

## 1. ENSEIGNEMENTS TIRÉS

Ce chapitre présente d'abord l'objet de l'étude (1.1) et les références bibliographiques (1.2). Les enseignements tirés sont ensuite présentés dans les paragraphes 1.3 à 1.9.

### ► 1.1. OBJET

Ce chapitre concerne les enseignements tirés des incendies majeurs qui ont eu lieu dans des tunnels au cours des dernières décennies.

Il vise particulièrement à examiner les problèmes qui ont pu être identifiés au cours des analyses post accidentelles : méthodes d'analyse des risques pour les exploitants et les services de secours, méthodes de préparation des interventions et procédures appropriées lors de l'intervention.

Il identifie les occasions importantes au cours desquelles les exploitants de tunnel et les services de secours (particulièrement les services de lutte contre l'incendie) peuvent mettre en oeuvre des procédures communes ou planifiées en vue d'atteindre un niveau de sécurité aussi élevé que possible pour les usagers et pour eux-mêmes.

Il ne concerne pas les concepts de génie civil et d'équipements de sécurité. Ces thèmes sont traités par d'autres rapports techniques de l'AIPCR.

### ► 1.2. ELEMENTS DE BIBLIOGRAPHIE

L'étude suivante s'appuie sur l'exploitation de différents types de documents :

- les rapports d'enquête post accidentelle des incendies du tunnel du Mont-blanc (24.03.1999 France-Italie), du Gothard (24.10.2001 Suisse),

## 1. LESSONS LEARNED

This chapter commences with a description of the study object (1.1) and the reference bibliography (1.2). The lessons learned are presented in paragraphs 1.3 to 1.9.

### ► 1.1. OBJECT

This chapter addresses the lessons learned from the major tunnel fires that have occurred during the latest decades.

It particularly aims to examine the various problems that may have been identified during the post accidental analyses: methods of analysing risks for operators and the emergency services, methods of preparation of an intervention and the appropriate procedures during the intervention.

It identifies the most significant occasions when the tunnel operators and emergency services (particularly the fire services) should have common or planned procedures so as to attain the highest possible level of safety for both the tunnel users and for themselves.

It does not deal with concepts of civil engineering or of safety equipments. These topics are being addressed in other PIARC technical reports.

### ► 1.2. ELEMENTS OF BIBLIOGRAPHY

This study refers to and draws from a number of different document sources:

- the post accidental enquiry report of the fires in the Mont-Blanc tunnel (24.03.1999 France-Italy), in the Gothard tunnel (24.10.2001 Switzerland),



du Nihonzaka (11.07.1979 Japon), d'Eurotunnel (18.11.1996 France-Grande Bretagne), de Clark Street subway station (28.12.1990 New York) (cf. 1.2.1)

- des documents d'étude ou de presse professionnelle des sapeurs pompiers de divers pays (cf. 1.2.2),
- des documents élaborés par des groupes d'étude pluridisciplinaire regroupant au moins des sapeurs pompiers et des exploitants (cf. 1.2.3),
- des documents d'origines diverses recueillis sur Internet (cf. 1.2.4).

### 1.2.1. Rapports d'enquête

Ce sont les documents officiels édités après de graves incendies en milieu souterrain et dans lesquels sont abordés des éléments relatifs à l'organisation des secours et aux relations entre services de secours et exploitants.

### 1.2.2. Documents d'étude et de presse professionnelle

Les principaux documents pris ici comme référence sont issus de la bibliographie professionnelle sapeurs-pompiers et sécurité civile. A ce titre, on peut notamment citer :

Documents de presse professionnelle :

- « Le sapeur-pompier Magazine » numéro hors série du 2<sup>e</sup> trimestre 2003, entièrement consacré aux risques d'incendie dans les tunnels routiers, analyse 36 incendies en tunnels, à travers une bibliographie internationale professionnelle (France, Allemagne, Suisse, Autriche, Grande Bretagne, Italie et Etats-Unis.). Il a été rédigé par un groupe de travail composé de sapeurs pompiers.
- « Le sapeur-pompier Magazine » numéro hors série du 3<sup>e</sup> trimestre 2004, entièrement consacré aux accidents ferroviaires analyse 79 accidents ferroviaires dont 23 en milieu souterrain, à travers une bibliographie internationale professionnelle (France, Allemagne, Suisse, Autriche, Grande Bretagne, Italie, Etats-Unis, etc.). Il a été rédigé par des sapeurs pompiers.

Ces documents sont particulièrement intéressants parce qu'ils prennent en considération un nombre très important d'incendies et des documents de référence issus de nombreux pays.

Le deuxième est consacré aux accidents ferroviaires. Bien que ceci puisse sembler surprenant en première approche dans un document relatif aux tunnels routiers, il faut noter que de nombreux points sont communs dans la façon de faire face aux incendies, qu'ils se produisent en tunnels routiers ou ferroviaires.

in the Nihonzaka tunnel (11.07.1979 Japan), in the Eurotunnel (18.11.1996 France-Great Britain), in the Clark Street subway station (28.12.1990 New York) (see 1.2.1),

- documents extracted from studies and from various Professional Fire Trade Journals (see 1.2.2),
- documents produced by multi-disciplinary groups comprising fire fighters and operators (see 1.2.3),
- documents of various origins obtained from the Internet (see 1.2.4).

### 1.2.1. Enquiry reports

These are official documents issued after serious fires in underground environments. They specifically address issues related to the organisation of rescue and the relationship between emergency services and operators.

### 1.2.2. Documents from Studies and from various Professional Fire Trade Journals

The principal documents referred to derive from the Professional Fire Trade Journals and civil safety journals.

