



**BENELUX  
CHAPTER**

**15 ans d'études et recherches au CETU...**  
**... sur les incendies en tunnel routier**  
**... sur la gestion du patrimoine**  
**et la politique d'exploitation des**  
**tunnels routiers**

Eric PREMAT, Directeur Adjoint du CETU

4th SFPE Seminar on Fire Safety in tunnels and underground infrastructures  
Brussels, 7 January 2015



Ministère  
de l'Écologie,  
du Développement  
durable  
et de l'Énergie

Centre d'Études des Tunnels

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

# Sommaire

1. Le CETU
2. Incendies en tunnel routier
3. Gestion de patrimoine et politique d'exploitation des tunnels routiers
4. Conclusions et perspectives



# 1. Le CETU

- ✓ **Service Technique Central** créé le 31/12/1970, rattaché au Directeur Général des Infrastructures, des Transports et de la Mer
- ✓ Un champ d'intervention qui couvre la **France entière**



# 1. Le CETU

- ✓ L'activité du CETU couvre **l'ensemble du champ des tunnels** :
  - depuis la faisabilité
  - les techniques de creusement
  - les problématiques de génie civil



# 1. Le CETU

... jusqu'à la sécurité, les équipements, les méthodes d'exploitation et la gestion du patrimoine



# 1. Le CETU

- Historiquement ancré dans le domaine routier, le CETU développe ses interventions dans les domaines ferroviaire et des transports guidés

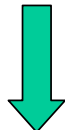


# 1. Le CETU

## ✓ Les missions

- Élaboration de référentiels techniques et réglementaires
- Aide à la mise en oeuvre de la réglementation
- Capitalisation des connaissances
- Diffusion
- Animation des milieux professionnels

Centre d'expertise et de ressources



Conseil RRN

soutien aux collectivités  
territoriales

expertise au service  
de la profession



BENELUX  
CHAPTER



**DIRECTEUR**  
Michel DEFFAYET

**DIRECTEUR ADJOINT**  
Éric PREMAT

**DIRECTEUR DE LA RECHERCHE**  
?

**Secrétariat de direction**  
S. PUTZOLA

## SECRÉTARIAT GÉNÉRAL

Cécile LANDRU

| Personnel                                | Moyens généraux | Unité informatique et bureautique | Comptabilité Marchés publics | Documentation | Gestion        |
|------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------|----------------|
| L. JARNIEUX                              | A. MONDRAGON    | L. BEAUJEU                        | M. SULPIZIO                  | A. EMERY      | N. ROCHET      |
| J. TABOURET                              | V. KANMAZ       | ?                                 | H. VICENTE                   | Appui actions | nternationales |
| L. KHAMALLAH                             | Y. MORIVAL      | Appui                             | Communication-Formation      | K. BOULARD    |                |
| Bureau d'ordre : B. BREDILLET- L. PRIEUX |                 | Secrétariats de pôles             | D. BERTHOLLET-DOMINGUES      |               |                |
| Logistique et véhicules : J. MICHELET    |                 | S. BILLOTTET                      |                              |               |                |

## CHARGES DE MISSION

| Avis et contrôle externe | Animation transversale et correspondants |
|--------------------------|------------------------------------------|
| Équipements              | Appui technique et grands projets        |
| JC. MARTIN               | O. VANNIERE                              |
| Génie civil              | Suivi programme rénovation               |
| G. HAMAIDE               | F. PILLANT                               |
| Gestion de l'ingénierie  | Développement durable                    |
| G. MAZZOLENI             | L. D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER              |
| Pool dessin              | AFTES                                    |
| G. BREDILLET             | A. MERCUSOT                              |
| A. EID                   |                                          |

**POLE PROCEDES DE CONSTRUCTION**  
**MARCHES ET EXECUTION**  
Florent ROBERT

N. BAJARD  
C. CABUT  
A. MERCUSOT  
M. RABIER  
A. RALLU  
S. ZAPPELLI

**POLE GEOLOGIE, GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT**  
Didier SUBRIN

C. GAILLARD  
E. HUMBERT  
J. KASPERSKI  
T. PANIGONI  
Y. PERU

**POLE MATERIAUX, STRUCTURES ET VIE DE L'OUVRAGE**  
Catherine LARIVE  
D. CHAMOLEY

L. D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER  
B. MOREAU  
F. PAILLETTE  
T. PANNETIER  
Centrale d'inspection  
C. BOULOGNE  
P. ASSEY  
C. CORBILLON  
R. DIZIER  
S. DULOUNG

**POLE VENTILATION ET ENVIRONNEMENT**  
Jean-François BURKHART

C. BERNAGAUD  
J. GUIVARCH  
JP. GRAND  
T. KUBWIMANA  
A. MOS  
E. OWCZAREK  
X. PONTICQ  
B. VIDAL

**POLE SECURITE**  
Marc TESSON

M. ESCOFFIER  
MN. MARSAULT  
M. POTIER  
F. VINCENT  
C. WILLMANN

**POLE EXPLOITATION**  
Hélène MONGEOT

V. AURAND  
S. BENICHOU  
N. FURMANEK  
J.R. LEDROIT  
E. MARANO  
C. SESCOAFO

**POLE EQUIPEMENTS ELECTRIQUES ET DE GESTION**  
Thierry MANUGUERRA

L. AUBERT  
C. BANOS  
B. BLATTNER  
E. CHARLES  
JF. PFEIFER  
P. PIGEON  
A. THIOUN

**Secrétariat**  
A. KOBOYAN

**Secrétariat**  
M. PALLE

**Secrétariat**  
G. CHATAIN

25, avenue F. Mitterrand – case n°1 -69674 BRON cedex  
Tél : 04 72 14 34 00 - [www.cetu@developpement-durable.gouv.fr](http://www.cetu@developpement-durable.gouv.fr)

