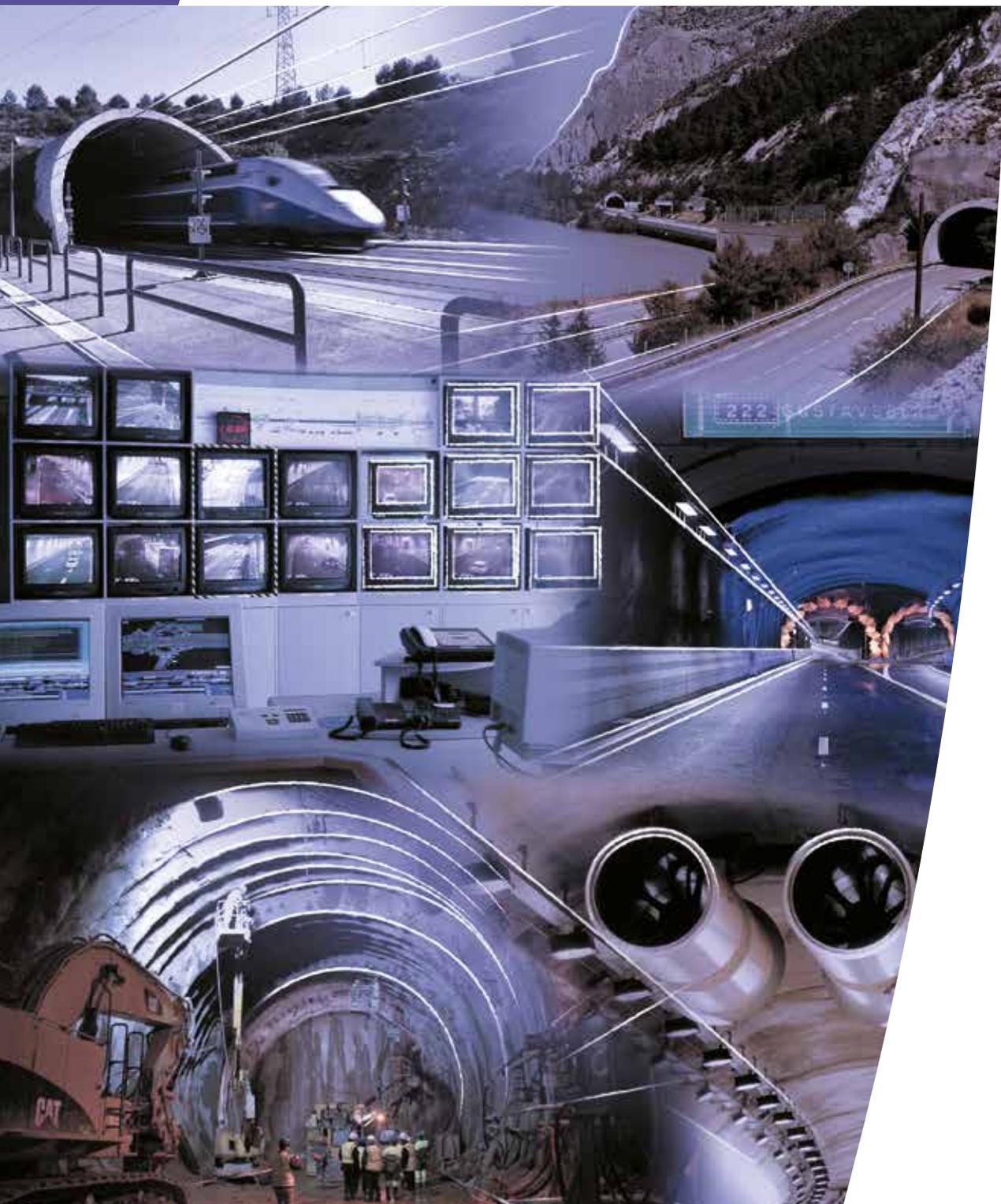
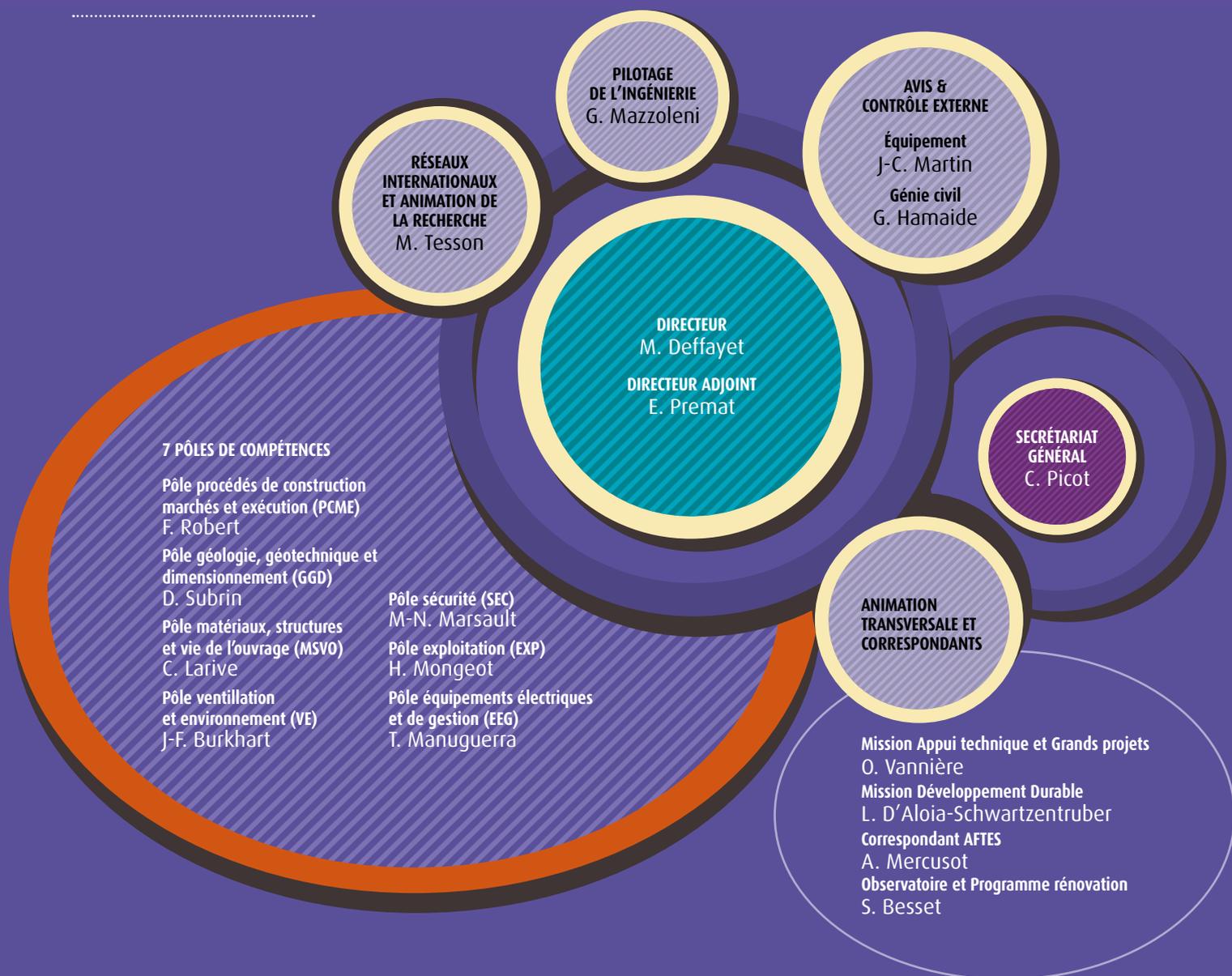


Rapport d'activité 2014



Sommaire

■ Éditorial	3
■ Présentation et missions du CETU	4
■ En bref...	6
■ Améliorer la sécurité des tunnels	12
■ Maîtriser les techniques, les coûts et les délais	14
■ Comprendre et maîtriser les incendies en tunnel	16
■ Mieux prendre en compte la qualité de l'air	18
■ Les tunnels au service d'une politique de développement durable	20
■ Gérer le patrimoine et optimiser l'exploitation des tunnels routiers	22
■ Intervenir dans les projets et ouvrages routiers et ferroviaires sous des formes variées	24
■ Animer les réseaux professionnels et développer les partenariats	28
■ Être un acteur reconnu au niveau international	30
■ Les publications	32



Édito

Pour la profession des travaux souterrains, et malgré un contexte économique morose, 2014 a été une année d'activité soutenue, qui a vu la finalisation d'un certain nombre de travaux de creusement ainsi que la mise en service de plusieurs ouvrages (Chabrières, Talant, Saint-Béat, Fréjus, Toulon... pour ne citer que quelques opérations impliquant le CETU). De même, dans le cadre du programme de rénovation et de mise en sécurité, les ingénieries et entreprises ont continué à être fortement sollicitées, en Île-de-France mais aussi en région Rhône-Alpes, Auvergne Massif-Central, ou encore en PACA.

Le CETU s'est investi, dans la continuité des années précédentes, pour accompagner cette activité importante, que ce soit en participant aux réflexions très en amont et aux phases de conception, comme cela a été le cas sur des projets ferroviaires tels que la LNPCA, le Nœud Ferroviaire Lyonnais, Lyon-Turin... ou en contribuant aux côtés des maîtres d'ouvrage, aux phases de réalisation et de suivi des travaux.

Pour chaque opération, le CETU s'est attaché à apporter son expertise dans le domaine de la maîtrise des risques, en incitant l'ensemble des acteurs à mieux les prendre en compte dès les premières études et en développant des outils pour la maîtrise des coûts et des délais. Cette problématique cruciale en travaux souterrains a été à l'honneur lors du 14^e Congrès International de l'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES) sur le thème « Tunnels et Espaces Souterrains : risques et opportunités », avec un séminaire spécifique coorganisé par le CETU.

Les préoccupations liées à la vie des ouvrages ont été en 2014 également au cœur des réflexions du service qui a poursuivi son travail d'accompagnement des milieux exploitants, de l'État comme des collectivités, pour les aider à mieux suivre, entretenir, maintenir, rénover leurs tunnels dans un contexte budgétaire contraint, dans la logique du fascicule 40 de l'ITSEOA et des inspections menées par le service en génie civil et équipements de sécurité.

Pour pouvoir jouer pleinement ce rôle d'accompagnement de la profession, de soutien à l'innovation, et de centre de ressources et d'expertise, le CETU s'appuie en particulier sur son activité de recherche et doctrine. Cette activité a connu des avancées significatives en 2014 avec la concrétisation de travaux pluri-annuels dans les domaines de la physique des incendies en tunnel d'une part, et de la gestion du patrimoine et des politiques d'exploitation des tunnels routiers d'autre part.



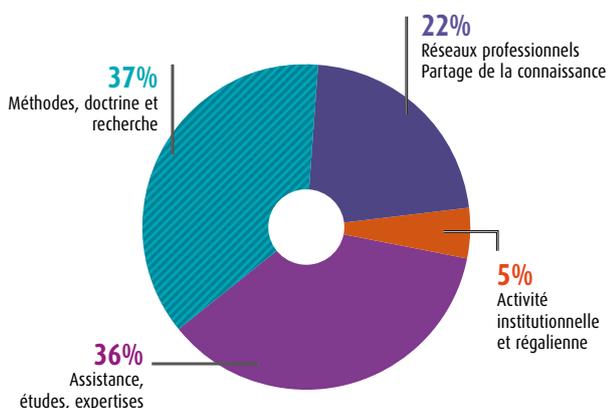
Michel Deffayet, Directeur Éric Premat, Directeur adjoint

La prise en compte des enjeux du développement durable a continué à mobiliser le CETU en 2014 avec notamment la clôture du programme AIRTURIF (qualité de l'AIR dans les Tunnels Routiers d'Île-de-France), programme qui a permis d'améliorer la connaissance de la qualité de l'air dans et aux abords des tunnels routiers. Mentionnons aussi l'effort porté à l'emploi des matériaux excavés, problématique à fort enjeu pour les années à venir, avec les volumes de production attendus pour des opérations comme celles du Grand Paris Express ou de la LTF.

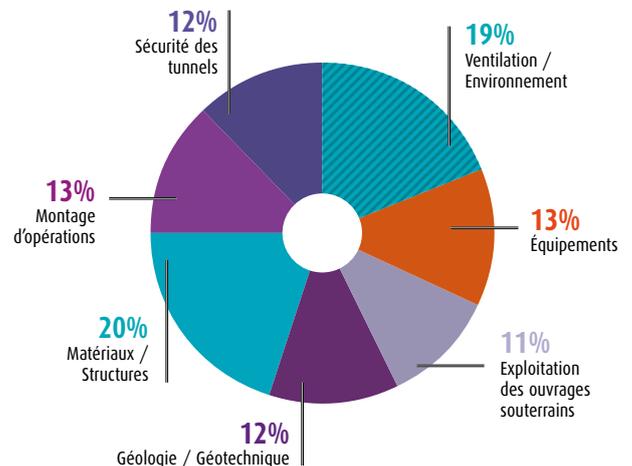
Contribuer à la prise en compte des grands enjeux de la valorisation des espaces souterrains, ne peut se faire sans l'une des composantes fondamentales de l'activité du CETU : l'animation des réseaux et des partenariats. Que ce soit au niveau national, où l'implication forte du service dans la vie de l'AFTES (mastère spécialisé, groupes de travail, conférence internationale...) ne s'est pas démentie en 2014, où la collaboration avec d'autres acteurs comme les services d'intervention (ENSOSP, SDIS, DGSCGC) ou des établissements publics comme le BRGM, l'INERIS s'est renforcée, outre les partenariats plus traditionnels avec les organismes du RST (IFSTAR, CEREMA, PST Rhône-Alpes...), les universités et les grandes écoles (Grenoble, Lyon, ENTPE, INSA, ENPC, ECL...), ou encore au plan international avec l'investissement tout particulier du CETU, dans l'AITES et l'AIPCR, ces partenariats ont joué un rôle essentiel dans la capitalisation, la diffusion des connaissances et la promotion du savoir-faire français autour de l'objet tunnel.

Ingénierie, recherche et doctrine, animation des réseaux constituent l'ADN du CETU. Nous espérons que les quelques pages qui suivent vous en présenteront quelques illustrations concrètes pour l'année 2014. C'est avec plaisir et fierté qu'aux côtés de l'ensemble des agents du CETU, nous sommes donc heureux de vous donner un aperçu de notre activité et des principaux faits marquants pour l'année qui vient de s'écouler.

Répartition de l'activité par mode d'intervention



Répartition de l'activité par domaine



Les missions du CETU

APPORTER UN DOUBLE REGARD AIDER LES EXPLOITANTS AMÉLIORER LES PRATIQUES RÉDUIRE LES IMPACTS
INNOVER
RÉALISER CAPITALISER
EXPÉRIMENTER international FORMER OPTIMISER
ÉVALUER CALCULER analyser CONSEILLER EXPERTISER PUBLIER
DIFFUSER ÉTUDIER CONCEVOIR
COMMUNIQUER ANIMER LES RÉSEAUX FACILITER
rayonner à l'international RECHERCHER MAÎTRISER LES RISQUES
ACCOMPAGNER VALORISER SAVOIR-FAIRE RÉSEAUX DÉVELOPPER LA CONNAISSANCE
exporter GÉRER LE PATRIMOINE DIMINUER LES COÛTS INFORMER
PRODUIRE DES RÉFÉRENTIELS

Service Technique Central du ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE), 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 :

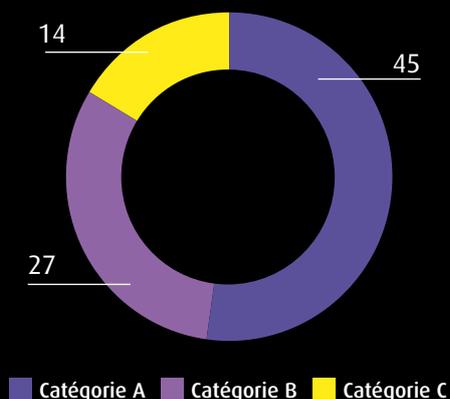
- **Sept pôles thématiques** rassemblant 5 à 11 personnes qui interviennent tant en recherche, projets, expertises qu'en élaboration de doctrine ou de méthode ou encore en contrôles, inspections, exploitation de retours d'expérience, mesures. Leur rôle est de développer et capitaliser la connaissance 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 : 86 personnes



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

Des processus supports et de production organisés

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)

2014 en bref



Exercice de sécurité, tunnel de Talant

Janvier

Participation du CETU, le 21 janvier, à l'**EXERCICE DE SÉCURITÉ PRÉALABLE À LA MISE EN SERVICE DU TUNNEL DE TALANT** qui a permis de tester le plan d'intervention et de sécurité de ce tunnel exploité par la DIR Centre-Est

Le 21 janvier, **RENCONTRE AVEC LE BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**, l'occasion pour le CETU et le BRGM de présenter leurs activités respectives et d'identifier des synergies possibles

RENCONTRE AVEC L'ENSOSP (École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers), le 22 janvier, afin d'explorer les pistes de collaboration concernant la sécurité en tunnel et les problématiques liées à la coordination entre exploitants et services d'intervention et de secours



Rencontre avec l'ENSOSP



Percement du tunnel de Chabrières

DÉBUT DES TRAVAUX D'ÉTANCHÉITÉ ET DE REVÊTEMENT DU TUNNEL DE CHABRIÈRES dont le CETU assure l'assistance à la maîtrise d'œuvre pour le compte de la DIR Méditerranée

Février

Réunion à Andorre-la-Vieille du 5 au 7 février du **COMITÉ TECHNIQUE TUNNEL DE L'AIPCR** (association mondiale de la route), dont le CETU est membre et assure le secrétariat francophone



Réunion à Andorre-la-Vieille

APPROBATION DU F67 TITRE III relatif à l'étanchéité des ouvrages souterrains par le conseil scientifique de l'Observatoire Économique de l'Achat Public le 6 février : le CETU a été le rapporteur de ce fascicule, et a été mobilisé pour sa relecture