Documents from the Professional Fire Journals:

- “Le Sapeur Pompier Magazine” issued in the 2<sup>nd</sup> quarter of 2003 – dealing entirely with the risks of fires in road tunnels. It analyses 36 fires in tunnels via a professional international bibliography (France, Germany, Switzerland, Austria, Great-Britain, Italy, and United States). It has been written by a group of fire fighters;
- “Le Sapeur Pompier Magazine” of the 3<sup>rd</sup> quarter 2004 entirely devoted to railway incidents. It analyses 79 railway incidents, 23 of them having occurred in underground environments, via an international professional bibliography (France, Germany, Switzerland, Austria, Great-Britain, Italy and United States).

These two documents are highly relevant as they study a number of very important fires and refer to documents from various countries.

One of the documents is devoted to railway incidents. Whilst this may initially seem surprising for a study dedicated to road tunnels there are many common points in addressing fires in both road tunnels and railway tunnels.



## Documents d'étude :

- « Les interventions en cas d'incendie en tunnel : synthèse de réflexion d'un groupe de travail organisé par la Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles » (Ministère de l'Intérieur, France) de 2000, étude menée selon plusieurs axes, parmi lesquels :
  - mieux comprendre les incendies en tunnel, les possibilités d'action et leurs limites,
  - apprécier les difficultés d'intervention en regard de la puissance des incendies, des délais et des conditions de leur approche,
  - identifier les méthodes et les moyens d'optimiser la réponse opérationnelle apportée à un incendie en tunnel,
  - recenser et recommander les meilleures pratiques d'intervention en cas d'incendie en tunnel.

Il a été écrit par un groupe de travail de spécialistes de l'incendie, d'exploitants et de sapeurs-pompiers. Il présente l'intérêt d'être une analyse multidisciplinaire conduite par des sapeurs-pompiers, des scientifiques du feu et des exploitants de tunnels.

Les trois documents se complètent donc et permettent de tirer des enseignements issus de cultures différentes et complémentaires.

### 1.2.3. Documents d'étude FIT-WP 4

« Best practices for safe operation and fire response management » (fin 2003).

Il a pour objet la définition des meilleures pratiques pour les responsables de tunnels et services de secours pour la prévention et l'entraînement, la gestion des accidents et les opérations de lutte contre les incendies.

Tout comme le document précédent, il présente l'intérêt d'une rédaction pluridisciplinaire.

### 1.2.4. Documents divers recueillis sur Internet

Ces documents comprennent :

- divers articles présentant des éléments d'analyses post accidentelles,
- les résultats de concertations entre services de secours, maîtres d'ouvrage et exploitants pour la définition de projets de tunnels et la planification d'urgence.

## Documents from Studies:

- “Interventions in case of fires in tunnels: a synthesis of reflections of a working group organised by the Direction of Defence and Civil Safety” (Ministry of Interior, France) of year 2000, was a study carried out with several objectives:
  - to achieve a better understanding of fires in tunnels and possibilities and limits of operational action,
  - to evaluate the difficulties of intervention with reference to the power of the fires, delays and the conditions of approach,
  - to identify the methods and means to obtain the optimum operational response to a fire in a tunnel,
  - to review and recommend the best ways to intervene in a fire in a tunnel.

It has been written by a working group comprising fire specialists, tunnel operators and fire fighters. This document is relevant as it is a multidisciplinary analysis made by fire fighters, fire scientists, fire engineers and tunnels operators.

The three documents complete each other. The lessons derived by different, complementary, cultures can be drawn from them.

### 1.2.3. Documents of study FIT-WP 4

“Best practices for safe operation and fire response management” (January 2004).

The aim of this study is the definition of best practices for tunnel authorities and fire emergency services on prevention and training, incident management and fire emergency operations.

As with the previous document, it is interesting because it is written by a multidisciplinary group.

### 1.2.4. Miscellaneous documents gathered from the Internet

This includes:

- various articles presenting elements of post accidental analysis,
- the results of cooperation between emergency services, tunnel owners and operators for the definition of tunnel design, planning and emergency assistance.



Ils ont essentiellement été rédigés par des sapeurs-pompiers.

### ► 1.3. DÉVELOPPEMENT DES INCENDIES DE POIDS-LOURDS

Les différentes analyses et études menées après les grands incendies en tunnel routier des dernières décennies montrent qu'il est possible de classer le développement des incendies en trois catégories :

- Catégorie 1 : la puissance de ces incendies est telle que, même sans action externe, ils ont peu de chances de causer des blessures aux usagers ;
- Catégorie 2 : ces incendies peuvent provoquer des décès parmi les usagers. Bien que présentant des difficultés importantes, une intervention des services de secours est cependant encore possible ;
- Catégorie 3 : la puissance de ces incendies est telle que même des sapeurs-pompiers équipés ne peuvent tenter une approche.

La puissance d'un incendie qui se développe est à mettre en relation avec le temps. Ainsi, quelle que soit la durée on peut estimer que l'incendie d'une motocyclette ou d'une petite voiture restera en catégorie 1 même sans intervention des services de secours. Un incendie de poids lourd peut par exemple être en catégorie 1 pendant les 3 à 4 premières minutes. Lors de son développement, il peut ensuite rester en catégorie 2 pendant 8 à 10 minutes avant d'atteindre la catégorie 3. Il faut cependant noter que certains incendies très violents peuvent atteindre presque instantanément la catégorie 2 ou la catégorie 3.

L'illustration suivante schématise cette catégorisation lors du développement d'un incendie important.

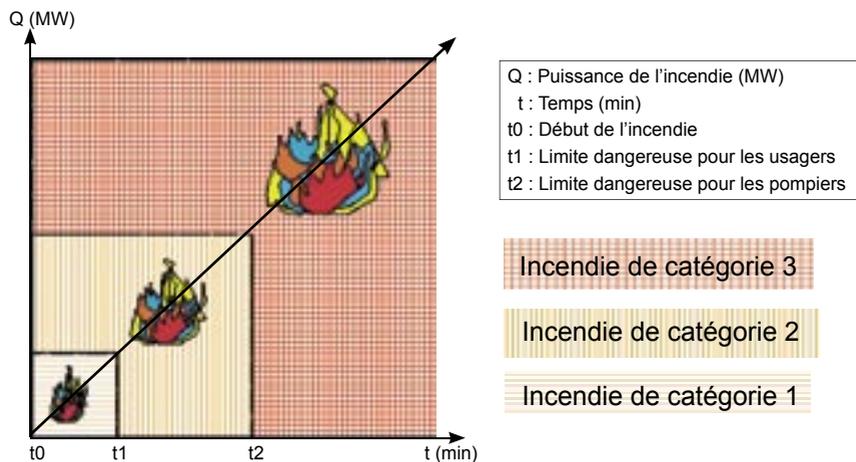


Figure 1. Schéma théorique du développement possible d'un incendie de poids-lourd

They have mainly been written by fire fighters.