85 personnes, 41 ingénieurs dont 13 PhD

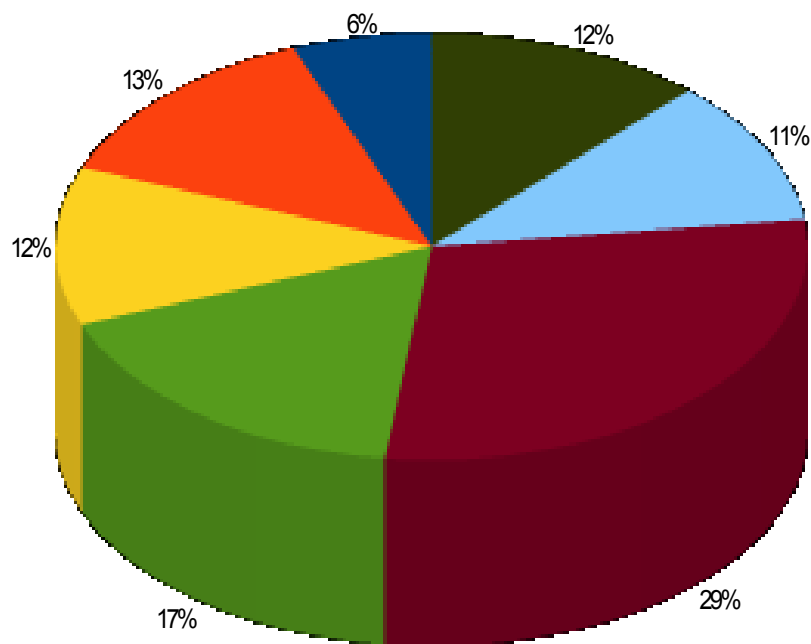
4th SFPE Seminar on Fire Safety in tunnels and underground infrastructures

Brussels, 7 January 2015



BENELUX  
CHAPTER

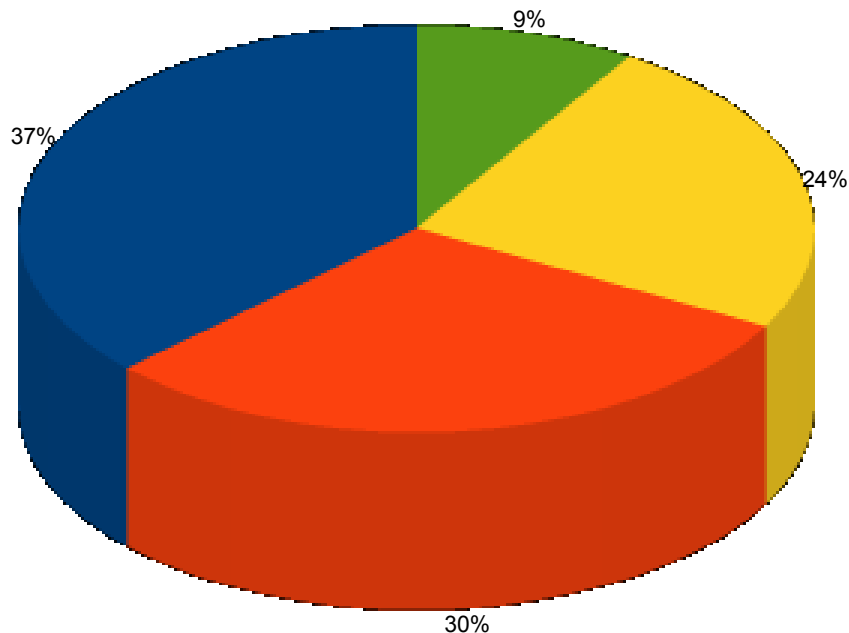
# 1. Le CETU



- Géologie/Géotechnique
- Matériaux/Structures
- Montage d'opérations
- Sécurité des tunnels
- Ventilation/ Environnement
- Équipements
- Exploitation des ouvrages souterrains



# 1. Le CETU



■ Assistance, études et expertises

■ recherche, développement, innovation, veille et prospective

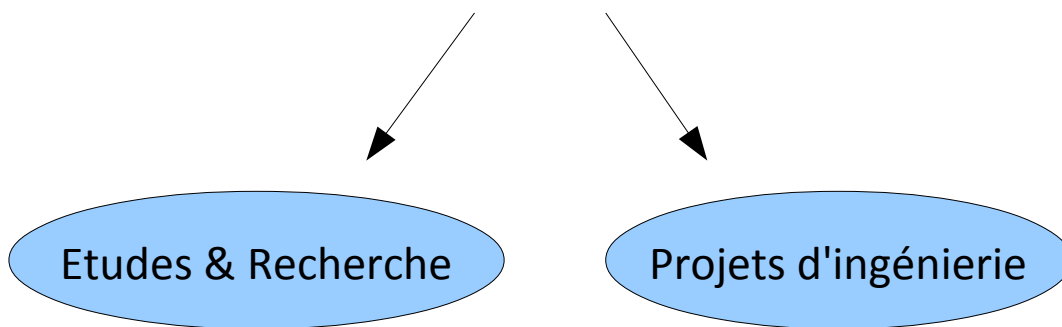
■ animation de réseaux, développement des compétences, diffusion et capitalisation des connaissances