Sortie de la **NOTE D'INFORMATION N° 25** qui représente une avancée importante dans la définition des exigences de comportement au feu des procédés de réparation des venues d'eau, disponible en téléchargement sur le site internet du CETU



Mise en service du tunnel de Talant

MISE EN SERVICE DU TUNNEL DE TALANT le 10 février. Le CETU a assuré une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour le compte de la DREAL Bourgogne dans le cadre des travaux de génie civil, d'équipements et de production du dossier de sécurité

Mars

Lors du **SÉMINAIRE « PRÉVENTION DU RISQUE D'INCENDIE DANS LES ERP ET LES IGH »**, organisé à l'ENSOSP le 4 mars, dans le cadre d'une mission interministérielle d'évaluation de la réglementation incendie des établissements recevant du public (ERP) et des immeubles de grande hauteur (IGH), présentation par le CETU de la démarche de sécurité des tunnels routiers, des acteurs impliqués et de l'approche développée pour conduire les analyses de risques et études des dangers

LE CETU PARTENAIRE DE SP (institut scientifique et technique suédois) dans l'organisation de la 6^e conférence ISTSS (International symposium on Tunnel Safety and Security) qui s'est tenue à Marseille du 12 au 14 mars. Le CETU a notamment organisé la visite technique des ouvrages marseillais et la présentation des pratiques françaises en matière d'exploitation de tunnels



26^e colloque franco-suisse

Intervention du CETU sur la maintenance et le suivi dans le temps de la performance des équipements de tunnel, ainsi que des interfaces entre sécurité routière et sécurité en tunnel dans le cadre du **26^e COLLOQUE FRANCO-SUISSE** organisé par le CEREMA les 20 et 21 mars à Bron

ATELIER FRANCO-VIETAMIEN organisé à Ho Chi Minh du 24 au 28 mars, par le CETU, sous l'égide du PADDI (Centre de Prospective et d'Études Urbaines placé sous la tutelle du Comité Populaire de Ho Chi Minh Ville et collaborant étroitement avec la région Rhône-Alpes et le Grand Lyon), pour aider la MAUR (Management Authority for Urban Railways - maîtrise d'ouvrage de la ville de Ho Chi Minh - Vietnam) à concevoir et construire des ouvrages souterrains de transport

ANIMATION DE L'ATELIER SUR LES FONCTIONS CRITIQUES DE SÉCURITÉ dans le cadre du 3^e forum européen des agents de sécurité des tunnels routiers, du 26 au 28 mars au Luxembourg, organisé conjointement par la commission européenne, l'Association mondiale de la Route (AIPCR) et le comité pour la sécurité en exploitation des installations souterraines (ITA COSUF)



Tunnel Grouft visité à l'occasion du 3^e forum européen des agents de sécurité des tunnels routiers



Tube sud du tunnel de Toulon - Partie centrale creusée sous le centre-ville

Le 19 mars, **OUVERTURE À LA CIRCULATION DU NOUVEAU TUBE SUD DU TUNNEL DE TOULON** pour lequel le CETU a assuré une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour le compte de la DREAL PACA, dans le cadre des travaux de génie civil, d'équipements et de production du dossier de sécurité



Avril

Participation le 11 avril à la **JOURNÉE COTITA** sur la valorisation des matériaux alternatifs en technique routière, à l'ENTPE (Vaulx-en-Velin, 69)

2014 en bref

Mai

CONGRÈS MONDIAL DE L'AITES, « TUNNELS FOR A BETTER LIFE », du 9 au 15 mai au Brésil, à Foz do Iguaçu. L'occasion pour le CETU de participer aux groupes de travail thématiques et aux comités techniques, et de présenter deux communications sur la maîtrise des risques et l'innovation en matière d'étanchéité des tunnels

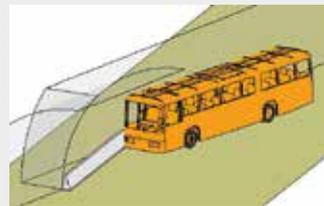
FIN DU CREUSEMENT DU TUNNEL DE SAINT-BÉAT (31) le 16 mai (galerie nord) pour lequel le CETU a apporté son assistance technique à la DIR Sud-Ouest

Le 21 mai **SÉMINAIRE SUR LES BONNES PRATIQUES ADOPTÉES EN BELGIQUE DANS LE DOMAINE DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE** organisé par le ministère de la Mobilité et des Travaux Publics flamand, en lien avec l'AIPCR. Le CETU présente les travaux menés au plan international dans le domaine de la prise en compte des obstacles et garages en tunnel, et notamment les enseignements tirés de l'atelier organisé le 2 octobre 2013 au CETU en présence d'une dizaine de pays européens



Séminaire sur les bonnes pratiques adoptées en Belgique dans le domaine de la sécurité routière

Organisation le 22 mai d'une **DEMI-JOURNÉE D'ÉCHANGE AVEC LES EXPLOITANTS SUR LES « GARAGES EN TUNNEL »**, sujet à enjeu pour de nombreux pays européens depuis l'accident de Sierre en Suisse en mars 2012



Demi-journée d'échange sur les garages en tunnel

Juin



8^e réunion du Comité tunnels



Réunion du **GROUPE DE TRAVAIL FRANCOPHONE DES EXPLOITANTS DE TUNNELS ROUTIERS**, à l'invitation de la CUMPM et de la SMTPC, les jeudi 5 et vendredi 6 juin 2014 à Marseille avec en particulier un **ATELIER « ÉCONOMIES D'ÉNERGIE EN ÉCLAIRAGE »**

Le 12 juin, participation à la conférence **« RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LA SÉCURITÉ DES TUNNELS »**, organisée par la fondation « FASTIGI » à Rome



Retour d'expérience sur la sécurité des tunnels

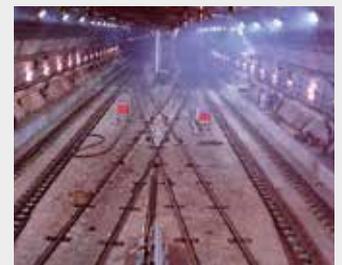
8^e RÉUNION DU COMITÉ TUNNELS le 18 juin à Saint-Cirgues-en-Montagne à l'invitation du conseil général de l'Ardeche, autour des problématiques de l'amélioration de la sécurité dans les tunnels supérieurs à 300 m et des limitations de gabarit

Évaluation de l'axe stratégique de recherche et doctrine n° 4 **« GESTION DU PATRIMOINE ET POLITIQUE D'EXPLOITATION DES TUNNELS ROUTIERS »** le 20 juin sous la présidence de M. Daniel PENDARIAS (DGITM/DIT/MARRN). La commission, composée d'un représentant du milieu universitaire et de maîtres d'ouvrage français et belge de tunnels routiers et ferroviaires a souligné la qualité des travaux réalisés et a encouragé le CETU à orienter ses réflexions vers la recherche des pistes d'économie compatibles avec le maintien d'une exploitation des tunnels en sécurité



Gestion du patrimoine et politique d'exploitation des tunnels routiers

LE TUNNEL SOUS LA MANCHE A 20 ANS. Le CETU apporte pour cet ouvrage exceptionnel sa contribution aux groupes d'experts rattachés au comité de sécurité (chargé de conseiller la commission intergouvernementale responsable de surveiller la construction et l'exploitation du tunnel), dans le domaine du génie civil et des équipements fixes

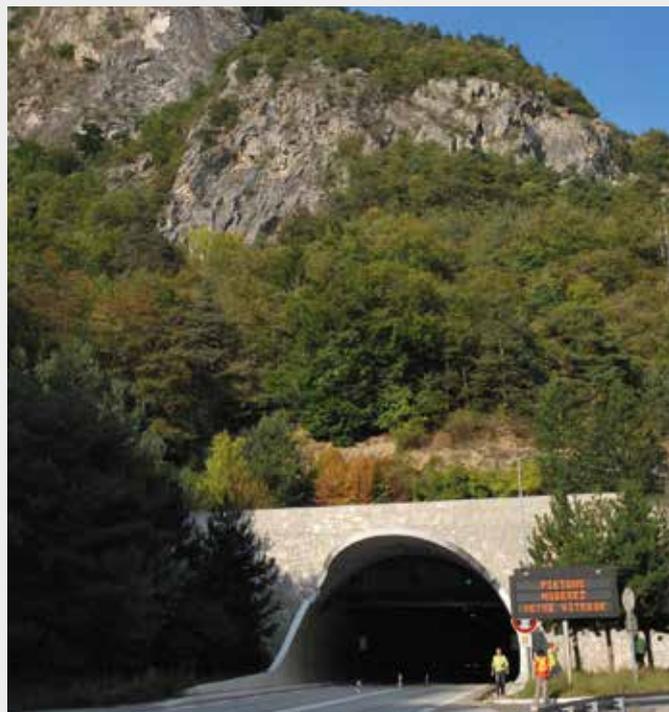


Tunnel sous la Manche

juillet

Le 1^{er} juillet présentation, en collaboration avec le département de la Savoie dans le cadre de la **COTITA SUR LES ITINÉRAIRES CYCLABLES HORS AGGLOMÉRATION**, d'une expérimentation innovante pour assurer une meilleure visibilité des vélos en tunnel de montagne, avec un éclairage raisonné et économe devant une assemblée composée d'une centaine de techniciens des collectivités et services de l'État

EXPÉRIMENTATION ÉCLAIRAGE DANS LE TUBE NORD DU TUNNEL DE FONTAIN : mise en place d'un nouveau système de variation au point lumineux dans le tube nord du tunnel de Fontain. L'objectif est, à l'aide du logiciel éclair tunnel du CETU, de régler très finement le niveau d'éclairage d'entrée d'un tunnel en fonction de la luminance extérieure pour être au plus proche du besoin de l'usager et réaliser des économies d'énergie



Tunnel du Siaux sur la RN90



Expérimentation éclairage dans le tube nord du tunnel de Fontain

Le 24 juillet, **RENCONTRE AVEC LA DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SÉCURITÉ CIVILE ET DE LA GESTION DES CRISES (DGSCGC)** : pour présenter les organisations et missions respectives et examiner les pistes de collaboration en tunnels routiers et ferroviaires



Rencontre avec la DGSCGC

APPEL D'OFFRES POUR LES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL DE LA GALERIE DE SÉCURITÉ DU SIAIX, pour laquelle le CETU assiste le maître d'ouvrage DIRCE dans le cadre des travaux de mise en sécurité du tunnel du Siaux

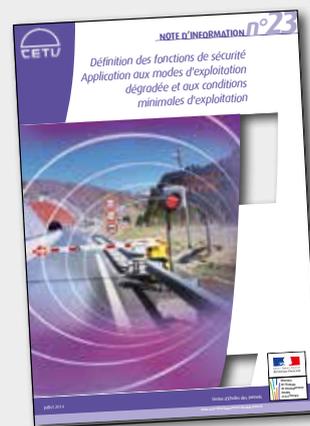
INTERVENTION DU CETU ET DE LA DIR CENTRE-EST auprès de deux classes de CM2 de **L'ÉCOLE DU MAS À FIRMINY** pour présenter les travaux ainsi que les principales règles de sécurité et de conduite à tenir en cas d'incident en tunnel



RN 88 - Tranchée couverte de Firminy



Publication de la **NOTE D'INFORMATION N° 23 « DÉFINITION DES FONCTIONS DE SÉCURITÉ »** sur la prise en compte de façon préventive des défaillances dans les systèmes techniques, humains et organisationnels complexes sur lesquels repose la sécurité des tunnels routiers pour une réponse opérationnelle adaptée en cas d'événement accidentel. La note est téléchargeable sur le site internet du CETU



Sortie de la **NOTE D'INFORMATION N° 24 « RETRANSMISSION DES RADIOCOMMUNICATIONS »** concernant l'intérêt d'assurer la continuité des radiocommunications à l'intérieur des ouvrages souterrains par le biais d'un dispositif adapté pour faciliter les communications et interventions des services de secours et d'exploitation ainsi que la communication avec les usagers, disponible en téléchargement sur le site internet du CETU



2014 en bref

Octobre

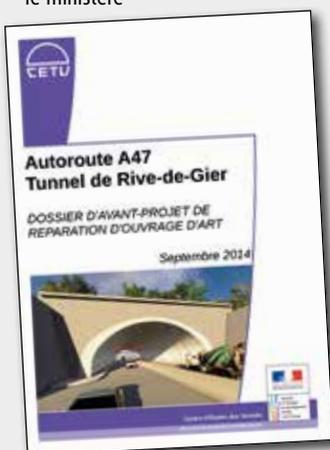
Réunion du **COMITÉ DE L'EXPLOITATION DES TUNNELS ROUTIERS DE L'ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE (AIPCR)** à Copenhague les 7 et 8 octobre 2014, l'occasion d'approuver deux rapports traitant des systèmes fixes de lutte contre l'incendie et de la communication en temps réel avec les usagers, et de visiter le lien « Pont-tunnel » d'Oresund



Comité de l'exploitation des tunnels routiers de l'AIPCR à Copenhague

Septembre

Le 19 septembre 2014, remise à la DIR Centre-Est de l'Avant-Projet de Réparation d'Ouvrage d'Art du tunnel de Rive-de-Gier (42) proposant l'utilisation de l'un des procédés d'étanchéité mince en intrados du **PROJET D'INNOVATION ECOMINT** dont le CETU assure le suivi technique pour le ministère



Le CETU anime le 24 septembre une **NOCTURNE À L'ENSOXP SUR LA SÉCURITÉ DES TUNNELS ROUTIERS**, en présentant les avancées en matière d'amélioration de la sécurité et concernant les principales dispositions retenues, la démarche de sécurité et les enseignements tirés de l'examen des dossiers de sécurité



Du 8 au 10 octobre, à Xanthi en Grèce, 2^e réunion annuelle du **COMITÉ TECHNIQUE « SPALLING OF CONCRETE DUE TO FIRE: TESTING AND MODELING »** de l'association RILEM sur l'écaillage pour définir le programme et organiser le comité technique, le CETU tenant le rôle de Task leader pour la Task 2 « Influence of concrete spalling on fire resistance and residual capacity »



14^e CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE DES TUNNELS ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN (AFTES) à la Cité Internationale de Lyon du 13 au 15 octobre 2014 sur le thème « Tunnels et Espaces Souterrains : risques et opportunités », à l'organisation duquel le CETU a contribué activement, tout en étant très présent dans les sessions techniques et dans le séminaire spécialisé consacré aux risques

Publication par l'association Asquapro (Association pour la qualité de la projection des bétons), présidée par le CETU, de son **FASCICULE TECHNIQUE 8 : « UTILISATION DES BÉTONS PROJÉTÉS FIBRÉS DANS LA RÉPARATION ET LE RENFORCEMENT DES STRUCTURES »**



Remise, le 30 octobre 2014, de l'**AVANT-PROJET DE RÉPARATION D'OUVRAGE D'ART (APROA)** de la phase 2 de la tranchée couverte de Firminy pour lequel le CETU a assuré une mission d'assistance à maîtrise d'œuvre pour le compte de la DIRCE



ANALYSE DES OFFRES DU 2^e RAMEAU DU TUNNEL DE PONSERAND pour lequel le CETU intervient en tant qu'assistant au maître d'œuvre DIRCE



Réunion au CETU les 15 et 16 octobre 2014 du **WORK STREAM TUNNEL SAFETY** auquel le CETU participe depuis 2012 pour effectuer un travail de « benchmark » sur la sécurité et l'exploitation des tunnels routiers en collaboration avec les Pays-Bas, la Belgique, le Royaume-Uni



Le 30 octobre, **COPIL FINAL DU PROGRAMME DE RECHERCHE AIRTURIF** sur la pollution dans les tunnels d'Île-de-France qui a permis d'améliorer la connaissance sur la qualité de l'air dans et aux abords des ouvrages routiers



Mise en œuvre des **PROCÉDÉS INNOVANTS DU PROJET ECOMINT** (Étanchéité par coques minces en tunnels) sur le tunnel routier du Fréjus



Novembre

Évaluation de l'axe stratégique de recherche et doctrine n° 1 « **INCENDIE EN TUNNEL : PHYSIQUE ET MESURES TECHNIQUES DE SÉCURITÉ** » le 4 novembre sous la présidence de M. Pierre Kohler (BG Ingénieurs Conseils). La commission d'évaluation a salué les avancées réalisées et notamment incité le CETU à poursuivre la réflexion sur la caractérisation des termes sources, les protections passives contre l'incendie, et à étendre son périmètre d'activité au domaine des tunnels ferroviaires



Incendie en tunnel : physique et mesures techniques de sécurité

RÉUNION DU GTFE les jeudi 6 et vendredi 7 novembre à Saint-Hippolyte (68), avec au programme des échanges sur la charge mentale des opérateurs tunnels, l'utilisation des fonctions de sécurité pour établir des conditions minimales d'exploitation, et un atelier thématique dédié aux obstacles latéraux en tunnels avec retour d'expérience d'exploitants français et belges



Première réunion le 13 novembre du groupe de travail de l'AIPCR piloté par le CETU dans le cadre du **PROJET D'ACTUALISATION DU LOGICIEL EQR** pour les risques liés aux transports de marchandises dangereuses, afin de solutionner rapidement les problèmes de compatibilité rencontrés par les utilisateurs



17 novembre 2014 : fin du **PERCEMENT DE LA GALERIE DE SÉCURITÉ DU TUNNEL ROUTIER DU FRÉJUS** après trois années de travaux, le CETU a assuré une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour cette opération



Le 10 novembre, **11^E RÉUNION DE LA COMMISSION EUROPÉENNE CONSACRÉE AU SUIVI DE LA DIRECTIVE 2004/54/CE** concernant les exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels du réseau routier transeuropéen. Cette réunion qui rassemblait une vingtaine de pays européens a permis au CETU, représentant la France, de mettre en exergue la très bonne avancée des projets de mise en sécurité des ouvrages français en exploitation

FORMATION AU CETU SUR LA SÉCURITÉ DES TUNNELS ROUTIERS les 17 et 18 novembre. L'occasion de conforter auprès des différents acteurs concernés par l'exploitation et la gestion de la sécurité en tunnel, une approche partagée de la sécurité par la transmission d'informations contextuelles et pratiques ainsi que de méthodes et d'exemples

9^E RÉUNION DU COMITÉ TUNNELS le 26 novembre à Bron, à l'invitation du CETU, sur le thème de « l'éclairage et des économies d'énergie »

LANCLEMENT D'UNE GRANDE CAMPAGNE D'ESSAIS DE FLUAGE des bétons projetés renforcés de fibres avec le soutien de SNCF, RFF et de six fournisseurs de fibres, en étroite collaboration avec l'ASQUAPRO



23^e réunion du conseil scientifique du CETU

Lors de sa 23^e réunion tenue à Bron le 12 décembre sous la présidence de M. QUATRE, le **CONSEIL SCIENTIFIQUE DU CETU** a apprécié la qualité et la pertinence des travaux, et encouragé le CETU à poursuivre son investissement sur les six axes stratégiques de recherche et doctrine ainsi que sur les actions spécifiques des pôles

Décembre

Le 3 décembre, publication du « **GRAND LIVRE DES BÉTONS** » aux Éditions du Moniteur, ouvrage dont le CETU a co-dirigé la rédaction et contribué aux chapitres sur le développement durable, l'eau dans le béton, les bétons modernes et la mise en œuvre



Présentation par le CETU des éléments et perspectives d'activités en matière de tunnels dans le Sud-Est lors de la **JOURNÉE TECHNIQUE DE L'AFTES**, du 5 décembre

Le 5 décembre soutenance à Paris Est de la **THÈSE** de H. Tran Manh sur le **COMPORTEMENT DES TUNNELS EN TERRAIN POUSSANT**



Améliorer la sécurité des tunnels

Mieux prendre en compte les obstacles latéraux



Magalie ESCOFFIER,
chargée d'études au pôle Sécurité

Depuis l'accident survenu dans le tunnel de Sierre en Suisse en mars 2012, dans lequel un bus transportant des enfants a percuté le mur du fond d'un garage, le traitement des obstacles latéraux en tunnel est devenu un sujet de réflexion à part entière, tant au niveau national qu'international.