### ► 1.3. DEVELOPMENT OF LORRY FIRES

The different analyses and studies carried out following the major fires in road tunnels of the latest decades indicate that it's possible to classify tunnel fire development into three categories:

- Category 1: the output power of these fires is such that even without an external intervention, they are unlikely to result in injuries to the tunnel users;
- Category 2: these fires might cause human casualties amongst the tunnel users. Whilst they do present significant difficulties, the fire and rescue services are still able to intervene;
- Category 3: the output powers of these fires are so high that even well equipped fire fighters cannot risk an approach.

The power of a developing fire has to be related to its duration. Whatever the duration of the fire, it's reasonable to estimate that a motorbike or a small car fire will remain in category 1 even without intervention by the fire services. A lorry fire may, for example, be in category 1 for the first 3 to 4 minutes. As the fire develops it may progress to category 2 for the next 8 to 10 minutes before progressing to category 3. It should be noted that a severe incident could instantaneously give rise to a Category 2 or Category 3 fire.

The following figure illustrates this categorisation during fire development.

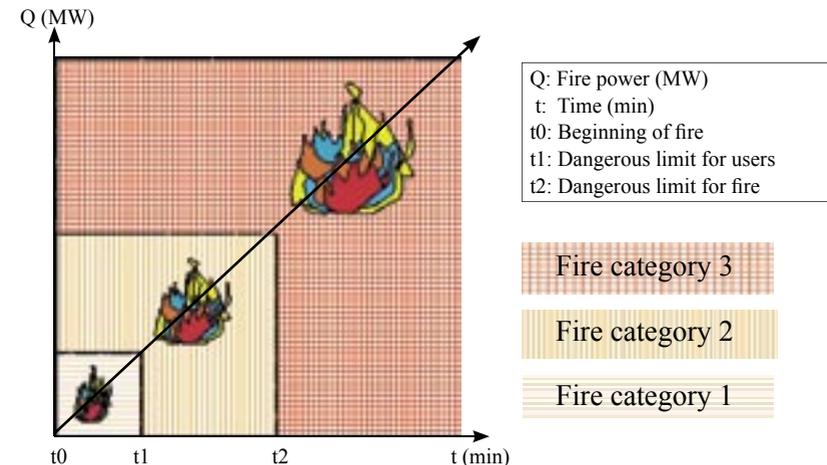


Figure 1. Theoretical scheme of a possible lorry



Partant de cette classification théorique, on se rend alors compte qu'il est primordial de ne pas laisser un incendie se développer jusqu'au niveau 3 :

- pour la sauvegarde des usagers qui peuvent encore être sauvés par les sapeurs-pompiers,
- pour la sécurité des sapeurs pompiers eux mêmes,
- pour les exploitants du tunnel dans un objectif de limitation des dommages à l'ouvrage.

L'analyse des incendies réels montre que la probabilité est relativement élevée d'être confronté à des incendies de poids lourd à cinétique rapide. Dans ces cas, le passage des instants t0 à t2 mentionnés ci avant peut s'opérer dans un délai de 11 à 14 minutes.

On a pu également observer que lorsque les sapeurs-pompiers peuvent attaquer l'incendie dans ce délai, l'extinction est possible (même si elle est parfois difficile). Les pertes de vies humaines liées aux effets de tels incendies sont alors rares.

En revanche, lors d'incendies importants, on peut prévoir qu'après ces 11 à 14 minutes, la probabilité est forte d'être confronté à un incendie de niveau 3 où une action humaine devient quasiment impossible.

La mise en évidence de ce délai d'intervention est donc tout à fait primordiale car il conditionne les délais des actions à mettre en œuvre. Il est alors clair que toutes les actions préliminaires à l'intervention elle-même – qu'elles concernent les exploitants ou les services de secours - doivent être menées avec la plus grande rapidité possible.

Lors de l'analyse des conséquences potentielles de ces différents incendies, il convient d'apporter une grande attention aux critères de tenabilité<sup>1</sup> tant pour les usagers que pour les services de secours.

Par exemple, les réglementations - USA [18] et France [12] - pour les critères de tenabilité des usagers en température T° (°C), toxicité CO (ppm), et rayonnement R (kW/m<sup>2</sup>) – sont les suivantes :

Tableau 1. Valeurs environnementales limites de tenabilité

	USA [9]	France [12] - [18]
<b>T°</b>	60°C pendant quelques secondes 49°C moyenne pendant les 6 premières minutes d'évacuation Décroissance ensuite	80°C pendant 15 min [18] et 50°C [12]
<b>CO</b>	2 000 ppm pendant quelques secondes 1 500 ppm moyenne pendant 6 premières minutes 800 ppm en moyenne pendant 15 min 50 ppm en moyenne ensuite	3 000 ppm pendant 15 min [18] Autre référence (INERIS) : 3 000 ppm / 10 min et 500 ppm / 60 min
<b>R</b>	6,3 kW/m <sup>2</sup> pendant quelques secondes 1,5 kW/m <sup>2</sup> moyenne pendant 6 premières minutes 1,0 kW/m <sup>2</sup> moyenne ensuite	2,0 kW/m <sup>2</sup> pendant quelques minutes [18]

With reference to this classification it is most important not to let a fire develop to category 3 for the following reasons:

- the safety of users who can still be saved by the fire fighters,
- the safety of the fire fighters,
- for the limitation of damage to the operators tunnel and the tunnel systems.

