTIERS les 18 et 19 mai, organisée par le CETU à destination de l'ensemble des acteurs concernés par l'exploitation et la gestion de la sécurité en tunnel



Creusement de la galerie de sécurité du tunnel du Chat

Démarrage le 21 mai des **TRAVAUX DE CREUSEMENT DE LA GALERIE DE SÉCURITÉ DU TUNNEL DU CHAT**, opération pour laquelle le CETU accompagne les services techniques du département de la Savoie

CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'AITES à Dubrovnik du 25 au 28 mai : le CETU est fortement impliqué dans l'animation des réunions des groupes de travail et comités, et a présenté 4 communications sur l'analyse de cycle de vie appliquée à la construction de tunnels, la construction d'ouvrages souterrains sous l'angle du développement durable, le comportement des bétons projetés fibrés et l'utilité des reconnaissances sur site pour réduire les coûts de construction



Congrès international de l'AITES

2015, en bref

Juin

Signature le 2 juin de la **DÉCISION MINISTÉRIELLE D'APPROBATION DU PROJET DE RÉFÉRENCE FRANCE POUR LE TUNNEL EUROPÉEN LYON TURIN**. Le CETU intervient dans le Groupe Technique et Sécurité de la Commission Inter Gouvernementale, apporte son expertise sur les coûts du projet et est membre de la commission des contrats



Réunion du **GROUPE DE TRAVAIL FRANCOPHONE DES EXPLOITANTS DE TUNNELS**

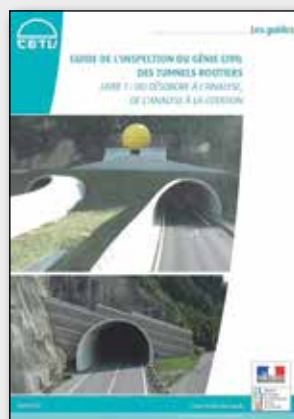
ROUTIERS à Saint-Étienne les 4 et 5 juin, à l'invitation de la DIR Centre-Est, qui a rassemblé plus de 90 personnes et a permis d'aborder des sujets aussi variés que le bilan d'activité de la CNESOR, la formation continue des opérateurs en PC tunnels, la gestion événementielle ou encore la DAI. Le tunnel du Rond-Point, la tranchée couverte de Firminy ainsi qu'une galerie de mine de charbon reconstituée ont pu être visités à cette occasion



Comité Tunnels

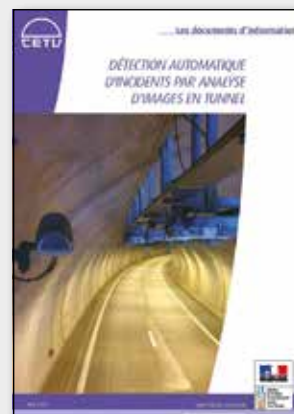
Le 18 juin à Remoulins, à l'invitation du Département du Gard, réunion du **COMITÉ TUNNELS**, rassemblant les représentants des départements en charge de tunnels, sur les thèmes de l'organisation et des moyens d'exploitation ainsi que sur les besoins en formation, avec la visite d'un tunnel situé sur la voie verte du Pont du Gard

Actualisation du **« GUIDE DE L'INSPECTION DU GÉNIE CIVIL DES TUNNELS ROUTIERS »** afin de prendre en compte le nouveau fascicule 40 et de capitaliser l'expérience accumulée avec la réalisation d'inspections détaillées (livre 1 : « Du désordre à l'analyse, de l'analyse à la cotation », livre 2 : « Catalogue des désordres »)



FORMATION « GÉNIE CIVIL DES OUVRAGES SOUTERRAINS » dispensée par le CETU, en collaboration avec les sociétés ITASCA, HERRENKNECHT, SPIE et SOLETANCHE-BACHY, pour le compte des chargés d'étude d'EGIS-RAIL intervenant dans des missions d'études ou de maîtrise d'œuvre d'opérations d'infrastructure, sur les thématiques du creusement des tunnels et du prédimensionnement des ouvrages souterrains

Parution du **DOCUMENT D'INFORMATION SUR LA DÉTECTION AUTOMATIQUE D'INCIDENT** par analyse d'images en tunnel routier, qui fait un point sur les caractéristiques actuelles et conditions de bonne utilisation de ces équipements



Le 25 juin, participation à la 3^e édition des **JOURNÉES SCIENTIFIQUES DU PÔLE LUTB** à l'École Centrale de Lyon, occasion pour le CETU de présenter les supports pédagogiques pour la formation des conducteurs professionnels à la conduite à tenir en tunnel routier, élaborés en partenariat avec les entreprises de transport et les centres de formation à la conduite et diffusés au plan national depuis plus de deux ans



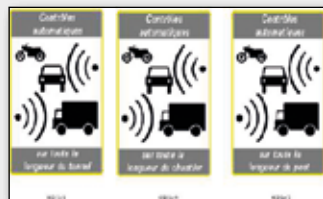
Véhicule de formation des conducteurs

4^e réunion du **COPIL DU RÉFÉRENTIEL TUNNELS** le 25 juin au CETU qui pilote et anime les travaux en collaboration avec les milieux professionnels liés aux ouvrages souterrains



Groupe de Travail Francophone des Exploitants de tunnels routiers

Juillet



RADAR EN TUNNEL, NOUVEAU PANNEAU DE SIGNALISATION pour « l'annonce d'une zone où la vitesse est contrôlée par un ou plusieurs dispositifs de contrôle automatisé », et va s'appliquer notamment sur toute la longueur d'un tunnel, d'un chantier ou d'un pont

Remise du rapport de la mission conjointe EPSF-DGSCGC-CETU de **DIAGNOSTIC DE SÉCURITÉ DES TUNNELS FERROVIAIRES DES BOUCHES-DU-RHÔNE**



Inauguration du tunnel du Mont-Blanc en 1955

Août

LE TUNNEL DU MONT-BLANC FÊTE SES 50 ANS! Le CETU entretient des liens privilégiés avec cet ouvrage exceptionnel puisqu'il participe activement au comité de sécurité en tant que secrétaire technique et contribue régulièrement en tant qu'expert aux côtés du GEIE à des réflexions concernant l'entretien, la maintenance, la réparation sur la structure et les équipements du tunnel



Exemple de simulation numérique

Intervention du CETU pour le compte des services de l'État (DGITM, DDT 38, préfecture de l'Isère), durant l'été 2015, afin d'évaluer techniquement et financièrement les solutions de réparation, suite au **GLISSEMENT DE VERSANT ET ÉBOULEMENT MAJEUR SURVENU FIN JUIN DANS LE TUNNEL DU GRAND-CHAMBRON**



Tunnel du Grand-Chambon

et une seconde formation « Mise en situation sur événements » s'adressant aux opérateurs plus expérimentés afin de conforter les compétences à mettre en œuvre dans des situations complexes ou inhabituelles

caractériser plus finement la dispersion de la pollution aux abords des tunnels

Lancement de la 5^e promotion du **MASTÈRE SPÉCIALISÉ TUNNELS ET OUVRAGES SOUTERRAINS**, auquel le CETU contribue fortement en collaboration avec l'AFETES, l'ENTPE et l'INSA de Lyon



Le 24 septembre 2015, à l'invitation du CETU et de l'AFETES, conférence de présentation des résultats du **PROJET DE RECHERCHE EUROPÉEN « DRAGON »** (Development of Resource-efficient and Advanced underGround technologies) qui offre des perspectives intéressantes pour caractériser et valoriser les matériaux extraits issus des creusements au tunnelier

Septembre

44^e session de la **FORMATION DES OPÉRATEURS TUNNELS** avec une première formation « Valorisation des acquis initiaux », pour consolider les compétences des opérateurs tunnels actuellement en poste,

DÉMARRAGE D'UNE THÈSE en collaboration avec le LMFA de l'École Centrale de Lyon sur les « **ÉCOULEMENTS ATMOSPHÉRIQUES AUTOUR DE TUNNELS : INTÉRÊT APPLICATIF DE LA SIMULATION NUMÉRIQUE 3D** », visant à davantage prendre en compte les phénomènes météorologiques dans les études de conception de tunnel, pour mieux dimensionner les systèmes de ventilation et



Conférence pour le projet « DRAGON »

2015, en bref

Octobre

Réalisation d'une **CAMPAGNE DE MESURE ET ESSAIS DANS LE TUNNEL-CANAL DE REVIN** du 1^{er} au 13 octobre, pour caractériser l'état de l'ouvrage et appréhender son comportement structurel dans le temps

CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR L'ÉCLAIRAGE DES TUNNELS ROUTIERS à Barcelone, les 8 & 9 octobre, au cours de laquelle le CETU a présenté les réflexions en cours en France pour optimiser les coûts de fonctionnement des installations ainsi que les premiers résultats issus d'expérimentations sur le terrain



Conférence internationale sur l'éclairage des tunnels routiers

Communication intitulée « Fire Spalling of concrete: Experimental parametric study and numerical modelling for a better understanding » dans le cadre du **FIRE SPALLING 4TH INTERNATIONAL WORKSHOP** à Leipzig, les 8 et 9 octobre

Réunion de lancement le 10 octobre de l'**ÉTUDE SUR LES FEUX DE RÉFÉRENCE EN TUNNELS DE MÉTRO** sous l'égide de la DGITM et en collaboration avec le STRMTG



Contribution du CETU à l'innovation, avec le **SUIVI DE L'EXPÉRIMENTATION ECOMINT** (Étanchéité par COQUES MINces des Tunnels) pour le compte du ministère dans le cadre de l'appel à projets d'innovation routière. Dans le cadre des trophées des TP 2015, organisés par la FNTF et le

Moniteur, l'entreprise ETANDEX a été lauréate dans la catégorie « Innovations techniques et recherches » pour ce projet ECOMINT



Les 15 et 16 octobre, réunion à l'École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs Pompiers d'Aix-en-Provence (ENSOSP) du **GROUPE DE TRAVAIL FRANCOPHONE DES EXPLOITANTS** de tunnels routiers en co-organisation avec le ministère de l'Intérieur. Ces deux journées très riches ont permis d'offrir aux exploitants de tunnels routiers et aux services d'incendie et de secours, une opportunité unique d'échanges autour des stratégies d'intervention en tunnel routier, des politiques d'exercices de sécurité et du développement du retour d'expérience

Contribution à l'organisation d'une **JOURNÉE ATFES SUR LES TUNNELIERS** le 16 octobre à Lyon, au cours de laquelle le CETU a exposé en collaboration avec SETEC les grandes perspectives en matière de travaux souterrains pour les 15 ans à venir

Organisation au CETU, le 20 octobre, d'une demi-journée d'échanges avec les principaux représentants de l'ingénierie autour du **PRIX DES OUVRAGES SOUTERRAINS**, l'occasion pour le CETU de présenter le travail de retour d'expérience mené depuis plusieurs années dans



Rencontre autour du prix des ouvrages souterrains



Conférence internationale, Rome, 22-23 octobre

ce domaine, ainsi que les outils développés pour estimer le prix des ouvrages, et de proposer la mise en place d'un observatoire des prix

Participation au **CONGRÈS-EXPOSITION DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE** du 20 au 23 octobre à Mons (Belgique) et représentation de l'ATFES : les sujets abordés ont concerné entre autres l'économie circulaire, les minéraux industriels et la stratégie européenne sur les matières premières, l'abattage mécanisé et les ressources régionales, la gestion de l'environnement dans l'industrie extractive, les évolutions dans le domaine des explosifs



Congrès de la Société de l'Industrie minière

Intervention du CETU lors de la **CONFÉRENCE INTERNATIONALE « THE GREAT INFRASTRUCTURES AND THE STRATEGIC FUNCTION OF ALPINE TUNNELS »** organisée par l'association italienne Fastigi, à Rome, les 22 et 23 octobre autour des enjeux techniques, économiques et sociaux. Le CETU

a présenté la nouvelle réglementation élaborée pour la gestion du patrimoine des tunnels routiers en France, ainsi que les premiers enseignements tirés trois ans après sa mise en œuvre

Le 23 octobre participation du CETU à Lyon dans le cadre de la **TABLE RONDE « OUVRAGES SOUTERRAINS ET ENJEUX DE MOBILITÉ DURABLE »** à l'occasion des 60 ans de la société Lombardi et communication sur les grands ouvrages transalpins

Novembre

CONGRÈS MONDIAL DE LA ROUTE à Séoul, du 2 au 6 novembre, qui a marqué la fin du cycle de travail 2012-2015 de l'AIPCR. Lors de la réunion du comité technique « tunnels », le CETU a été particulièrement à l'honneur puisque Marc Tesson a été désigné président et Jean-Claude Martin assurera le secrétariat francophone du comité pour le cycle 2016-2019



Congrès mondial de la route

Décembre



Tunnel de Rive-de-Gier (simulation)

Fin des **TRAVAUX DE RÉPARATION ET D'ÉTANCHÉITÉ DU TUNNEL DE RIVE-DE-GIER** (42) par un des procédés du projet d'innovation ECOMINT porté par ETANDEX, dont le CETU a été chargé de l'évaluation, en partenariat avec la DIRCE qui a proposé un site d'expérimentation

Le 12 novembre, soutenance, avec la mention « très honorable », de la thèse de Christelle Casse « **CONCEVOIR UN DISPOSITIF DE REX INTÉGRANT L'ACTIVITÉ RÉFLEXIVE COLLECTIVE : UN ENJEU DE SÉCURITÉ DANS LES TUNNELS ROUTIERS** ». Cette thèse, réalisée en immersion chez un exploitant de tunnels routiers a été co-encadrée par le CETU et l'université de Grenoble, sous la direction de Sandrine CAROLY



FORMATION SUR LA SÉCURITÉ DES TUNNELS ROUTIERS, les 16 et 17 novembre, proposée par le CETU à destination de l'ensemble des acteurs concernés par l'exploitation et la gestion de la sécurité en tunnel

ÉVALUATION DE L'AXE STRATÉGIQUE DE RECHERCHE ET DOCTRINE N° 3 « intégrer les facteurs humains et organisationnels dans la conception et l'exploitation » le 20 novembre par une commission d'experts sous la présidence de Roland Mistral, qui a encouragé le CETU à valoriser les résultats obtenus et approfondir les approches de type système de gestion de la sécurité



Intervention du CETU lors de la **JOURNÉE D'ÉTUDES ORGANISÉE PAR L'ASSOCIATION BELGE DES TECHNIQUES ET DE L'URBANISME SOUTERRAINS** le 24 novembre à Bruxelles, sur le thème de la rénovation des tunnels routiers, ferroviaires et de métros. Le CETU a présenté le retour d'expérience sur les travaux d'étanchéité du tunnel de Rive-de-Gier par un procédé innovant



Contribution à l'atelier Think tank réalisé sous l'égide du cluster lumière, le 24 novembre à l'ENTPE, sur l'**INTERACTION LUMIÈRE ET TUNNELS**



Comité Tunnels

Réunion du **COMITÉ TUNNELS** le 1^{er} décembre à Albi, à l'invitation du conseil départemental du Tarn, au cours de laquelle a été abordé le thème de l'entretien du génie civil des ouvrages, avec présentation par les Départements de l'Ardèche et de l'Isère de leur retour d'expérience sur les réparations

Le 3 décembre 2015, **PRIX PIERRE LONDE** décerné par le Comité Français de Mécanique des Roches (CFMR) à Manh Huy Tran pour son travail de thèse réalisé dans le cadre d'une collaboration entre le CETU, le laboratoire Navier de l'ENPC, et la société TELT-SAS et a porté sur l'interprétation des données recueillies lors du creusement de la descenderie de Saint-Martin-la-Porte dans le cadre du projet Lyon-Turin



Prix Pierre Londe

Le 10 décembre, sous l'égide de M. Quatre, **24^e RÉUNION DU CONSEIL SCIENTIFIQUE**, rendez-vous annuel permettant d'apprécier les travaux produits par le CETU en matière de recherche et de doctrine. Le conseil a également formulé quelques recommandations pour la suite



24^e réunion du Conseil Scientifique

Publication de la troisième **NEWSLETTER DU COMITÉ ITA-CET** qui aborde entre autres les perspectives pour élargir les types de formations offertes en mettant en place des « **deminars** » (alliant formation classique et démonstrations) et des modules d'enseignement à distance



Le 18 décembre, soutenance de la thèse de Fabien Hermouet « **DÉVELOPPEMENT D'UNE APPROCHE INNOVANTE DE MODÉLISATION DE LA CINÉTIQUE DE DÉCOMPOSITION THERMIQUE DES MATÉRIAUX SOLIDES EN ESPACES CONFINÉS SOUS-VENTILÉS** » que le CETU co-encadre avec le LNE et l'institut Prime de l'université de Poitiers



Journée d'études sur la rénovation des tunnels

Accom- pagner

la mise en œuvre de
la réglementation



Marie-Noëlle MARSALT,
chef du pôle Sécurité
(SEC)



Hélène MONGEOT,
chef du pôle Exploitation
(EXP)

Réunir et former les acteurs de la sécurité pour mieux appliquer les textes réglementaires

Depuis 2006, le CETU organise une formation semestrielle sur l'exploitation et la sécurité des tunnels routiers. En 10 ans, les 18 sessions ont regroupé 270 stagiaires d'horizons variés : maîtres d'ouvrage et exploitants (État, concessionnaires, collectivités), services préfectoraux, DDT(M), services de secours, bureaux d'études, etc.

Initialement, les stagiaires cherchaient à comprendre et s'approprier la réglementation issue de la loi SIST, en vue de déterminer les programmes de travaux d'amélioration de la sécurité et d'élaborer les dossiers de sécurité des tunnels de plus de 300 m.

Au fil des années, les sessions ne désespèrent pas mais les attentes ont évolué. Désormais, de nombreux stagiaires sont en situation de prise de poste (y compris les nouveaux arrivants au CETU, dans le cadre de la formation interne) ou ont vu leurs missions évoluer suite à des réorganisations de services. Le programme proposé vise donc désormais à donner des connaissances de base avant d'aborder la démarche de sécurité.