Pour les tunnels existants, la première étape de la démarche proposée consiste à identifier et répertorier l'ensemble des obstacles latéraux, en vue de les hiérarchiser et de définir au mieux les modalités de traitement.

Le CETU a établi une méthode de calcul d'indice de risque propre aux tunnels, par analogie avec celle applicable aux routes à l'air libre. Elle permet de hiérarchiser les différents types d'obstacles en fonction de leurs caractéristiques propres et de leur localisation au sein du tunnel.

La suppression de l'obstacle est la solution à privilégier dans la mesure du possible.

Lorsque l'obstacle est une composante indispensable d'un élément de sécurité requis par la réglementation, tel qu'une issue de secours, une niche de sécurité ou un garage, la suppression n'est pas envisageable et la mise en place éventuelle de moyens de prévention et/ou de protection doit alors être étudiée.

Afin de définir au mieux les grands principes des moyens de protection qui peuvent être mis en place, le CETU a engagé un travail de recherche avec le LIER-TRANSPOLIS. Ce travail visait à réaliser des simulations d'impact de véhicules légers et de bus sur une glissière métallique ou en béton positionnée en fond de garage, avec un panel de vitesses et d'angles d'impact variés.

L'analyse des résultats obtenus montre que la mise en place de ce type de dispositif de retenue permet une amélioration de la situation existante, et peut être envisagée comme une solution pertinente pour des tunnels unidirectionnels.

Ce travail de recherche se poursuit aujourd'hui avec l'étude de dispositifs de retenue de type atténuateur de choc, dans l'optique d'apporter une solution plus adaptée aux tunnels bidirectionnels.

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

		Angle d'impact / dispositif [°]		
		15	20	25
Vitesse d'impact [km/h]	60			
	80			
	100			

Bilan d'activité 2009-2012 de la CNESOR



Marie-Noëlle MARSAULT,
chargée d'études au pôle Sécurité

La Commission Nationale d'Évaluation de la Sécurité des Ouvrages Routiers (CNESOR) a publié en fin d'année son deuxième bilan d'activité. Il synthétise les principaux enseignements des dossiers examinés sur la période 2009-2012, sans reprendre ceux déjà présentés dans le précédent rapport d'activité (période 2006-2008), sauf si des compléments ou aspects nouveaux méritaient d'être explicités.

Le rapport fournit également toute une série d'informations utiles sur les dossiers examinés, les experts agréés ou encore des points particuliers de la réglementation. Il est disponible sur le site internet du CETU.

Le panorama des dossiers examinés par la commission évolue au fil des années.

Le nombre de dossiers préliminaires (DPS) examinés dans le cadre de travaux d'amélioration de la sécurité est resté soutenu. Il a concerné une part croissante d'ouvrages des collectivités territoriales, et également certains ouvrages du réseau national pour lesquels le programme de travaux devait être précisé.

Comme les années précédentes, ces dossiers ont été l'occasion de vérifier l'application de la méthode GAME (Globalement Au Moins Équivalent) permettant d'adapter aux ouvrages existants à rénover le référentiel constitué par l'Instruction Technique (IT 2000) applicable aux ouvrages neufs du réseau national.

Les avis de la commission sur les dispositions techniques relatives au désenfumage, à l'aménagement des issues de secours, mais également au compartimentage incendie vis-à-vis des tiers en interface, témoignent de la complexité de l'aménagement d'ouvrages insérés dans un tissu urbain parfois extrêmement dense.

Des ouvrages non urbains à faible, voire très faible trafic, nécessitent également une adaptation des préconisations conçues à l'origine pour des ouvrages présentant un niveau de risque très différent.

Le point commun de l'ensemble des ouvrages réside dans l'importance du respect par les usagers du règlement de circulation. Souvent

utilisé pour réduire le risque à la source, il définit le type de véhicules autorisés et fixe ainsi le niveau de risque sur lequel est basée la définition du niveau de sécurité.

Ces DPS sont suivis de dossiers de sécurité (DS) de remise en service à l'issue des travaux, pour lesquels la saisine de la commission est laissée à l'appréciation des préfets, qui choisissent assez fréquemment de s'appuyer sur l'avis de la CNESOR en complément de celui de la sous-commission infrastructures (SIST) de la Commission Consultative Départementale de Sécurité et d'Accessibilité (CCDSA). On note également sur cette période plusieurs dossiers de mise en service d'ouvrages neufs.

Rappelons que l'objectif de la réglementation inscrite dans le code de la voirie routière est que chaque tunnel en exploitation de longueur supérieure à 300 m, quel qu'en soit le maître d'ouvrage, dispose d'un dossier de sécurité et d'une autorisation d'exploiter. Pour un certain nombre d'ouvrages, la démarche doit encore être initiée ou finalisée avant de présenter au préfet un DS et/ou un DPS. Sur la période 2009-2012, l'augmentation du nombre de DS examinés a d'ores et déjà été significative, que ce soit pour demander une première autorisation d'exploiter ou sur renouvellement d'autorisation périodique à 6 ans.

Ces examens ont été l'occasion pour la CNESOR de rappeler l'importance du maintien du niveau de sécurité. Elle a en particulier porté son attention sur l'entretien et la maintenance des ouvrages et de leurs équipements, la formation du personnel, les exercices de sécurité et le retour d'expérience sur les événements significatifs. Enfin, la commission recommande de constituer des groupes locaux de suivi sous l'égide de la préfecture, rassemblant les principaux acteurs concernés, afin d'animer la démarche permanente de sécurité à l'intérieur d'un cycle de 6 ans.



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

REPÈRES 2014

AVANCEMENT DU PROGRAMME DE MISE EN SÉCURITÉ DES TUNNELS ROUTIERS DE PLUS DE 300 M : six rencontres organisées avec les DIR

POINT SUR LA RÉHABILITATION DES TUNNELS SITUÉS SUR LE RTE : (échéance avril 2014) - Participation aux travaux du comité de suivi de la directive européenne 2004/54/CE et contribution à l'étude menée par la commission européenne sur la mise en œuvre et les effets de cette directive

COMMISSION NATIONALE D'ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ DES OUVRAGES ROUTIERS (CNESOR) : neuf réunions (secrétariat technique, membre, expert) pour neuf Dossiers Préliminaires de Sécurité et dix Dossiers de Sécurité examinés, concernant au total vingt-huit tunnels, parution du bilan d'activité sur la période 2009-2012

COMITÉS DE SÉCURITÉ DES TUNNELS BI-NATIONAUX : cinq réunions pour le Mont-Blanc (secrétariat technique, expert), sept réunions pour le Fréjus (secrétariat technique, expert) dont pour ces deux ouvrages quatre réunions du groupe de travail dédié au retour d'expérience, sept réunions pour le tunnel sous la Manche (membre, inspecteur, expert), deux réunions pour Tende (membre)

ACTUALISATION DE L'ÉTUDE PANNES, ACCIDENTS ET INCENDIES DE 1998 RELATIVE AUX STATISTIQUES

NATIONALES : vingt et un rapports rédigés à l'échelle « exploitant », finalisation du rapport, parution prévue en 2015

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 - Mise en ligne sur le site du CETU d'une fiche synthétique
- thèse « Le Retour d'Expérience comme instrument de la gestion collective de la sécurité chez un exploitant de tunnel routier » : doctorante Christelle Casse, co-encadrement par le CETU en liaison avec Openly¹ et le laboratoire PACTE². En 2014, le rapport interne à l'attention de l'exploitant a été finalisé et une communication au congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française (SELF) effectuée
- association mondiale de la route (AIPCR) - Comité technique « Exploitation des tunnels routiers »
- Groupe de travail sur le retour d'expérience : coordination du sous-groupe en charge des réflexions sur la collecte des données et rédaction du chapitre correspondant du rapport AIPCR en préparation

COMMUNICATION EN TEMPS RÉEL AVEC LES USAGERS : Association

mondiale de la route (AIPCR) - Comité technique « Exploitation des tunnels routiers » - Groupe de travail sur les facteurs humains : co-animation en liaison avec EGIS et pilotage du rapport sur la communication en temps réel avec les usagers

PRISE EN COMPTE DES PERSONNES À MOBILITÉ RÉDUITE : toujours dans le cadre du groupe de travail sur les facteurs humains de l'AIPCR, pilotage du rapport sur la prise en compte des personnes à mobilité réduite. D'autre part, les échanges avec des exploitants et des maîtres d'ouvrage ont permis la confrontation des réflexions mais également d'accompagner les équipes projets et de développer la doctrine interne CETU

OBSTACLES ET GARAGES : dans le cadre du pilotage de projets transversaux au sein du comité, lien avec le comité de suivi de la directive européenne

MODÈLE QUANTITATIF D'ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS AUX TRANSPORTS DES MARCHANDISES DANGEREUSES : Le projet de mise à jour du logiciel DG-QRAM est piloté par le CETU en concertation avec un sous-groupe du Comité technique « Exploitation des tunnels routiers » de l'AIPCR. Il permettra d'actualiser l'outil pour assurer la pérennité de son utilisation (compatibilité informatique) et d'améliorer le modèle en intégrant les propositions des différents pays participant à son financement

SÉCURITÉ DANS LES TUNNELS

FERROVIAIRES : poursuite de l'état des lieux dans les tunnels de plus de 1000 m ; exploitation du questionnaire pour d'une part apprécier les conditions d'exploitation et identifier les aménagements et équipements de sécurité présents dans ces tunnels, d'autre part compléter et mettre à jour les bases de données existantes sur les tunnels ferroviaires ; création d'un SIG localisant les tunnels ferroviaires en France avec mise en ligne d'une cartographie interactive sur le site internet du CETU

RENFORCEMENT DES ÉCHANGES AVEC LES SERVICES D'INCENDIE ET DE SECOURS : échanges avec le ministère de l'Intérieur, formations des officiers de sapeurs-pompiers, nocturne à l'ENSOSP³

ORGANISATION DE DEUX SESSIONS DE FORMATION « exploitation-sécurité » au CETU et d'une formation pour le compte de l'ÉPADESA

SÛRETÉ : poursuite de l'étude d'un dispositif de confinement des toxiques (RATP/DSUT/STRMTG) en métro, et de l'étude sur la dispersion des toxiques en tunnel routier (SDSIE/INERIS/STRMTG)

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

2 - Politiques publiques, Action politique, Territoires - Université de Grenoble

3 - École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers

Maîtriser les techniques, les coûts et les délais

Le CETU a développé ses propres outils d'estimation des tunnels : une approche économique coûts/délais novatrice

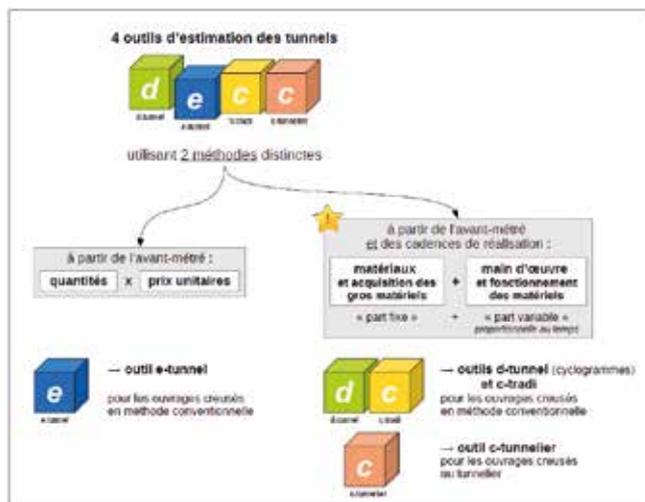


Catherine CABUT,
chargée d'études au pôle Procédés de
Construction, Marchés et Exécution

Le coût du génie civil d'un tunnel représente 50 à 90 % de l'estimation technique des travaux et est principalement lié à la section courante de l'ouvrage. Ce poste doit donc être estimé de façon fiable. Pour cela et grâce à l'important retour d'expérience dont il dispose, le CETU a développé des outils d'estimation des tunnels utilisant deux méthodes distinctes.

La première méthode, utilisée classiquement dans le domaine des infrastructures, consiste à appliquer des prix unitaires aux quantités issues de l'avant métré de l'ouvrage. Pour cela, dès 2008, le CETU a développé l'application e-tunnel. Cette application s'appuie sur une base de données importante, relative aux marchés de travaux d'ouvrages construits ces quinze dernières années en méthode conventionnelle. Cette base a notamment permis de définir et d'alimenter un bordereau de prix type.

Cette première méthode d'estimation du génie civil ne permet pas de prendre en compte les cadences de creusement-soutènement qui, dans le cas très particulier des tunnels, peuvent avoir un fort impact sur le coût. C'est pourquoi le CETU a aussi développé deux outils d'estimation : c-tradi et c-tunnelier, respectivement pour les ouvrages creusés en méthode conventionnelle et au tunnelier, permettant d'évaluer l'influence des cadences de creusement sur le coût du génie civil.



Les outils d'estimation des tunnels du CETU

Ces deux outils utilisent une méthode d'estimation qui distingue part fixe et part variable du coût. La part fixe correspond au coût des matériaux et d'acquisition des gros matériels ; elle est indépendante du temps. La part variable correspond au coût de la mise en œuvre, c'est-à-dire aux moyens humains et au fonctionnement des matériels nécessaires à la construction ; elle est quant à elle directement proportionnelle à la durée des travaux.

Cette deuxième méthode d'estimation s'avère novatrice pour les bureaux d'études, bien qu'elle se rapproche de celle utilisée par les entreprises et que l'on retrouve en partie dans leurs sous-détails de prix. Pour appliquer cette méthode en part fixe/part variable, il convient d'évaluer les moyens matériels et humains nécessaires au creusement-soutènement. C'est sur ce poste de travaux que les cadences ont le plus d'incidence. Là encore, la base de données utilisée pour e-tunnel est très riche puisqu'elle comprend, au-delà des prix unitaires, les sous-détails de prix et les mémoires techniques remis par les entreprises à l'appui de leurs offres. Et afin d'évaluer précisément les cadences de creusement en méthode conventionnelle, le CETU dispose d'un quatrième outil interne baptisé d-tunnel permettant de calculer la durée d'un cycle de creusement pour tous types de profils de soutènement.

L'ensemble de ces quatre outils : d-tunnel – e-tunnel – c-tradi – c-tunnelier ou « decc », constitue aujourd'hui un outil d'estimation à la fois simple, innovant et utilisable à tous les stades d'études pour évaluer le coût du génie civil d'un tunnel. Rappelons qu'à cette estimation technique des travaux doit être ajoutée une évaluation des risques, définie spécifiquement pour chaque projet.

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

Prendre en compte les constructions avoisinantes pour assurer la réussite des projets de tunnels



Didier SUBRIN,
chef du pôle Géologie, Géotechnique
et Dimensionnement

Les impacts environnementaux liés à la réalisation ou à l'exploitation d'ouvrages souterrains sont multiples : bruit, pollution de l'air, gestion des matériaux et déchets, modification des écoulements des nappes... Le CETU a publié en 2011 le Dossier Pilote Environnement qui traite de l'ensemble de ces thèmes.

Les travaux en contexte urbain sont sujets à des contraintes complexes en raison de la présence de nombreux bâtiments, ouvrages et réseaux susceptibles d'être impactés par les travaux. Ces projets complexes sont amenés à se multiplier à travers les exemples emblématiques des tunnels du Grand Paris, des lignes ferroviaires nouvelles Paris-Normandie ou Provence-Côte-d'Azur...



Tunnel de la Croix-Rousse (69)

Le CETU est fortement impliqué dans ces projets sensibles et est particulièrement intervenu dans plusieurs projets en site urbain pour lesquelles ces questions sont essentielles :

- suivi du creusement du tube sud du Tunnel de Toulon en tant qu'AMO pour le compte de la DREAL PACA ;
- suivi du creusement de la section souterraine sous Viroflay du Tramway T6 Chatillon-Vélizy-Viroflay en tant qu'AMO pour le compte du conseil général des Yvelines (CG78) ;
- mesure et analyse de la propagation des vibrations dans le cadre de contrôles extérieurs ou contrôles externes sur un grand nombre de projets souterrains.