The analysis of real fires shows that there is a relatively high probability that a heavy goods vehicle fire can develop very quickly. In these cases progression from t0 to t2 (mentioned above) can occur in 11 to 14 minutes.

It has also been observed that when the fire fighters are able to attack the fire during the category 2 stage it is possible to extinguish it (though it is sometimes difficult). Human losses seldom occur as a consequence of such fires.

In case of a serious fire, if duration is allowed to persist past these 11 to 14 minutes there is a high probability of progression to a category 3 fire for which human action may be impossible.

The identification of this limiting intervention period is essential as it determines the response times within which the interventions must take place. It is also clear that any actions necessary before the intervention by both the tunnel authorities and the emergency services must be executed with the greatest rapidity.

When analysing the potential consequences of these different fires it is necessary to pay attention to the tenability<sup>1</sup> criteria for both tunnel users and for fire fighters.

For intense fires the USA [18] and the French [12] guidelines for the limits of tenability for users - temperature T° (°C), toxicity CO (ppm), and heat radiation R (kW/m<sup>2</sup>) - are the following:

Table 1. Environment tenability threshold values

	USA [9]	France [12] - [18]
<b>T°</b>	60°C a few seconds 49°C average during the first 6 min of evacuation Decreasing after	80°C during 15 min [18] and 50°C [12]
<b>CO</b>	2,000 ppm a few seconds 1,500 ppm average during the first 6 min 800 ppm average during 15 min 50 ppm average after	3,000 ppm during 15 min [18] Other reference (INERIS) : 3,000 ppm / 10 min and 500 ppm / 60 min
<b>R</b>	6.3 kW/m <sup>2</sup> a few seconds 1.5 kW/m <sup>2</sup> average during the first 6 min 1.0 kW/m <sup>2</sup> average after	2.0 kW/m <sup>2</sup> a few minutes [18]



Les figures ci après permettent de comparer les valeurs limites de tenabilité<sup>1</sup>.

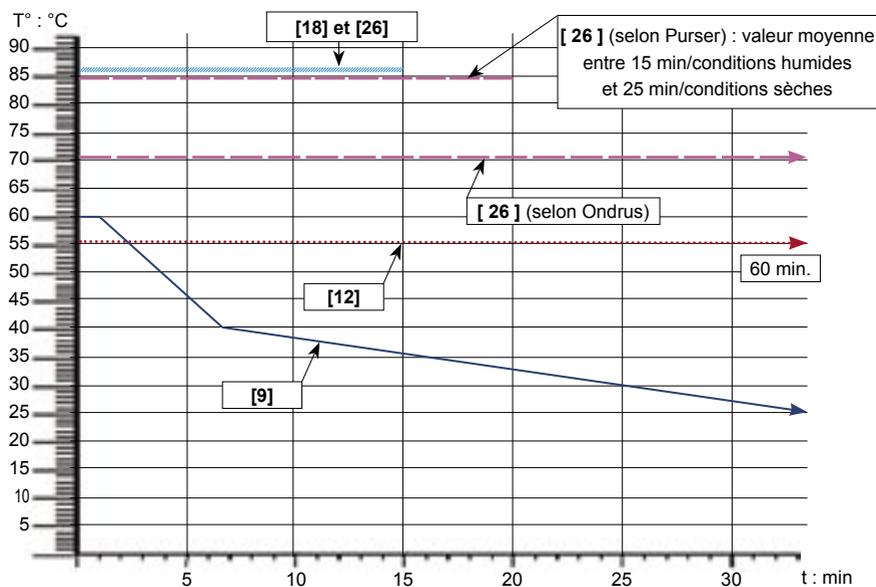


Figure 2. Valeurs limites de tenabilité en température

The figures below allow a good comparison on tenability<sup>1</sup> threshold values.