Pour les services d'incendie et de secours (SDIS), les spécificités des tunnels routiers sont également abordées lors des formations organisées par l'École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers (ENSOSP) dans lesquelles intervient le CETU : formations d'intégration ou d'adaptation des lieutenants de 1^{re} classe, stage annuel « Tunnels ». ■ M.-N. M.

Cette collaboration s'est élargie par l'organisation à l'ENSO, en octobre 2015, d'un GTFE conjoint entre les exploitants et les services d'incendie et de secours, co-organisé avec le Ministère de l'Intérieur (DGSCGC), en présence de Michel Quatre, président de la CNESOR. Cette rencontre a réuni près de 180 participants et donné lieu à de nombreux témoi-



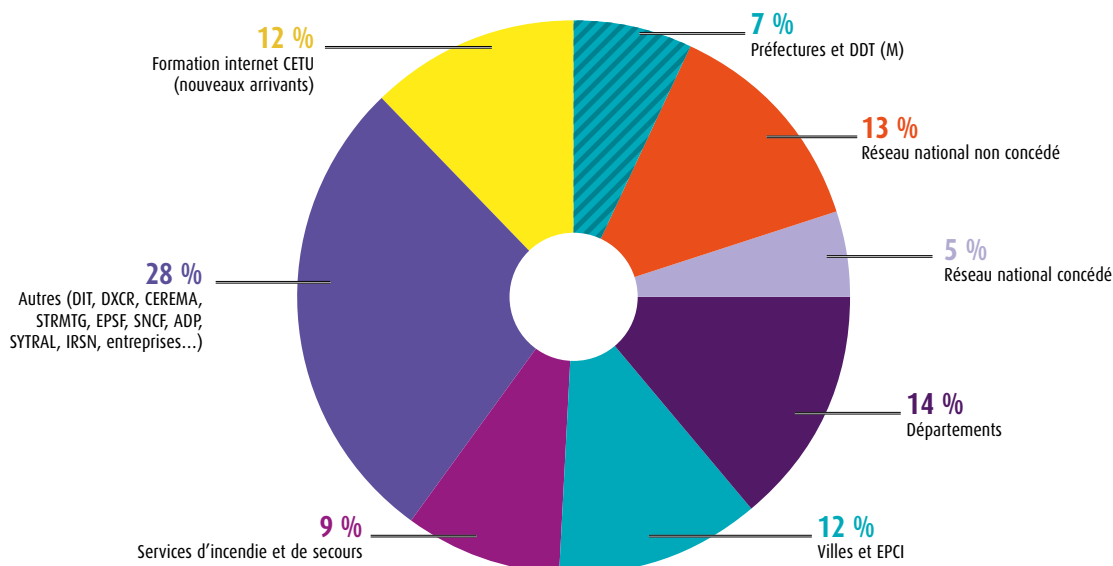
« C'est un moment qui [a permis] de mélanger toutes ces populations qui ont un intérêt commun entre elles, mais qui ont des responsabilités et des points de vue techniques et juridiques qui peuvent être différents ; je pense que [cela a été] une journée et un espace de rencontre très productifs et très intéressants. »

Philippe LE MOING-SURZUR, sous-directeur de la planification et de la gestion des crises, Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC), ministère de l'Intérieur

gnages et échanges sur des sujets liés aux interventions en tunnel et relevant de préoccupations communes au service de la sécurité. ■ H. M.

Contact : marie-noelle.marsault@developpement-durable.gouv.fr
helene.mongeot@developpement-durable.gouv.fr

De 2006 à 2015, répartition des stagiaires par service





Jean-Claude MARTIN,
chargé de mission Avis
et Contrôle Externe
Équipements

Une forte présence du CETU dans les comités de sécurité des tunnels transfrontaliers

Les grands tunnels transfrontaliers, tels que le Mont-Blanc, le Fréjus, Tende, le Somport et la Manche, sont administrés par des Commissions Intergouvernementales (CIG), lesquelles CIG sont assistées chacune par un comité de sécurité. Le CETU est très présent dans tous ces comités.

Au Mont-Blanc et au Fréjus sa contribution est double : il remplit les tâches du secrétariat technique pour chacun des tunnels et il fournit des experts qui contribuent aux réunions des différents groupes de travail mis en place. Certains groupes ont une activité quasi permanente (groupe sur le retour d'expérience par exemple), d'autres sont créés au cas par cas selon les préoccupations du moment.

Le tunnel de Tende qui comporte actuellement un tube, en aura deux à la fin des travaux en cours. Cet ouvrage se singularise donc par le fait qu'il est à la fois en exploitation et en travaux. Les missions du comité de sécurité couvrent donc un périmètre important avec des contraintes d'exploitation fortes. Le CETU est membre du comité de sécurité.

Le tunnel du Somport (entre la France et l'Espagne) est un ouvrage mono-tube exploité en bidirectionnel. Son trafic est modeste mais sa longueur et la complexité des équipements qui y sont installés sont souvent à l'origine de problèmes compliqués à régler. C'est pourquoi des experts du CETU apportent régulièrement leurs compétences au comité de sécurité du tunnel du Somport.

Enfin, bien qu'il s'agisse d'un tunnel ferroviaire, on retrouve dans le tunnel sous la Manche de nombreux équipements de type « tunnel routier ». Le CETU est donc présent au sein du comité de sécurité (en tant que membre et en tant qu'expert), dans le dispositif d'inspections (équipements et génie civil) et dans des groupes de travail *ad hoc* créés au cas par cas.

● J.-C. M.

Contact : jean-claude.martin@developpement-durable.gouv.fr





Magalie ESCOFFIER,
chargée d'études au
pôle Sécurité (SEC)

10 années d'exercice de la CNESOR

Mise en place par la réglementation en 2005, la Commission Nationale d'Évaluation de la Sécurité des Ouvrages Routiers (CNESOR) a pris le relais du CESTR pour examiner les dossiers préliminaires et de sécurité (DPS, DS) des tunnels routiers français de plus de 300 m sous maîtrise d'ouvrage de l'État mais aussi des collectivités territoriales.

Pendant ces 10 années d'exercice, la commission a tenu 75 réunions, instruit 166 dossiers et donné un avis favorable à 41 agréments d'experts ou organismes.

Elle a examiné 84 DPS de tunnels neufs en projet et de tunnels existants pour lesquels d'importants programmes de travaux d'amélioration de la sécurité ont été mis en œuvre depuis les grands incendies dans les tunnels alpins au début des années 2000. Elle a également examiné 82 DS sur sollicitation des préfets, dans le cadre de la délivrance ou du renouvellement des autorisations de mise en service de ces ouvrages.

Les deux bilans d'activité qui couvrent la période 2006-2012 regroupent les principaux enseignements des dossiers examinés, avec pour objectif de guider les maîtres d'ouvrage et les bureaux d'études dans la mise en œuvre de la réglementation et l'application de l'Instruction Technique de 2000 aux ouvrages existants selon le principe

« Globalement Au Moins Équivalent » (GAME). Le bilan de la période 2013-2015 paraîtra prochainement.

La fin de cette période marque un tournant dans l'activité de la CNESOR, avec la parution le 22 janvier 2016 du décret 2016-38 qui ajuste son fonctionnement et modifie sa composition pour tenir compte des modifications des compétences des différents ministères, notamment en ce qui concerne les forces de l'ordre et la sécurité routière. ■ M. E.

Contact : magalie.escoffier@developpement-durable.gouv.fr



Repères 2015

AVANCEMENT DU PROGRAMME DE MISE EN SÉCURITÉ ET SUIVI DE L'EXPLOITATION DES TUNNELS DE PLUS DE 300 M DU RÉSEAU ROUTIER NATIONAL NON CONCÉDÉ :
7 rencontres organisées avec les DIR

COMMISSION NATIONALE D'ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ DES OUVRAGES ROUTIERS (CNESOR) : 7 réunions (secrétariat technique, membre) pour 5 Dossiers Préliminaires de Sécurité et 8 Dossiers de Sécurité examinés, concernant au total 20 tunnels

COMITÉS DE SÉCURITÉ DES TUNNELS BINATIONAUX : 10 réunions pour le tunnel du Mont-Blanc (secrétariat technique, experts) et 8 réunions pour le tunnel du Fréjus (secrétariat technique, expert), dont pour ces deux ouvrages 8 réunions des groupes de travail dédiés au retour d'expérience et à des sujets techniques; 2 réunions pour le tunnel de Tende (membre); 2 réunions pour le tunnel du Somport (expert); 5 réunions pour le tunnel ferroviaire sous la Manche (membre, expert)

COMITÉ DE SUIVI DE LA DIRECTIVE EUROPÉENNE 2004/54/CE : participation aux travaux et contribution à l'étude menée par la commission européenne sur la mise en œuvre et les effets de cette directive

RETOUR D'EXPÉRIENCE CENTRALISÉ : rédaction du rapport confidentiel annuel

consacré aux incidents significatifs transmis par les exploitants des tunnels routiers français (démarche obligatoire pour l'État, basée sur le volontariat pour les autres maîtres d'ouvrage) – Diffusion aux exploitants concernés et à la CNESOR et mise en ligne sur le site du CETU d'une fiche synthétique

ORGANISATION D'UNE SESSION DE FORMATION « EXPLOITATION – SÉCURITÉ DES TUNNELS ROUTIERS » AU CETU

SERVICES D'INCENDIE ET DE SECOURS : interventions à l'École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers (ENSOSP) dans les formations d'Intégration des Lieutenants de 1^{re} classe (3 sessions), et le stage annuel « Tunnels »; stage « Milieux confinés » du Service Départemental et Métropolitain d'Incendie et de Secours (SDMIS) du Rhône

Animer

les réseaux
nationaux et
internationaux



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

Une implication forte dans le comité « tunnels » de l'AIPCR

Le comité technique de l'exploitation des tunnels routiers de l'association mondiale de la route (AIPCR) a produit huit rapports techniques et quatre publications durant le cycle 2012-2015. Ce comité très actif a rassemblé durant ce cycle passé près de 70 personnes représentant une trentaine de pays répartis sur les 5 continents.

Le CETU a historiquement toujours pris une part active dans les travaux de ce comité qui fait référence dans le monde de l'exploitation et de la sécurité des tunnels routiers. Pour le cycle qui vient de s'achever, et en liaison avec plusieurs autres experts français, le CETU a notamment directement participé à chacun des six groupes de travail. Il a également animé le groupe « exploitation », co-animé le groupe « facteurs humains » et assuré le secrétariat francophone du comité.

Suite aux grands événements survenus dans les tunnels alpins dans les années 2000, ce comité a ces dernières années centré ses travaux sur les questions liées au dimensionnement, à la mise en sécurité et à l'organisation de l'exploitation. Les gros projets de réhabilitation des ouvrages sont désormais bien avancés et le comité focalise désormais son activité sur des thématiques liées à l'optimisation de l'exploitation.

À l'occasion du congrès mondial de la route qui s'est tenu à Séoul en novembre 2015, le comité a défini son programme de travail pour le cycle 2016-2019. Ce programme comprend les thématiques suivantes :

- la fiabilité, la disponibilité, la maintenance et la sécurité des équipements ;
- la conception des garages et des obstacles latéraux ;
- la prise en compte des enjeux liés aux personnes à mobilité réduite dans l'environnement d'un tunnel ;

- les tunnels routiers dans les systèmes multi-modaux ;
- la mise à jour des données relatives aux émissions de véhicules.

Dans la perspective de la préparation du prochain cycle (2020-2023), il a également prévu d'assurer une veille technologique sur les sujets suivants : éclairage à leds, exploitation durable, enjeux liés aux Systèmes de Transport Intelligents dans les tunnels routiers, conséquences des incendies impliquant des véhicules utilisant de nouveaux modes de propulsion (électriques, hybrides, GNV, GPL).

Le comité a également prévu de valoriser la quarantaine de rapports produits à ce jour en poursuivant la mise à jour du manuel des tunnels routiers [www.piarc.org/fr/base-de-connaissances/tunnels-routiers/manuel-tunnels/]. Le logiciel DGQRAM (outil d'évaluation des risques liés au transport de marchandises dangereuses) fera également l'objet d'une mise à jour afin notamment de le rendre compatible avec les nouveaux environnements logiciels et d'explorer les possibilités d'amélioration de cet outil.

Le congrès de Séoul a également confirmé la désignation de deux chargés de mission du CETU dans l'animation de ce comité pour le cycle 2016-2019 : Marc Tesson en assurera la présidence, Jean-Claude Martin sera le secrétaire francophone.

■ M. T.

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

Séance de clôture du comité lors du dernier congrès mondial de la route à Séoul





Michel Deffayet,
Directeur du CETU

Le Comité Tunnels : un lieu d'échanges important avec les départements

Le Comité Tunnels a été créé en mars 2009 à l'initiative de l'ADSTD (Association des Directeurs des services techniques départementaux) et du CETU afin d'échanger sur la problématique tunnels de fait très peu traitée au sein des CoTITAS (Conférences Techniques Interdépartementales des Transports et de l'Aménagement) qui ont en charge bien d'autres sujets.

Ce comité a tenu en décembre 2015 à Albi sa 12^e réunion. Chaque réunion réunit de 15 à 25 personnes représentant une douzaine de départements parmi ceux concernés par la gestion de tunnels routiers. Il faut savoir que 53 départements sont maîtres d'ouvrage de tunnels routiers, dont 22 de tunnels importants de plus de 300 m. Ce comité s'élargit avec la participation d'un nombre toujours plus grand de ces départements.

Ce qui fait sans doute l'intérêt principal du Comité est qu'il aborde à chaque fois un thème différent (application de la réglementation, maintenance, coûts d'exploitation, exercices de sécurité, éclairage, cyclistes...), mais en se focalisant toujours sur la problématique propre aux ouvrages départementaux qui sont souvent des tunnels bidirection-

nels à trafic modéré, situés sur des itinéraires de montagne, avec des moyens d'intervention et des budgets limités... Ces problématiques sont généralement abordées à partir de questionnaires préalables qui permettent de bien cibler les préoccupations et d'en discuter de manière très opérationnelle.

À l'issue de chacune des réunions une visite d'ouvrage est organisée à l'initiative du membre hôte. Elle contribue à illustrer les échanges mais aussi à souder un groupe qui a plaisir à se retrouver, mais qui, dans le même temps, progresse collectivement sur la prise en compte des enjeux de gestion et de sécurité dans les tunnels.

■ M. D.

Contact : michel.deffayet@developpement-durable.gouv.fr



Comité Tunnels à Albi



Hélène MONGEOT,
chef du pôle Exploitation (EXP)

Le Workstream : un groupe de travail pour le partage d'expériences entre homologues européens



Réunion au CETU du WORKSTREAM

Le CETU participe depuis 2012 au « Tunnel Safety Workstream », aux côtés de représentants des ministères chargés des transports des Pays-Bas, du Royaume-Uni et de la Flandre. Ce groupe de travail a pour objectif de capitaliser les connaissances et l'expérience de ces pays, afin d'en tirer des enseignements et des exemples de bonnes pratiques concourant à l'amélioration de la sécurité en tunnel. Les thèmes prioritaires de travail incluent la réduction des coûts d'exploitation, la fiabilité des systèmes, le parangonage des niveaux de sécurité (et des méthodes d'analyse des risques), les règles de conception en matière de sécurité des tunnels et la résilience des tunnels.

Cette approche complémentaire des autres groupes internationaux, reposant sur les pratiques (convergentes ou divergentes) des pays en matière de sécurité et d'exploitation, permet de dégager des conclusions et, le cas échéant, des recommandations, qui pourront ensuite être valorisées par chacun des quatre pays.

■ H. M.

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



Catherine LARIVE,
chef du pôle Matériaux,
Structures et Vie de
l'Ouvrage (MSVO)



Bérénice MOREAU,
chargée d'études au pôle
Matériaux, Structures et
Vie de l'Ouvrage (MSVO)

Participer à la RILEM pour contribuer à élaborer les référentiels techniques dans le domaine des bétons au niveau international

La RILEM regroupe des universitaires, chercheurs, laboratoires d'essais et bureaux d'études. Cette association internationale permet à travers ses comités techniques d'établir des états de l'art et des recommandations sur les matériaux de construction et les structures. Des congrès thématiques sont également organisés chaque année.

Depuis 15 ans, le CETU est membre de la RILEM et s'implique fortement dans les comités techniques (TC) traitant du béton :

- depuis 2000, dans le TC106-AAR (Alkali-Aggregate Reaction) puis TC 219-ACS (Alkali Aggregate Reaction in concrete structures), qui a permis d'aboutir à la publication de recommandations récentes sur la prévention et la minimisation des désordres;
- depuis sa création en 2013, dans le TC SPF (Spalling of concrete due to fire : testing and modelling), où le CETU assure plus particulièrement l'animation du sous-groupe examinant l'influence de l'écaillage sur la résistance au feu des structures;
- depuis sa création en 2014, dans le TC CCF (Creep behaviour in Cracked Sections of Fiber Reinforced Concrete), qui conduit depuis 2015 des essais interlaboratoires sur le fluage des bétons projetés fibrés.

La participation du CETU permet de diffuser notre savoir-faire, d'échanger avec la profession et de mettre au point des collaborations au niveau international.

■ C. L. / B. M.

Contact : catherine.larive@developpement-durable.gouv.fr
berenice.moreau@developpement-durable.gouv.fr

Groupe de la RILEM à Borås en Suède



L'AFTES : UNE ANNÉE 2015 FORTE D'ÉCHANGES ET DE TRAVAIL COLLECTIF

Le point fort de l'Association, qui compte 804 membres adhérents, demeure la production de ses groupes de travail. L'année 2015 a vu la publication de 2 recommandations, l'une relative à la maîtrise économique et la contractualisation, et l'autre valant guide d'application de la norme NF-P-94-500 relative aux missions d'ingénierie géotechnique. Ce n'est pas un hasard si ces deux thématiques rejoignent des sujets de travail majeurs du CETU.