■ normalisation, réglementation, certification

# 1. Le CETU

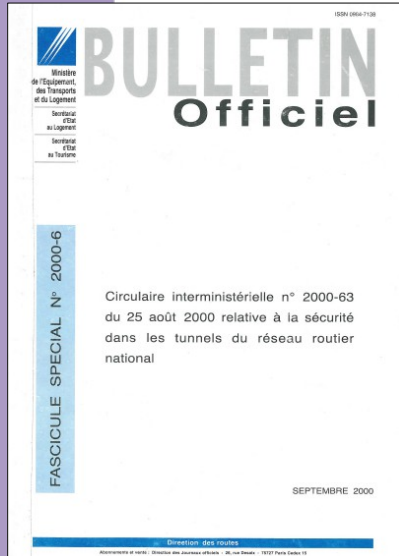
## Six préoccupations majeures

- ✓ Incendie en tunnel
- ✓ Environnement et Développement Durable
- ✓ Facteurs humains et organisationnels
- ✓ Gestion de patrimoine et politique d'exploitation
- ✓ Risques techniques, coûts et délais
- ✓ Risques en exploitation



# 1. Le CETU

Une activité d'élaboration de la réglementation, de recherche et de doctrine



# 1. Le CETU

## Des missions d'ingénierie et expertise

- ✓ Le CETU est le service de l'État sur lequel peuvent s'appuyer les **services déconcentrés du MEDDE** (DREAL, DIR)
  - tunnels en construction : tube sud du tunnel de Toulon, tunnel de Talant, tunnel de St Bât...
  - ✓ tunnels en rénovation : 22 tunnels en Ile-de-France, tunnel de la Grand-Mare à Rouen...
  - inspection de tunnels
- ✓ Le CETU intervient aussi pour les **collectivités locales et tiers**
  - tunnel du Chat (CG73), tramway de Viroflay...
  - creusement de la galerie de sécurité du Fréjus...
- ✓ Le CETU est impliqué dans de nombreux **partenariats** avec la profession, au niveau **national et international**

# 1. Le CETU

| Scope               |                     | Regional / National                               | European / International                                               |
|---------------------|---------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                     | Civil               | AFTES                                             | AITES                                                                  |
|                     | Operation<br>Safety | GTFE                                              | AIPCR                                                                  |
|                     |                     |                                                   | COSUF                                                                  |
|                     |                     |                                                   | Workstream                                                             |
|                     |                     | <i>CNESOR</i><br><i>Safety Committees</i>         | <i>EC : road tunnel safety</i><br><i>ERA : revision of TSI Tunnels</i> |
|                     | All<br>aspects      | Tunnel Committee of<br>"Départements" Association | ITACET                                                                 |
| Specific techniques |                     | Asquapro, Technical                               | CIE, CEN, RILEM, ...                                                   |
| More general        |                     | PST RA<br>Indura                                  |                                                                        |





Ministère  
de l'Écologie,  
du Développement  
durable  
et de l'Énergie



BENELUX  
CHAPTER

# 2. Incendies en tunnel

## ✓ Contexte

- L'incendie en tunnel : une préoccupation importante mais sans doute sous-estimée par le passé
- Une priorité depuis 1999 : prise de conscience des spécificités de l'incendie en tunnel
- Dangers pour les personnes :
  - Fumées : propagation rapide, effet de surprise
  - Défaillances de structures : inondation, chute d'éléments, endommagement d'ouvrages voisins, mise hors service d'équipements essentiels
  - Chaleur : surtout problématique pour les secours



# 2. Incendies en tunnel

## ✓ Besoins - attentes

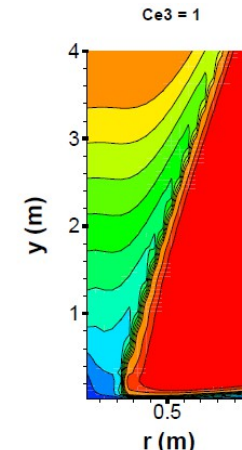
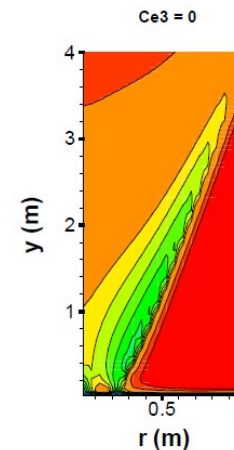
- Outils méthodologiques pour des domaines techniques complexes pour
  - modéliser les incendies
  - diagnostiquer la résistance des structures existantes
  - concevoir des structures neuves résistantes au feu
  - développer des systèmes fixes de lutte contre l'incendie, etc.
- « Certification » de matériels et de process
- Animation thématique, production de connaissances fondamentales