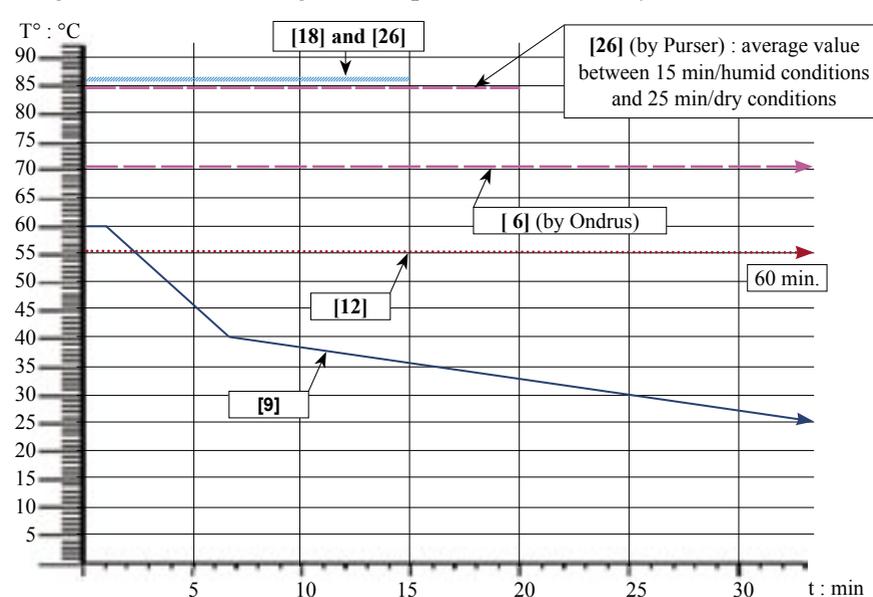


Figure 2. Temperature tenability threshold values

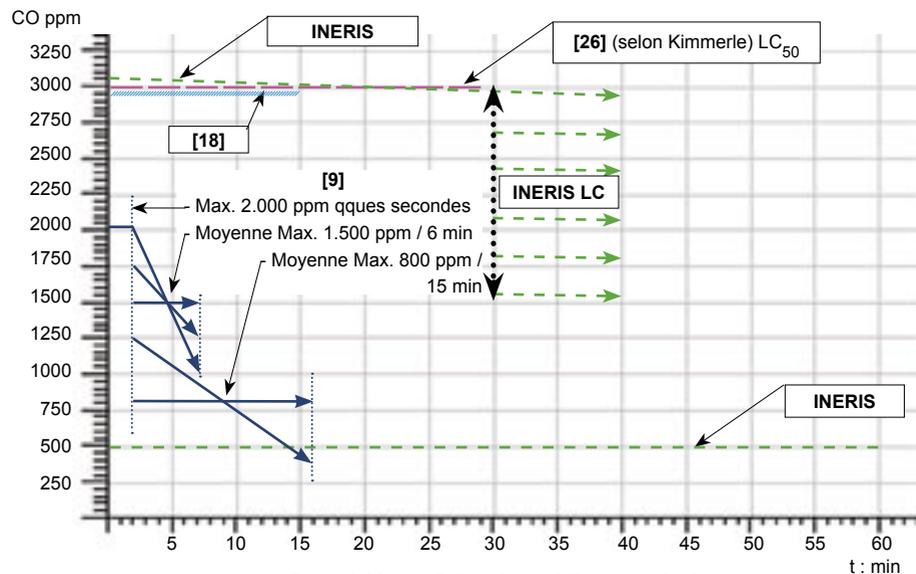


Figure 3. Valeurs limites de tenabilité en toxicité (co)

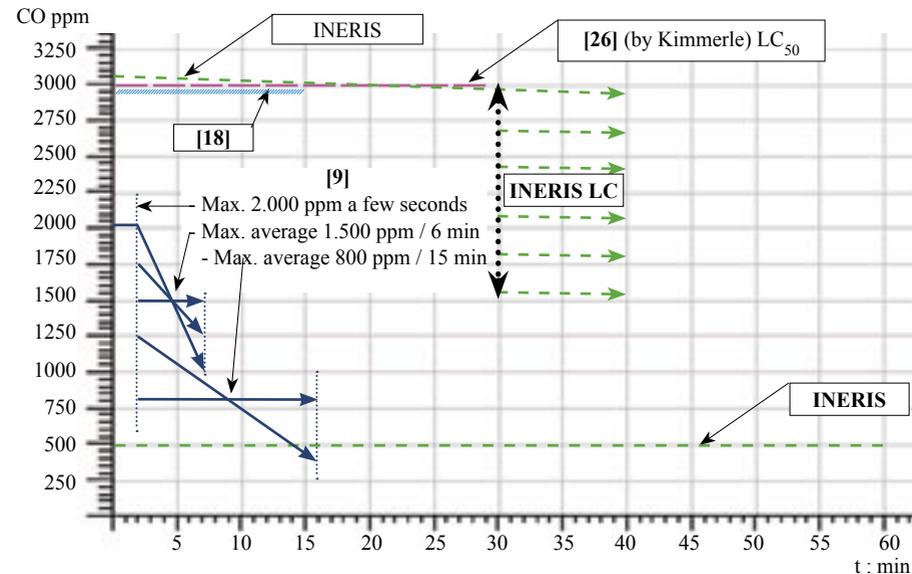


Figure 3. Toxicity (CO) tenability threshold values

LC : Concentration létale  
LC<sub>50</sub> : Concentration pour laquelle 50% de la population observée meurt en raison de la toxicité

<sup>1</sup>Tenabilité: dans les études de risques, valeurs physiques (T°, toxicité, rayonnement, opacité) à partir desquelles les usagers commencent à éprouver de la douleur ou des difficultés pour évacuer vers une zone sûre.

LC: Lethal concentration  
LC<sub>50</sub>: Concentration level at which 50% of people will die by toxicity

<sup>1</sup>Tenability: for risks studies, physical threshold values (T°, toxicity, radiation, opacity) when users begin to feel pain or difficulties to evacuate to a safe place.

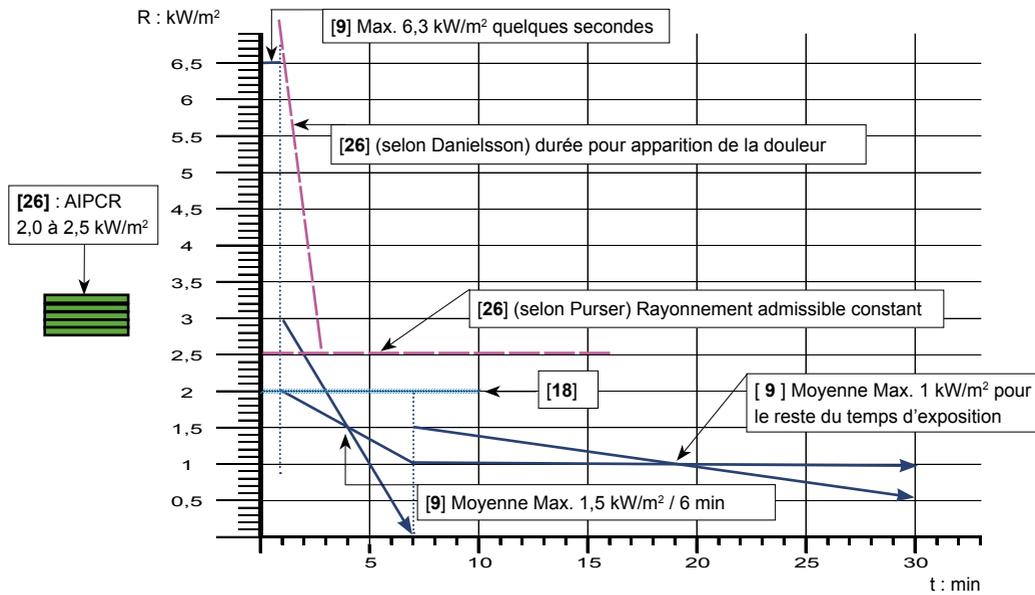


Figure 4. Valeurs limites de tenabilité en rayonnement

Les valeurs réglementaires imposées par [9] et [18] sont prudentes et compatibles avec celles mentionnées par l'AIPCR dans [26].