Les textes disponibles relatifs aux effets induits par le creusement sur les constructions avoisinantes apparaissent toutefois insuffisants. La nouvelle recommandation du GT16 de l'AFTES s'intéresse aux effets induits (tassements, vibrations) par le creusement des ouvrages souterrains sur les constructions avoisinantes (bâtiments, ouvrages, réseaux susceptibles d'être affectés par les travaux), avec pour objectif d'apporter des directives nécessaires pour la conception et la réalisation des projets.

Ce texte propose ainsi des préconisations pour prendre en compte les contraintes liées à la présence de constructions sur le site d'un projet de tunnel, depuis les études jusqu'à la réalisation, afin de limiter les risques de dommages lors de l'exécution. Il préconise notamment d'adopter une stratégie de communication claire et lisible et d'adopter des dispositions claires dans les contrats. Les missions dévolues à chacun des intervenants sont précisées afin de clarifier les obligations et les responsabilités dans le cadre d'un projet d'ouvrage souterrain. Une méthodologie est établie pour effectuer le constat de l'état initial des constructions avoisinantes (enquêtes « caves, bâti et fondations », « ouvrages et réseaux »). Une stratégie vis-à-vis des constructions avoisinantes est définie, fondée sur la définition de seuils contractuels, tenant compte de la sensibilité intrinsèque des constructions ainsi que du niveau de dommages accepté par le maître d'ouvrage.

Le CETU a assuré la co-animation de ce groupe de travail depuis 2010 et pilote la finalisation de ce texte, qui est en cours de validation par des représentants de l'ensemble de la profession (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et entreprises).

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

REPÈRES 2014

RÔLES ET ARTICULATION DES ACTEURS D'UN PROJET DE TUNNEL : finalisation du document d'information relatif à la mission de maîtrise d'œuvre pour le suivi des travaux de creusement d'ouvrages souterrains, à l'intention des maîtres d'ouvrages

MAÎTRISE DES COÛTS DE CONSTRUCTION : consolidation des bases de données de prix des ouvrages souterrains en vue de la publication du document d'information pour l'estimation du prix des ouvrages souterrains

MAÎTRISE DES TASSEMENTS EN SITE URBAIN : forte implication dans l'élaboration d'une recommandation dans le cadre du GT16 de l'AFTES sur la prise en compte des effets induits par les travaux sur les constructions

ARTICULATION DES ÉTUDES ET MANAGEMENT DES RISQUES :

- relance du GT32 sur les risques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques au stade du DCE
- stage de recherche sur la quantification des risques géologiques en collaboration avec l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne

MAÎTRISE DES ENJEUX PARTICULIERS DES OUVRAGES AU TUNNELIER :

- consolidation de la base de connaissance des chantiers mécanisés
- publication des recommandations du GT24 de l'AFTES (reconnaisances à l'avancement pour les tunneliers) avec forte implication du CETU
- travaux de recherche sur le comportement géomécanique du terrain lors du creusement au tunnelier (collaboration ENTPE-LGCIE-L3SR)

MAÎTRISE DES RISQUES CONTRACTUELS :

- contribution au GT25 de l'AFTES, abordant les questions de contractualisation des travaux souterrains et de maîtrise des coûts
- mise en place de l'observatoire du Fascicule 69

DIFFUSION DES CONNAISSANCES :

- publication d'articles sur le management des risques (WTC, AFTES, Bulletin of Engineering geology and the environment)
- animation de séminaires de formation (Congrès AFTES, MASTER Tunnels)

Comprendre et maîtriser les incendies en tunnel

Bilan et perspectives de l'axe stratégique n° 1



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

L'axe stratégique n° 1 « Incendie en tunnel : physique et mesures techniques de sécurité » initié en 2010, a été évalué le 4 novembre 2014 pour l'ensemble des ses trois actions.

Action « Dynamique du feu et systèmes fixes de lutte contre l'incendie »

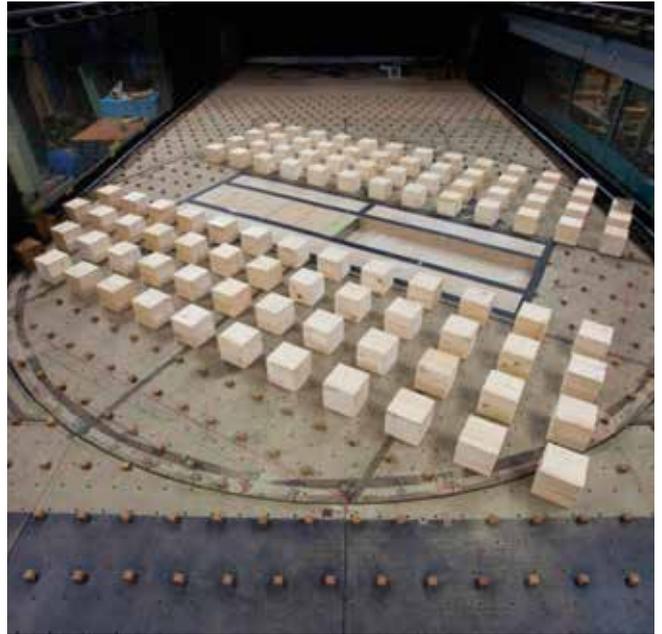
L'étude de la dynamique des foyers d'incendie est nécessaire pour progresser dans la compréhension et la modélisation du développement des feux en tunnel. Par exemple, la propagation du feu entre véhicules est un facteur déterminant pour la puissance et la durée d'un incendie, ainsi que pour mesurer la difficulté à le combattre. L'étude de la dynamique des feux de véhicules, en particulier des mécanismes d'inflammation et de transfert de chaleur, permettra de préciser les seuils critiques (température, flux thermique) en fonction des conditions (ventilation, humidité, etc.).

Cette problématique est complexe car les résultats peuvent être très sensibles à l'échelle géométrique considérée : les essais de laboratoire sur de petits échantillons sont rarement transposables à l'échelle réelle. L'étude a donc commencé par une thèse visant à caractériser le comportement de matériaux couramment rencontrés dans les véhicules, à une échelle intermédiaire (échantillons de quelques centimètres), en utilisant un cône calorimètre à atmosphère contrôlée



Commission d'évaluation composée de représentants de l'ensemble de la profession, experts des domaines techniques abordés dans l'axe :

- M. Pierre Kohler (BG Ingénieurs Conseils, Lausanne, Suisse), président de la commission
- M. Éric Cesmat (Établissement public d'Aménagement Défense-Seine-Arche)
- Mme Dany Escudé (Centre de Thermique de Lyon, INSA - CNRS)
- M. Daniel Joyeux (Efectis France)
- M. Pierre Peyrac (Direction des Routes Île-de-France)
- M. Olivier Vauquelin (Aix-Marseille Université - CNRS)
- M. Jean-Michel Vergnault (Setec TPI)
- Mme Anne Voeltzel-Lévêque (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment)



Maquette théorique de tête de tunnel en soufflerie

permettant de faire varier le taux d'oxygène. Un modèle empirique de type surface de réponse est développé à partir des résultats. Il pourra permettre à terme d'incorporer ces données à un code de calcul 3D. Une meilleure compréhension de la dynamique du feu en tunnel permettra également de mieux évaluer l'apport des systèmes fixes de lutte contre l'incendie ; en effet, hormis les effets bénéfiques avérés de ces systèmes concernant les températures et les niveaux de rayonnement en tunnel, des questions subsistent sur leur impact en termes de toxicité et de visibilité. Ces questions impliquent de mieux connaître l'interaction entre les gouttelettes et le foyer lui-même. Le CETU est également impliqué dans les discussions internationales relatives aux systèmes fixes de lutte contre l'incendie, avec la participation à un groupe de travail dédié de l'AIPCR (Association mondiale de la route).

Action « Évaluation des conditions ambiantes et optimisation du désenfumage »

Cette action fait suite à l'ensemble des travaux réalisés par le CETU sur le thème du désenfumage depuis les années 1990. Depuis 2010, l'accent a été mis sur le transfert à la profession des connaissances produites dans le cadre des actions de recherche successives. En particulier, la rédaction d'un guide de la modélisation aérodynamique a été entamée ; les deux premiers fascicules, qui concernent respectivement la problématique générale de la modélisation et les modèles monodimensionnels, ont été publiés.

Les travaux de recherche plus fondamentale se poursuivent. En particulier, une collaboration avec l'École Centrale de Lyon permet d'exploiter des expériences sur une maquette de tunnel ; elle a déjà débouché sur plusieurs publications.

Depuis 2010, le CETU mène également des recherches concernant l'aérodynamique externe des tunnels. Les écoulements au voisinage des têtes conditionnent en effet les écoulements en tunnel ; l'évaluation de leur influence est aujourd'hui très approximative. Des études expérimentales et numériques sont en cours ; l'objectif est de parvenir à établir des bonnes pratiques pour la mise en œuvre de modèles numériques tridimensionnels dans l'étude de ces écoulements.

Action « Résistance au feu des structures »

Depuis 2000, la réglementation impose différents niveaux de résistance au feu aux éléments structurels des tunnels. L'application de ces règles nécessite différents outils.

La justification des structures au feu s'appuie sur des méthodes de calcul spécifiques que le CETU a contribué à développer et a publié dans un guide (« Compléments au guide du comportement au feu »). Aujourd'hui, ces travaux se poursuivent par le développement d'une commande spécifique « feu » dans le logiciel de calcul ST1, largement utilisé en ingénierie. Ce travail permettra de disposer d'un outil commun pour la profession et de fiabiliser les études.

L'évaluation de la résistance des structures existantes se heurte souvent à la difficulté de quantifier le phénomène d'écaillage du béton, qui doit être pris en compte lorsqu'on rencontre des sollicitations thermiques très fortes. Ce phénomène dépend de multiples paramètres. Différentes méthodes d'essai ont été utilisées par le passé mais n'ont pas donné entière satisfaction. Aujourd'hui, les recherches s'orientent vers le développement de fours mobiles capables de reproduire sur site les sollicitations thermiques associées à un incendie de forte puissance. Le CETU a collaboré avec le CSTB pour la mise au point d'un tel dispositif d'essai. Par ailleurs, des développements concernant la modélisation de l'écaillage dans des codes aux éléments finis sont également menés.



Corps d'épreuve après un essai d'écaillage en four

En cas de résistance insuffisante, la structure doit être isolée des effets du feu en utilisant des produits de protection passive, dont la tenue au feu doit elle-même être garantie. Le CETU a publié un guide pour la conception et la vérification des systèmes de protection passive, qui comprend notamment un référentiel d'essai sous courbe HCM (spécifique aux tunnels). Ce guide permettra une homogénéisation des pratiques d'agrément des systèmes de protection passive et constitue donc une sécurité technique et juridique pour les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre.

Contact : antoine.mos@developpement-durable.gov.fr

REPÈRES 2014

SYSTÈMES DE PROTECTION PASSIVE : publication du catalogue mis à jour. Ce catalogue, qui regroupe les fiches techniques de différents produits de protection passive recensés au CETU, vient compléter le guide sur les systèmes de protection passive publié en 2013. Le catalogue, disponible en téléchargement gratuit sur le site internet du CETU, sera mis à jour régulièrement

DYNAMIQUE DES FOYERS : poursuite de la thèse, en partenariat avec l'institut PPRIME de l'université de Poitiers et le LNE. La thèse consiste à développer des modèles de pyrolyse afin de pouvoir à terme les intégrer dans un code de calcul CFD permettant de décrire les para-

mètres d'un incendie en fonction des conditions en tunnel

COMPORTEMENT DES NAPPES DE FUMÉE : publication d'articles pour le congrès ISTSS et la revue Fire Technology sur le comportement des nappes de fumée en ventilation longitudinale (vitesse critique, longueur de la nappe de retour) selon les paramètres de la source (température et vitesse de jet pour une puissance donnée). Les articles sont issus de travaux menés en collaboration entre l'École Centrale de Lyon pour la partie expérimentale et le CETU pour la partie « modélisation numérique »

INGÉNIERIE DE LA SÉCURITÉ INCENDIE (ISI) : participation à un groupe de travail conduit par le Laboratoire Central de la Préfecture de Police de la ville de Paris sur la modélisation numérique CFD pour les études d'ISI en bâtiment

COMPORTEMENT AU FEU DES STRUCTURES :

- comportement au feu des tunnels ferroviaires : poursuite de l'élaboration de recommandations dans le cadre du GT37-2 de l'AFES, co-animé par Alain Bochon (SYSTRA) et Bérénice Moreau (CETU)
- encadrement d'un stage de Master de l'ISMAN (Institut Supérieur des Matériaux et Mécaniques Avancées du Mans) d'une durée de cinq mois sur la modélisation

du comportement au feu des tranchées couvertes sous SAFIR
- présentation aux Journées Ouvrages d'Art co-organisées par le Cerema et l'IFSTAR les 11 et 12 juin à Marne-la-Vallée, sur le calcul au feu des structures avec le logiciel ST1 développé par le CETU en collaboration avec la DIOA et la DteciTM
- publication pour le congrès ISTSS d'un article sur l'évaluation de l'écaillage par four mobile en collaboration avec le CSTB et la DIRIF

DISPOSITIFS D'ASPERSION : participation au WG4 de l'AIPCR pour la rédaction du document qui remplacera celui qui avait été publié en 2008

Mieux prendre en compte la qualité de l'air

Le programme AIRTURIF (qualité de l'AIR dans les Tunnels Routiers d'Île-de-France) touche à sa fin



Marouane YAGHZAR,
chargé d'études au pôle Ventilation
et Environnement

De 2008 à 2014, le CETU a été très impliqué dans un important programme de recherche intitulé AIRTURIF, pour qualité de l'AIR dans les Tunnels Routiers d'Île-de-France. Ce programme, initié par la Direction Régionale de l'Équipement d'Île-de-France avait pour objectif améliorer la connaissance sur la qualité de l'air dans et aux abords des tunnels routiers. Outre le CETU, ce programme a associé plusieurs services du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) dont notamment la Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM), la Direction territoriale Île-de-France du Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) – contributeur principal du programme – et les services de la Direction des routes Île-de-France (DiRIF) en charge de la gestion des tunnels parisiens.

La pollution à l'intérieur des ouvrages

Les mesures fixes et embarquées réalisées dans les différents tunnels d'Île-de-France ont montré que les seuils réglementaires étaient respectés pour le monoxyde de carbone et très ponctuellement dépassés pour l'opacité. Il a été en revanche observé des dépassements pour le NO_2 , aux heures de pointe, dans certains tunnels (tunnels bidirectionnels, longs et/ou à fort trafic), avec une fréquence restant toutefois peu élevée. Les mesures fixes ont porté sur quelques tunnels alors que les mesures embarquées, qui permettent de couvrir un grand nombre de tunnels, ont été réalisées dans une vingtaine de tunnels pour un total de plus de 600 traversées. Les mesures embarquées se sont révélées plus élevées que les mesures fixes, ce qui peut s'expliquer par l'influence des émissions du véhicule qui précède immédiatement le véhicule qui réalise les mesures. Cet écart pourrait toutefois aussi être dû, au moins en partie, à une fréquence d'échantillonnage insuffisante du matériel embarqué.

Les mesures réalisées ont confirmé que le ratio $[\text{NO}_2]/[\text{NO}_x]$, longtemps considéré comme étant de l'ordre de 0,1, a augmenté ces dernières années. Il est aujourd'hui compris entre 0,2 et 0,3. Cette augmentation s'explique par les évolutions des techniques de traitement des gaz à l'échappement des véhicules.

Enfin, les essais de ventilation sanitaire ont démontré la très bonne efficacité des systèmes de type longitudinal pour faire chuter les niveaux de pollution. Cette efficacité est moins évidente pour les systèmes de type transversal.

La pollution à l'extérieur des ouvrages

Toujours au sein du programme AIRTURIF, des mesures de pollution particulaire (PM_{10}) ont été réalisées dans l'environnement d'une tête de tunnel urbain avec un LIDAR (Light Detection And Ranging). Elles ont montré que l'impact du tunnel était décelable, mais assez limité.



BIOTAIR biofiltre

Les panaches qui ont pu être observés dans les cas les plus défavorables n'ont jamais dépassé 100 m de rayon et une vingtaine de mètres de hauteur.

Les techniques de traitement de l'air

Les recherches bibliographiques et les investigations particulières menées dans le cadre du programme AIRTURIF ont clairement montré qu'il n'existe pas actuellement de technique de traitement parfaitement au point.

Au sein d'AIRTURIF, le projet BIOTAIR (Biofiltration végétalisée pour le Traitement de l'AIR), financé par l'ADEME, a consisté à tester la biofiltration, une technique non utilisée à ce jour pour la pollution d'origine routière, mais très répandue pour le traitement des odeurs des stations d'épuration. Un dispositif pilote a ainsi été développé pour traiter les effluents atmosphériques issus du tunnel routier de Guy Môquet situé sur l'A86, afin d'en tester l'efficacité et la pérennité. L'expérimentation s'est déroulée sur 18 mois à travers quatre campagnes de mesures, elle a consisté à extraire de l'air vicié du tunnel (1 à 3 m^3/s) pour le purifier en le faisant passer à travers des biofiltres de deux épaisseurs différentes (50 et 100 cm). Les résultats ont été globalement satisfaisants, avec des taux d'abattement des concentrations entre l'amont et l'aval des biofiltres pouvant atteindre en moyenne sur plusieurs jours plus de 90 % pour l'ammoniac, 80 % pour les particules et les oxydes d'azote ou autour de 50 % pour le benzène. Certaines périodes de mesure ont cependant donné des résultats plus mitigés. Les données expérimentales recueillies ont donc démontré le bon potentiel des



BIOTAIR vue d'ensemble

biofiltres testés pour traiter les polluants gazeux et particulaires issus du trafic routier. Avant de développer un prototype à l'échelle réelle, il serait toutefois nécessaire de mieux cerner les besoins en énergie pour l'extraction de l'air du tunnel, le volume des ouvrages de génie civil, les contraintes d'exploitation et le vieillissement. Il faudrait en outre optimiser les paramètres constructifs : débit d'air, épaisseur et surface des biofiltres ainsi que formulation du substrat, pour obtenir le meilleur abattement tout en minimisant l'impact en termes d'ACV.