# 2. Incendies en tunnel

## ✓ La recherche au CETU en sécurité incendie

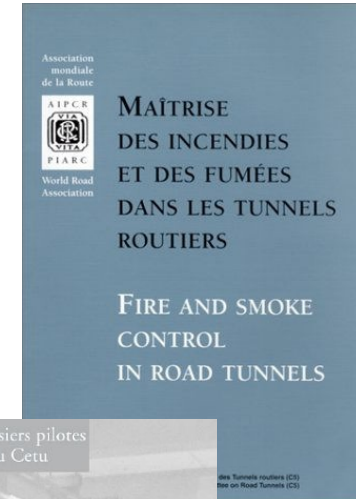
- Formalisée dans les années 1990
- Deux « thèmes prioritaires de recherche » puis axe n°1 depuis 2010 : « *Incendie en tunnel : physique et mesures techniques de sécurité* »
- Travaux académiques avant 2010 :
  - Évaluation des puissances d'incendie
  - Compréhension des phénomènes : propagation des fumées, stratification
  - Modélisation 1D et 3D (premier code 3D en 1992–1993)
  - 7 thèses soutenues : modélisation de la propagation des fumées, étude de la stratification



# 2. Incendies en tunnel

## ✓ Éléments de doctrine avant 2010

- Rapport AIPCR de 1999 « Maîtrise des incendies et des fumées en tunnel routier »
- Dossier pilote ventilation (2003)
- Guide du comportement au feu (2005)



## ✓ Projets européens

UPTUN, DARTS, Virtual Fires, Safe T, FIT...



## 2. Incendies en tunnel

### ✓ L'axe de recherche stratégique n°1 depuis 2010

→ Comprendre les phénomènes physiques en jeu lors d'un incendie et mettre au point des mesures techniques de sécurité

#### ✓ 3 Actions de Recherche et Doctrine :

- 1.1 : dynamique du feu, systèmes fixes de lutte contre l'incendie
- 1.2 : évaluation des conditions ambiantes, optimisation du désenfumage
- 1.3 : résistance au feu des structures

✓



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère  
de l'Écologie,  
du Développement  
durable  
et de l'Énergie



BENELUX  
CHAPTER

## 2. Incendies en tunnel

### ✓ **ARD 1.1 Dynamique du feu, systèmes fixes de lutte contre l'incendie**

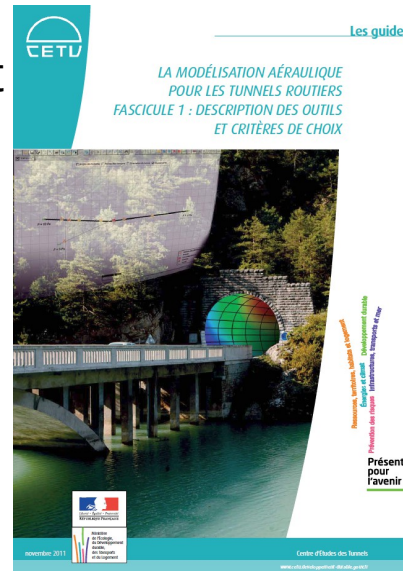
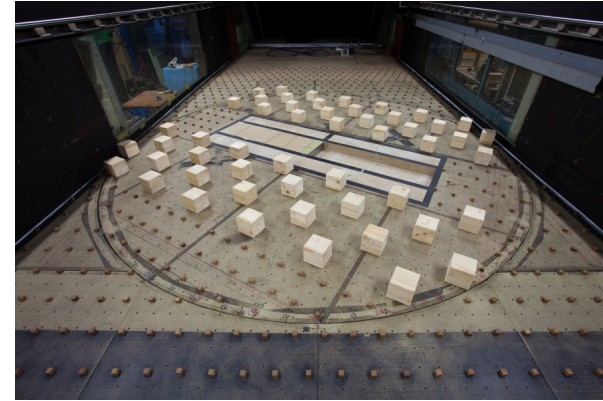
- Dynamique du feu
  - Connaissances nécessaires pour progresser sur les SFLI, la propagation du feu, etc.
  - Thèse lancée en 2012 en partenariat avec le LNE et l'Institut PPRIME : dégradation thermique des matériaux, approche multi-échelles
- Systèmes fixes de lutte contre l'incendie
  - Sujets en cours sur la dynamique du feu
  - Échanges internationaux (AIPCR), suivi d'essais...



# 2. Incendies en tunnel

## ✓ ARD 1.2 Évaluation des conditions ambiantes, désenfumage

- Aérodynamique externe des tunnels : approche expérimentale et numérique pour la qualification des outils CFD
- Incendie en tunnel : études sur maquette en partenariat avec l'École Centrale de Lyon
- Doctrine : Guide de la modélisation aéraulique



# 2. Incendies en tunnel

## ✓ ARD 1.3 Résistance au feu des structures

- Outils et méthodes de calcul :
  - Publication des compléments au Guide du comportement au feu (calcul G3, ISI)
  - Programmation de la commande feu sous ST1
- Compréhension et modélisation de l'écaillage :
  - Évaluation de méthodes d'essai
  - Thèse : modélisation éléments finis
  - Développement d'un four mobile
- Solutions de protection
  - Guide des protections passives
  - Catalogues des protections et des chantiers de référence



# 2. Incendies en tunnel

## ✓ Applications des résultats des travaux

- Nombreux projets
- Voies couvertes de la Défense :
  - Aérodynamique externe
  - Résistance au feu
  - Ingénierie de la sécurité incendie
- Rénovation des tunnels DIRIF :
  - Protection au feu
  - Ingénierie de la sécurité incendie
- T. de la Grand-Mare (Rouen) :
  - Conception de solutions de désenfumage
- L2 Marseille, Toulon, etc.