Un autre sujet majeur est celui des espaces souterrains avec notamment le projet national de recherche Ville 10D, pour lequel beaucoup d'actions sont mises en œuvre pour une meilleure sensibilisation des décideurs et des urbanistes.

L'AFTES et le CETU sont très impliqués dans le bon fonctionnement du mastère spécialisé Tunnels qui s'avère marcher fort, sans doute en grande partie grâce à la qualité des 90 professionnels intervenants bénévoles.

L'AFTES, c'est aussi de nombreuses manifestations en cours d'année. Citons celle du 16 octobre 2015 qui a rassemblé 192 participants à Lyon autour du thème : « Les tunneliers peuvent-ils passer partout ? Nouvelles expériences, nouvelles limites, perspectives », une occasion de dessiner les perspectives des travaux souterrains en France pour les 10 années qui viennent, et de discuter, à partir de retours d'expérience récents dans le monde entier, de la capacité des tunneliers à innover pour faire face aux défis techniques qui sont posés.

Aider
à mieux gérer
le patrimoine



Véronique AURAND,
chargée d'études au
pôle Exploitation (EXP)



Christophe BANOS,
chef de la Centrale d'Inspection
Équipements du pôle Équipements
Électriques et de Gestion (EEG)

Connaître l'état et les performances des équipements de sécurité des tunnels

L'Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA) de 2011 et son guide d'application pour le génie civil et les équipements de tunnel, le fascicule 40, fixent le cadre et proposent une méthodologie pour le suivi et la maintenance des équipements depuis leur installation jusqu'à leur renouvellement.

Cette réglementation impose en particulier la réalisation d'inspections détaillées des équipements, certaines avant la mise en service d'un ouvrage neuf ou rénové (inspections initiales), puis périodiques tous les 6 ans. Le patrimoine du Réseau Routier National Non Concédé (RRN-NC) concerné comprend 85 tunnels et tranchées couvertes équipés, dont 43 de plus de 300 m de longueur, cumulant plus de 93 km d'ouvrages.

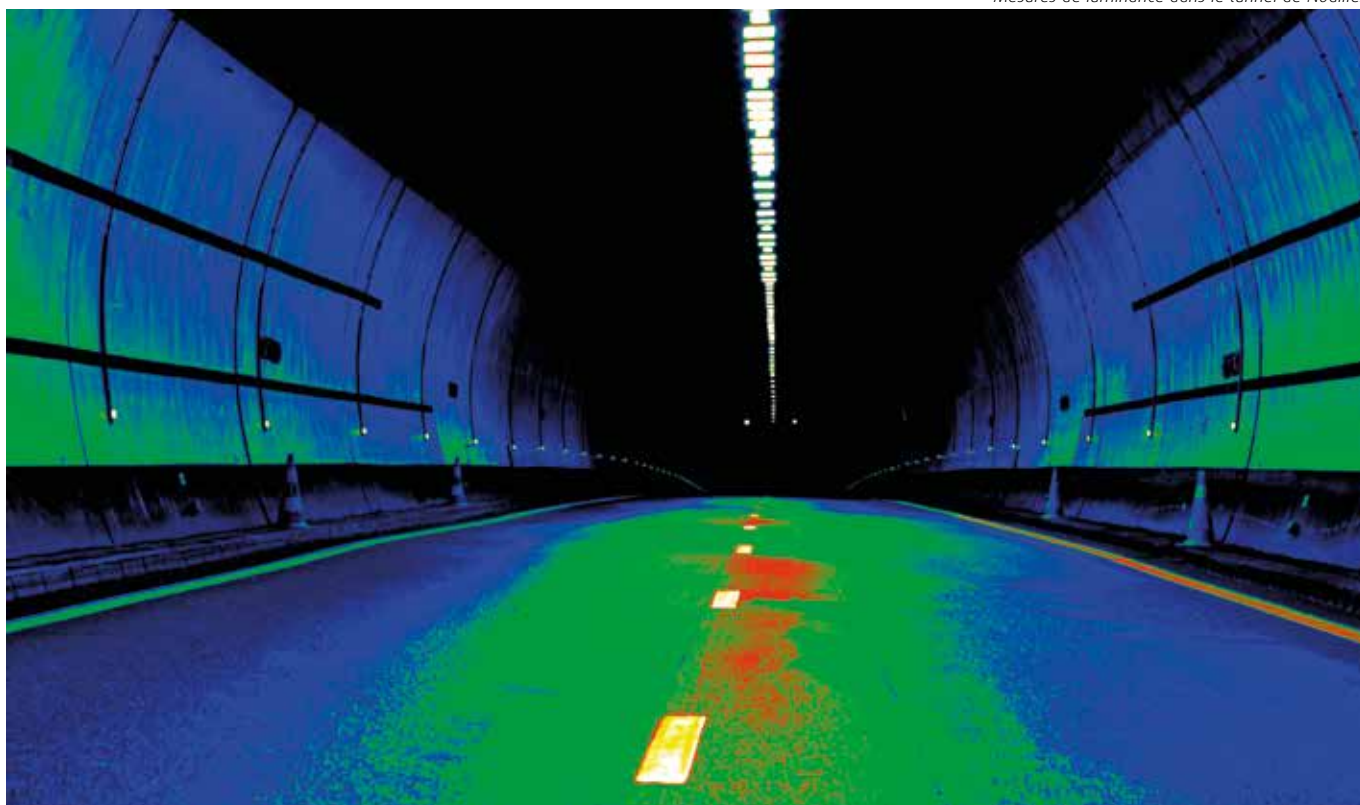
Depuis quatre ans le CETU a conduit une quinzaine d'inspections détaillées des équipements des tunnels du RRN-NC, en s'appuyant sur les compétences spécifiques des pôles mais non dédiées explicitement à cette activité. Compte tenu du linéaire à inspecter et de la périodicité réglementaire, ainsi que de la complexité des processus et des différents types d'équipements de sécurité associés, une nouvelle organisation pour l'activité inspection des équipements s'est avérée nécessaire. Une centrale d'inspection équipements a ainsi été créée en septembre 2015. Elle est constituée d'un noyau dur de deux personnes à temps plein qui

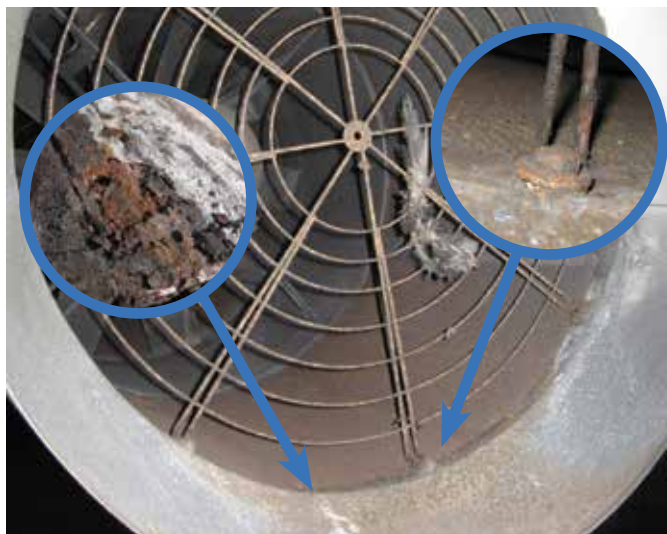
font appel aux compétences spécifiques des agents des autres pôles du CETU pour la constitution des équipes d'inspection.

La centrale d'inspection équipements a vocation à monter l'organisation opérationnelle des inspections et à assurer leur bonne réalisation. Cela demande de tenir compte des contraintes d'exploitation (travail le plus souvent de nuit, quelquefois sous circulation...) et de possibles co-activités pour la maintenance de l'ouvrage, ainsi que de s'adapter en temps réel aux aléas d'ordre climatique, technique (défaillance totale d'équipement ou système) ou d'exploitation (créneau de fermeture plus court...). Chaque inspection donne lieu à un rapport qui retrace les constats réalisés sur le terrain et qui donne une évaluation chiffrée de l'état et du niveau de performances des systèmes par famille d'équipements. Ce rapport apporte à l'exploitant un regard extérieur sur les installations qu'il gère et maintient.



Mesures de luminance dans le tunnel de Noailles





Vieillesse / corrosion prématurée d'un accélérateur

Une autre des missions de la centrale est de développer et de formaliser pour les nombreux sous-systèmes les méthodes et les procédures d'inspection (inspections visuelles, mesures de performance, essais fonctionnels) en choisissant, voire en concevant, les outils de contrôle et de mesure *ad hoc*.

Au-delà de l'activité propre d'inspections périodiques se rattachent des missions de diagnostic, d'inspection sécurité en tunnel, ou d'audit pour le compte d'autres services du ministère ou d'autres maîtres d'ouvrage.

La capitalisation des résultats d'inspection permet d'affiner le référentiel d'évaluation (notation et échantillonnage). L'identification de dysfonctionnements récurrents ou de vieillissement prématuré favorise l'amélioration de la conception et de la mise en œuvre des installations. Enfin, les résultats des inspections détaillées périodiques des équipements donnent une vision de l'évolution de l'état du patrimoine dans le temps et permet de mieux gérer et anticiper les besoins de renouvellement des installations pour le maintien du niveau de sécurité et la pérennité des ouvrages.

■ V. A. / C. B.

Contacts : veronique.aurand@developpement-durable.gouv.fr
christophe.banos@developpement-durable.gouv.fr



Cécile BOULOGNE,
 chef de la Centrale d'Inspection
 Génie Civil du pôle Matériaux,
 Structures et Vie de l'Ouvrage (MSVO)

Le CETU en appui à la gestion des tunnels-canaux

Construit avant 1870 et mesurant 224,5 m de long, le tunnel-canal de Revin, situé dans les Ardennes (08) et géré par Voies Navigables de France (VNF), assure la continuité de la voie d'eau sur la rivière Meuse. Tunnel atypique, il présente des composantes structurelles variées (maçonnerie, béton armé, poutrelles IPN, section au rocher,...).

L'ouvrage ayant été le siège d'un effondrement localisé, le CETU a été sollicité par VNF pour la réalisation d'une inspection détaillée du tunnel en 2012. La forte altération de l'ensemble du tunnel a pu être constatée. L'inspection détaillée périodique (IDP) a également conclu sur la nécessité d'engager des travaux de renforcement des sections au rocher ainsi que sur le besoin d'affiner le diagnostic des parties revêtues par des investigations complémentaires (caractérisation des matériaux, évaluation de l'extension des désordres et du comportement structurel des têtes du tunnel). Le CETU a accompagné VNF en tant qu'assistant à maîtrise d'ouvrage sur ces deux missions.

En parallèle des travaux sur la section au rocher, la campagne de mesures et d'essais a été définie par le CETU et mise en œuvre du 1er au 13 octobre 2015. Le tunnel s'est avéré être plus robuste que prévu ; de lourds travaux de réparation n'apparaissent donc pas nécessaires à court terme. Afin de suivre l'évolution du tunnel, des profils de convergence et des fissuromètres ont été mis en place. Ce suivi permettra de surveiller l'ouvrage et de mieux appréhender son comportement structurel dans le temps.

■ C. B.



Tête Nord du tunnel-canal de Revin

Contact : cecile.boulogne@developpement-durable.gouv.fr



François PAILLETTE,
chargé d'études au pôle
Matériaux, Structures et
Vie de l'Ouvrage (MSVO)

Rénover les ouvrages en expérimentant de nouveaux procédés

Le tunnel de Rive-de-Gier se situe sur l'autoroute A47 entre Lyon et Saint-Étienne. La voûte en béton armé présentait de nombreuses arrivées d'eau ainsi qu'un phénomène d'écaillage dû à la corrosion des armatures dans un béton carbonaté.

Suite au diagnostic de l'ouvrage et à l'Avant-Projet de Réparation d'Ouvrage d'Art (APROA) réalisés en 2013-2014 par le CETU, les travaux de réparation et d'étanchéité du revêtement par un système d'étanchéité liquide armé (SELA) positionné en intrados ont commencé le 1^{er} juin pour une durée de 5 mois conformément au marché de travaux. Outre sa mission d'assistance à maîtrise d'œuvre pour la DIR Centre-Est, le CETU intervenait également dans le cadre du projet d'innovation ECOMINT¹, dont il est chargé de l'évaluation pour le MEEM. 

Contact : francois.paillette@developpement-durable.gouv.fr

1. Le projet ECOMINT (Étanchéité par COques MINces en Tunnels) a été lauréat en 2012 de l'appel à projets d'innovation routière lancé par le Ministère de l'Écologie – Voir le rapport d'activité 2013



L'étanchéité par SELA appliquée sur la moitié du tunnel

Petite chronologie des travaux de rénovation :

- Avril 2011 – dernière inspection détaillée du tunnel
- Oct. 2013 / juin 2014 – diagnostic complet avec le CEREMA
- Sept. 2014 / jan 2015 – APROA du CETU
- Fév.-mai 2015 – marché de travaux
- Juin-août 2015 – travaux sens Lyon – Saint-Étienne
- Août-oct 2015 – travaux sens Saint-Étienne – Lyon
- Mars 2016 – inspection post-hivernale du revêtement



Didier BRAZILLIER,
Directeur adjoint
de la DIR Centre-Est

« La DIR CE est toujours attentive à soutenir l'innovation dans le cadre de l'exercice de ses missions d'entretien de son patrimoine routier. La réalisation du chantier de Rive-de-Gier avec le procédé ECOMINT illustre cette ambition qui a été rendue possible grâce au partenariat avec le CETU.

Un des premiers retours d'expérience de cette opération est que l'innovation reste possible même dans un cadre très contraint d'exigences liées à l'exploitation et à la gestion des délais... Le mérite doit en revenir à la mobilisation et au professionnalisme des divers acteurs. »

Repères 2015

INSPECTIONS DÉTAILLÉES DES ÉQUIPEMENTS :
ID Champigny, IDI Chabrières, IDP Noailles

AUDIT ÉQUIPEMENTS POUR LE COMPTE DE GRA : Puymorens

DIAGNOSTIC ÉQUIPEMENTS : Saint-Moré

INSPECTIONS DÉTAILLÉES GÉNIE CIVIL :
IDP Les Monts Nord, IDP Bois des Chênes,
IDP Pennes Mirabeau, IDP Saint-Antoine,

IDP Treize Vents, IDI Rive de Gier, IDP Toulon Sud, IDP Les Echelles (CD 73)

MESURES DE CONVERGENCES : Siaix, galerie de sécurité du Lioran, Grand Chambon et Petit Chambon (CD 38), Balesmes (VNF)

Prendre en compte le développement durable dans les ouvrages souterrains



Laetitia D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER,
chargée de mission
Développement Durable

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) des Équipements en Tunnel

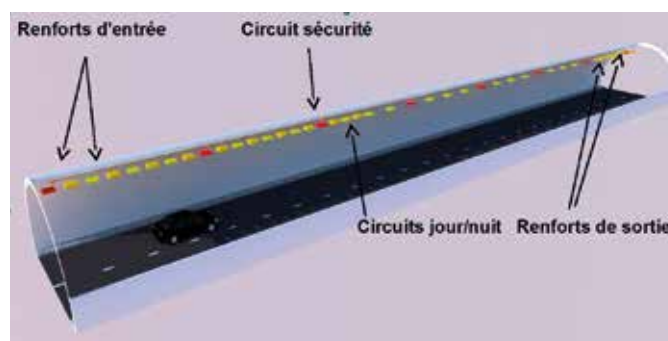
Vers la maîtrise des impacts environnementaux
et des consommations énergétiques

Le CETU poursuit ses travaux sur le développement et la mise au point de méthodologies et d'outils de type Analyse de Cycle de Vie (ACV) dédiés aux tunnels. Le volet « Génie Civil » étant aujourd'hui finalisé, il s'agit désormais de traiter du volet « Équipements », nombreux et spécifiques en tunnels routiers. Ainsi, en janvier 2015, le CETU a accueilli une chercheuse de l'Université d'Aalto (Finlande) dans le cadre d'une collaboration avec le LAPLACE (LABoratoire PLASma et Conversion d'Énergie) de l'Université Toulouse III Paul Sabatier. Des parallèles d'ordres méthodologiques ont pu être établis entre le cycle de vie de l'éclairage public en surface et celui en tunnel. Par ailleurs, une proposition de projet ANR a été déposée en octobre 2015 par un consortium réunissant le Laplace, l'ENTPE (École Nationale des Travaux Publics de l'État), le CETU et la Ville de Paris dans le cadre du défi 6 « Mobilité et systèmes urbains durables » sur l'apport des technologies LED en tunnel. Ce projet a passé le cap de la première phase de sélection. Enfin, des modèles ACV dédiés à l'éclairage et à la ventilation en tunnels sont en cours de développement au CETU dans le cadre de l'Axe de recherche stratégique n° 2 « Impacts et Évaluation Développement Durable des tunnels ». Ces développements sont conduits sous le logiciel ACV GaBi dans un cadre général d'optimisa-

tion des consommations énergétiques en exploitation, avec l'appui des pôles « Ventilation et Environnement », « Équipements Électriques et de Gestion » et « Exploitation ».

■ L. D.-S.

Contact : laetitia.daloia@developpement-durable.gouv.fr



Quelques équipements de ventilation et d'éclairage en tunnels routiers





Recueil des mesures de NO_x au kilomètre 8

Expérimenter pour optimiser l'éclairage

Souvent, les exploitants de tunnels s'interrogent sur les questions de dimensionnement et de commande de l'éclairage en tunnel. En effet, hors ventilation, ce poste constitue la première dépense d'énergie électrique.

Aujourd'hui, les innovations technologiques des sources et des appareillages d'éclairage les rendent plus économes.

Le CETU a lancé des expérimentations pour adapter des installations existantes. Avec la ville de Paris et la société Evesa, sera testé l'asservissement de l'éclairage de renforcement en fonction de la vitesse des usagers dans le tunnel de la porte de Vanves.