Contact : marouane.yaghzar@developpement-durable.gouv.fr

Optimisation de l'usage de la ventilation sanitaire pour le respect des niveaux réglementaires en NO₂



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

Une solide maîtrise de la chaîne de contrôle – commande est recommandée pour éviter de faire grimper inutilement la facture d'électricité, lorsque l'on doit gérer les niveaux réglementaires de NO₂ admissibles en tunnel routier (circulaire DGS 99-329 du 8 juin 1999) avec un système de ventilation sanitaire. Suite à l'introduction de dispositifs de détection du NO₂ lors de la rénovation des tunnels d'Île-de-France, la DiRIF a été confrontée, dans certains ouvrages, à d'incessants déclenchements de la ventilation sanitaire laissant présumer des concentrations en NO₂ très fréquemment excessives. En 2014, une expertise menée par le CETU a permis d'apprécier la réalité des niveaux de cette pollution et d'analyser la chaîne de pilotage de la ventilation sanitaire pour en cerner les fragilités. Des campagnes de mesures *in situ* ont été menées avec des analyseurs chimiluminescence d'oxydes d'azote dans les tunnels du Landy et de Champigny afin de connaître les concentrations effectives de polluants. Il apparaît que lorsque le trafic est fluide, le pistonement des véhicules engendre dans l'ouvrage un courant d'air permettant un renouvellement suffisant de l'air, ne nécessitant donc pas la mise en œuvre de la ventilation. Par contre, en l'absence de ventilation, les valeurs réglementaires de NO₂ peuvent être dépassées pendant les situations de congestion du trafic. Il est donc indispensable de disposer d'une chaîne de contrôle – commande irréprochable afin de maintenir les niveaux de pollution en-dessous des seuils réglementaires en s'aidant si besoin de la ventilation sanitaire, tout en contenant les dépenses d'énergie.

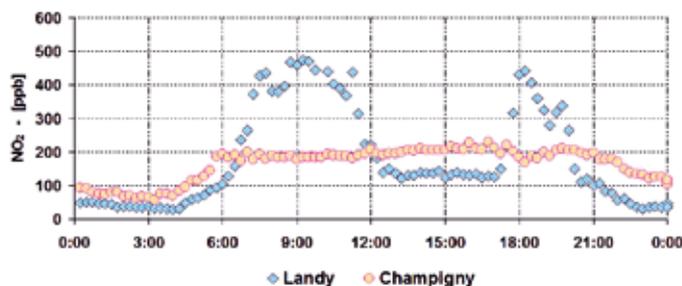
Or les mesures de terrain ont confirmé que bien souvent les niveaux lus sur la supervision de l'exploitant du tunnel ne correspondaient pas à la réalité. Parfois dues à une panne du capteur, les erreurs ont couramment d'autres origines (mauvaise calibration ou maintenance insuffisante des détecteurs, problème de traitement des données par la GTC) et peuvent même se cumuler.

Le premier point sensible de la chaîne de détection est le détecteur lui-même, parfois un capteur optique mais le plus souvent un détecteur électrochimique. Ce dernier, robuste et peu onéreux à l'achat, a l'inconvénient d'avoir un seuil de détection du même ordre de grandeur que les concentrations observées. En outre sa maintenance préventive doit être effectuée très régulièrement avec des calibrations très soignées – notamment le réglage du zéro qui est extrêmement délicat. Ce genre de carence a été constaté avec des erreurs très significatives sur les valeurs de NO₂ délivrées.

Enfin l'algorithme de calcul et de commande de la ventilation peut montrer diverses vulnérabilités : les échelles de mesure doivent être cohérentes entre le capteur et le logiciel de calcul ; les seuils de déclenchement des ventilateurs doivent être compatibles avec les performances des détecteurs (éviter les seuils trop faibles et ne commencer à ventiler que lorsqu'on atteint le seuil réglementaire) ; le calcul des niveaux moyens de NO₂ doit considérer le profil complet des concentrations de NO₂ le long du tube et ne doit pas être défavorisé par une prise en compte maladroite des détecteurs (justement) inhibés.

À travers cette mission d'assistance à la DiRIF, le CETU a pu conforter ses connaissances sur les concentrations d'oxydes d'azote usuellement présentes dans les tunnels urbains empruntés par le parc de véhicules actuels et mieux appréhender les paramètres sensibles du pilotage de la ventilation sanitaire pour obtenir une bonne maîtrise de la qualité de l'air sans consommation inutile d'électricité.

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



Profil journalier type SANS action de la ventilation sanitaire – tunnels du Landy (W) et Champigny (Y)

REPÈRES 2014

TRAITEMENT DE L'AIR : fin de l'expérimentation de la biofiltration des émissions de polluants émis par le trafic routier dans le cadre du projet Biotair, avis sur l'expérimentation du Grand Lyon sur la mise en œuvre de matériaux dépolluants en tunnel avec Lafarge Centre de Recherche

MESURES DE RÉDUCTION DE L'IMPACT DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES SUR LA QUALITÉ DE

L'AIR : poursuite de la participation au groupe de travail du Réseau Scientifique et Technique du MEDDE, notamment pour identifier la contribution des tunnels en milieu urbain à cette réduction d'impact

EFFET DE LA VENTILATION SANITAIRE POUR RÉDUIRE LES NIVEAUX DE POLLUTION EN TUNNEL : mesures de l'opacité et du dioxyde d'azote dans le tunnel de Thiais selon différents

régimes de ventilation en système longitudinal

COMPARAISON DE MESURES EMBARQUÉES ET DE MESURES FIXES : campagne de mesures des oxydes d'azote pendant quatre jours dans le tunnel de Bobigny

PARTICIPATION AU TAP 2014 : colloque sur la pollution et les transports organisé en Autriche, présentation d'un poster relatif aux

niveaux d'oxydes d'azote et de particules dans les tunnels du réseau autoroutier d'Île-de-France

ARTICLE SUR LE RATIO NO₂/NO_x : publication dans la Revue Atmosphérique (numéro de janvier-mars 2014)

Les tunnels au service d'une politique de développement durable

Gestion et emploi des matériaux excavés



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

Les futurs grands projets d'infrastructures de transport présentent des linéaires importants d'ouvrages et d'aménagements souterrains comme les tunnels, les tranchées couvertes, les gares souterraines, les cavités et les réseaux techniques. Ces projets d'ouvrages et d'aménagements présentent de forts enjeux de territoire et de mobilité. Ils génèrent des volumes importants de matériaux extraits qui n'ont plus rien de commun avec ceux que l'on a pu être amené à manipuler par le passé et ne permettent plus d'assurer, comme c'était souvent le cas auparavant, l'équilibre entre déblais et remblais.

Parmi ces grands projets, citons tout particulièrement :

- le Grand Paris : 205 km de ligne de métro et 69 gares dont la majorité est souterraine entraînant 20 millions de m³ de matériaux géologiques naturels extraits ;
- la ligne ferroviaire Lyon-Turin : 16 millions de m³ générés par le creusement du tunnel de base (57 km de longueur) et 19 millions de m³ pour les ouvrages souterrains de la partie française entre Lyon et Modane (86 km de longueur cumulée) ;
- la Ligne Nouvelle Provence Côte d'Azur (LN PCA) incluant le projet de gare souterraine à Marseille : certaines variantes présentent plus de 60 km de tunnels sur environ 180 km de longueur, soit un tiers du linéaire enterré pour environ 15 millions de m³.

Le CETU a bien identifié le thème de l'emploi des matériaux excavés comme stratégie.

Depuis 2012, le CETU participe activement à la réécriture de la recommandation du groupe de travail n° 35 de l'AFTES relative à la gestion et l'emploi des matériaux excavés. Le CETU s'est particulièrement investi dans les sous-groupes 1 et 9 traitant respectivement les aspects administratifs et réglementaires d'une part, et économiques d'autre part.

En 2013, le CETU a porté la réponse à l'appel à projet de l'ADEME relatif aux déchets du BTP. Le projet présenté, MATEXTUN, regroupait différents partenaires dont INDURA, RFF, le CETE de Lyon (CEREMA aujourd'hui), Jacques Burdin Ingénieur Conseil, l'INSA de Lyon, l'ENISE, Cycléco, Eiffage TP, l'UNICEM, Vicat Setec ALS. Le projet visait à prévenir la production de déchets du BTP à travers le développement d'une méthodologie « amont » d'analyse systémique et territoriale du réemploi et de la valorisation des matériaux excavés lors du creusement des tunnels des grands projets d'infrastructures ferroviaires. Le projet n'a finalement pas été retenu mais une dynamique s'est créée pour aller plus loin dans la méthodologie et la sensibilisation des maîtres d'ouvrage.

En 2014, suite à l'évaluation de l'axe stratégique de recherche et de doctrine n° 2 rebaptisé « Impacts et évaluation Développement Durable des projets », une nouvelle orientation relative à la gestion et aux impacts des matériaux excavés a été créée, afin de formaliser l'action du CETU sur ce thème.

Enfin, le CETU et le CEREMA se sont associés pour rédiger une note d'information et de sensibilisation des maîtres d'ouvrages, en abordant la spécificité des matériaux géologiques naturels extraits lors du creusement des tunnels, en identifiant les principaux scénarios possibles, en indiquant quelques filières et en insistant sur le rôle des acteurs, notamment celui du maître d'ouvrage. Cette note sera publiée prochainement.

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

L'éclairage en tunnel : réduire les consommations d'énergie et les impacts environnementaux

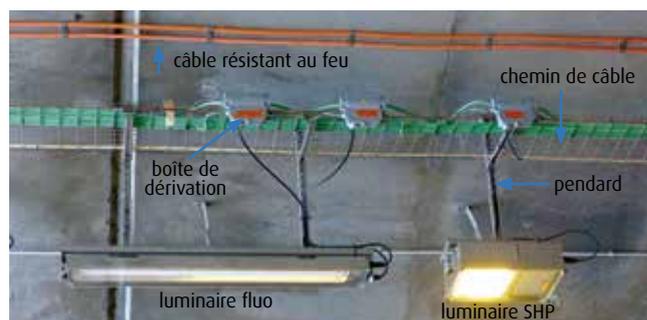


Éric CHARLES,
chargé d'études au pôle Équipements
Électriques et de Gestion

Dès lors qu'il fait une certaine longueur, un tunnel comporte, le plus souvent, un grand nombre de dispositifs pour garantir la sécurité des usagers. Il peut s'agir de dispositifs de génie civil (trottoirs, caniveaux...) ou d'équipements (éclairage, ventilation...).

À ce titre, un éclairage est installé en tunnel pour permettre à un automobiliste, à l'approche et tout au long de son déplacement dans l'ouvrage, de distinguer un obstacle sur la chaussée à la distance d'arrêt de son véhicule.

Plusieurs paramètres sont pris en compte pour le dimensionnement d'une installation d'éclairage. Il faut distinguer l'éclairage de la zone de renfort (entrée de tunnel et parfois sortie) et l'éclairage de la section courante (hors extrémités). L'éclairage de renfort, qui court le plus souvent sur 200 m aux entrées du tunnel, est calculé pour assurer l'adaptation spatio-temporelle de la vision de l'utilisateur lorsqu'il pénètre dans l'ouvrage. Cet éclairage est dimensionné en fonction des conditions lumineuses extérieures que rencontre l'utilisateur (niveau de



Exemple d'équipements d'éclairage installés en tunnel

voile), de la vitesse de référence de l'utilisateur (50, 70, 90 ou 110 km/h) et de la technologie de luminaires employés, dite à contre-flux ou symétrique. Le niveau de luminance à mettre en œuvre décroît au fur et à mesure que l'on entre dans l'ouvrage.

L'éclairage de la section courante, de niveau constant, est fonction des paramètres généraux de l'ouvrage (tunnel urbain, interurbain, etc.). L'exploitation d'un système d'éclairage en tunnel a un impact économique (consommation d'énergie) et met en œuvre des procédures, activités et produits qui impactent l'environnement et qu'il convient de réduire. Ces deux aspects peuvent être optimisés lors du calcul du dimensionnement (choix des paramètres), de la conception des solutions techniques (mode d'asservissement des luminaires...) et du choix des équipements (type de source, de luminaire, de chemin de câble, etc.).

En vue d'optimiser l'éclairage d'un tunnel et de connaître ses impacts environnementaux, les démarches suivantes ont été engagées :

- Commande des installations : les pôles EEG et EXP travaillent sur l'expérimentation de la variation continue au point lumineux en fonction des conditions lumineuses extérieures (de 100 à 20 % du flux lumineux sur des sources sodium haute pression) sur le tunnel de Fontain (DIR Est), en partenariat avec les sociétés SCHNEIDER et ENFRASYS (anciennement GTIE). L'économie espérée pourrait représenter au moins 20 % de la consommation électrique.
- Commande des installations : une expérimentation a été initiée sur l'asservissement de l'éclairage de renforcement en fonction de la vitesse des usagers sur le tunnel de la porte de Vanves (Ville de Paris) en partenariat avec la société EVESA. L'économie va dépendre des conditions de circulation en amont du tunnel. Les premiers résultats de cette expérimentation sont attendus pour 2015.
- Analyse de cycle de vie de l'exploitation de l'éclairage en tunnel : cette action va permettre de déterminer les ordres de grandeur des impacts de l'exploitation des équipements d'éclairage (luminaires, sources, câbles, chemins de câble...). En 2014, les données physiques des équipements (matériaux constitutifs) ont été recueillies auprès des fabricants. La démarche sera poursuivie en 2015 avec la réalisation effective de l'ACV en collaboration avec THINKSTEP (anciennement PE International) et GINGKO 21.

Ainsi, toutes ces actions doivent permettre une optimisation tant en termes de besoin en luminance que de rendement des appareils et de la chaussée. L'ensemble contribue à diminuer la puissance installée et consommée, dans un souci de développement durable.

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

Analyse du cycle de vie



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

Dans le cadre de sa mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage auprès de la DIR Centre-Est, le CETU a proposé une grille de collecte des données élaborée avec le cabinet GINGKO 21, afin de permettre la réalisation du bilan environnemental des travaux de la galerie du Siaix. Cette grille de collecte a été ensuite adaptée par la maîtrise d'œuvre BG/Arcadis au cas du chantier du Siaix et intégrée aux pièces du marché de travaux. Le CETU a donné son avis sur cette adaptation ainsi que sur l'ACV « screening » (évaluation de cadrage pour identifier rapidement les enjeux environnementaux) réalisée par Eeva pour le compte du maître d'œuvre. Le bilan environnemental de l'ensemble du chantier sera repris par la maîtrise d'œuvre à l'issue du chantier, sur la base de données réelles collectées en cours de chantier et formalisée dans le cadre des pièces de marché, constitue une des premières expériences en matière d'ACV appliquée aux travaux souterrains. Au-delà de la simple collecte des données, cette démarche permet de sensibiliser les entreprises à la problématique et le retour d'expérience alimentera une base de données spécifiques aux ouvrages souterrains.

Objectif	Organisation du questionnaire	Descriptif du projet
Données génériques	Données par phase	Compléments
Engins	Creusement/soutènement	Mobilité des personnes
Installations standards	Drainage/Étanchéité	Détournement du trafic
Installations spécifiques	Assainissement/plateforme	SME
Matériaux et composants	Revêtement	Documentation
	Options : phases simultanées	

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

REPÈRES 2014

GESTION DES MATÉRIAUX EXCAVÉS : participation aux réunions plénières du Groupe de travail n° 35 de l'AFTES sur la gestion et l'emploi des matériaux excavés, participation à la journée COTITA du 11 avril sur la valorisation des matériaux alternatifs en technique routière, à l'ENTPE (Vaulx-en-Velin - 69), encadrement d'un stage de master de l'Université Lyon I sur la gestion et l'emploi ultérieur des matériaux excavés lors du creusement d'un tunnel, poursuite de la rédaction de la note sur la gestion des matériaux excavés en collaboration avec le pôle valorisation et gestion durable des déchets du CEREMA

BILAN ENVIRONNEMENTAL DE TRAVAUX DE CREUSEMENT : la grille de collecte des données développée par le CETU et GINGKO 21 est adaptée et intégrée dans le marché de travaux de la galerie de sécurité du Siaix par la maîtrise d'œuvre. Cette grille facilitera la réalisation de l'ACV du projet et alimentera le retour d'expérience

DÉVELOPPEMENTS D'OUTILS POUR L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE : stage de Travail de Fin d'Études de l'ENTPE sur l'« Application de l'Analyse de cycle de vie (ACV) à l'étude de variantes de tracés ferroviaires. Cas de la Ligne Nouvelle Provence

Côte d'Azur », stage de fin d'année de l'INSA de Lyon sur l'« Analyse du Cycle de vie du creusement au tunnelier » et mise point avec l'appui de Bouygues d'une grille de collecte des données adaptée au creusement au tunnelier, préparation avec GINGKO 21 et Thinkstep (anciennement PE International) de la migration des modèles ACV appliqués au tunnel sous le logiciel GaBi, et développement de nouveaux modules

TRAVAUX SOUTERRAINS ET DÉVELOPPEMENT DURABLE : poursuite de l'implication du CETU dans le pilotage et l'animation du Projet

National Ville 10D, ainsi que dans l'animation du groupe de travail GT41 de l'AFTES sur les travaux souterrains et le développement durable, participation active à divers projets de recherche et groupes de travail : GT AFGC DIOGEN/CIOGEN, Projet National RECYBETON... Contribution à la rédaction du « Grand livre des Bétons » paru aux Éditions du Moniteur (chapitre 1 : « Bétons et développement durable »)

Gérer le patrimoine et optimiser l'exploitation des tunnels routiers

Bilan et perspectives de l'axe stratégique n° 4



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



Véronique AURAND,
chargée d'études au pôle Exploitation

La problématique de la « Gestion du patrimoine et politique d'exploitation des tunnels routiers » a fait l'objet de recherches structurées au sein de l'axe stratégique 4 du CETU, de 2010 à mi-2014. Une commission d'évaluation s'est réunie le 20 juin 2014 pour analyser le travail accompli et orienter la suite des travaux. Cette commission était composée de :

- Daniel PENDARIAS, président de la commission, inspecteur général routes à la DGITM/DIT/MARRN,
- Pierre BREUL, enseignant-chercheur à l'Université Blaise Pascal Clermont 2,
- Philippe CHANARD, directeur adjoint de la DIR Massif Central,
- Tshibela Arthur KABUYA, responsable de la cellule Ponts et Tunnels du Service Public Régional de Bruxelles,
- Roland MISTRAL, directeur des Routes du Département de la Savoie,
- Olivier SCHOEN, chef de l'unité Ouvrages d'art/Ouvrages en terre de Réseau Ferré de France,
- Florian THOMINES, chef du département de l'Exploitation et des Technologies de la DRIEA/Dirif.