Ministère  
de l'Écologie,  
du Développement  
durable  
et de l'Énergie



BENELUX  
CHAPTER

# 3. Gestion de patrimoine – politique d'exploitation

## ➤ Contexte

De 2000 à 2008, **nouvelles réglementations** pour la **sécurité** dans les tunnels routiers, au niveau français et européen

→ **Mise en conformité** des tunnels routiers

→ équipements plus nombreux, plus complexes, plus énergivores, plus « vitaux », et de durées de vie variables

## Les besoins

- Une **nouvelle réglementation** pour la **surveillance et l'entretien** des tunnels
- Un **outil** adapté pour suivre la mise en œuvre de cette nouvelle réglementation
- Une étude des **besoins budgétaires** pour le maintien de l'usage des tunnels

➔ **ARD 4.1**

# 3. Gestion de patrimoine – politique d'exploitation

- **Transfert** d'environ 2/3 des routes nationales suite à la loi de décentralisation du 13 août 2004 et au décret du 6 décembre 2005 définissant le réseau principal structurant
- **Réorganisation** des services de l'état, avec la création des DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) entre mars 2009 et janvier 2011 et des DDT (Directions Départementales des Territoires) le 1<sup>er</sup> janvier 2010

## Les besoins

- Une bonne **connaissance du patrimoine** et de son **état**, sur le RRN-NC en particulier, voire au-delà

➔ **ARD 4.2**

- Une analyse et une formalisation des **retours d'expérience** dans des documents méthodologiques utiles à tout maître d'ouvrage

Une démarche d'**évaluation de nouvelles technologies**

➔ **ARD 4.3**

# 3. Gestion de patrimoine – politique d'exploitation

## Axe 4 : 3 principales orientations de travail

**ARD 4.1 Définition d'une politique de gestion et d'exploitation des tunnels routiers de l'État (réglementation surveillance & entretien, budgets)**

**ARD 4.2 Connaissance et évaluation du patrimoine des tunnels routiers de l'État (état, valeur, observatoire)**

**ARD 4.3 Optimisation du suivi et de la conception des tunnels routiers (inspection, entretien, REX, innovation)**

# Productions liées aux besoins réglementaires et budgétaires (ARD 4.1)

| CETU                                                                              | CETU                | CETU                | CETU                | CETU                | CETU                | CETU                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
|  | <p>INSPECTION</p>   |                     | <p>INSPECTION</p>   | <p>RÉFÉRENCES</p>   | <p>CON</p>          | <p>CON</p>           |
| <p>Liberté<br/>RÉPUBLIQUE</p>                                                     | <p>octobre 2012</p> | <p>octobre 2012</p> | <p>octobre 2012</p> | <p>octobre 2012</p> | <p>octobre 2012</p> | <p>décembre 2013</p> |



Direction technique  
Infrastructures de transport et matériaux

## Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art

### Fascicule 1 – Dossier d'ouvrage

Novembre 2014




**SFPE**  
Engineering A Fire Safe World

**BENELUX CHAPTER**

# Productions liées aux **besoins réglementaires** et budgétaires (ARD 4.1)



Bienvenue dans LAGORA.

Cliquer sur une des photos pour accéder aux ponts, aux murs ou aux tunnels

# Productions liées aux besoins réglementaires et budgétaires

## Budget 1 : Dépenses courantes reconduites annuellement

**1.1** Consommations  
(électricité, gaz,

**1.2** Consommations  
(lampes, filtres,

**1.3** Activités sociales

- ✓ contrats de maintenance
- ✓ contrôles (extincteurs)
- ✓ contrôles

**1.4** Dépenses liées  
(exercices, séquences)

**1.5** Dépenses liées

## Budget 2 : Dépenses courantes variables d'une année à l'autre

**2.1** Dépenses supérieures

- ✓ inspections
- ✓ contrôles
- ✓ maintenance
- ✓ maintenance (renouvellement de matériel)

**2.2** Gros entrées

**2.3** Dépenses  
(mise à niveau)

**2.4** Dépenses

## Budget 3 : Dépenses spécifiques ponctuelles

**3.1** Dépenses d'études pour évaluer les budgets 3.2, 3.3, 3.4 et rédiger les marchés ad hoc, y c. si besoin la MOE

**3.2** Réparations ou rénovations du GC ou d'équipements, y c. matériels lourds suite à constat de défaut

**3.3** Mise en place d'une nouvelle catégorie de matériels, équipements ou logiciels pour favoriser :

- ✓ respect des nouvelles réglementations (INPT, signalisation), nouvelles recommandations