Par ailleurs, avec la DIR Est, les sociétés Schneider et Enfrasy, le CETU a expérimenté la variation au point lumineux de 100 à 20 % de sources sodium haute pression dans le tunnel de Fontain. La consommation d'énergie électrique a baissé de plus de 50 %. Cette solution s'adapte facilement à des luminaires existants en réduisant les coûts et le temps d'installation.



Porte de Vanves



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

L'enjeu de la qualité de l'air

Maîtriser la qualité de l'air dans un tunnel routier tout en contrôlant la consommation d'énergie de la ventilation sont des objectifs bien souvent difficiles à concilier. Il s'agit pourtant d'enjeux autant sanitaires que liés au développement durable.

Cette équation est d'autant plus difficile à résoudre dans un tunnel long, avec un faible apport d'air frais naturel (circulation bidirectionnelle) et soumis à des quantités de polluants routiers significatives (fort trafic poids lourds). Dans de telles situations, il est indispensable d'injecter le long de l'ouvrage suffisamment d'air frais pour diluer les polluants tout en veillant à ne pas laisser de poches de pollution. Le respect des réglementations sur la qualité de l'air concerne bien entendu les usagers dans la partie circulée mais aussi les personnels de maintenance pouvant intervenir à tout moment et sous circulation aussi bien dans le tube principal que dans les gaines.

Dans ce contexte et afin d'affiner la gestion de la qualité de l'air, le CETU a mené pour le Groupement d'Exploitation du tunnel du Fréjus une campagne de mesure avec simultanément huit analyseurs d'oxydes d'azote (un des principaux traceurs de la pollution due aux poids lourds) répartis le long de l'ouvrage – dont trois en gaines. Ces mesures ont permis de mieux apprécier les situations de pollution aussi bien dans le tube circulé que dans les gaines selon différentes stratégies de ventilation et notamment d'observer les évolutions dans le temps des concentrations en oxydes d'azote faisant apparaître la propagation de l'air frais (ou des polluants le cas échéant) en fonction des apports d'air frais (ou de leur interruption).

● B. V.

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

Analyseurs scrutant la gaine d'air frais





Valoriser les espaces souterrains : le Projet National « Ville 10D - Ville d'idées »

Laetitia D'ALOIA-SCHWARTZTRUBER,
chargée de mission
Développement Durable

L'espace souterrain est une ressource mal connue et très peu prise en considération dans la planification urbaine et l'aménagement. Or, elle peut offrir de nombreuses opportunités en combinant judicieusement, dans une approche par volume, la dimension souterraine et la surface. Le Projet National « Ville 10D - Ville d'idées » a pour objectif de réunir la profession (chercheurs, ingénieurs, urbanistes, architectes et maîtres d'ouvrages) afin de soutenir des études et recherches sur la conception et l'aménagement du sous-sol pour une ville durable. En 2015, Ville 10D a vu la réalisation de sa tranche 2 (sur 4 prévues), avec des avancées importantes pour le thème « Environnement » que le CETU co-anime avec l'Université Paris Est. Différents travaux ont été menés notamment sur l'évaluation des impacts des scénarios de gestion des matériaux excavés par l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) (application au tunnel de la Croix-Rousse), l'identification des conditions du stockage réversible de chaleur autour d'un tunnel (tracé de la ligne 15 du Grand Paris Express), la prise en compte du souterrain dans l'évaluation de

la résilience des infrastructures critiques. Ville 10D soutient également deux thèses ; l'une sur la résilience des systèmes de transports guidés en milieu urbain et la seconde sur l'évaluation du cycle de vie des aménagements souterrains. Cette dernière est co-financée et co-encadrée par le CETU et l'IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux).

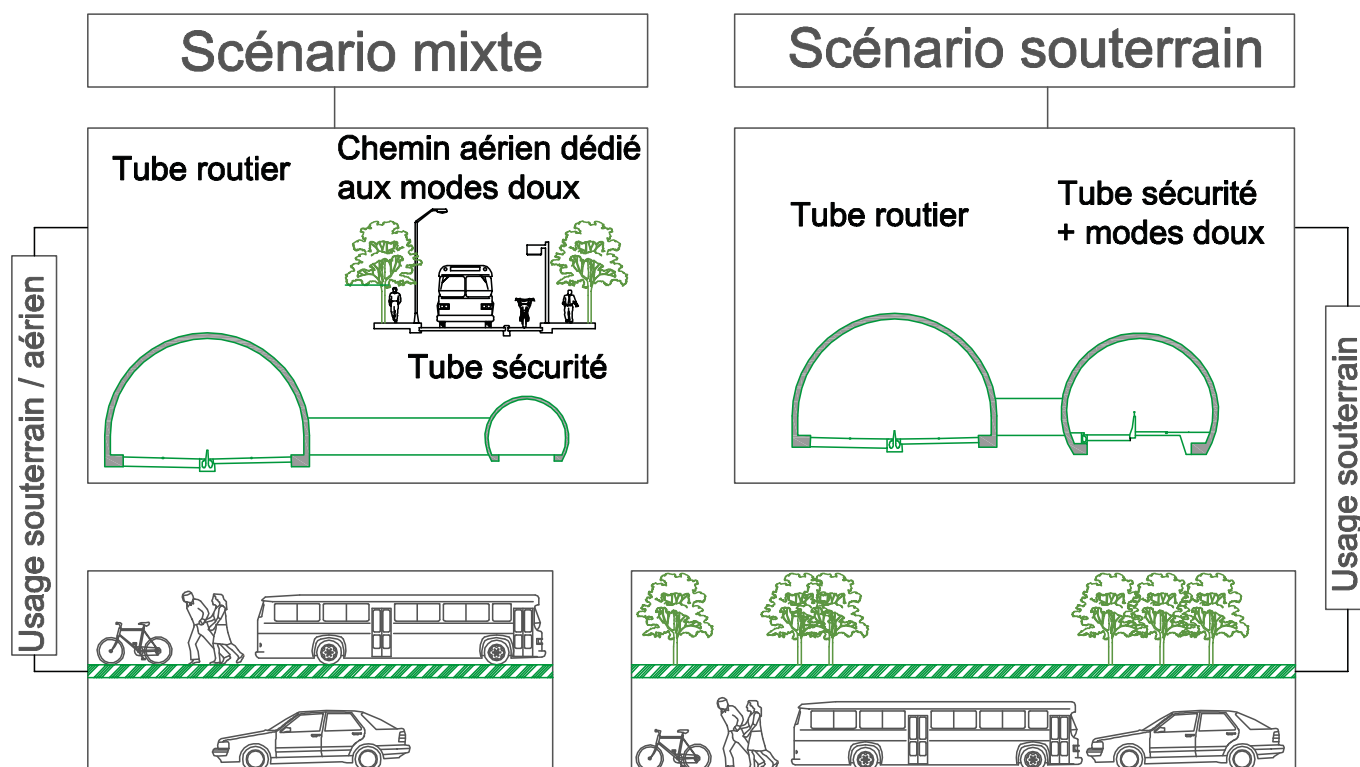
L'enjeu des deux tranches restantes portera désormais sur l'articulation des différentes études à l'échelle du thème « Environnement » mais également à celle de l'ensemble des thèmes (socio-économique, psycho-social, juridique...), afin de dégager des indicateurs adaptés aux espaces souterrains et d'appliquer les méthodologies développées à des sites réels. L'implication des maîtres d'ouvrage dans Ville 10D et leurs fortes attentes en matière de souterrain urbain, devraient favoriser les futurs développements et applications.

■ L. D.-S.

Contact : laetitia.daloia@developpement-durable.gouv.fr

Galerie modes doux du tunnel de la Croix Rousse





Galerie modes doux du tunnel de la Croix Rousse : Comparaison des deux scénarios définis pour l'étude d'Analyse du Cycle de Vie (ACV). (Y. AUDI 2016)

Repères 2015

CAMPAGNE DE MESURE DE POLLUANTS dans le tunnel de Champigny (94) : des mesures ont été menées durant trois semaines, dans le cadre d'une inspection détaillée, afin d'évaluer les évolutions dans le temps des profils longitudinaux des concentrations en oxydes d'azote, au moyen de trois analyseurs par chimiluminescence positionnés à l'entrée, au milieu et à la sortie de cet ouvrage de 1000 m de longueur

TEST DE CARACTÉRISATION D'UN NOUVEL APPAREIL DE MESURE DES OXYDES D'AZOTE DANS LE TUNNEL DU MONT-BLANC : un analyseur par chimiluminescence placé en parallèle d'un détecteur optique a permis d'enregistrer durant plusieurs semaines les niveaux d'oxydes d'azote et de les comparer aux mesures du détecteur optique ayant pour nouveauté un fonctionnement en extractif

PROJET DE RECHERCHE BIOTAIR : présentation par le CEREMA des résultats de l'expérimentation

BIOTAIR au congrès « Atmos'fair » à Lyon en juin 2015 et mise en ligne sur le site internet de l'ADEME, en juillet 2015, du rapport d'évaluation de la biofiltration pour le traitement des émissions atmosphériques de tunnel routier

LE 30 JANVIER 2015 : Réunion de lancement du marché « GaBi » avec Thinkstep et Ginkgo 21 : Modélisation du cycle de vie d'un tunnel en vue de l'évaluation de ses impacts sur l'environnement

SÉJOUR LEENA TAHKAMO du 2 au 6 mars 2015 de l'Université d'Aalto (Finlande) sur l'Analyse du cycle de vie (ACV) de l'éclairage

PRÉSENTATION AUX JOURNÉES GC'2015 les 18 et 19 mars 2015 de 3 communications impliquant le CETU : Travaux de thèse de Yaarob AUDI (IFSTTAR/CETU/École des Ponts, Projet National Ville 10D), Analyse de Cycle de Vie (ACV) appliquée au creusement au tunnelier (étude Bouygues/CETU menée dans le cadre du GT41 de l'AFTES « Travaux souterrains et Développement Durable »), Gestion des Matériaux excavés : préparation du document d'information CETU avec la collaboration du CEREMA

STAGE DE TFE DE L'ENTPE DE STACY ALOGNA d'avril à juin sur l'ACV des équipements d'éclairage en tunnel

WTC 2015 À DUBROVNIK : présentation des travaux de thèse de Yaarob AUDI (IFSTTAR/CETU/École des Ponts, Projet National Ville 10D) ainsi que des études du CETU sur l'ACV appliquée aux tunnels et plus généralement des réflexions au sein du GT41 de l'AFTES (mai 2015)

WTC 2015 À DUBROVNIK, L. D'Aloia est officiellement nommée vice-animatrice du WG21 de l'AFTES sur « Life Cycle asset management » (mai 2015)

PRÉSENTATION À LA JOURNÉE COTITA IDF du 23 juin du projet de document CETU sur la gestion des MATEX (Florent Robert)

PRÉSENTATION DES TRAVAUX DU PROJET NATIONAL VILLE 10D au séminaire de clôture du projet ANR CANOPEE sur la couverture des infrastructures de transport, les 28-29 septembre 2015

PRÉSENTATION DU PROJET DE DOCUMENT CETU SUR LA GESTION DES MATEX au CR IDF le 16 novembre (Florent Robert)

Déve- lopper

une expertise et aider
les maîtres d'ouvrage
pour les tunnels
ferroviaires



Gilles HAMAIDE,
chargé de mission Avis
et Contrôle Externe Génie Civil

Les ouvrages souterrains : un enjeu fort pour les lignes nouvelles

SNCF RÉSEAU, maître d'ouvrage des études de la Ligne Nouvelle Provence Côte d'Azur, a confié au CETU une mission d'assistance technique pour les ouvrages souterrains.

Il s'agit des Études de conception environnementales et techniques Préalables à l'Enquête d'Utilité Publique (EPEUP) sur les sections Marseille-Aubagne et Siagne-Nice, dont la durée est estimée à 4 années. Elles comprennent 4 étapes :

- sélectionner les variantes pertinentes ;
- étude et comparaison des variantes sélectionnées ;
- approfondissement de la variante retenue ;
- finalisation du dossier d'enquête publique.

La conception environnementale et technique de la partie en ligne nouvelle est assurée par un bureau d'études.

La mission confiée au CETU couvre principalement :

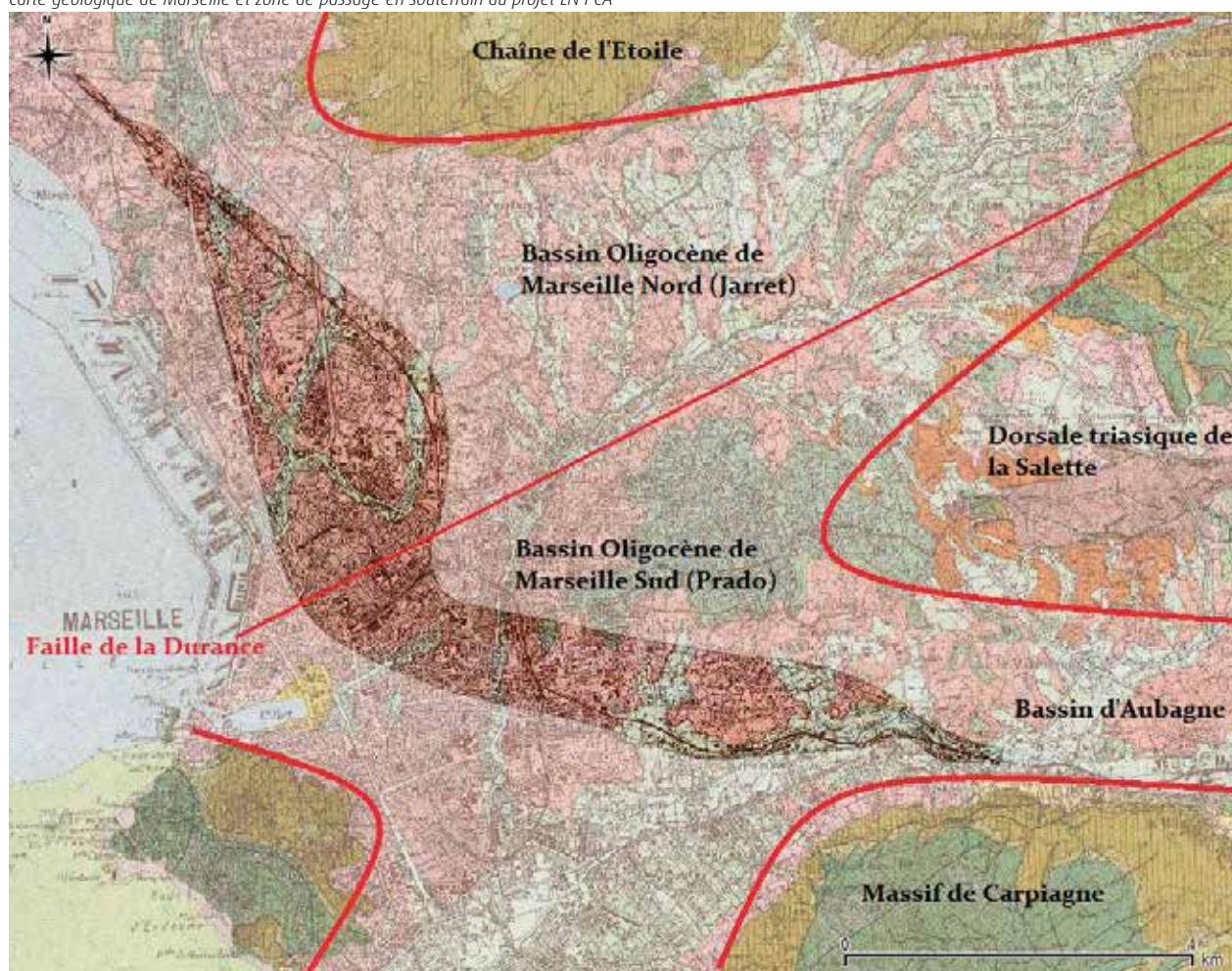
- la conception des ouvrages souterrains (application du référentiel sur la sécurité et l'inter-opérabilité, génie civil des ouvrages souterrains, spécificités des gares) ;
- les reconnaissances et investigations (géologie, géotechnique, hydro-géologie et ressource en eau) ;
- la stratégie des matériaux excavés (identification spécifique des matériaux, pollution des sols, réutilisation des matériaux).

Cette mission s'exerce sous la forme d'une participation aux points d'avancement réguliers du maître d'ouvrage et aux réunions de travail avec les bureaux d'études, de la rédaction d'avis sur les productions du bureau d'études et de participations aux différents ateliers thématiques du maître d'ouvrage.

■ G. H.