Les travaux sur la gestion du patrimoine ont toujours fait partie des préoccupations du CETU mais le besoin d'actions plus ciblées s'est particulièrement fait sentir suite aux évolutions des réglementations française et européenne en matière de sécurité dans les tunnels routiers. En effet, cela a conduit à installer de nombreux équipements, de technologie plus ou moins complexe et de durées de vie très variables dans tous les tunnels de plus de 300 m. La forte augmentation des équipements, mais aussi le vieillissement du parc des tunnels et les contraintes budgétaires de plus en plus pressantes imposaient une réflexion approfondie sur les méthodes de surveillance, d'entretien et de réparation des tunnels ainsi que sur les budgets nécessaires pour y faire face.

Ces préoccupations étaient partagées par les collectivités locales dont le patrimoine a considérablement augmenté suite à la décentralisation. Les travaux de l'axe 4 ont donc visé à élaborer des éléments de doctrine utilisables par les services techniques de tout maître d'ouvrage qui le souhaite. Ils couvrent à la fois le génie civil et les équipements, en ciblant de façon privilégiée les tunnels routiers, même si de nombreux aspects sont transposables aux tunnels d'autres types de réseaux.

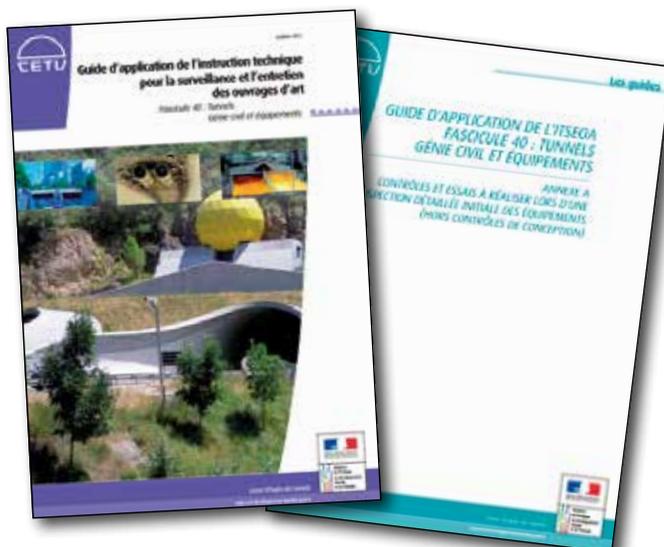


Évaluation de l'axe 4

L'axe a été structuré en trois actions de recherche et doctrine (ARD) :

- ARD 4.1 : définition d'une politique de gestion et d'exploitation des tunnels routiers de l'État ;
- ARD 4.2 : connaissance et évaluation du patrimoine des tunnels routiers de l'État ;
- ARD 4.3 : optimisation de la maintenance et de la conception des tunnels routiers.

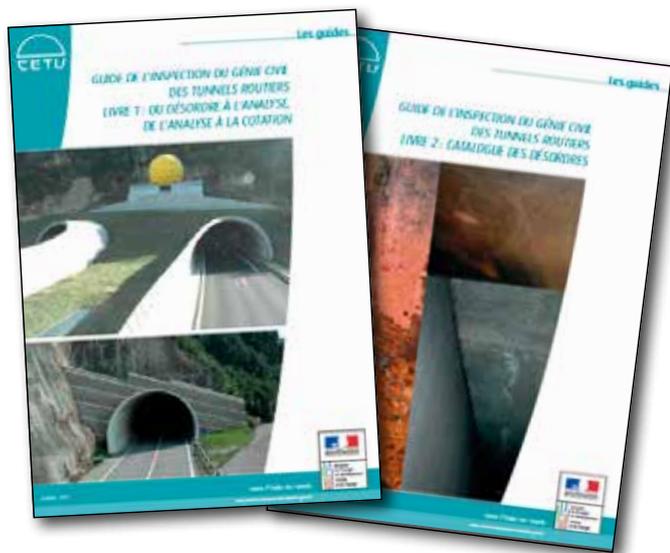
L'ARD 4.1 a permis la refonte du fascicule 40 «Tunnels, Génie civil et Équipements», guide d'application de l'ITSEGA (Instruction technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art). Quelques assouplissements ont pu être introduits pour le suivi du génie civil



mais, parallèlement, des inspections détaillées ont été instaurées pour les équipements ; des annexes techniques détaillent les nouvelles méthodes de maintenance et de contrôle de ces derniers. De nombreuses actions d'information ont accompagné ces modifications. Le CETU a également contribué à refonte du fascicule 1 (dossier d'ouvrage) de l'ITSEOA et à la mise en place du système de cotation IQOA pour les tranchées couvertes. Il a apporté une assistance à la DIT pour la programmation des crédits nécessaires à l'exploitation des tunnels de l'État en proposant en particulier une méthode de répartition des crédits plus argumentée et plus équitable.

L'ARD 4.2 a été le cadre des synthèses annuelles de l'état du patrimoine des tunnels de l'État, sur la base de leur évaluation IQOA, et du suivi, annuel lui aussi, de l'avancement du programme d'amélioration de la sécurité des tunnels (suivi des actions de mise en conformité de l'ensemble des tunnels français). Des actions d'évaluation de la valeur du patrimoine ont également été menées à la demande de la Cour des Comptes et un observatoire des tunnels a été créé.

Enfin, au sein de l'ARD 4.3, le « Guide de l'inspection du génie civil des tunnels routiers » a été mis à jour, et vient d'être publié ; un « Guide de l'entretien du génie civil des tunnels routiers » a été rédigé ; des fiches « Retours d'expérience et aide à la conception » ont été préparées pour améliorer les projets neufs en analysant l'origine de certains dysfonctionnements observés dans les tunnels inspectés ; des produits innovants empêchant les dépôts de calcite et de nouvelles méthodes de traitement des venues d'eau ont été mis en œuvre sur des sites expérimentaux (cf. rapport d'activité 2013). Enfin, un guide « Retour d'expérience sur la réparation des tunnels routiers » est encore en cours d'écriture.



S'agissant des suites à donner aux thématiques traitées dans l'axe 4, la commission d'évaluation a proposé les orientations suivantes :

- finaliser les documents méthodologiques non encore publiés, ce qui permettra de disposer d'un corpus complet sur la surveillance et l'entretien des ouvrages souterrains ; poursuivre les actions d'accompagnement nécessaires pour faire connaître ces documents à l'intérieur et à l'extérieur du ministère et aider à leur mise en œuvre ;
- prévoir une évaluation de la politique de surveillance et d'entretien préconisée par le fascicule 40, notamment au travers du retour des inspections réalisées par le CETU ;
- poursuivre les actions récurrentes ou continues, telles que le recueil des coûts d'exploitation, l'assistance à la programmation budgétaire, l'observatoire des tunnels, les fiches de retour d'expérience, les actions d'accompagnement de l'innovation ;
- étudier la possibilité de rendre publiques certaines données aujourd'hui réservées à l'usage interne du CETU (notamment observatoire des tunnels) ;
- au vu des contraintes budgétaires durables de l'État et des collectivités, définir et mettre en œuvre un ensemble d'actions visant à maîtriser les coûts d'exploitation des tunnels.

L'importance de ce dernier thème a été particulièrement soulignée. Outre la poursuite des travaux engagés pour la complétude du corpus technique, il sera le cœur du nouvel axe stratégique de recherche, l'axe 7 : « Évolutions techniques & économiques dans l'exploitation et la maintenance des tunnels routiers ». Il a pour enjeu la capacité à maintenir opérationnels tous les équipements existants en tunnels et décline ses actions en trois volets :

- le suivi, l'analyse et l'estimation des dépenses de maintien de l'usage ;
- la recherche des pistes d'économie envisageables et l'évaluation de leur impact en termes budgétaires et en termes de niveaux de service ;
- l'estimation des budgets pluriannuels liés à la fin de vie des équipements.

Ces travaux sont prévus pour une durée de trois ans avant une nouvelle évaluation.

Contacts :

Génie civil : catherine.larive@developpement-durable.gouv.fr

Équipements : veronique.aurand@developpement-durable.gouv.fr

REPÈRES 2014

INSPECTIONS DÉTAILLÉES ÉQUIPEMENTS : IDP et IDI de tunnel de Toulon (janvier) ; IDP du tunnel du Siaix (avril-mai) ; IDI du tunnel de Talant et de la tranchée couverte de Daix (octobre)

AUDIT des équipements du tunnel du Somport (novembre)

INSPECTIONS GÉNIE CIVIL :

IDP du tunnel de Noailles en mars, du Siaix en avril, des tunnels de la RN 202 en juin : Pont d'Angles, Pont Julien, Saint-Benoît, Rouaine, IDI du tunnel de Chabrières en juillet, IDP de la galerie de Prasville en août, des tunnels de Montjézieu et du Pas de l'Escalette en octobre

MESURES DE CONVERGENCE : tunnel du Siaix : deux campagnes en avril et en octobre, Galerie de sécurité du tunnel du Lioran en octobre, tunnel canal de Balesmes en septembre

2^e SITE EXPÉRIMENTAL DU PROJET ECOMINT : le tunnel routier du Fréjus (piédroits du tunnel existant)

LANCLEMENT de l'expérimentation de variation lumineuse dans le tunnel routier de FONTAIN en partenariat avec Schneider la DIR est et Gtie

ÉTUDE DÉTAILLÉE d'une réparation par reconstruction de la dalle du tunnel du Mont Blanc

Intervenir dans les projets et ouvrages routiers et ferroviaires sous des formes variées



Gérard MAZZOLENI,
chargé de mission ingénierie

Le CETU intervient à toutes les étapes de la conception et de la construction d'ouvrages souterrains en apportant une aide technique à l'ensemble des maîtres d'ouvrage concernés.

C'est l'occasion pour le service d'accompagner concrètement la déclinaison de la réglementation et du corpus de doctrine consolidé par le CETU, de tester et expérimenter des dispositifs nouveaux, de faire

évoluer les documents techniques (normes, guides, recommandations...) et de développer les compétences en matière de conception d'ouvrages, d'études de réparation, d'expertises et de missions de conseil et d'assistance auprès des maîtres d'ouvrage.

Pour finir, en participant également à la gestion du patrimoine avec la réalisation d'inspections périodiques d'ouvrages, d'études de réparation ou de missions de conseils, le CETU contribue aussi à la maîtrise des coûts de fonctionnement.

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

Tunnel de Saint-Béat (31)

Le tunnel de Saint-Béat (1066 m) s'inscrit dans le projet de déviation de la RN125 au niveau du village de Saint-Béat. Cette déviation, longue de 5,6 km, facilitera, à sa mise en service, la traversée du village, point dur de cet itinéraire essentiel dans les échanges avec l'Espagne.

Dans le cadre de la réalisation du tunnel pilotée par la DREAL Midi-Pyrénées en sa qualité de maître d'ouvrage, le CETU intervient comme assistant technique auprès de la maîtrise d'œuvre générale de l'opération assurée par la DIR Sud-Ouest. Cette opération mobilise l'ensemble des pôles de compétence du CETU autant pour le génie civil que pour les équipements et les questions relatives à l'exploitation et à la sécurité du tunnel.

Génie civil : creusement des galeries de secours, étanchéité et bétonnage



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

Après le percement du tunnel en décembre 2013, les travaux de génie civil se sont poursuivis, en 2014, avec le creusement des deux galeries de secours qui serviront à l'évacuation des usagers, la mise en place du procédé d'étanchéité par géomembrane PVC (environ 31000 m²) et le bétonnage des 103 plots du revêtement réalisé à l'aide de deux coffrages depuis le centre du tunnel. La dalle de ventilation et ses cloisons ont également été réalisées.

Le creusement de galerie de secours nord (longueur creusée de 163 m) s'est révélée être la phase la plus délicate du chantier en 2014, du fait d'un sillon glaciaire à traverser et de problématiques complexes de vibrations dues à la proximité des premières habita-

tions. Un suivi important a été effectué pour notamment permettre le respect des seuils de vibrations et le CETU a été fortement impliqué dans l'optimisation des plans de tir.

Le chantier de bétonnage a nécessité environ 15 700 m³ de béton pour remplir les deux coffrages du revêtement et 3 500 m³ de béton pour réaliser les 103 plots de la dalle de ventilation et de ses cloisons. Le bétonnage du revêtement et des dalles de ventilation a démarré au mois de février 2014 pour s'achever au mois de janvier 2015.

La mission du CETU, en suivi de chantier, a consisté en un accompagnement du maître d'œuvre dans les choix qu'il avait à prendre pour garantir au maître d'ouvrage que la pérennité et la qualité de son ouvrage étaient assurées. Le CETU a ainsi produit au maître d'œuvre des avis couvrant différents thèmes : les domaines techniques (géologie, vibrations, matériaux, structures, etc.), la maîtrise des coûts et des délais.



Coffrage de la dalle et de la cloison

Équipements : dossier de consultation des entreprises



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

Avec l'avancement des travaux de génie civil, l'année 2014 a été consacrée à la préparation du dossier de consultation des entreprises pour les équipements du tunnel. Le tunnel sera équipé d'une ventilation transversale à partir d'une seule station en tête nord et disposera de l'ensemble des équipements réglementaires visant à assurer la sécurité des usagers.

Le CETU a rédigé les pièces techniques du DCE et assisté la DIR Sud-Ouest maître d'œuvre dans la définition des interfaces entre le génie civil et les équipements. Le CETU a également préparé les documents techniques pour le compte de la DREAL Midi-Pyrénées en vue d'une procédure adaptée permettant de sélectionner un bureau d'études pour la réalisation du Dossier de Sécurité de l'ouvrage.

Contacts :

Génie civil : serge.zappelli@developpement-durable.gouv.fr
Équipements : xavier.ponticq@developpement-durable.gouv.fr

Tunnel de Chabrières : fin des travaux de génie civil - élaboration du marché équipements



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

Le tunnel de Chabrières est situé sur la RN85 dans le département des Alpes-de-Haute-Provence (04) entre Digne-les-Bains et Nice. L'ouvrage, d'une longueur de 180 m (dont 159 m creusés), court-circuite les Clues de Chabrières qui forment un verrou d'étranglement pour la circulation des véhicules, et rendent notamment impossible le croisement des poids lourds sous l'encorbellement de la falaise. De plus, l'itinéraire est soumis aux chutes de blocs.

Après l'élaboration conjointe du DCE en 2011 avec le CETE Méditerranée (aujourd'hui CEREMA) pour le compte de la DREAL PACA (maître d'ouvrage), le CETU a apporté une assistance technique auprès de la maîtrise d'œuvre (DIR Méditerranée) tout au long des travaux de génie civil, notamment de creusement et de soutènement dans le cadre du suivi géologique et de la maîtrise des vibrations vis-à-vis des avoisinants proches (tunnel SNCF, dispositifs de protection des falaises, mur de soutènement de la RN85).

Au droit du projet, le massif rocheux forme une structure très régulière représentée par une série de bancs calcaires massifs d'épaisseur décimétrique à plurimétrique et redressés avec un pendage compris entre 45° et 60° vers le nord. Le résultat de la synthèse géologique et géotechnique avait conduit à retenir un creusement depuis la tête nord à l'explosif (dynamite encartouchée). Trois profils types ont été mis en œuvre, deux profils boulonnés P1 et P2, respectivement sur 111 et 25 m et un profil cintré P3 (7 m en tête nord et 16 m en tête sud).

La réalisation des têtes a également nécessité des travaux de terrassement et de confortement très délicats du fait de la structure du massif rocheux, de la morphologie des versants et de l'angle



Mise en place du DEG (janvier 2014)



Tunnel de Chabrière - Tête nord - Fausse tête PMO (septembre 2013)



Tunnel de Chabrière - Tête nord - Fin des travaux de génie civil (juillet 2014)

d'incidence du tracé au sud. Les terrassements rocheux ont été réalisés par abattage à l'explosif, avec les mêmes contraintes que les travaux souterrains vis-à-vis de la propagation des vibrations. Les confortements du massif au voisinage des têtes sont constitués par des ancrages en acier scellés au coulis de ciment. Leur mise en œuvre a nécessité des travaux acrobatiques.

Percé le 17 décembre 2013, les travaux de génie civil du tunnel se sont poursuivis en 2014 par la mise en place du système d'étanchéité, le bétonnage du revêtement et sa mise en peinture. Après plus d'un an de travaux, le génie civil s'est achevé le 22 juillet avec l'inspection détaillée initiale (IDI) réalisée par la centrale d'inspection du CETU.

Le CETU est également intervenu pour la rédaction du cahier des charges du marché des équipements électriques et de gestion du tunnel (publication le 11 mars 2014) et pour l'analyse des offres des candidats (notification du marché le 2 septembre 2014).

Les travaux d'équipements consistent en l'installation de l'éclairage (y compris commandes et automatismes de contrôle), de l'alimentation électrique (basse tension), des supports des câbles et des luminaires, des équipements du local technique et des équipements de signalisation.

Ces travaux sont programmés sur trois mois, entre février et mai 2015.

L'ensemble de l'opération se terminera par la réception de ces équipements et par l'IDI «équipements» prévues mi-mai 2015 et les travaux de raccordement de chaussée.

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

Mise en service du tube sud du tunnel de Toulon



Jean-François BURKHART,
chef du pôle Ventilation et Environnement

Le tube sud du tunnel de Toulon est un ouvrage de près de 3 000 m de longueur situé sur l'autoroute A57 entre Marseille et Nice, sous le centre-ville de Toulon. Depuis le 19 mars 2014, jour de sa mise en service, il est maintenant possible de traverser la ville d'ouest en est sans quitter l'autoroute, comme cela était déjà le cas depuis 2002 dans le sens est-ouest en empruntant le tube nord. L'ensemble de la circulation routière dans l'agglomération est ainsi grandement facilitée, au profit de la qualité de vie dans le centre de la ville.