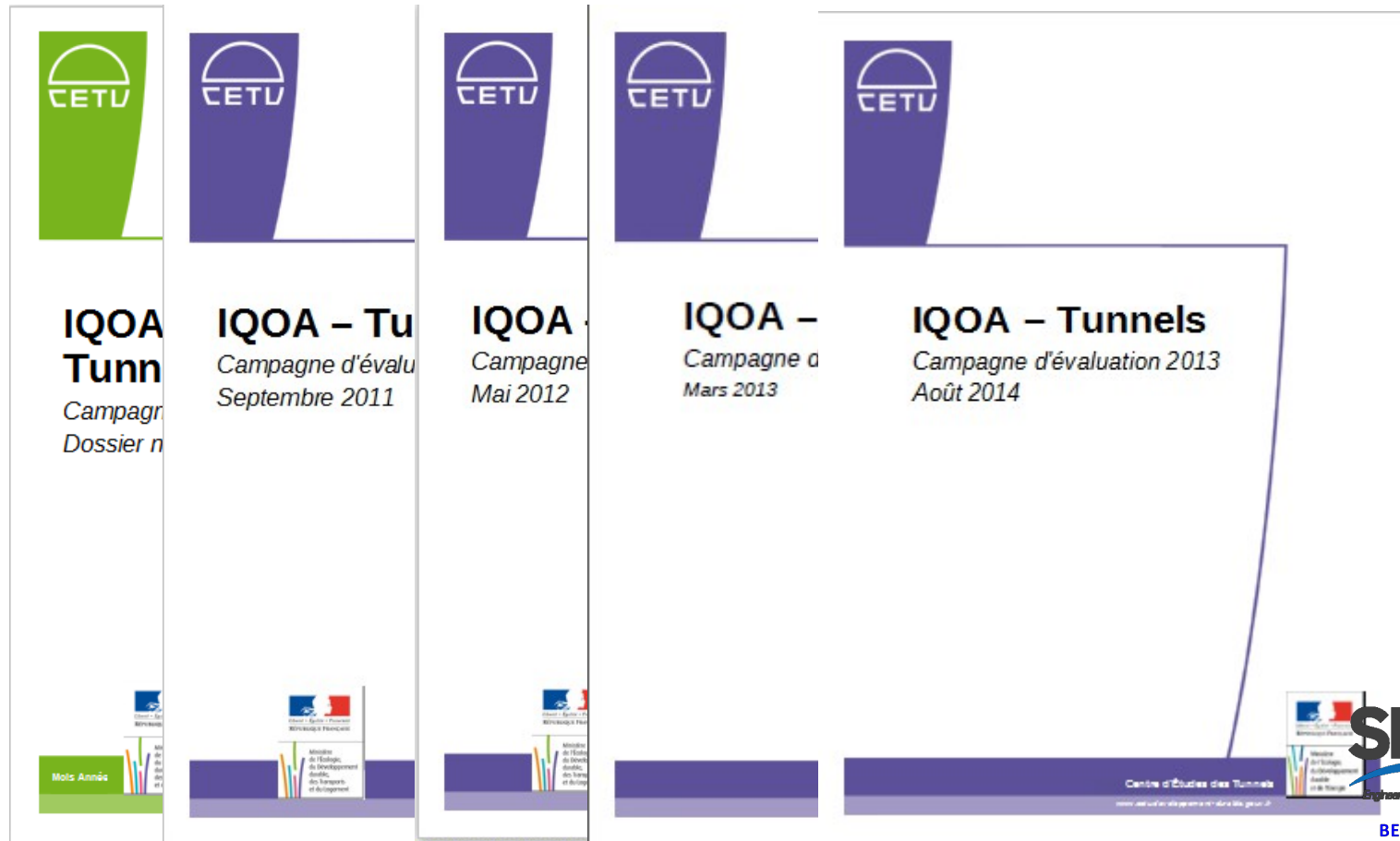
# Productions liées aux besoins réglementaires et budgétaires (ARD 4.1)

## ➔ Proposition d'une nouvelle formule paramétrique

- ✓ Linéaire de **voies** éclairé
  - ✓ Linéaire de **voies** ventilé
  - ✓ Linéaire de tube surveillé par un poste de contrôle
- 
- ✓ Coefficient lié aux enjeux d'exploitation de l'ouvrage
  - ✓ Coût de l'agent de sécurité pour les tunnels du Réseau TransEuropéen de longueur supérieure à 500 m

$$D = (L_{\text{voies}} \cdot \text{É} + L_{\text{voies}} \cdot \text{V} + L_{\text{tube}} \cdot \text{S}) \text{ Enjeu} + \text{AS}$$