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

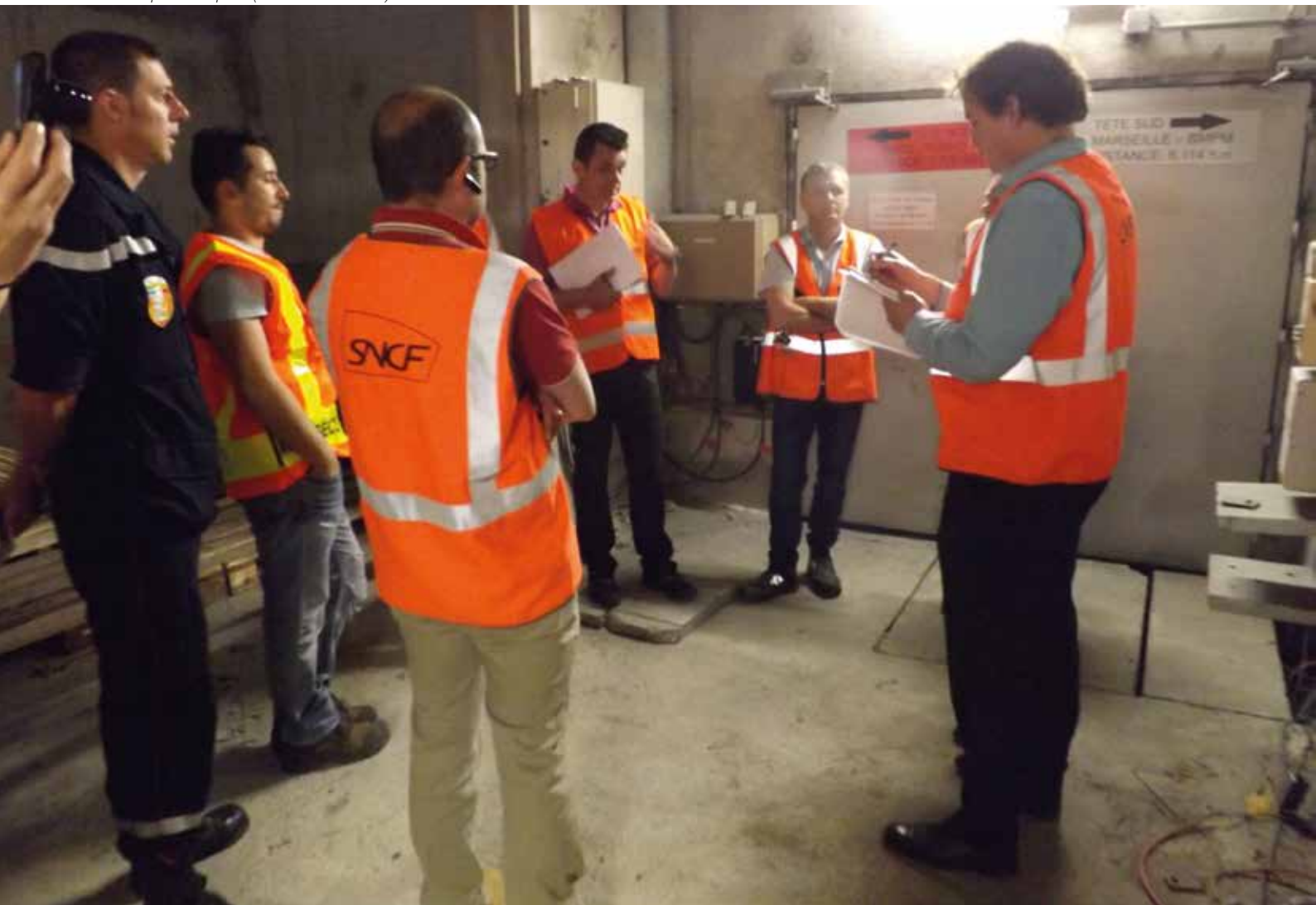
Carte géologique de Marseille et zone de passage en souterrain du projet LN PCA





Tunnel ferroviaire du Fréjus, côté Italie (photo K. Weise)

Visite du puits Bellepeire (tunnel LGV Marseille)





Éric PREMAT,
Directeur Adjoint

Une collaboration fructueuse avec l'EPSF et la DGSCGC pour réaliser un diagnostic de sécurité des tunnels des Bouches-du-Rhône

En réponse à une demande du préfet de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur, le ministère a sollicité l'Établissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF), la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion de Crise (DGSCGC) et le CETU, pour réaliser un diagnostic des tunnels de la LGV de Marseille, de la Nerthe, du Mussuguet et des Janots. Ce diagnostic qui s'est déroulé sur le 1^{er} semestre de 2015 a nécessité un important travail de collecte de données, de rencontre des différentes parties prenantes et d'analyse de l'ensemble des informations. Il a abouti à la rédaction d'un rapport qui comprend 34 recommandations visant à une meilleure prise en compte des risques, notamment par des mesures de prévention (circulation des trains, communication entre les différents acteurs...) et de réduction des conséquences (stratégies d'auto-évacuation et d'intervention des services de secours et moyens associés).

■ É. P.

Contact : eric.premat@developpement-durable.gouv.fr



Tunnel de la Nerthe, tête sud

Tunnel LGV Marseille





Odile VANNIÈRE,
chargée de mission Appui
Technique et Grands Projets

Tunnel Européen Lyon Turin, une année importante

Pour le compte du Ministère, le CETU participe aux travaux du Groupe Technique et Sécurité (GTS) de la Commission Inter Gouvernementale (CIG) dans le cadre du Tunnel Européen Lyon Turin (TELT).

De nombreuses étapes ont marqué l'année 2015, en particulier la décision ministérielle d'approbation du projet de référence France, signée le 2 juin 2015 par le Secrétaire d'État Alain Vidalies.

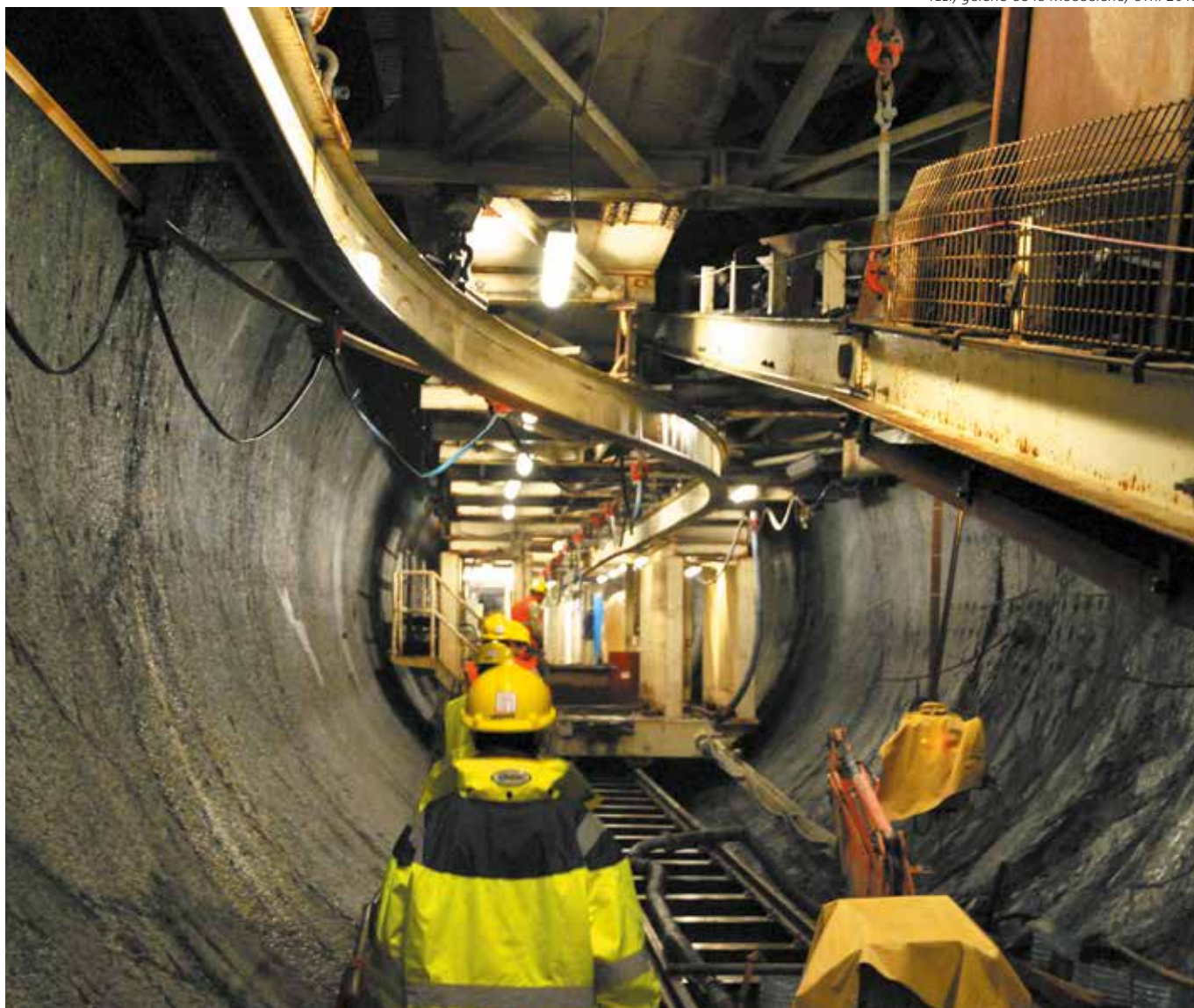
C'est également dans ce cadre que le CETU s'est impliqué dans l'expertise du processus de certification des coûts du projet, en donnant des avis

issus de son retour d'expérience et de son analyse sur les différentes étapes de cette mission confiée par TELT à Tractebel-Tuc Rail.

Le CETU représenté par Odile Vannière est également membre de la commission des contrats avec la nomination officielle par arrêté du 18 août 2015 portant nomination du président et des membres de la commission des contrats de Tunnel Euralpin Lyon Turin SAS. ● O. V.

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

TELT, galerie de la Maddalena, avril 2015





Joël GUIVARCH,
chargé d'études au pôle
Ventilation et Environnement (VE)

Caractériser les feux de référence pour le ferroviaire et les Transports Guidés

Suite à l'incendie du tunnel routier du Mont-Blanc, un diagnostic de la sécurité de 32 tunnels ferroviaires du réseau ferré national (RFN) a été réalisé en 1999. À l'époque, il ressortait de ce diagnostic que moins de 1 % des incidents et accidents répertoriés sur le RFN se produisent en tunnel et que le risque incendie est relativement faible. Toutefois, une trentaine d'incendies survenus sur des matériels roulants ferroviaires et sur des systèmes de transport guidé ont été recensés en tunnel durant les vingt dernières années. Compte tenu des spécificités des espaces confinés, ces événements peuvent avoir des conséquences dramatiques. Il est par conséquent important de viser à maîtriser le risque incendie.

Dans le cadre de l'évolution de l'organisation de la sécurité dans le domaine ferroviaire, une première Spécification Technique d'Interopérabilité relative à la sécurité dans les tunnels ferroviaires (STI STF) a été publiée en 2008, puis une deuxième en 2015, fixant ainsi les dispositions de sécurité à atteindre dans les nouveaux tunnels de plus de 100 mètres de longueur du réseau ferroviaire de l'Union Européenne. Cependant, la démarche en matière de traitement du risque ferroviaire explicitée dans la STI STF ne définit pas de termes sources standardisés pour la prise en compte du risque incendie.

Cette absence de références communes sur les termes sources est problématique pour les maîtres d'ouvrages ferroviaires qui ont besoin de dimensionner des systèmes de désenfumage pour des tunnels en

projet et qui doivent conduire une analyse des risques encourus par les personnes en situation d'évacuation dans le tunnel.

Afin de progresser en direction d'un référentiel commun, le CETU a recensé et analysé les pratiques actuelles relatives à la définition des termes sources en s'appuyant sur les textes réglementaires applicables, sur des rapports de recherche et sur diverses campagnes d'essais de feux de matériels roulants réalisées ces vingt-cinq dernières années. Deux méthodes distinctes permettent de caractériser les termes sources ferroviaires : la première consiste à estimer théoriquement la puissance dégagée par un incendie à partir du potentiel calorifique, avec pour inconvénient de ne pas refléter le comportement réel d'un incendie. La seconde repose sur des essais incendie de matériels roulants ferroviaires réalisés à diverses échelles, qui permettent d'établir des termes sources plus réalistes mais pour des coûts de réalisation élevés et avec des résultats pas toujours généralisables.

Les travaux de recherche vont donc se poursuivre en se rapprochant notamment des acteurs du monde ferroviaire, le travail étant en parallèle étendu aux termes sources des Transports Guidés Urbains (TGU).

■ J. G.

Contact : joel.guivarch@developpement-durable.gouv.fr

Tunnel ferroviaire du Crêt d'Eau



Participer

aux projets
d'ouvrages
souterrains



Gérard MAZZOLENI,
chargé de mission
Ingénierie

Répondre aux questions des maîtres d'ouvrage et expérimenter concrètement de nouvelles solutions

L'ingénierie représente un volet d'activité important pour le CETU qui permet de garder le contact avec les préoccupations opérationnelles, nourrir les activités de recherche et en valoriser les résultats

L'activité d'ingénierie du CETU repose en 2015 sur quatre modes principaux d'intervention avec une répartition équilibrée entre les missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage, les expertises, les missions d'assistance à maîtrise d'œuvre et les inspections génie civil et équipements des tunnels.

L'accroissement de l'activité Inspection des équipements répond à la nouvelle réglementation concernant la surveillance et l'entretien des tunnels du réseau national et accompagne la mise en place d'une politique de gestion et d'optimisation de la maintenance et de la conception des tunnels.

L'assistance des maîtres d'ouvrages en phase travaux se focalise essentiellement sur la mise à niveau d'ouvrages anciens avec la construction de galeries de sécurité ou la réalisation de travaux de réparations et d'étanchement.

Les missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage concernent également les grands projets ferroviaires tels que la Ligne Nouvelle Provence-Côte d'Azur, la Ligne Nouvelle Paris-Normandie et les ouvrages de la section française de la liaison Lyon-Turin.

● G. M.

Contact : gerard.mazzoleni@developpement-durable.gouv.fr

Tunnel de Saint-Béat





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

Le Grand Chambon : l'expertise du CETU au service de l'État

Depuis juin 2015, un éboulement majeur en interaction avec un glissement de versant, survenu dans le tunnel du Grand Chambon, paralyse l'itinéraire Grenoble-Briançon sur la RN91 entre l'Isère et les Hautes-Alpes.

Le CETU est ainsi intervenu en appui des services de l'État (DGITM, DDT 38, préfecture de l'Isère) dans le cadre de missions d'expertise pour évaluer les variantes et les estimations des solutions de réparation. L'étude d'une solution de traitement par minage a notamment fait l'objet d'une collaboration avec le CEREMA et EDF.

Par ailleurs, dans le cadre des études pour la déviation en souterrain de la zone éboulée, le CETU a piloté pour le compte du CD 38, une campagne de terrain et d'essais de tirs à l'explosif en contribution à l'établissement du dossier de consultation des entreprises. Enfin, des études et reconnaissances structurales ont également été proposées pour le diagnostic géotechnique du tunnel du Petit Chambon en relation avec les travaux de creusement à venir.

■ D. S.

Contact : didier.subrin@developpement-durable.gouv.fr

Glissement de versant au droit du tunnel du Grand Chambon





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

L'assistance technique de la DIR CE pour la réalisation du second rameau d'évacuation du tunnel de Ponserand

L'année 2015 a vu le démarrage des travaux de réalisation du second rameau d'évacuation du tunnel de Ponserand (73). Ces travaux s'inscrivent dans la dernière phase de mise en conformité de la sécurité du tunnel après celle de 2011 qui concernait les équipements de l'ouvrage. Après l'élaboration du projet en 2013 et du dossier de consultation des entreprises en 2014, le CETU a apporté son assistance technique auprès de la maîtrise d'œuvre (DIR CE – pôle tunnels de Chambéry) tout au long des travaux de génie civil et pendant la phase de préparation des travaux d'équipements.

Les travaux en souterrain ont démarré en septembre à la suite des travaux extérieurs (pose d'un filet de protection contre les chutes de blocs, terrassements et confortements de la tête sur la RD1090). Le rameau

Ponserand (73), intérieur du rameau, phase creusement



Rameau de Ponserand (73), ferrailage du radier

présente une longueur de 98,3 m avec une pente de 10 % sur les 73 premiers mètres (entre-coupée de deux paliers de 3 m) puis une zone horizontale (< 1 %) jusqu'au sas.

L'excavation a été réalisée en attaque descendante, depuis l'extérieur vers le tunnel, tout d'abord à la machine à attaque ponctuelle dans les éboulis puis à l'explosif dans le substratum rocheux.

Le creusement des 25 premiers mètres dans les éboulis a été très délicat nécessitant la pose d'un soutènement lourd (cintres + béton projeté + renforcement du front par boulonnage). La présence de gros blocs rocheux dans une matrice sableuse instable conjuguée à des arrivées d'eau locales a nécessité un renforcement par treillis soudé et plaques métalliques. L'excavation s'est poursuivie dans le substratum rocheux, avec un profil de soutènement plus léger (boulonnage + béton projeté) jusqu'au percement le 24 novembre 2015.

La fin d'année a été marquée par les travaux de raccordement (découpage du revêtement du tunnel, étanchéité, montage de l'outil coffrant et bétonnage du premier plot de revêtement et des voiles du sas). Cette phase de travaux a été très délicate vis-à-vis des contraintes d'exploitation du tunnel à l'approche de la période hivernale et des fêtes de fin d'année qui ne permettaient plus aucune restriction de circulation et aucune intervention depuis le tunnel.

Les travaux se poursuivent au cours du premier semestre de 2016 avec la fin du génie civil et la pose des équipements électriques et de gestion et de la ventilation.

Y. P.

Contact : yohan.peru@developpement-durable.gouv.fr



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

Accompagner le département de la Savoie pour la mise aux normes du tunnel du Chat

Le département de la Savoie s'est engagé depuis 2009 sur un programme de mise en sécurité du tunnel du Chat.

Le CETU accompagne les services techniques du département de la Savoie pour toute la phase de construction qui a commencé en octobre 2014. Après une phase de travaux préparatoires débutée en février 2015, le creusement des 1500 m de galerie avance depuis mai 2015 à partir de l'attaque ouest.

Les travaux s'étaleront jusqu'en 2017 où le tunnel existant sera fermé pour permettre ensuite une rénovation complète de ses équipements. Notons que cet ouvrage est particulier à plusieurs titres. D'une part, il permettra le passage des piétons et des cyclistes à l'intérieur de la nouvelle galerie de secours en construction et d'autre part son exploitation mettra en œuvre pour la première fois un système d'éclairage entièrement réalisé à l'aide de LED, dans l'objectif de réduire la consommation énergétique.  E. H.