Cette mise en service constitue l'aboutissement d'un projet qui aura exigé un niveau d'expertise très élevé afin de maîtriser les risques liés à la construction d'un ouvrage souterrain en milieu urbain dense, dans un contexte géologique très délicat. Les moyens techniques mobilisés ont permis au chantier de traverser en souterrain un sous-sol particulièrement meuble au-dessus duquel se trouvaient pas moins de trois cent soixante immeubles.

Le CETU a contribué à la réalisation de ce projet dès les premières études de conception, il y a une quarantaine d'années, et est resté très impliqué tout au long des travaux démarrés il y a vingt ans, jusqu'aux derniers essais et contrôles avant mise en service au début de l'année 2014. Tous les champs de compétences du CETU auront ainsi été mobilisés, du Génie civil aux Équipements, à la Sécurité et à l'Exploitation.

Durant les semaines qui ont précédé la mise en service du tube sud, le CETU est resté présent aussi bien auprès du maître d'ouvrage constructeur (la DREAL PACA) qu'auprès de l'exploitant (la DIR Méditerranée).

Après avoir assisté la DREAL pour l'élaboration du Dossier de Sécurité, et notamment la mise au point du Plan d'Intervention et de Sécurité (PIS) en concertation avec l'ensemble des services de secours et la Préfecture du Var, le CETU a apporté son expertise lors des deux exercices de sécurité qui se sont déroulés avant la mise en service. Ces exercices ont été l'occasion d'apporter les dernières améliorations en matière d'organisation de l'intervention des secours, notamment en ce qui concerne la prise en charge des personnes indemnes ayant pu évacuer dans le tube sain ou en surface. Ces exercices ont démontré le bon fonctionnement du système de supervision permettant la mise en œuvre immédiate des scénarios d'urgence et le suivi des événements depuis le PC Tunnel de la DIR Méditerranée situé à La Garde, à quelques kilomètres de l'ouvrage. Suite au retour d'expérience tiré des deux exercices, quelques ultimes modifications ont été apportées aux équipements d'aide à l'évacuation (signalisation, signalétique, signaux visuels et sonores), afin d'améliorer encore leur perception et leur compréhension par l'usager.

L'inspection détaillée réalisée par le CETU en janvier 2014, qui a porté sur les deux tubes, a pour sa part permis d'établir un état des lieux complet du tunnel dans sa nouvelle configuration. Ce point zéro servira de référence pour toute la durée de vie de l'ouvrage. Cette inspection a également permis de détecter un certain nombre de défauts de fonctionnement des équipements qui ont été corrigés avant la mise en service.

Contact : jean-francois.burkhart@developpement-durable.gouv.fr



Tube sud du tunnel de Toulon - Essai de fumées chaudes



Tube sud du tunnel de Toulon - Partie centrale creusée sous le centre-ville

REPÈRES 2014

ASSISTANCE AUX ÉTUDES AMONT : LN PCA 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

ÉTUDE DE CONCEPTION JUSQU'À L'ACHÈVEMENT DE L'OUVRAGE : étude de conception du tunnel d'Oloron-Sainte-Marie, étude de conception des équipements de la tranchée couverte de Marange-Silvange

MISE EN SÉCURITÉ : étude de conception d'un rameau d'éva-

uation du tunnel de Ponsérand ; 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, 4 auscultations d'ouvrages, 7 projets de rénovation

EXPERTISE : intervention pour le compte du CNRS dans le cadre des études du Laboratoire Souterrain de Modane, étude de désenfumage du tunnel du Somport

AUTRES MISSIONS D'ASSISTANCE À MAÎTRISE D'OUVRAGE : ouvrages de la section française de la liaison Lyon-Turin (RFF) ; Nœud Ferroviaire Lyonnais (RFF) ; rénovation des tunnels du Siaix (DIR CE), d'Aubenas (DIR MC), de la Grand Mare à

Rouen (DIRNO), du Chat (CG73) ; mise en place d'un programme de surveillance du tunnel du Fréjus (SFTRF) ; travaux de mise en sécurité du tunnel-canal de Mauvages (VNF), sécurisation du transit des cyclistes dans les tunnels des Écouges (CG 38) et du Villaret du Nial (CG 73)

ASSISTANCES À MAÎTRISE D'ŒUVRE : rénovation du tunnel du Rond-Point (DIR CE) ; réalisation des études du tunnel de Thues (DIR SO), étude de réparation du tunnel de Foix (DIRSO), du tunnel du Roux (CG07), du tunnel de Rive-de-Gier (DIR CE)

Animer les réseaux professionnels et développer les partenariats

Un bon cru pour le congrès AFTES 2014



Alain MERCUSOT,
chargé d'études au pôle Procédés de
Construction, Marchés et Exécution
Secrétaire Général de l'AFTES

Le congrès 2014 a vu la participation de 165 sociétés exposantes, 495 congressistes et 380 étudiants. En ajoutant les visiteurs, le nombre total de participants est supérieur à 2700 soit davantage qu'au dernier congrès en 2011. On a compté des participants de 28 pays. Plus de 100 communications écrites ont été publiées et 50 d'entre elles ont fait l'objet d'une présentation orale. L'exposition, avec l'agora centrale pour les cérémonies et tables rondes, a été particulièrement appréciée à la fois par son caractère convivial et pour tous les échanges professionnels qu'elle a suscités.

On retiendra principalement les nombreuses communications relatives aux opportunités offertes par le souterrain et à la maîtrise des risques, ces sujets constituant le thème de cette édition du congrès. Une place importante a également été consacrée à l'espace souterrain, et à son aménagement, avec des conférences spéciales, une table ronde, et un concours ouvert aux jeunes architectes qui a eu beaucoup de succès.

EN QUELQUES CHIFFRES :

5 400 m ² de surface d'exposition brute	328 exposants
200 stands de 9 m ²	17 officiels
165 sociétés exposantes (8 pays, 11 associations)	35 journalistes
2 salles de conférence de plus 250 places	1 393 visiteurs

La diffusion des connaissances par la formation et l'organisation de journées techniques



Odile VANNIÈRE,
chargée de mission Appui technique et
Grands projets

Le CETU continue d'animer les milieux de la profession des travaux souterrains et de l'exploitation, en visant à faciliter l'émergence et la diffusion de l'innovation, et en favorisant le rayonnement des entreprises françaises et leur performance à l'international.

Le CETU a contribué activement à l'organisation de cet événement et à la mobilisation de la profession. Il a été également très présent dans les présentations scientifiques ainsi que dans le séminaire spécialisé consacré aux risques. Le stand du CETU a aussi été un point de rassemblement, un lieu continu de rencontres et d'échanges.

Contact : alain.mercusot@developpement-durable.gouv.fr

LES TEMPS FORTS :

- Séminaire de formation spécialisé « Management du risque dans les ouvrages souterrains »
- Entretien sur l'Espace souterrain « Sensibiliser, informer et convaincre les acteurs de la construction et de l'aménagement »
- Table ronde « Partage du savoir, emploi et métiers »
- Concours d'idées en architecture « Espace souterrain et urbanité : quels projets pour l'avenir ? » (13 projets sélectionnés)
- Présentations techniques tous les jours pour les étudiants d'écoles d'ingénieurs
- Stand important relatif au mastère spécialisé « Tunnels et ouvrages souterrains : de la conception à l'exploitation » géré par les diplômés du cursus



Ouverture officielle du congrès AFTES 2014

À ce titre, il met à profit les compétences de ses agents pour intervenir pour le compte de divers organismes de formation (Ponts Formation Conseil, ENTPE) ou d'écoles (ENTPE, Polytech Grenoble, ENSG, Central Paris, Université Lyon...). Le CETU est également très impliqué dans le mastère spécialisé « tunnels et ouvrages souterrains » créé avec l'AFTES, l'ENTPE et l'INSA de Lyon, qu'il met à profit pour consolider le partenariat avec l'ENTPE et l'INSA et construire sur Lyon un pôle de compétences et recherches en matière de travaux souterrains.

Seul ou en lien avec d'autres, le CETU favorise également l'organisation de journées d'échanges techniques auprès de publics cibles variés comme des équipes de maîtrise d'œuvre (EGIS, RATP) ou d'exploitants (sécurité des tunnels routiers, formation et valorisation des acquis des opérateurs en charge de la surveillance des tunnels routiers), ou encore de pompiers (sécurité en tunnel et coordination entre exploi-



École du Mas, à Firminy

tants et services d'intervention et de secours à l'École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers).

Le CETU a aussi mis à profit la situation d'un établissement scolaire à proximité immédiate du chantier de mise en sécurité de la tranchée couverte de Firminy (RN88) pour intervenir en collaboration avec la DIR Centre-Est auprès de deux classes de CM2 de l'école primaire du Mas à Firminy (Dépt. 42) afin de présenter les travaux ainsi que les principales règles de sécurité et de conduite à tenir en cas d'incident en tunnel.

À l'international, les demandes en matière d'organisation de formations restent très fortes de la part de nombreux pays qui voient l'activité tunnels se développer, notamment dans les grandes métropoles pour lesquelles la voie souterraine est souvent la seule à même d'assurer les services de transport et le passage des réseaux. Depuis 2013, le CETU s'est ainsi impliqué dans l'animation du comité ITA-CET (*committee for education and training*) et dans son secré-

ariat technique et administratif. Et en 2014, 7 formations sur des domaines variés ont été déployées dans 5 pays, comme à Riyad sur la thématique « *Planning, Construction, Maintenance & rehabilitation of common utility tunnels* » et à Mexico pour « *Mechanised tunnelling; Thimphu (Bhutan): Conventional Tunnelling* ».

Enfin, et faisant suite à une demande de la MAUR (*Management Authority for Urban Railways* – maître d'ouvrage pour la ville de Ho Chi Minh – Vietnam), le PADDI (Centre de Prospective et d'Études Urbaines – organisme dépendant de la Région Rhône-Alpes) a organisé à Ho Chi Minh du 24 au 28 mars 2014 un atelier sur la « Conception et la construction d'ouvrages souterrains de transport » au cours duquel le CETU a pu faire part de son expérience.

Ces modes d'intervention divers et variés, tant à l'échelle nationale qu'au niveau international, permettent au CETU de jouer pleinement son rôle d'animation des milieux professionnels, de diffusion du savoir, de partage des connaissances et des bonnes pratiques.

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



École du Mas, à Firminy

REPÈRES 2014

ANIMATION DES RÉSEAUX EXPLOITANTS :

2 RÉUNIONS DU GTFE :

- les 5 et 6 juin à Marseille autour de la thématique économie d'énergie en éclairage
- les 6 et 7 novembre à Saint-Hippolyte avec pour atelier les obstacles latéraux en tunnel

RENCONTRES AVEC LES DIR :

- 2 réunions semestrielles avec la DIRCE, la DIRMC et la DIRIF,
- 1 réunion avec la DIRE, pour faire le point sur l'avancement du programme d'amélioration de la sécurité des tunnels et aborder des problématiques liées aux ouvrages souterrains sur le réseau routier national non concédé

RÉUNIONS DU COMITÉ TUNNELS :

- le 18 juin à Saint-Cirgues-en-Montagne (07) autour de la problématique de l'amélioration de la sécurité dans les tunnels de plus de 300 m, et des limitations de gabarit
- le 26 novembre à Bron sur le thème de l'éclairage et des économies d'énergie

FORMATION DES EXPLOITANTS :

- actions de formation sécurité-exploitation (exploitants, préfectures, pompiers), formation des opérateurs et des acteurs de l'exploitation des tunnels, formation spécifique sécurité des tunnels pour l'EPADESA

AUTRES ACTIONS DE FORMATION :

- enseignements dans les écoles et organismes du ministère (ENTPE, PFC, CVRH), écoles d'ingénieurs hors ministère et enseignement supérieur (INSA de Lyon, École Centrale Paris, université de Grenoble, POLYTECH'Grenoble, ENISE)

IMPLICATION FORTE DANS L'AFES :

- vice-présidence et secrétariat général de l'association, webmestre du site internet, participation au comité technique, pilotage et/ou contribution à de nombreux groupes de travail associant l'ensemble de la profession des souterrains

ÉCHANGES TECHNIQUES AVEC LA

PROFESSION : réunions techniques avec les intégrateurs pour les équipements, collaboration avec le cluster lumière pour les systèmes d'éclairage des tunnels ; participation au conseil d'administration et conseil scientifique de l'association Infrastructures Durables en Rhône-Alpes (INDURA), présidence de l'association et du comité technique de l'Asquapro (Association pour la QUALité de la PROjection des bétons) et lancement de la campagne expérimentale ASQUAPRO sur le fluage des bétons projetés fibrés

NORMALISATION ET RÉFÉREN-

TIELS TECHNIQUES : – pilotage du Référentiel tunnels et tranchées couvertes pour mettre à disposition des acteurs concernés un corpus de textes et de références visant à aider à la contractualisation des marchés publics ; – participation aux travaux de l'AFE (Association Française de l'Éclairage) ;

- participation aux commissions de normalisation « appels d'urgence », « lumière et éclairage », « ingénierie de la sécurité incendie », « réparation des ouvrages d'art » ;
- animation du groupe Expert Béton Fibré (GE BF) au sein de la commission P18B ;
- participation au Comité d'Orientation Stratégique « construction, urbanisme et cadre de vie »

AUTRES TYPES DE PARTENARIATS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES :

- avec les organismes du réseau scientifique et technique du MEDDE (IFSTAR, STRMTG, STAC, CEREMA, ENTPE, PST Rhône-Alpes « mobilité durable des biens et des personnes » : animation de l'Axe 3 « risques et résilience des systèmes de transport ») ;
- avec les organismes de l'enseignement supérieur et de la recherche (universités de Grenoble, du Mans, École Centrale de Lyon, INSA de Lyon...)

Être un acteur reconnu au niveau international

ITACET : la formation et le partage de la connaissance au niveau international



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

L'implication du CETU dans le comité ITA-CET de l'AITES s'est fortement consolidée en 2014. Au sein de ce comité dédié à la formation et à l'éducation, Michel Deffayet est à la fois vice-président et responsable des relations avec les pays membres. Le CETU assure également le secrétariat technique et administratif du comité.

Trois réunions ont eu lieu en 2014 : l'Assemblée Générale en mai à Iguazu (Brésil) lors du congrès de l'AITES et deux réunions du comité de pilotage à Lyon en janvier et en octobre. Ces réunions permettent de décider et mettre en place les actions stratégiques du comité ITA-CET dont la mission est le partage de la connaissance et la transmission du savoir-faire au sein de l'association.

Une des actions principales est naturellement la formation des pays membres pour laquelle le CETU participe activement. En 2014, huit formations ont été organisées dans six pays différents. Ces huit formations viennent se rajouter aux trente et une formations déjà données depuis la création du comité en 2009. La demande en formation est de plus en plus grande avec la croissance des pays émergents et leurs attentes pour des solutions souterraines de transport ou d'approvisionnement énergétique. À cela, se rajoute une demande naissante pour des formations sur des sujets très spécialisés tels que les pratiques contractuelles ou la simulation numérique. Pour répondre au mieux à l'ensemble de ces demandes, le comité ITA-CET entretient des liens étroits avec les WG et les autres comités de l'AITES avec qui les programmes sont mis au point.



La formation ITA-CET au congrès mondial de l'AITES au Brésil en mai 2014

La préparation des formations implique également le choix des conférenciers. Le secrétariat du Comité dispose d'une base de données d'intervenants internationaux régulièrement mise à jour. Par ce biais, le CETU entend favoriser l'implication des acteurs français du monde des travaux souterrains et ainsi étendre le rayonnement du savoir-faire de la profession.

Outre la formation des pays membres, les actions du comité ITA-CET concernent la formation des professionnels en lien avec ITAtech, les relations avec les universités, le développement de nouveaux outils didacticiels tels que les webinars et l'accréditation par ITA de formations spécialisées, comme c'est le cas pour le Mastère ENTPE-INSA.

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

Coorganisation du congrès ISTSS 2014



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

La 6^e conférence internationale ISTSS a rassemblé plus de 200 participants du monde entier à Marseille en mars 2014. Ces trois jours ont permis à ce large public constitué d'universitaires, bureaux d'études, experts, maîtres d'ouvrage et constructeurs de systèmes d'échanger autour des thématiques liées à la sécurité et à la sûreté dans les tunnels, quel que soit le mode de transport. Cette conférence s'est conclue par une visite technique de tunnel ouverte à une cinquantaine de conférenciers.

Le CETU partenaire de l'événement auprès de l'institut scientifique et technique suédois SP, organisateur de la conférence, a mobilisé son réseau afin d'offrir au public représenté l'opportunité de découvrir les ouvrages marseillais ainsi que les pratiques françaises en matière d'exploitation de tunnels.

Deux ateliers ont été conçus avec le concours de la communauté urbaine de Marseille (CUMPM) et la SMTPC, exploitant des tunnels Prado-Carénage et Prado-Sud. Ils ont été consacrés à la visite d'ouvrages (tunnel de la Joliette exploitée par la CUMPM et tunnel Prado-Sud), à la présentation des centres de gestion des tunnels de la CUMPM et de SMTPC ainsi qu'aux méthodes innovantes de formation des opérateurs par la présentation du simulateur SIMPRADO de la SMTPC.

Cette visite technique, très appréciée des participants, a été incontestablement un temps fort de cette 6^e édition.

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

Mission d'expertise Ventilation et Sécurité au Brésil



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

Suite à une mission d'expertise réalisée fin 2013 dans l'état de São Paulo au Brésil, le CETU a de nouveau été sollicité dans le cadre de grands projets autoroutiers comprenant un linéaire de tunnels important. Le pôle Ventilation et Environnement a réalisé pour le maître d'ouvrage DERSA une mission de contrôle extérieur de la conception des systèmes de ventilation de plusieurs ouvrages : une série de tunnels autoroutiers situés sur la future rocade nord de São Paulo, et le tunnel immergé Santos-Guaruja. Ce dernier permettra de remplacer les ferries assurant la liaison entre les deux rives du chenal d'accès au plus grand port d'Amérique latine, ce qui optimisera le temps de parcours et supprimera le risque de collision avec les cargos. Cette mission a couplé des simulations réalisées avec le logiciel CAMATT et une analyse des conditions d'exploitation prévues, afin d'évaluer l'adéquation des systèmes projetés au trafic attendu dans ces ouvrages.