# Productions liées à la connaissance du patrimoine (ARD 4.2)



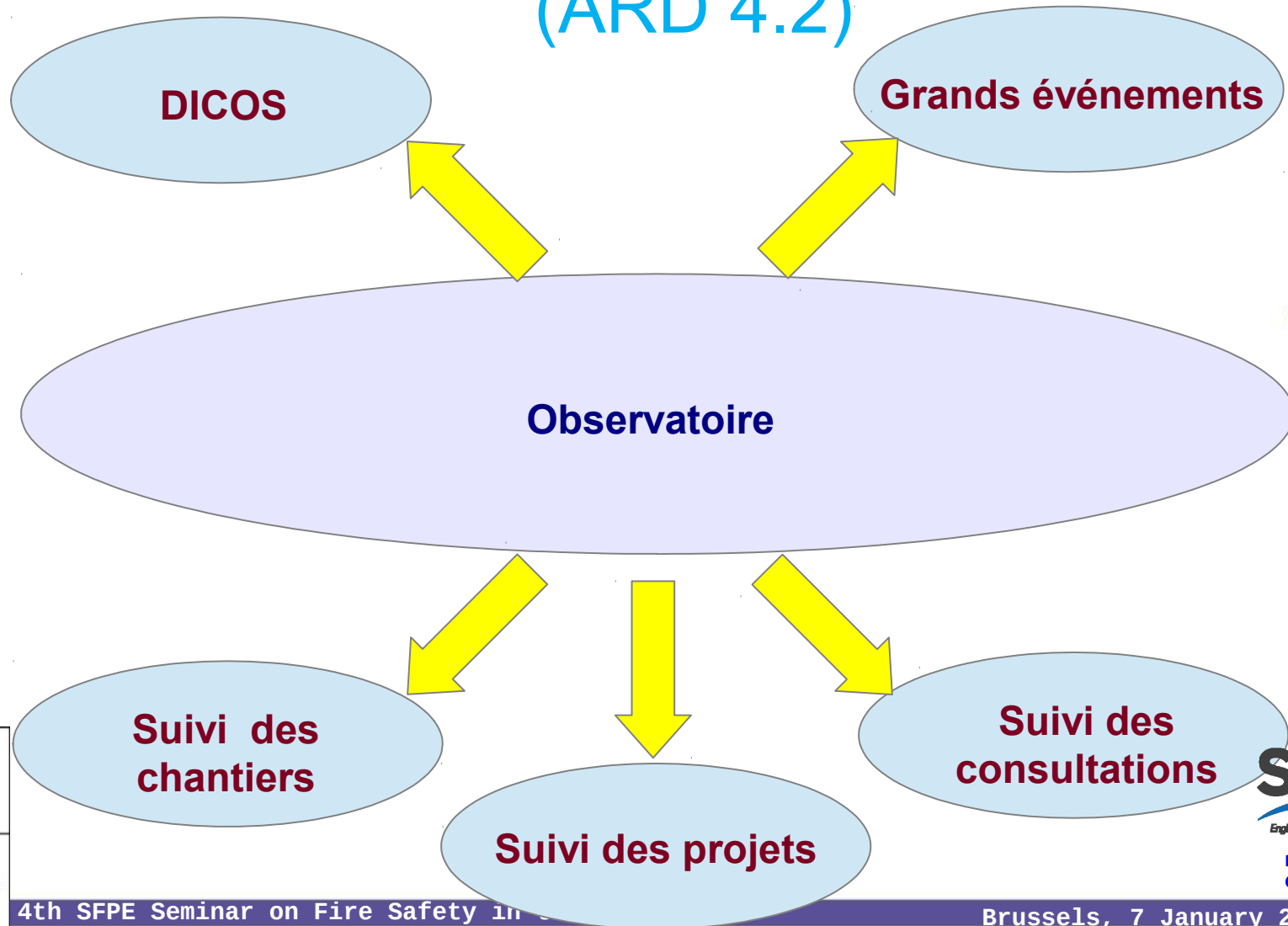
# Productions liées à la connaissance du patrimoine (ARD 4.2)



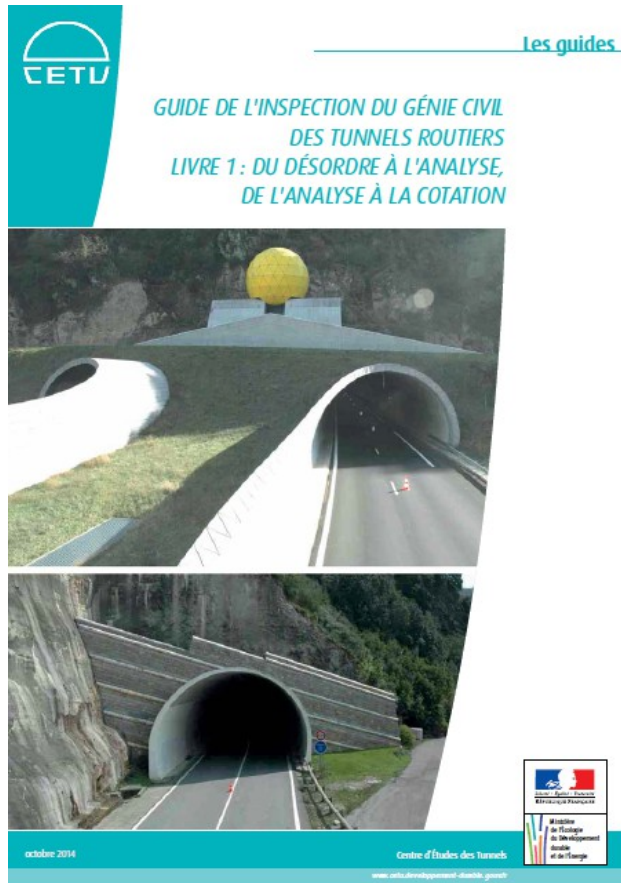
# Productions liées à la connaissance du patrimoine (ARD 4.2)