Contact : emmanuel.humbert@developpement-durable.gouv.fr

Démarrage des travaux : 20 octobre 2014
Avancement au 31 décembre 2015 : 960 m
creusés sur 1 418 m à creuser
Montant des travaux : 40 millions d'euros
Durée des travaux : percement : 12 mois
Durée totale des travaux y compris rénovation
tunnel : 37 mois



Creusement de la galerie de secours du tunnel du Chat

Galerie de secours du tunnel du Chat





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

Démarrage des travaux de creusement de la galerie de sécurité du tunnel du Siaix

Le tunnel du Siaix est un ouvrage routier bidirectionnel de 1,5 km construit entre 1988 et 1990 pour sécuriser l'accès aux stations de la vallée de la Tarentaise. Cet ouvrage a fait l'objet d'un vaste programme d'amélioration de la sécurité qui doit s'achever aujourd'hui par la réalisation d'une galerie de sécurité parallèle au tunnel qui a la particularité d'être utilisable par les cyclistes.

Dans ce cadre, le CETU intervient comme assistant à la maîtrise d'ouvrage auprès de la DIR Centre-Est. La maîtrise d'œuvre de l'opération a été confiée au groupement BG-Arcadis en 2013.

Suite à la consultation des entreprises qui a eu lieu au deuxième semestre 2014, le marché de travaux de génie civil a été notifié fin août 2015 à Eiffage TP. Sur site, les travaux extérieurs ont commencé fin octobre : terrassements, parois clouées et voûtes parapluie, nécessaires au démarrage effectif du creusement de la galerie. 

Contact : catherine.cabut@developpement-durable.gouv.fr



Travaux extérieurs en tête amont de la future galerie du Siaix (73)

Repères 2015

ASSISTANCE AUX ÉTUDES AMONT :

Ligne Nouvelle Paris-Normandie et Ligne Nouvelle Provence Côte d'Azur assistance dans le cadre des études préalables à l'enquête publique

ASSISTANCE À LA PASSATION DE CONTRATS :

contribution à la passation du contrat PPP de la rocade L2 à Marseille

ÉTUDES DE CONCEPTION JUSQU'À

L'ACHÈVEMENT DE L'OUVRAGE : étude de conception du tunnel d'Oloron-Sainte-Marie et étude de conception des équipements de la tranchée couverte de Marange Silvançe

MISE EN SÉCURITÉ : étude de conception des équipements de la tranchée couverte de Firminy ; poursuite du travail d'accompagnement pour le programme de sécurisation des tunnels de la Direction des Routes Île-de-France, sur ses projets transversaux et spécifiques en équipements (poursuite de la rénovation, fin des travaux pour les tunnels les plus avancés) ; assistance à l'EPADESA pour la mise en sécurité des voies de desserte interne de la Défense et formation des responsables d'opération chargés du programme de mise en sécurité

SUIVI DE LA VIE DES OUVRAGES :

9 inspections « Génie Civil » et 5 inspections « Équipements », 6 auscultations d'ouvrages

EXPERTISE : intervention pour le compte du CNRS dans le cadre des études du Laboratoire Souterrain Bas Bruit à Rustrel

– intervention pour le compte d'Aéroport De Paris pour la réalisation d'un ouvrage d'assainissement de grand diamètre

AUTRES MISSIONS D'ASSISTANCE À

MAÎTRISE D'OUVRAGE : ouvrages de la section française de la liaison Lyon-Turin (RFF) ; rénovation des tunnels du Siaix (DIR CE), d'Aubenas (DIR MC), de la Grand Mare à Rouen (DIR NO), du Chat (CD 73) ; travaux de mise en sécurité du tunnel-canal de Mauvages (VNF), sécurisation du transit des cyclistes dans le tunnel des Écouges (CD 38) et du Villaret du Nial (CD 73)

ASSISTANCES À MAÎTRISE D'ŒUVRE : suivi des travaux de génie civil du tunnel de Saint-Béat, suivi des travaux d'équipements du tunnel de Chabrières et suivi des travaux de réparation du tunnel de Rive-de-Gier (DIR CE)

Déve- lopper des actions de recherche



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

Comment intégrer les facteurs humains et organisationnels dans la sécurité et l'exploitation ?

Bilan de 12 années de travaux de recherche

Le Centre d'Études des Tunnels (CETU) mène des actions de recherche et de doctrine structurées autour d'axes stratégiques. Ces travaux sont destinés à produire des connaissances et des recommandations techniques à destination des professionnels des travaux souterrains. L'orientation, le contenu et les résultats des axes stratégiques sont donc régulièrement soumis à l'évaluation de commissions composées de personnalités expertes dans le domaine considéré. Il peut s'agir d'universitaires, de

responsables de centres techniques, de bureaux d'études, ou encore de maîtres d'ouvrage ou d'exploitants de tunnels. Ce travail est mené sous l'égide du conseil scientifique du CETU.

Cette démarche a été appliquée aux travaux de l'axe stratégique n° 3 intitulé « **Intégrer les facteurs humains et organisationnels dans la conception et l'exploitation des tunnels** ».

Personne à mobilité réduite, barre verticale



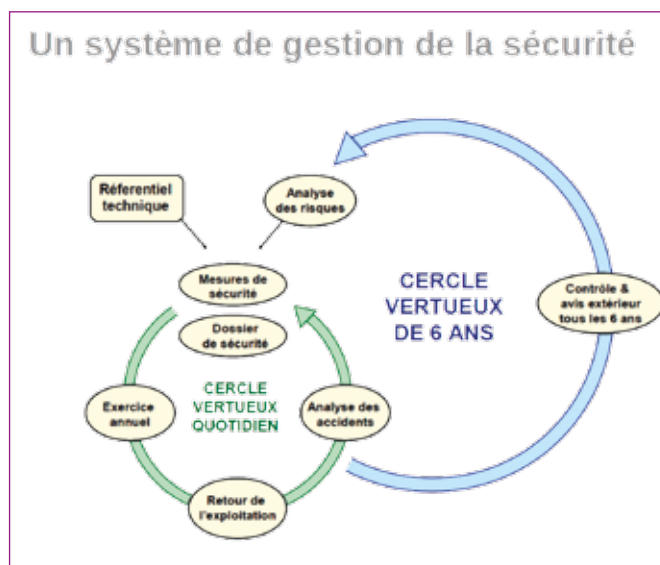
Ces travaux de recherche ont mobilisé une quinzaine d'experts du CETU de 2011 à 2015. Pour l'évaluation de cette recherche, le CETU a présenté ses productions le 20 novembre 2015, à une commission présidée par Roland Mistral (Directeur des Routes – conseil départemental de Savoie) et à laquelle ont participé sept autres experts du domaine concerné.

Ces travaux ont notamment porté sur les sujets suivants : prise en compte des personnes à mobilité réduite, retour d'expérience du point de vue de l'exploitant, signalisation et accompagnement de l'auto-évacuation, garages et obstacles latéraux, professionnalisation des opérateurs de tunnel routier, formation des conducteurs professionnels.

De nombreuses avancées ont été produites ces dix dernières années pour aider les acteurs concernés à formaliser des documents adaptés à une bonne gestion de la sécurité dans les tunnels routiers. C'est le cas notamment des documents d'explicitation de la réglementation, des fascicules du guide des dossiers de sécurité, du projet de guide sur les exercices de sécurité et plus généralement, de l'ensemble des supports de formation élaborés pour accompagner ces documents de doctrine.

Ces productions ont permis d'asseoir l'élaboration et la vie du dossier de sécurité sur la base d'une boucle d'amélioration continue de la sécurité symbolisée par les deux cercles vertueux « quotidien » et « tous les 6 ans » présentés en illustration ci-contre.

Les travaux de l'axe 3 ouvrent des perspectives intéressantes pour poursuivre l'accompagnement de ce dispositif au travers d'un travail sur les systèmes de gestion de la sécurité (SGS). C'est le cas notamment pour les actions liées au retour d'expérience du point de vue de l'exploitant, à la formation des opérateurs et à la coordination entre exploitants et services d'incendie. Ces actions structurantes de l'axe 3, pourraient être poursuivies dans le cadre d'un futur axe de recherche et de doctrine restant à préciser, qui devrait inclure les préoccupa-



tions liées au **système de gestion de la sécurité propre à l'exploitant**, à la bonne prise en compte des **interfaces entre exploitant/service d'intervention/agents de sécurité/auditeurs sécurité routière**, ainsi qu'à la définition des **outils de pilotage et de traçabilité dans le cadre d'une démarche qualité**.

■ M. I.

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



Roland MISTRAL,
Président de la commission

« La commission d'évaluation a souligné les avancées apportées par cet axe de recherche qui devraient être particulièrement utiles pour la communauté des tunnels. Les nouveaux éléments de doctrine capitalisés dans le cadre de ce travail permettront notamment aux maîtres d'ouvrages, exploitants et experts concernés de progresser encore dans la prise en compte des facteurs humains et organisationnels pour l'exploitation et la sécurité des tunnels routiers. La commission a fortement encouragé le CETU à valoriser ce travail auprès de l'ensemble de la profession (GTFE, comité tunnels, journées techniques spécifiques). Les orientations proposées pour la mise en perspective de ces travaux ont par ailleurs été discutées et validées lors du Conseil Scientifique du CETU le 10 décembre 2015, notamment pour ce qui concerne la création d'un futur axe de recherche portant sur le système de gestion de la sécurité en tunnel. »



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

Modéliser les sources d'incendie : un effort de recherche important pour le CETU

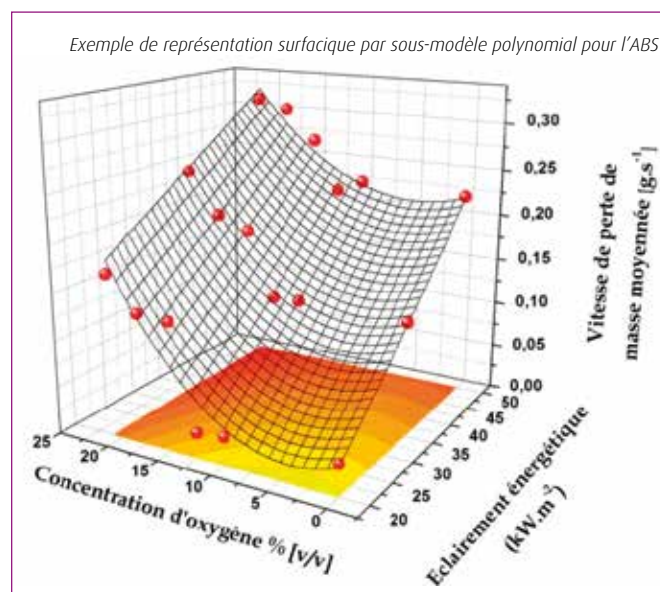
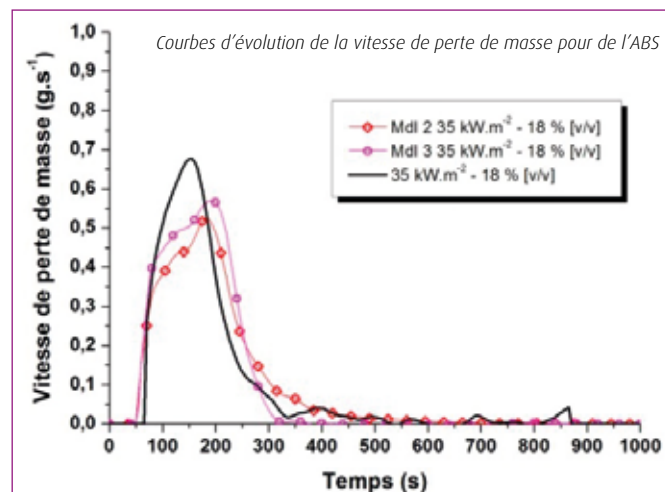
La caractérisation du terme source lié à un incendie en tunnel reste une donnée d'entrée fondamentale pour évaluer les conséquences d'un tel événement et proposer des dispositions constructives les limitant. Des connaissances spécifiques sur la dégradation des matériaux impliqués dans un incendie de véhicule et leurs conditions d'ignition sont nécessaires. Le CETU s'est ainsi associé au LNE (Laboratoire National de métrologie et d'Essais) et à l'institut PPRIME de l'université de Poitiers à travers le travail de thèse de doctorat de Fabien Hermouet, intitulé «Développement d'une approche innovante de modélisation de la cinétique de décomposition thermique des matériaux solides en espaces confinés sous-ventilés - Application aux incendies en tunnel», qui s'est déroulé d'octobre 2012 à décembre 2015.

L'enjeu de ces travaux de recherche a été de caractériser le terme source et surtout son évolution (vitesse de perte de masse et débit calori-

fique) en fonction de conditions opératoires types et représentatives de celles rencontrées au sein des tunnels dont, notamment, la concentration locale d'oxygène et les flux thermiques reçus par le combustible. Plusieurs matériaux largement utilisés dans la conception de véhicules routiers ont été caractérisés expérimentalement afin d'alimenter un modèle mathématique à surfaces de réponse.

Cette démarche innovante a permis d'obtenir un très bon accord entre expérimental et numérique et suscité un grand intérêt de développeurs de codes CFD pour l'incendie. ■ X. P.

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





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

Des avancées significatives dans le domaine de la contractualisation

Le CETU est intervenu récemment dans plusieurs domaines concernant la contractualisation des marchés relatifs aux ouvrages souterrains, que ce soit en conception (marchés de maîtrise d'œuvre) ou en réalisation (marchés de travaux).

En 2013 déjà, le CETU a édité le guide d'application du fascicule 69 du CCTG Travaux, qui introduit le Plan de Management des Risques, après avoir tenu la plume pour le fascicule proprement dit.

Toujours au sujet du CCTG Travaux, le CETU a terminé la rédaction du nouveau fascicule 67 titre III relatif à l'étanchéité des ouvrages souterrains. Sa mise en œuvre officielle est suspendue à la publication de l'arrêté interministériel qui l'intégrera officiellement au CCTG Travaux.

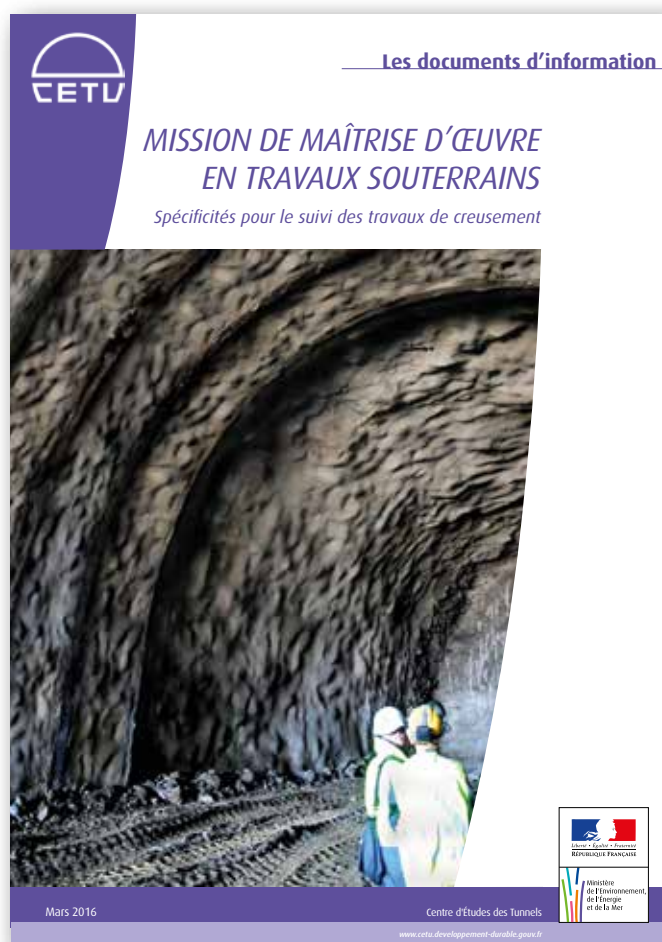
Par ailleurs, suite au constat fait parfois par le CETU de l'existence d'un écart entre ce qui serait souhaitable pour la bonne réalisation de l'opération et les missions effectivement demandées aux maîtres d'œuvre privés et qui se révèlent inadéquates en regard des enjeux, une réflexion a été menée en associant la profession des maîtres d'œuvre privés de travaux souterrains. Ainsi, un document d'information a été finalisé en 2015 afin d'explicitier les enjeux et les spécificités de la mission de maîtrise d'œuvre pour le suivi de travaux souterrains, en particulier lors du creusement. L'objectif affiché est de réaliser un ouvrage en maîtrisant les risques techniques et économiques de sa construction, en respectant les règles de l'art et en lui assurant un caractère durable. Ce document sera édité sous le timbre du CETU tout début 2016.

Le CETU a été un contributeur important à la rédaction de la nouvelle recommandation du GT 25 de l'AFTES parue en 2015, intitulée « Maîtrise économique et contractualisation » (GT25R3F1). Il a notamment apporté son expertise dans les parties relatives au processus de management du risque et au contenu de l'estimation financière. Il a également participé à l'élaboration de la version internationale de cette recommandation.

Enfin, le CETU a mis en place un observatoire relatif à la mise en œuvre du fascicule 69 et de son guide d'application. Plusieurs maîtres d'ouvrage et d'œuvre ont été interviewés. L'objectif à terme est de produire une version retournée d'expérience et en anticipant la prochaine révision du Code des marchés publics.

■ F. R.

Contact : florent.robort@developpement-durable.gouv.fr





Nicolas BERTHOZ,
chargé d'études au pôle
Géologie, Géotechnique et
Dimensionnement (GGD)

Impact du creusement pressurisé des tunnels sur les avoisinants

La limitation des impacts mécaniques engendrés par la construction d'un nouveau tunnel sur les structures avoisinantes constitue une préoccupation majeure en zone urbaine. Les tunneliers à front pressurisé ont pour objectif de maîtriser les déformations au droit de l'excavation, et par conséquent de limiter les impacts en surface. Toutefois, l'expérience prouve que la prédiction des déformations induites par le creusement reste difficile en raison notamment des multiples sources de volume autour de la machine, du caractère tridimensionnel des phénomènes en jeu et des interactions sol /tunnelier et sol /bâti.