Contact : antoine.mos@developpement-durable.gouv.fr



Vue du chenal d'accès au port de Santos (Brésil), à l'emplacement du futur tunnel immergé

L'ACTIVITÉ INTERNATIONALE, UN LEVIER STRATÉGIQUE POUR LE CETU POUR FAIRE PARTAGER LES POSITIONS FRANÇAISES ET DIFFUSER LE SAVOIR-FAIRE NATIONAL AU-DELÀ DES FRONTIÈRES :

- au travers d'actions à caractère institutionnel pour lesquelles le service est appelé à représenter l'État français,
- au travers du rôle du CETU d'animateur des réseaux, sous l'égide de l'AIPCR et de l'AITES,
- au travers des actions de diffusion des connaissances, par la formation des milieux professionnels et les publications à l'international,
- par l'appui ponctuel à des actions d'ingénierie à l'étranger.

REPÈRES 2014

ACTIONS À CARACTÈRE INSTITUTIONNEL : participation au Comité européen de la sécurité des tunnels routiers créé par la directive 2004/54/CE ; participation aux comités de sécurité des tunnels binationaux (présidence de Tende, secrétariat technique pour le Mont-Blanc et le Fréjus, membre ou expert pour le Mont-Blanc, le Fréjus, le Somport, la Manche, LTF) ; contribution au *Work stream on tunnel safety* et organisation d'une réunion au CETU (représentants des administrations routières des Pays-Bas, du Royaume-Uni, de la région Flandres de Belgique et de la France)

AIPCR : SECRÉTARIAT FRANCOPHONE DU COMITÉ DE L'EXPLOITATION DES TUNNELS ROUTIERS et animation d'un sous groupe en charge de l'élaboration d'une recommandation de l'AIPCR portant sur la mise en œuvre des directives « tunnels routiers » et « sécurité routière »

en liaison avec la Commission Européenne

Contribution aux **GROUPES DE TRAVAIL DE L'AIPCR** sur le cycle 2012-2015 : animateur et expert pour les WG1 (*Sustainable road tunnel operation*) et WG3 (*Interaction with user*) ; expert pour les WG2 (*Feedback from experience*), WG4 (*Fire safety*) et WG5 (*Complex underground road networks*)

Contribution aux **GROUPES DE TRAVAIL DE L'ITA** : comité ITA-COSUF dédié à la sécurité de l'ensemble des tunnels qu'ils soient routiers ou ferroviaires à travers la participation du CETU aux groupes de travail et au *Steering Board* ; comité ITA-CET dédié à la formation à travers la prise en charge par le CETU de la vice-présidence du comité, la mise en place des secrétariats technique et administratif du comité au sein du CETU et l'animation des relations avec les pays membres

NORMALISATION : participation aux travaux de la Commission Internationale de l'Éclairage, contribution à différents groupes de travail du CEN (sur les bétons, l'ingénierie de la sécurité incendie, le désenfumage) et aux travaux de la commission sur les vibrations et chocs mécaniques de l'AFNOR

RELATIONS BILATÉRALES : accueil de délégations étrangères, 26^e colloque Franco-Suisse (CEREMA)

EXPERTISES SUR PROJETS : missions d'appui et d'expertises : poursuite de la mission d'assistance sur les questions de ventilation dans les tunnels du contournement de São Paulo au Brésil, expertises sur les coûts et la sécurité (projet Lyon-Turin Ferroviaire)

RAYONNEMENT ET DIFFUSION DES CONNAISSANCES : participation aux conférences majeures de la profession (événements AIPCR

et AITES, ISTSS, Fire in Vehicles, TRA, ATEC-ITS...) ; intervention de deux experts à Ho Chi Minh-ville, au Vietnam, pour un atelier d'une semaine à l'intention de la MAUR, service chargé de la maîtrise d'ouvrages de plusieurs lignes de métro, atelier dont le thème était « la conception et la construction d'ouvrages souterrains de transport en milieu urbain » ; cet atelier s'est déroulé sous forme d'une formation-action et a rassemblé 41 participants de la maîtrise d'ouvrage

La mise en place en mai 2014 d'une **MISSION D'APPUI AUX ACTIONS INTERNATIONALES** : au sein du CETU a permis d'apporter une dynamique nouvelle à toutes ces actions

Les publications

DOCUMENTS ET NOTES D'INFORMATION

- Exigences de comportement au feu des procédés de traitement des venues d'eau, note d'information n° 25, février 2014, 5 p.
- Les fonctions de sécurité des tunnels routiers et les systèmes associés, note d'information n° 23, parution juillet 2014, 10 p.
- Retransmission des radiocommunications en tunnel routier, note d'information n° 24, parution juillet 2014, 11 p.

THÈSE

- **TRAN MANH (H.)**, Comportement des tunnels en terrain poussant, thèse de doctorat de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, décembre 2014, 188 p.

RAPPORT DE RECHERCHE

- **KUBWIMANA (T.)**, L'aérodynamique externe des tunnels - Modélisations expérimentales et numériques de l'effet du vent sur une tête de tunnel, octobre 2014, 45 p.
- Évaluation de l'axe stratégique de recherche et de doctrine n° 1 « Incendie en tunnel : physique et mesures techniques de sécurité », rapport de synthèse, novembre 2014, 32 p.

DOCUMENTS PRODUITS AVEC UNE FORTE PARTICIPATION DU CETU

- Technologie du boulonnage - Recommandation de l'AFTES n° GT6R4F1, Tunnels et Espace Souterrain, n° 241, janv.-fév. 2014, pp. 14-31
- Reconnaissances à l'avancement pour les tunneliers - Recommandation de l'AFTES n° GT24R2F1, Tunnels et Espace Souterrain, n° 242, mars-avr. 2014, pp. 94-131
- Commission nationale d'évaluation de la sécurité des ouvrages routiers, Bilan et principaux enseignements des dossiers examinés sur la période 2009-2012, 2014, 74 p.
- Fascicule technique ASQUAPRO : Utilisation des bétons projetés fibrés pour la réparation et le renforcement des structures, octobre 2014
- Lay bys and protection against lateral obstacles - situation in various countries, comité technique AIPCR C 3.3 « Exploitation des tunnels routiers », novembre 2014, 39 p.
- Mercuriale de prix de réparation des ouvrages d'art (ponts et tunnels) : méthodologie adoptée - support du futur site internet dédié, décembre 2014, 39 p.
- Le grand livre des bétons, Éditions Le Moniteur, sous la direction de D'ALOIA-SCHARTZENTRUBER (L.) et TORRENTI (J.-P.), décembre 2014, 453 p.

ARTICLES ET COMMUNICATIONS À DES CONFÉRENCES

- ROBERT (F.), Mise en service de la Liaison Nord de Dijon, Tunnels et Espace Souterrain, n° 241, janv.-fév. 2014. pp. 51-63
- 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, publié en ligne en janvier 2014, 12 p.
- BERNAGAUD (C.), BURKHART (J.-F.), VIDAL (B.) et autres, Observations du ratio $[NO_2]/[NO_x]$ en tunnel routier, Pollution atmosphérique, n° 221, janv.-mars 2014, 9 p.
- HERMOUET (F.), PONTICQ (X.) et autres, Methodology for predicting the thermal degradation of polymers used in road vehicle under fire related conditions, 11th International Symposium on Fire Safety Science, University of Canterbury, New Zealand, 10-14 février 2014, poster
- HERMOUET (F.), PONTICQ (X.), et autres, Development of an experimental design methodology adapted to Controlled Atmosphere Cone Calorimeter in order to evaluate the thermal degradation of solid materials in the context of tunnel fires, 6th ISTSS, Marseille, 12-14 mars 2014, pp. 185-194
- MOS (A.) et autres, The influence of source characteristics and heat losses on the upwind flow of smoke in a longitudinally ventilated tunnel: experiments and numerical simulations, 6th ISTSS, Marseille, 12-14 mars 2014, pp. 325-333
- PIMIENTA (P.), MOREAU (B.), LARIVE (C.) et autres, On site risk assessment of concrete spalling in tunnel by means of a mobile oil-fired furnace, 6th ISTSS, Marseille, 12-14 mars 2014, pp. 523-532
- VAN HULLE (P.), MOREAU (B.), MOS (A.) et autres, Fire safety of underground structures of "La Défense" in Paris, 6th ISTSS, Marseille, 12-14 mars 2014, pp. 533-542
- WILLMANN (C.), Feedback on incidents and fire in French road tunnels, 6th ISTSS, Marseille, 12-14 mars 2014, pp. 659-660
- HUMBERT (E.), ROBERT (A.), HAMAIDE (G.), Assessing risks as soon as the preliminary studies: The example of the tunnels of a new railway line in the south of France, 40th ITA-AITES World Tunnel Congress, Iguassu Falls (Brésil), 9 -15 mai 2014, 7 p.
- LARIVE (C.), CHAMOLEY (D.) et autres, ECOMINT - Waterproofing tunnels by thin shells, 40th ITA-AITES World Tunnel Congress, Iguassu Falls (Brésil), 9-15 mai 2014, 8 p.
- TRAN MANH (H.), SULEM (J.), SUBRIN (D.), Analysis of the geotechnical data monitored during Saint-Martin-la-Porte access gallery excavation, Eurock 2014, Vigo (Espagne), 27-29 mai 2014, 6 p.
- TRAN MANH (H.), SULEM (J.), SUBRIN (D.), Analyse des résultats d'auscultation de la descenderie de Saint-Martin-la-Porte, Journées nationales de Géologie et de Géotechnique, La Salle Beauvais, 8-10 juillet 2014, 11 p.
- VIDAL (B.), BERNAGAUD (C.), BURKHART (J.-F.) et autres, Nitrogen Oxides and Particles Matter Levels in the Tunnels of the Ile-de-France Motorways Network, 20th International Transport and Air Pollution Conference, Graz (Autriche), 18-19 septembre 2014, 17 p.
- SUBRIN (D.), MERAKEB (D.), Recommandations du GT16 de l'AFTES pour la prise en compte des effets induits par le creusement sur les constructions avoisinantes, Congrès international de l'AFTES « Tunnels et Espace souterrain : risques et opportunités », Lyon, 13-15 octobre 2014, 9 p.
- D'ALOIA SCHWARTZENTRUBER (L.), DEFFAYET (M.), Comment les enjeux de développement durable peuvent-ils être pris en compte dans le processus de décision des projets?, Congrès international de l'AFTES « Tunnels et Espace souterrain : risques et opportunités », Lyon, 13-15 octobre 2014, 9 p.
- HUMBERT (E.), HAMAIDE (G.), ROBERT (A.), Premier bilan de l'évolution du processus de management du risque dans les projets souterrains depuis 10 ans, Congrès international de l'AFTES « Tunnels et Espace souterrain : risques et opportunités », Lyon, 13-15 octobre 2014, 7 p.
- HAMAIDE (G.), ROBERT (F.), HUMBERT (E.), RABIER (M.), Estimation du coût des tunnels, Congrès international de l'AFTES « Tunnels et Espace souterrain : risques et opportunités », Lyon, 13-15 octobre 2014, 9 p.
- GAILLARD (C.), KASPERSKI (J.), Comment le management des risques permet-il de consolider le modèle géologique? Le cas du projet de Ponsérand, Congrès international de l'AFTES « Tunnels et Espace souterrain : risques et opportunités », Lyon, 13-15 octobre 2014, 9 p. / article paru en ligne sur le site de la revue "Bulletin of Engineering Geology and the Environment", octobre 2014, 11 p.
- HAMAIDE (G.), Introduction au guide d'application du fascicule 69 du CCTG Travaux, Congrès international de l'AFTES « Tunnels et Espace souterrain : risques et opportunités », Lyon, 13-15 octobre 2014, 9 p.
- SERGI (P.), FEMELAND (M.), HAMAIDE (G.), Guide de bonnes pratiques en sécurité et protection de la santé lors de travaux souterrains, Congrès international de l'AFTES « Tunnels et Espace souterrain : risques et opportunités », Lyon, 13-15 octobre 2014, 9 p.
- MAZZOLENI (G.), Étanchéité des ouvrages souterrains - révision du fascicule 67 titre III -, Congrès international de l'AFTES « Tunnels et Espace souterrain : risques et opportunités », Lyon, 13-15 oct. 2014, 10 p.
- ROBERT (F.), CHAMEROIS (Y.), HAMAIDE (G.), QUINET (M.), Liaison Nord de Dijon : le management des risques dans la conception du tunnel de Talant, Congrès international de l'AFTES « Tunnels et Espace souterrain : risques et opportunités », Lyon, 13-15 octobre 2014, 9 p.
- PREA (A.), HAMAIDE (G.), HUMBERT (E.), ROBERT (A.), La Ligne Nouvelle Provence Côte d'Azur (LNPCA): exemple d'application du processus de management du risque dès les études préliminaires, Congrès international de l'AFTES « Tunnels et Espace souterrain : risques et opportunités », Lyon, 13-15 octobre 2014, 10 p.
- LARIVE (C.), CHAMOLEY (D.), et autres, ECOMINT - Étanchéité par Coques Minces en Tunnels, Congrès international de l'AFTES « Tunnels et Espace souterrain : risques et opportunités », Lyon, 13-15 octobre 2014, 11 p. / La Technique Française du Béton, AFGC (en ligne)
- DUTILLOY (P.), VANNIERE (O.), BOUTEILE (S.), Direction Interdépartementale des Routes Centre-Est : Mise en sécurité de 3 ouvrages, Tunnels et Espace Souterrain, n° 245, sept.-oct. 2014, pp. 421-432
- LARIVE (C.), Zoom sur les activités du comité technique de l'ASQUAPRO, Tunnels et Espace Souterrain, n° 245, sept.-oct. 2014, pp. 455-456

Les publications

DOCUMENTS INTERNES

Rapports de stage :

- LEDROIT (J.-R.), Expérimentation de Fontain - Méthodologie d'évaluation économique d'un système d'éclairage, rapport de PES de l'ENTE, juin 2014, 33 p.
- MONIER (F.), Étude de construction des gares souterraines, rapport de Projet de Fin d'Études, ENISE, juin 2014, 25 p. + annexes
- OUABI (A.), Quantification des risques géologiques et géotechniques dans les ouvrages souterrains de la LN PCA, mémoire du projet de Master Génie Civil, EPFL, juin 2014, 137 p.
- DHAINE (A.), Gestion et Emploi des Matériaux Excavés (GEME), rapport de stage de Master II - Génie civil spécialité Structures, UCBL1, juillet 2014, 45 p.
- HENNEBOIS (M.), Application de l'analyse du cycle de vie à l'étude de variantes de tracés ferroviaires, Rapport de TFE de l'ENTPE (confidentiel), juillet 2014, 97 p.
- RODRIGUEZ SANCHEZ (I.), Analyse du cycle de vie du creusement au tunnelier - La collecte de données, TFE 5^e année INSA, août 2014, 73 p.
- GENNADE (J.), Étude numérique du comportement au feu d'une structure souterraine en béton armé, rapport de stage de fin d'étude, ISMANS, septembre 2014, 52 p.

Notes techniques :

- KASPERSKI (J.), Talus rocheux d'accès aux têtes de tunnel - Méthodologie de dimensionnement et estimation des coûts, janvier 2014, 24 p.
- KASPERSKI (J.), Management des risques - REX tunnel de Thuès, janvier 2014, 34 p.
- PERU (Y.), Retour d'expérience du creusement à l'explosif du tunnel de Chabrières, janvier 2014, 28 p.
- VIDAL(B.), Synthèse de l'exploitation des données issues des détecteurs des exploitants. Tunnels du Landy, de Champigny et de Nogent (Période du 14 au 21 mars 2014), mars 2014, 10 p.
- MANUGUERRA (T.), Note sur l'état des connaissances des économies d'énergie liées à une meilleure utilisation et commande de l'éclairage, avril 2014, 2 p.
- BIGOU (L.), ESCOFFIER (M.), Séquencement spatial et temporel pour l'activation des dispositions de sécurité en cas d'incendie, note d'étape, avril 2014, 35 p.
- BERNAGAUD (C.), Essai de ventilation dans le tunnel Guy Môquet - Efficacité de la ventilation sanitaire en système longitudinal, mai 2014, 18 p.
- GAILLARD (C.), PANIGONI (T.), Cahier des charges pour le développement d'un logiciel-métier pour le suivi et l'exploitation des vibrations mesurées sur chantier, juillet 2014, 28 p.
- BERNAGAUD (C.), Comparaison de mesures de pollution : mesures fixes vs mesures embarquées dans le tunnel de Bobigny, septembre 2014, 8 p.
- KASPERSKI (J.), Amiante et travaux souterrains, note de synthèse, septembre 2014, 29 p.
- ESCOFFIER (M.), Principe de fonctionnement des dispositifs de fermeture des tunnels - Résultats d'enquête, novembre 2014, 23 p.
- ESCOFFIER (M.), Traitement des obstacles latéraux en tunnel - « Diagnostic de situation » : Modalités d'application du guide SETRA, novembre 2014, 18 p.
- BERNAGAUD (C.), Environnement et santé (ARD 2.4), note - bilan interne, décembre 2014, 13p.
- KASPERSKI (J.), Acquisitions scanner-laser et photographiques - Tunnels de Saint-Béat et de Chabrières, décembre 2014, 15 p.
- PANNETIER (T.), Outils de calculs internes pour le dimensionnement des structures (calcul des sollicitations exercées par le terrain, justification des sections béton non armé, béton armé et béton pré-contraint), 2014.



Centre d'Études des Tunnels
25 avenue François Mitterrand
Case n°1
69674 BRON - FRANCE
Tél. 33 (0)4 72 14 34 00
Fax. 33 (0)4 72 14 34 30
cetu@developpement-durable.gouv.fr