# Productions liées à la connaissance du patrimoine (ARD 4.2)



# Productions liées aux retours d'expérience et aux innovations (ARD 4.3)



# Productions liées aux retours d'expérience et aux innovations (ARD 4.3)



## Guide de l'entretien du génie civil des tunnels routiers



Mars 2013

Centre d'Études des Tunnels

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



## Retours d'expérience sur la réparation du génie civil des tunnels routiers creusés



Mai 2014

Centre d'Études des Tunnels

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

### Les documents internes

ARD 4.3 : Optimisation de la maintenance et de la conception

Fiches de retour d'expérience et d'aide à la conception



Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

Présent pour l'avenir



BENELUX CHAPTER

# Productions liées aux retours d'expérience et aux innovations (ARD 4.3)



# 3. Gestion de patrimoine – politique d'exploitation

## ➤ Evolutions

**Insuffisance des budgets** globaux de l'État et donc des budgets dédiés au maintien de l'usage des tunnels suivant les préconisations du fascicule 40,

- risque de défaillances d'équipements,
- donc de dépassement des conditions minimales d'exploitation,
- donc de fermetures d'ouvrages plus fréquentes ou sur des durées plus longues



Des priorités très axées sur la **gestion des équipements**

Trouver des **stratégies d'exploitation économes** tout en préservant les niveaux de sécurité et de services nominaux, ainsi que le patrimoine existant.



Ministère  
de l'Écologie,  
du Développement  
durable  
et de l'Énergie



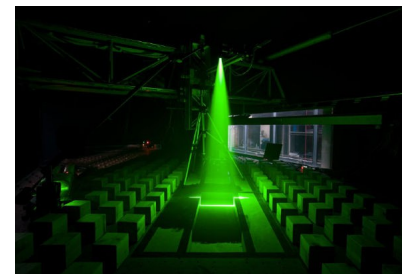
BENELUX  
CHAPTER

# 4. Conclusions et perspectives

## Le sujet incendie en tunnel au cœur des préoccupations du CETU

### ✓ Part croissante de travaux « appliqués » :

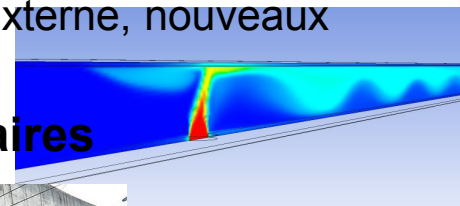
- Guide de la modélisation aéraulique
- Compléments au guide « protection au feu »
- Guide des protections passives



### ✓ Poursuite de collaborations académiques fortes

### ✓ Approfondissement de thèmes « historiques » : désenfumage, écaillage...

### ✓ Nouveaux sujets : dynamique du feu, aérodynamique externe, nouveaux matériaux, nouvelles technologies de véhicule...



### ✓ Montée en puissance des problématiques ferroviaires

- Scénarios d'incendie
- Conception des ouvrages de sécurité



# 4. Conclusions et perspectives

## Gestion du patrimoine et politique d'exploitation : un sujet qui monte en puissance

- ✓ Un contexte budgétaire contraint
- ✓ La nécessité de
  - rechercher des **pistes d'économie** envisageables (équipements plus robustes et plus économes à long terme, stratégies d'exploitation différentes, etc.)
  - évaluer leur **impact global** sur les **budgets** et les **niveaux de service** en cohérence avec les **exigences de sécurité**
  - affecter les ressources budgétaires disponibles et déterminer le **minimum indispensable** à la poursuite de l'exploitation
  - planifier et estimer les **budgets pluriannuels** liés à la fin de vie des équipements existants

# 4. Conclusions et perspectives

## Autres sujets importants pour le CETU

- ✓ Le management des risques
- ✓ La maîtrise des coûts et des délais
- ✓ La prise en compte du développement durable : valorisation des matériaux excavés, ACV...
- ✓ Les outils pour les Systèmes de Management de la Sécurité (REX, organisation de l'exploitant, rôle des acteurs, interfaces sécurité routière & tunnel...)
- ✓ Les ouvrages souterrains complexes

...

# 4. Conclusions et perspectives

## The top 5 challenges for road tunnels in France

- 1. Define what is strictly needed for safety and optimise the equipment level** (to ensure safety but limit costs and remain able to operate and maintain the installations)
- 2. Reduce operation and maintenance costs** (so as to ensure traffic safety and installations durability despite the current budget limitations)
- 3. Optimise organisation of operating body to ensure sustainable and safe operation** (definition of responsibilities, training, procedures, exercises, feedback from experience, etc.)
- 4. Make all parties committed in safety stakes and procedures throughout tunnel life** (not only the operator, including exercises, evaluation of feedback from experience, inspections, etc.)
- 5. Inform and train users on appropriate behaviour in tunnels- looking for European harmonisation- with special attention to professional drivers**

*Merci pour votre attention !*

*<http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr>*

*[eric.premat@developpement-durable.gouv.fr](mailto:eric.premat@developpement-durable.gouv.fr)*