Le fait que ces différentes valeurs soient issues de la littérature et non de l'expérimentation peut expliquer les différences observées. Ces figures proposent des valeurs limites de tenabilité qui peuvent être retenues pour les analyses de risques. Ces valeurs limites peuvent apporter une aide dans la définition des stratégies d'intervention. Elles peuvent aussi faciliter la vérification des paramètres environnementaux auxquels sont exposés les usagers en cours d'évacuation lors d'une simulation.

Chacun doit être parfaitement convaincu que de telles valeurs dangereuses / létales peuvent être atteintes très rapidement (en quelques minutes) en cas d'incendie de poids lourd.

Pour les sapeurs pompiers en France, d'autres valeurs sont proposées par [12]:

- $T^{\circ} \approx 100^{\circ}\text{C}$ ,
- $R \approx 5,0 \text{ kW/m}^2$  pendant quelques minutes.

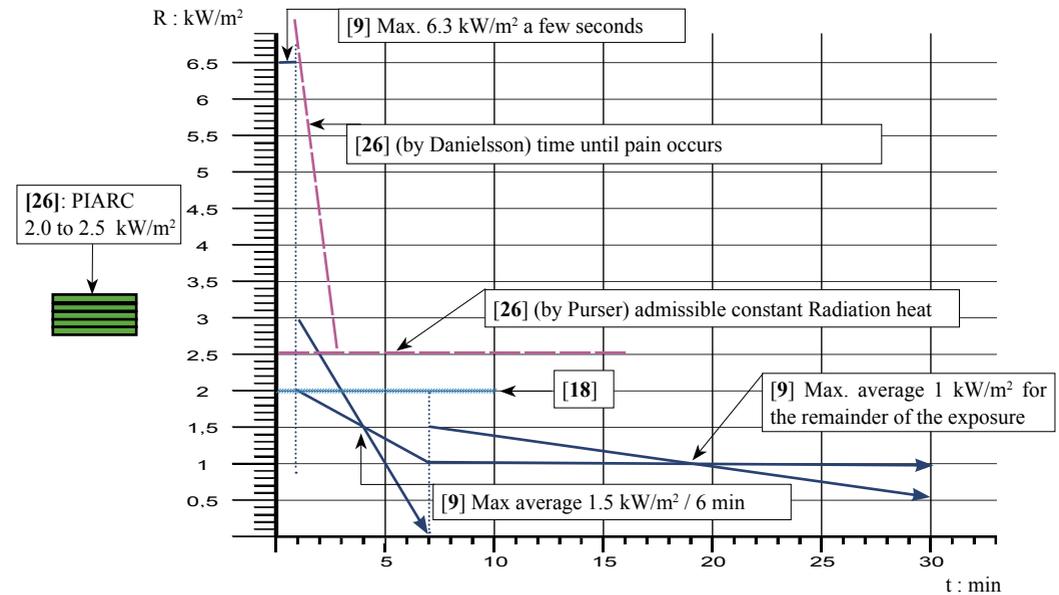


Figure 4. Radiation tenability threshold values

The statutory values of regulations [9] and [18] are careful and compatible with those mentioned by PIARC in [26].

The fact that these values are deduced from literature rather than from experimentation can explain the differences between them. These figures propose possible thresholds that can be considered for the performance of risks analysis. These threshold values can help to define strategies for interventions. They also facilitate verification of the user environmental parameters for evacuation from a fire via simulation.

There is convincing evidence to show that these dangerous / lethal values can be reached very rapidly (a few minutes) in case of a lorry fire.

For French fire fighters, other values are also proposed by [12]:

- $T^{\circ} \approx 100^{\circ}\text{C}$ ,
- $R \approx 5.0 \text{ kW/m}^2$  a few minutes.



## ► 1.4. ANALYSE DES DÉLAIS DES ACTIONS PRELIMINAIRES A L'ATTAQUE DE L'INCENDIE

### 1.4.1. Détection et alarme

La détection est généralement définie comme la perception de l'occurrence d'un événement (détection d'incendie par exemple) et l'alarme comme l'action de transmission de l'information de cette occurrence à un récepteur (l'opérateur tunnel).

Dans les études de situations dangereuses, on estime qu'il se passe approximativement une minute entre l'arrêt d'un véhicule (par exemple pour un début d'incendie) et la réception de l'alarme au centre de contrôle du tunnel.

Dans la réalité, on se rend compte que ce délai est bien souvent sous estimé car les usagers tentent une action d'extinction ou ne prennent pas conscience de la situation de danger et perdent un temps qui peut être significatif.

La remontée de l'alarme est alors retardée et dépasse souvent ce délai d'une minute.

Face à cette incertitude sur la rapidité de remontée l'alarme, certains exploitants ont équipé leurs ouvrages de systèmes de détection de différentes natures qui les informent d'un événement sans action de l'utilisateur. On peut citer à ce titre la détection d'incendie ou la détection automatique d'incident par analyse en temps réel des images vidéo.

Le premier de ces moyens (détection d'incendie), bien que présentant une certaine inertie, possède une efficacité reconnue. Il est particulièrement adapté aux ouvrages ne disposant pas de surveillance permanente mais dont l'alarme peut être reliée à un centre opérationnel déporté.

Le second de ces moyens (détection automatique d'incident) de conception plus récente, présente l'avantage d'attirer l'attention de l'opérateur sur un événement précurseur (ralentissement ou arrêt d'un véhicule) et d'en faire remonter l'information avant même que l'utilisateur en détresse ne lance une alarme. Cet équipement est adapté aux ouvrages surveillés.<sup>2</sup>

Il est alors nécessaire :

- de comprendre que généralement les usagers ne donnent pas immédiatement l'alarme,

<sup>2</sup>Il faut cependant noter que la fiabilité de l'alarme est souvent difficile à obtenir pour des ouvrages à très fort trafic aux heures de congestion.