Les travaux de recherche collaboratifs entre le CETU et l'École Nationale des Travaux Publics de l'État visent les développements suivants :

1. un outil d'estimation bidimensionnel des déplacements de surface induits par le creusement,
2. un outil de prédiction tridimensionnel des déplacements induits en champ libre,
3. un outil de prédiction tridimensionnel des déplacements induits en présence de structures avoisinantes,
4. une méthodologie de prédiction des dommages engendrés sur les structures avoisinantes.

La démarche mise en œuvre associe des modélisations physiques sur un modèle réduit de tunnelier à pression de terre, des modélisations numériques et l'analyse de données de chantier.

Seuls les travaux effectués en 2015 dans le cadre du développement d'un outil d'estimation bidimensionnel des déplacements de surface induits par le creusement sont présentés dans le cadre de cet article.

Des modèles aux éléments finis (exemple en illustration 1) de plusieurs sections instrumentées du tramway T6 (Châtillon – Vélizy – Viroflay) sont effectués. Les caractéristiques mécaniques des terrains sont celles retenues dans le dossier de consultation des entreprises. La nappe phréatique est modélisée, mais pas les bâtiments en surface. Le creusement du tunnel est modélisé sous la forme d'un déconfinement partiel en paroi d'amplitude β (illustration 2).

Les premières modélisations effectuées montrent que, sur ce chantier, le coefficient β à appliquer pour reproduire l'amplitude des tassements de surface au-dessus de l'axe de la machine sont de l'ordre de 10 à 15 % au passage du front de taille, 20 à 30 % un diamètre à l'arrière et 40 à 50 % loin à l'arrière de celui-ci (illustration 3). Les modélisations effectuées montrent également que ce type de modèle, bidimensionnel, conduit à une surestimation de l'extension transversale des cuvettes de tassement. Ces travaux se poursuivent en 2016 par la modélisation d'autres chantiers.

■ N. B.

Contact : nicolas.berthoz@developpement-durable.gouv.fr

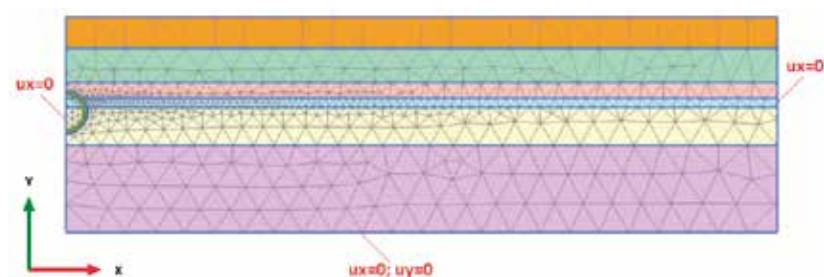


Illustration 1 : Exemple de modèle aux éléments finis réalisé

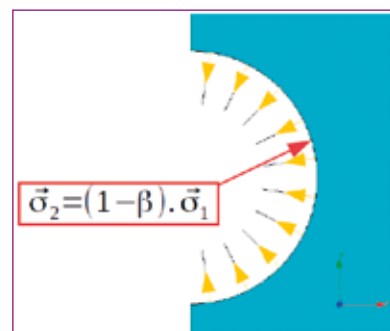


Illustration 2 : Taux de déconfinement en paroi

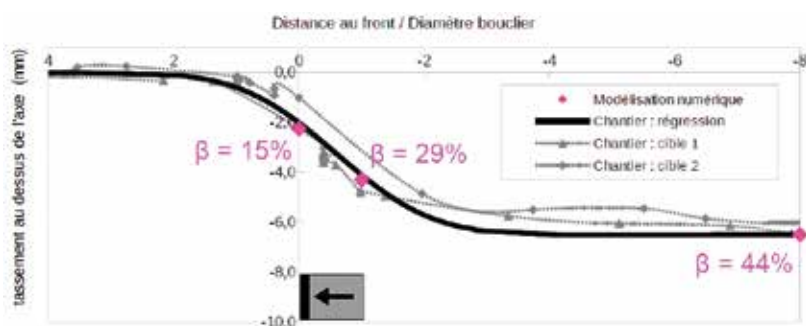


Illustration 3 : Exemple d'estimation du taux de déconfinement équivalent β en paroi requis pour reproduire les tassements de surface mesurés sur le chantier du tramway parisien T6.



Essai de fluage d'une dalle de béton renforcé de fibres.

LA CAMPAGNE EXPÉRIMENTALE EN QUELQUES CHIFFRES

Une centaine de dalles de bétons – certains non armés, d'autres renforcés de 6 fibres différentes ou d'un treillis soudé – ont été projetées les 21 et 23 octobre 2014 près de la Centrale BPE Vicat de Bourgoin-Jallieu.

De nombreux essais ont été réalisés sur bétons durcis : 105 mesures de résistance en compression sur carottes, 42 essais de capacité d'absorption d'énergie, 24 essais de fluage,

sans compter les essais réalisés lors des pré-études. Les caractérisations classiques (affaissement au cône d'Abrams, teneur en air et densité) ont été effectuées sur béton frais, ainsi que 12 mesures de teneur en fibres.

Les essais, réalisés par Sigma béton, ont duré un peu plus d'un an ; 721 368 mesures de déformation ont été enregistrées et traitées.

Le groupe de travail d'analyse des résultats s'est réuni 3 fois, les 10 mars, 23 juin et 8 décembre 2015. Deux articles ont été publiés en 2015.



Catherine LARIVE,
chef du pôle Matériaux,
Structures et Vie de l'Ouvrage
(MSVO)

Une campagne expérimentale sans précédent sur le fluage des bétons projetés fibrés

Dans le cadre de sa forte implication au sein de l'ASQUAPRO, le CETU a contribué au lancement d'une campagne expérimentale novatrice sur le fluage des bétons projetés fibrés.

Ce sujet restait un point technique controversé pour le développement de l'utilisation des fibres, et en particulier des fibres macrosynthétiques, comme renforcement des bétons projetés de soutènement en tunnels. Un travail de conception d'un essai dédié à l'évaluation du fluage en flexion d'une dalle sur appuis hyperstatiques a été réalisé. D'importants moyens ont été mis en œuvre pour organiser la projection, la réalisation et l'analyse des essais.

Une douzaine de partenaires se sont mobilisés parmi lesquels se trouvent six producteurs majeurs de fibres, la SNCF et RFF — aujourd'hui rassemblés dans SNCF Réseau — et le laboratoire Sigma Béton.

Les résultats ont fait l'objet de plusieurs communications scientifiques et fournissent plusieurs paramètres d'appréciation des performances des différents produits testés.

■ C. L.

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



Essai de fluage d'une dalle de béton renforcé de fibres.



C. Thuaud,
SNCF

« Les résultats obtenus peuvent permettre de faire évoluer les pratiques actuelles tout en donnant des éléments nécessaires à l'analyse des risques spécifiques à chaque chantier. »

Repères 2015

ÉCOULEMENTS ATMOSPHÉRIQUES AUTOUR DES TUNNELS : une thèse sur l'intérêt applicatif de la simulation numérique 3D pour la modélisation des phénomènes aérodynamiques à proximité des tunnels a été lancée au CETU. Le thésard est un ingénieur des TPE en poste au CETU au sein du pôle Ventilation et Environnement, qui effectuera son travail sous la responsabilité conjointe du CETU et du LMFA (Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique) de l'École Centrale de Lyon

PRISE EN COMPTE DES PERSONNES À MOBILITÉ RÉDUITE : dans le cadre des travaux sur les facteurs humains, finalisation du rapport interne sur la prise en compte des personnes à mobilité réduite dans les tunnels routiers. En parallèle, des actions d'accompagnement ont été réalisées sur plusieurs projets, ceci a contribué à développer la doctrine interne du CETU sur cette problématique

SOUTENANCE PAR CHRISTELLE CASSE DE LA THÈSE « Le Retour d'Expérience comme instrument de la gestion collective de la sécurité chez un exploitant de tunnel routier », co-encadrée par le CETU en liaison avec Openly¹ et le laboratoire PACTE². En 2015, une communication au congrès

Human Behaviour in Fire a été effectuée à Cambridge

LA RECHERCHE D'UNE MÉTHODE D'INSPECTION VISUELLE À GRAND RENDEMENT : dans le cadre d'une convention tri-partite CETU-CEREMA-VNF, un système innovant d'aide à l'inspection visuelle des tunnels est en cours de développement grâce à l'élaboration d'un prototype modulaire d'acquisition, de visualisation et de traitement semi-automatique d'images de l'ouvrage

1. Exploitant du Boulevard Périphérique Nord de Lyon jusqu'au 31/12/14

2. Politiques publiques, Action politique, Territoires – Université de Grenoble

Capita-
liser
et diffuser
la connaissance



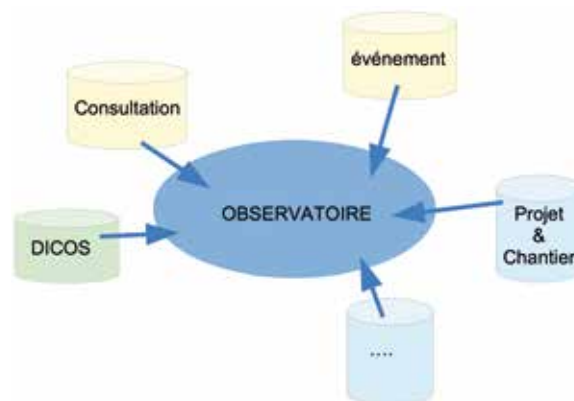
Sandrine BESSET,
chargée de mission Observatoire
et Programme de Rénovation

Un observatoire pour mieux cerner les enjeux des espaces souterrains

L'observatoire des tunnels est un outil permettant une veille sur une grande partie des informations relatives aux tunnels. Cela permet de capitaliser et partager les connaissances.

L'observatoire s'est enrichi au fil des années grâce aux données collectées auprès des maîtres d'ouvrage et des exploitants. Ces données sont ensuite triées, consolidées et classées dans différentes bases :

- DICOS (Dictionnaire Informatisé pour la Connaissance des Ouvrages Souterrains);
- recensement des grands événements en tunnels;
- suivi des tunnels en projet et en chantier;
- suivi des consultations;
- suivi des prix.



METTRE À DISPOSITION LES TEXTES POUR AIDER LES ACTEURS À MIEUX CONTRACTUALISER LES RISQUES

Le CETU a mis en place en 2013 une organisation pour établir et partager un référentiel Tunnels dont les finalités principales sont :

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

Le référentiel Tunnels traite du génie civil des tunnels creusés et des équipements de sécurité et d'exploitation des tunnels creusés et des tranchées couvertes.

La gouvernance du référentiel comprend un comité de pilotage et un groupe technique, composés de représentants des principaux acteurs des ouvrages routiers, ferroviaires et de transport guidé, fluviaux et hydrauliques.

Le comité de pilotage, présidé par le CETU se réunit 2 fois par an. En fin d'année 2015, la structure du site internet qui sera proposé à tous les rédacteurs de marchés publics de tunnels a été validé, l'objectif étant une ouverture de ce site en tout début d'année 2017.

En parallèle, le groupe technique prépare de nouveaux documents en particulier vis-à-vis de l'assainissement des tunnels routiers et des recettes, tests et réception des équipements.

Que trouve t-on dans ces bases de données ?

La base de données **DICOS** recense les tunnels routiers français ainsi que leurs principales caractéristiques. Grâce aux requêtes prédéfinies, cette base permet de répondre aux questions les plus fréquentes. Si cela ne suffit pas, il est possible d'importer les données sous le logiciel Calc et de les traiter.

L'observatoire sur les **grands événements en tunnel** s'inscrit dans une démarche transversale au sein du CETU qui permet de capitaliser les informations recueillies suite à un événement important en tunnel (en France ou dans le monde). Ces événements sont classés en trois thématiques :

- **incendies** (recensement des incendies majeurs en tunnel);
- **autres événements** (concerne les accidents et incidents, dès lors qu'ils n'ont pas entraîné d'incendie);
- et **divers** (centralise toutes les informations ou données ayant trait à un ouvrage souterrain qui ne sont pas classables dans les deux premières thématiques).

Le **suivi des tunnels en projet ou en chantier** permet d'avoir une vision des études de projet d'une part, et des ouvrages en cours de réalisation, d'autre part. Ce suivi intéresse l'ensemble des ouvrages souterrains quel qu'en soit l'usage : routier, ferroviaire, transport guidé, adduction d'eau, ligne EDF, puits...

Le **suivi des consultations** recense tous les appels d'offres en cours dont l'objet, principal ou pas, concerne les tunnels français (ou transfrontaliers). La collecte comprend les avis, les dossiers de consultation mais aussi les avis d'attribution.

Le **suivi des prix** capitalise les prix unitaires et forfaitaires de différents marchés publics. Ce suivi aide les maîtres d'ouvrage pour établir des prix estimatifs de marché, mais il permet aussi de produire des indicateurs sur les prix des tunnels.

Comment peut-on avoir accès à ces données ?

Les données collectées par le CETU ne sont pas consultables librement. La plupart sont « brutes » et nécessitent donc d'être traitées et mises en forme avant d'être diffusées.

Les données publiques sont mises à disposition sur le site internet du CETU (<http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr>), dans la rubrique « documentation ». D'autres données, par exemple la base DICOS, à diffusion plus restreinte, sont mises en ligne sur le site Intranet du CETU.

Contact : sandrine.besset@developpement-durable.gouv.fr





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

Le CETU accueille l'étape française de présentation du projet européen DRAGON

Le 24 septembre 2015 s'est tenue au CETU, la conférence relative à la présentation en France des résultats du projet de recherche européen « DRAGON ».

Le projet « DRAGON », (Development of Resource-efficient and Advanced underGrOund techNologies), est un projet européen qui s'est terminé en 2015. Son objet est l'étude des possibilités de caractériser en ligne et trier les matériaux excavés à l'arrière des tunneliers afin de pouvoir les utiliser sur site. Toute l'instrumentation et les dispositifs de tri sont positionnés dans le train suiveur de la machine. Un prototype a notamment été mis au point.

Ce projet présente des pistes très intéressantes pour la caractérisation et la valorisation des matériaux extraits des creusements au tunnelier, ce qui ouvre de nombreuses perspectives pour progresser vers un plus large emploi des matériaux excavés. L'enjeu est de taille en raison des volumes très importants qui seront extraits lors des travaux souterrains envisagés dans les 15 ans qui viennent.

F.R.

Contact : florent.robert@developpement-durable.gouv.fr

Présentation des résultats du projet de recherche européen «DRAGON»





Odile VANNIÈRE,
chargée de mission Appui
Technique et Grands Projets

La formation comme vecteur de diffusion des connaissances

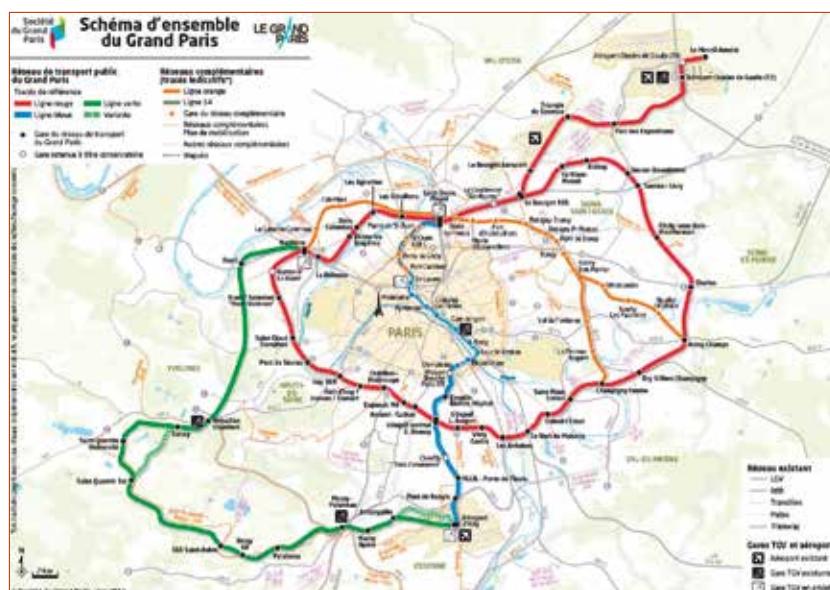
La Société du Grand Paris a confié au CETU, associé à l'ENTPE, une formation de ses équipes en charge de la maîtrise d'ouvrage de l'ensemble des lignes nouvelles prévues dans son programme sur les 15 années à venir. Il s'agit d'une formation sur les « Connaissances de bases des ouvrages souterrains » qui se décline en 4 modules à destination d'une cible d'environ 70 personnes. Elle se déroule sur une durée de 12 mois environ à compter de l'automne 2015.

La mission porte sur la réalisation des modules suivants :

- connaissances de base des ouvrages souterrains aux différentes phases de la vie d'un projet;
- conception des ouvrages souterrains, des stations et des puits;
- contractualisation technique des ouvrages souterrains;
- surveillance et contrôle des travaux.

Pour la réalisation de certains modules, le CETU a sollicité le CEREMA et quelques intervenants extérieurs. Le CETU assure la cohérence technique transversale du programme et au sein de chaque module de formation.

Cette formation compte 17 sessions de 2 jours. La démarche pédagogique est basée sur une « formation-action » avec des exercices et études de cas, en sus des apports théoriques et des retours d'expériences présentés par les intervenants, avec des groupes de 12 à 15 stagiaires. Les agents du CETU interviennent également comme formateurs auprès d'organismes de formations, enseignent dans de nombreuses écoles. Le



CETU est également très impliqué dans le mastère spécialisé « tunnels et ouvrages souterrains » piloté par l'INSA de Lyon et l'ENTPE.

La formation interne au sein du CETU est aussi un enjeu à souligner : on peut citer notamment en 2015 la formation importante sur la conduite de projets.

■ O. V.