## ► 1.4. ANALYSIS OF THE DURATIONS OF ACTIONS BEFORE THE FIRE IS ATTACKED

### 1.4.1. Detection and alarm

Generally, we define detection as the action of being aware of the occurrence of an event (fire detection for example) and alarm as the action of transmitting the occurrence of that event to a receiver (the tunnel operator).

In studies of dangerous situations it has been estimated that it takes approximately one minute between the moment when a vehicle stops (i.e. because a fire has started) and the reception of the alarm at the control centre.

In reality, we are aware that the actual period is frequently under-estimated. Further delay is introduced as tunnel users try to extinguish the fire themselves, or are not aware they may be in danger and waste a significant amount of time.

The alarm is then delayed and exceeds this delay of one minute.

Owing to these uncertainties some operators have equipped their tunnels with various different systems of detection. These systems automatically inform the operator without the intervention of the user. Such systems include automatic fire detection systems and automatic incident detection by real-time analysis of video images.

The first of these means (fire detection systems), whilst introducing some delay do have an acknowledged efficiency. They have a particular application to tunnels without permanent supervision as the alarm can be connected to a remotely located operational centre.

The second of these means (automatic incident detection) is a more recent introduction and has the advantage of informing that an event has taken place (i.e. slowing down or stopping of a vehicle) even before the user can raise the alarm. This equipment is particularly relevant to supervised tunnels.<sup>2</sup>

It thus seems necessary:

- to understand that the user does not generally raise the alarm immediately,

<sup>2</sup>Evidence shows that it can be difficult to make such systems operate reliably in tunnels subjected to heavy traffic loads.



- de mettre en place des systèmes de détection et d'alarme aussi rapides que possible,
- de mettre en place les redondances permettant une grande fiabilité de détection et d'alarme.

Ces points sont fréquemment soulevés par les services de secours dans les rapports d'analyse post accidentelle ou d'enquête après des incendies graves.

De tels systèmes sont également incontournables pour les exploitants de tunnel.

Un autre enseignement est que suite à un incendie au cours duquel le délai d'alarme serait jugé trop long, un exploitant peut se voir reproché de ne pas avoir mis en place tous les moyens raisonnablement possibles pour la détection et la remontée de l'alarme.

#### 1.4.2. Analyse de la situation

Cette action consiste, pour le récepteur de l'alarme, à analyser l'information reçue et à confirmer qu'il s'agit bien d'une situation d'accident ou d'incendie.

Dans le cas d'un ouvrage sans surveillance mais muni d'une détection d'incendie, un automate peut interdire l'accès par la mise au rouge de feux et l'allumage de panneaux informatifs, etc. Cette action est alors quasi instantanée après la détection.

Pour un tunnel surveillé, il y a une intervention humaine d'un opérateur qui analyse principalement ce qu'il entend (téléphone d'urgence) et ce qu'il voit (caméras de vidéo surveillance, écrans informatiques). La littérature indique que cette phase peut atteindre plusieurs minutes. Les raisons peuvent être multiples, absence momentanée de l'opérateur, mauvaise ergonomie du poste de travail ou des procédures faisant obstacle à la rapidité, etc.

La rapidité d'analyse de la situation est une attente forte des usagers en attente de secours et des services de secours dans un objectif de rapidité d'intervention, quel que soit le type de tunnel ou de système.

#### 1.4.3. Alerte des services de secours

Cette action consiste à informer un intervenant de l'urgente nécessité de son action.

Comme pour les actions précédentes la rapidité de l'alerte est un facteur essentiel d'efficacité dans l'objectif de sauvegarder des vies humaines.

- to provide a detection and alarm system that responds as quickly as possible,
- to provide multiple redundant equipment to make the detection and alarm reliable.

These points are frequently raised by the emergency services in post incident reports or enquiries about serious fires.

Such system provision is also a necessity for tunnel operators.

Another lesson learned is that in case of a fire where the time to have an alarm should be considered as too long, that tunnel operators could be criticised for not having exercised all reasonable means for the detection and alarm systems.

#### 1.4.2. Verification of the situation

For the receiver of the alarm, the action starts with analysing the received information to ensure that a real incident has been identified.

For an unsupervised tunnel equipped with fire detection, automation can prevent further access to the tunnel by activating red lights, barriers and variable message signs panels etc. This action can be nearly instantaneous after detection has occurred.

For a supervised tunnel there is also the human action of an operator who principally analyses what he hears (urgent telephone call) and what he sees (cameras of video surveillance or informatics screens). The literature indicates that the duration of this phase can reach up to several minutes. The causes of this additional delay can be numerous: the temporary absence of the operator, the poor ergonomics of the control centre, or inefficient processes that are inherently slow, etc.

Rapidity of analysis of the situation is strongly expected by the users waiting for help and by the emergency services aiming a rapid intervention, irrespective of the tunnel or the tunnel systems.

#### 1.4.3. Alert of the emergency services

This comprises informing the urgent necessity of action.

As is the case for the preceding actions, the rapidity of conveying the alert is an essential efficiency factor for the preservation of human lives.



L'expérience et les exercices pointent souvent du doigt la multiplicité des actions à mener par l'opérateur en cas d'évènement grave. Celui-ci doit en effet continuer à piloter son tunnel mais également informer un nombre quelquefois important de correspondants extérieurs.

La non hiérarchisation des appels dans les documents d'exploitation a parfois conduit à une alerte des services de secours dans des délais plus longs qu'ils n'auraient dû l'être. Le deuxième point important souvent noté dans les comptes-rendus d'intervention réside dans la qualité des informations transmises. Ainsi, pour un professionnel des secours un incendie de véhicule léger, de poids lourd ou de local technique, par exemple, n'aura pas les mêmes implications en terme d'intervention et de moyens de réponse.