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

Bilan de la formation interne « conduite de projet »





Michel Deffayet,
Directeur du CETU

Former les acteurs des espaces souterrains également au-delà des frontières

L'Association Internationale des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AITES) a parmi ses principaux objectifs de diffuser le savoir et de développer la formation aux métiers du souterrain. Force est de constater qu'avec les besoins croissants de nouvelles infrastructures pour désengorger, assainir et aménager des métropoles déjà très denses, beaucoup de pays ont recours à des solutions totalement ou partiellement souterraines. Même s'ils font appel à des consultants, des sociétés d'ingénierie et des entreprises internationales spécialisées, ces maîtres d'ouvrage ont besoin de compétences en propre pour maîtriser leurs opérations et prendre les décisions qui sont de leur ressort.

Au sein de l'Association Internationale, le CETU est très impliqué dans le Comité en charge de la formation (Comité ITA-CET) qu'il co-anime et dont il assure le secrétariat technique et administratif. Au quotidien cela signifie de nombreux contacts avec les pays membres pour préparer des formations, pour développer des relais locaux et mobiliser des moyens de formation. Le Comité travaille en partenariat permanent avec la Fondation ITACET qui assure le financement et le montage pratique des formations. C'est ainsi qu'en 2015, 9 sessions de 2 jours ont été montées, 14 sont prévues pour 2016. Depuis la création de la Fondation en 2009, ce sont 53 sessions qui ont été organisées et ont rassemblé 5 500 participants. Les programmes concernent souvent les concepts généraux des travaux souterrains, le creusement mécanisé ou les travaux souterrains en milieu urbain, mais aussi des thématiques plus spécialisées comme les tunnels pour l'hydroélectricité, l'aménagement souterrain, et bien d'autres sujets à enjeux. Chaque programme est adapté à la demande, discuté avec le pays « client », avec pour objectif d'entreprendre la recherche des formateurs les plus à même de l'assurer.

La demande croissante démontre le succès de cette démarche. Pour le CETU, c'est important d'être au cœur de ce réseau de formation qui travaille avec beaucoup d'experts du domaine du souterrain, mais aussi avec les universités qui dispensent des formations, voire des masters spécialisés sur le thème des travaux souterrains, et avec les organismes de formation qui font appel au Comité pour la labellisation de leurs formations.

■ M. D.

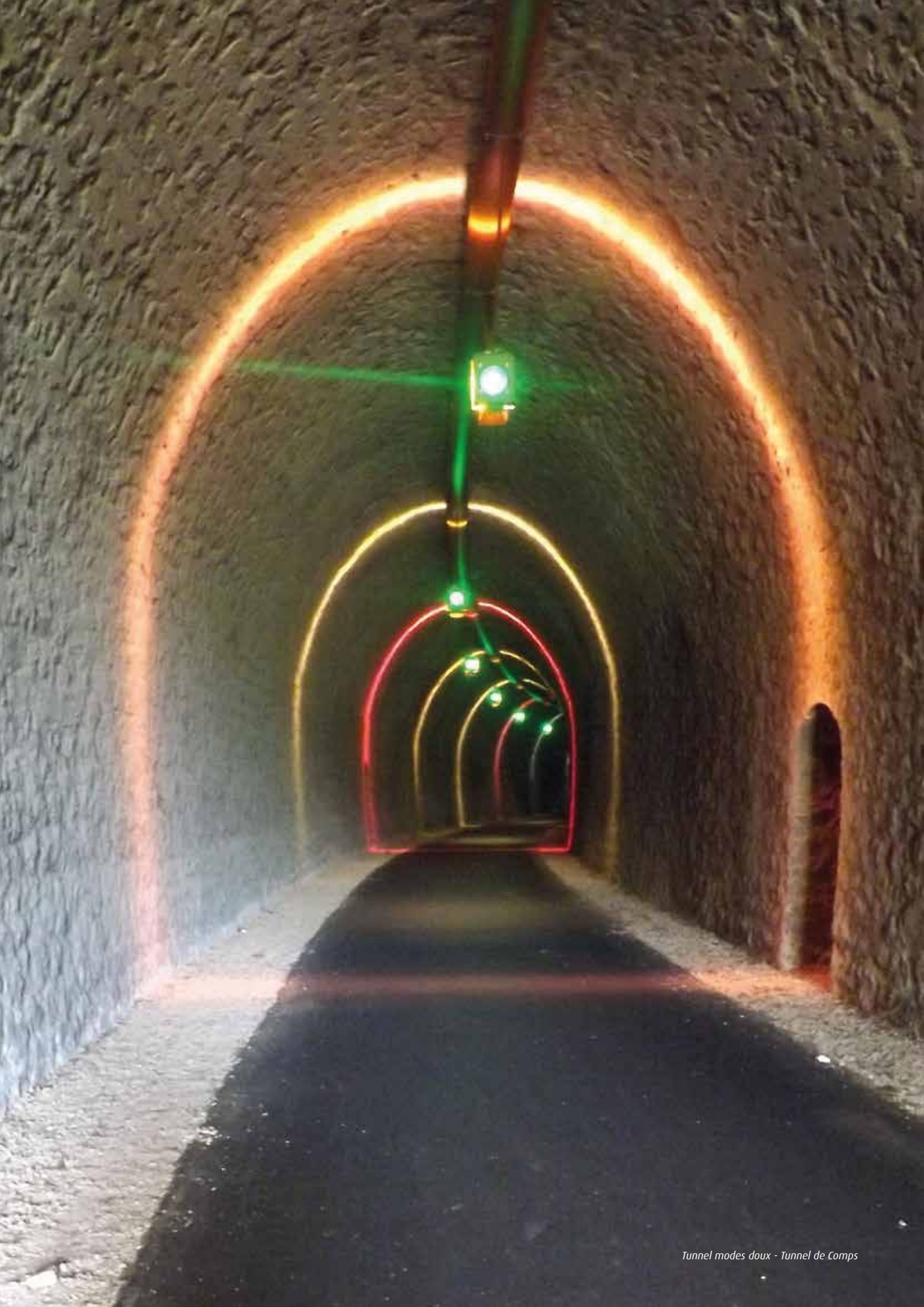
Contact : michel.deffayet@developpement-durable.gouv.fr

Formation du Congrès mondial AITES en Croatie, mai 2015



QUELQUES FORMATIONS CONDUITES EN 2015

- Organisation d'une session de formation « exploitation – sécurité des tunnels routiers » au CETU
- Formation Opérateurs Valorisation des Acquis : interventions dans 2 sessions
- Formation initiale opérateurs pour la DIR Massif Central
- Service Départemental et Métropolitain d'Incendie et de Secours (SDMIS) du Rhône : intervention dans le stage « Milieux confinés »
- École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers (ENSOSP) : interventions sur la Prévention Appliquée à l'Opération dans les Formations d'Intégration des Lieutenants de 1^{re} Classe (3 sessions) à Aix-en-Provence et dans le stage annuel « Tunnels » à Paris
- Mastère Tunnels et ouvrages souterrains de l'AFTES : conférence sur les approches internationales de la sécurité en tunnel dans le cadre du module 5
- Formation Ponts Formation Continue : intervention sur les risques en tunnel liés aux circulations, à l'incendie et à la pollution dans la session consacrée au pilotage général des projets de tunnel et aux éléments de conception



Les publications

Documents et notes d'information

- *Guide de l'inspection du génie civil des tunnels routiers* :
Livres 1 – *Du désordre à l'analyse, de l'analyse à la cotation*, janvier 2015, 118 p.
Livres 2 – *Catalogue des désordres*, janvier 2015, 138 p.
- *Catalogue des protections passives*, mars 2015, 10 p.
- *Détection automatique d'incidents par analyse d'images en tunnel*, mai 2015, 29 p.

Thèses

- **CASSE (C.)**, *Concevoir un dispositif de retour d'expérience (REX) intégrant l'activité réflexive collective : un enjeu de sécurité dans les tunnels routiers*, novembre 2015
- **HERMOUET (F.)**, *Développement d'une approche innovante de modélisation de la cinétique de décomposition thermique des matériaux solides en espaces confinés sous-ventilés. Application aux incendies en tunnel*, décembre 2015

Rapports de recherche

- **VIDAL (B.)**, *Investigations sur les concentrations en oxydes d'azote dans le tunnel du Fréjus, Rapport de mesure - Campagne d'octobre 2014*, septembre 2015, 38 p.
- *Évaluation de l'axe stratégique de recherche et de doctrine n° 3 « Intégrer les facteurs humains et organisationnels dans la conception et l'exploitation des tunnels »*, Rapport de synthèse, octobre 2015, 37 p.
- **CHAMOLEY (D.)**, *Rapport d'évaluation du projet ECOMINT au tunnel des Échelles*, décembre 2015, 68 p. + annexes
- **DIERKENS (M.)**, **CHAMOLEY (D.)**, **LARIVE (C.)**, *Aide à la rédaction d'un CCTP. Les bétons projetés en voie mouillée de soutènement de tunnels*, décembre 2015, 41 p.

Documents produits avec une forte participation du CETU

- Avis technique délivré par la commission « Étanchéité des ouvrages souterrains ». Nom du procédé : COLETANCHE GC (AXTER SAS), mars 2015
- *Survey of Existing Regulations and Recognised Recommendations - operation and safety of road tunnels*, ITA COSUF report n° 2, mai 2015, 47 p.
- *Strategy for Site Investigation of Tunnelling Projects*, ITA WG2, mai 2015, 31 p.
- *Tunnels routiers : réseaux routiers souterrains complexes - Partie A : Étude de cas (versions EN & FR)*, AIPCR, comité de l'exploitation des tunnels routiers - WG5, mai 2015
- *Maîtrise économique & contractualisation* - Recommandation de l'AFTES n° GT25R3F1, Tunnels et Espace Souterrain, n° 249, mai-juin 2015, pp. 170-195
- *Projet BIOTAIR : Évaluation de la biofiltration pour le traitement des émissions atmosphériques de tunnel routier*, paru en juillet 2015 (daté de juillet 2014), 152 p.
- *Experience with significant incidents in road tunnels*, AIPCR, comité de l'exploitation des tunnels routiers - WG2, novembre 2015, 158 p.
- *Guide d'application au domaine des ouvrages souterrains de la norme NF P 94-500 (version 2013) relative aux missions d'ingénierie géotechnique* - Recommandation de l'AFTES n° GT43R1F1, Tunnels et Espace Souterrain, n° 252, nov.-déc. 2015, pp. 402-411
- **CHANUT (M.-A.)**, **KASPERSKI (J.)**, *Photogrammétrie en tunnel : Potentiel d'aide à l'analyse structurale en suivi de chantier*, décembre 2015, 4 p. + 25 p.

Articles et communications à des conférences

- **TRAN MANH (H.), SULEM (J.), SUBRIN (D.),** *Closed-form (a) solution for tunnels with arbitrary cross section excavated in elastic anisotropic ground*, *Rock Mechanics and Rock Engineering*, vol. 48, n° 1, janvier 2015, pp. 277-288
- **LARIVE (C.),** Fluage (le) des bétons projetés fibrés : mythe ou réalité ?, *Béton[s]*, le magazine, n° 56, janv.-fév. 2015, pp. 48-50
- **AUDI (Y.), D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER (L.), ...**, *Construire en souterrain : Quels avantages du point de vue du Développement Durable ?*, Journées AFGC, GC'2015, Paris, 18-19 mars 2015, 8 p.
- **ROBERT (F.), D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER (L.), DENOT (A.), EISENLOHR (L.),** *Gestion des matériaux géologiques naturels extraits en travaux souterrains*, Journées AFGC, GC'2015, Paris, 18-19 mars 2015 (+ Annales du bâtiment et des travaux publics, n° 3, septembre 2015, pp. 7-13)
- **D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER (L.), HUMBERT (E.), BONNET (R.), DUMOULIN (C.),** *Évaluation des impacts sur l'environnement des tunnels creusés au tunnelier par une méthode de type analyse du cycle de vie (ACV)*, Journées AFGC, GC'2015, Paris, 18-19 mars 2015 (+ Annales du bâtiment et des travaux publics, n° 3, septembre 2015, pp.36-44)
- **DARMON (J.), MANUGUERRA (T.),** *Éclairage, énergie et sécurité routière : l'intelligente exemplarité des tunnels*, *Lux*, n° 281, avril 2015, pp. 35-44
- **TRAN MANH (H.), SULEM (J.), SUBRIN (D.),** *Interaction of circular tunnels in anisotropic elastic ground*, *Géotechnique*, n° 4, avril 2015, pp. 287-295
- **TESSON (M.), POTIER (M.),** *Road tunnel users' training*, *PIARC International Seminar on "Binational mountainous road tunnels operations"*, San Juan (Argentina), 15-17 avril 2015, 7 p.
- **D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER (L.),** *LCA (Life Cycle Assessment) applied to the construction of tunnel*, *ITA WTC2015 congress & 41st General Assembly*, Dubrovnik, 22-28 mai 2015, 9 p.
- **HUMBERT (E.),** *Site investigation reduce cost overruns in tunnelling projects*, *ITA WTC2015 congress & 41st General Assembly*, Dubrovnik, 22-28 mai 2015, 10 p.
- **LARIVE (C.), CHAMOLEY (D.), ...**, *Creep behaviour of fibre reinforced sprayed concrete*, *ITA WTC2015 congress & 41st General Assembly*, Dubrovnik, 22-28 mai 2015, 10 p.
- **AUDI (Y.), D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER (L.), ...**, *Building underground: Which benefits from a sustainable point of view?*, *ITA WTC2015 congress & 41st General Assembly*, Dubrovnik, 22-28 mai 2015, 9 p.
- **CASSE (C.), CAROLY (S.), TESSON (M.),** *La relève : un lieu de construction du collectif pour gérer la sécurité*, *Revue PISTES*, 17-2, juin 2015, 23 p.
- **GAILLARD (C.), KASPERSKI (J.),** *Comment le management des risques permet-il de consolider le modèle géologique ? Le cas du projet de Ponserand*, *Bulletin of engineering geology and the environment*, n° 3, août 2015, pp. 803-813
- **TESSON (M.), DROUARD (K.), ESCOFFIER (M.),** *Lay-bys and protection against lateral obstacles in tunnels*, *Routes/Roads*, n° 367, 3^e trimestre 2015, pp. 56-63
- **MOS (A.),** *Evaluation of the radiative hazard in tunnels fires*, *ISAVFT*, Seattle, 15-17 septembre 2015, pp. 5-19
- **CASSE (C.), CAROLY (S.), TESSON (M.), WILLMANN (C.),** *Designing an Event Feedback System integrated into collectivity*, *6th International Symposium Human Behaviour in Fire*, Cambridge, 28-30 septembre 2015, pp. 57-65
- **TRAN MANH (H.), SULEM (J.), SUBRIN (D.), BILLAUX (D.),** *Modeling of anisotropic time-dependant deformation in the Saint-Martin-la-Porte access adit*, *EUROCK 2015 & 64th Geomechanics Colloquium*, Salzburg, 7-10 octobre 2015, 6 p.
- **ROBERT (F.), MOREAU (B.), BISBY (L.),** *Fire spalling of concrete : Experimental parametric study and numerical modelling for a better understanding*, *4th International Workshop "Fire Spalling"*, Leipzig, 8-9 octobre 2015, 9 p.
- **TRAN MANH (H.), SULEM (J.), SUBRIN (D.), BILLAUX (D.),** *Anisotropic Time-Dependent Modeling of Tunnel Excavation in Squeezing Ground*, *Rock mechanics and rock engineering*, n° 6, novembre 2015, pp. 2301-2317

Documents internes

RAPPORTS DE STAGE :

- **GOUTAGNY (C.),** *Étude de la construction des tunnels longs et profonds - Analyse des aspects méthodes/délais/coûts*, PFE de l'ENISE, juin 2015, 22 p. + annexes
- **ALOGNA (S.),** *Évaluation des impacts sur l'environnement de l'éclairage d'un tunnel par la méthode d'analyse du cycle de vie*, Rapport de TFE de l'ENTPE, juillet 2015, 104 p.
- **EL JIRARI (S.),** *Modélisation numérique du creusement pressurisé des tunnels : Application au tramway Chatillon-Vélizy-Viroflay*, Mise en situation professionnelle - ENTPE, août 2015, 46 p.
- **DE LA FUENTE (M.),** *Excavation of deep tunnels in squeezing grounds*, Master MSROE - École des Ponts Paris-Tech, septembre 2015, 36 p.

NOTES TECHNIQUES :

- Observatoire du F69 : retour d'expérience du tunnel du Chat, janvier 2015, 5 p.
- **PANNETIER (T.),** *Galerie de Ponserand, justification du Profil P3 - Note de calcul*, février 2015, 32 p.
- **WILLMANN (C.),** *Méthodes systémiques d'analyse des risques - Analyse multicritère de méthodes existantes, démarche pour l'étude des mieux classés*, juin 2015, 24 p.
- **KASPERSKI (J.),** *Étude de la stabilité des tunnels en milieu rocheux discontinu : logiciel UNWEDGE - Application à la galerie de Ponserand*, juin 2015, 19 p. + annexes
- **BERTHOZ (N.),** *Éléments de choix du mode de confinement du front de taille (ARD 05.02)*, juillet 2015, 9 p.
- **PFEIFER (J.-F.),** *Gestion technique centralisée et supervision en tunnel. Fonctions et coût d'investissement*, septembre 2015, 27 p.
- **POTIER (M.),** *La prise en compte des personnes à mobilité réduite dans les tunnels routiers*, septembre 2015, 50 p.
- **ZAPPELLI (S.),** *Évacuation des venues d'eau en tunnel. Aide à la conception et à la réalisation d'un réseau d'assainissement*, septembre 2015, 29 p.
- Observatoire du F69 : retour d'expérience de la ligne B du métro de Rennes, septembre 2015, 11 p.
- **ZAPPELLI (S.),** *Le génie civil du système de ventilation dans les tunnels. Conception et réalisation*, octobre 2015, 17 p.



Centre d'Études des Tunnels
25 avenue François Mitterrand
69674 BRON - FRANCE
Tél. +33 (0)4 72 14 34 00
Fax. +33 (0)4 72 14 34 30
cetu@developpement-durable.gouv.fr