La rapidité de l'alerte est une attente forte des services de secours et des usagers. La qualité du renseignement est un facteur d'optimisation de la réponse à apporter à l'évènement.

La précision des consignes d'exploitation et la hiérarchisation de l'alerte permettent à l'opérateur de remplir ses objectifs de transmission des renseignements les plus utiles le plus rapidement possible.

#### 1.4.4. Renseignement avant engagement des moyens

Avant la lutte contre l'incendie, il y a une action d'acquisition des renseignements d'ambiance.

Dans les tunnels, les services de secours ne peuvent pas, comme à l'air libre, percevoir globalement la situation à leur arrivée. Pour les tunnels surveillés, ils demandent des informations : type d'incendie, présence de marchandises dangereuses, lieu d'incendie, nombre d'usagers à l'intérieur (beaucoup, peu), actions de désenfumage en cours, appréciation de l'exploitant sur les possibilités de pénétration (un accès plus favorable, etc.), étendue des zones enfumées, etc.

Cette acquisition du renseignement est de la plus grande importance pour les choix tactiques d'intervention et la sécurité des services de secours.

Les services de secours attendent beaucoup de l'exploitant dans ce domaine d'autant plus que tout où partie de ces éléments peut être recueilli pendant leur trajet entre le centre de secours et le tunnel. Les comptes-rendus d'intervention font bien souvent ressortir les difficultés liées au manque d'information initiale. Pour ce domaine également la réduction du délai d'obtention des renseignements préalables à l'engagement concourt à une meilleure intervention.

Results of experiments and exercises frequently show that during a major incident or fire the tunnel operator needs to lead a multiplicity of actions. The operator must continue to manage his tunnel but also inform a number of important external stakeholders.

Failure to prioritise the telephone emergency notification calls in the tunnel operation manuals has sometimes led to an alert to the emergency services taking longer than it should. A further important point often noted is the quality of the information that has been transmitted from the control centre to the emergency services. For an emergency professional a fire in a car, in a lorry or in a technical premise for example will not have the same implications for intervention and response criteria.

Rapidity of the alert is strongly expected by the tunnel users and emergency services. The quality of information provided is a factor for ensuring the optimum response to the event.

The accuracy of the content of the operation manuals and the prioritisation of the alert enables the operator to fulfill his objectives of providing the most useful information, as rapidly as possible.

#### 1.4.4. Information before starting the intervention

Prior to initiating the attack on the fire there must be an assessment of the situation.

In tunnels, the emergency services cannot get a direct overview of the situation when they arrive as they could do in the open. If the tunnel is supervised they will ask the operator for information about the situation: the kind of fire, the presence of dangerous goods, the location of the fire, the number of people inside (many, few), the ventilation strategy for smoke exhaust, the suggestions of the tunnel operators on possible access routes (one entry rather than another etc), the extent of the smoke zones, etc.

The acquisition of information is of the highest importance for the tactical choices for the intervention and for the safety of the emergency services.

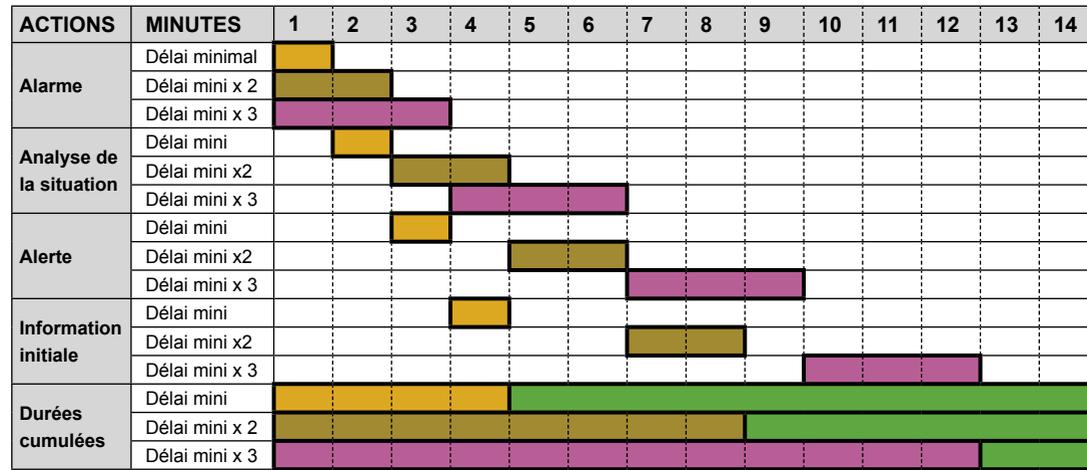
The emergency services are now demanding much more information from the tunnel operators as this can be substantially gathered during their mobilisation to the tunnel. Post accidental analysis intervention reports very often illustrate the difficulties that arise from the lack of such initial information. For this reason, reducing the delay in obtaining information before the fire attack helps to achieve a better intervention.



### 1.4.5. Résumé

Le tableau ci-dessous montre l'importance de l'optimisation des délais des actions préalables à l'intervention elle-même. Les délais optimaux ont été multipliés par 2 et 3 alors que pour certaines interventions réelles, il a été constaté que ce facteur a été de l'ordre de 4.

Tableau 2. Sensibilité des délais



■ Temps disponible pour que les services de secours soient en action et traitent le feu

Si l'on considère que les services de secours ne peuvent avoir une action efficace, au-delà de 11 à 14 minutes après un début d'incendie de poids lourd à développement rapide, on peut alors conclure :

- que dans les délais optimaux ils disposent de 10 minutes environ pour les délais de mobilisation et de route avant les opérations de lutte contre l'incendie,
- que si on multiplie les délais optimaux par un facteur 2, ils disposent environ de 6 minutes n pour les délais de mobilisation et de route avant les opérations de lutte contre l'incendie,
- que si on multiplie les délais optimaux par un facteur 3, ils ne disposent que de 2 minutes environ pour ces mêmes opérations ; il ne leur sera pas possible d'être sur place avant que l'incendie ait atteint la catégorie 3.

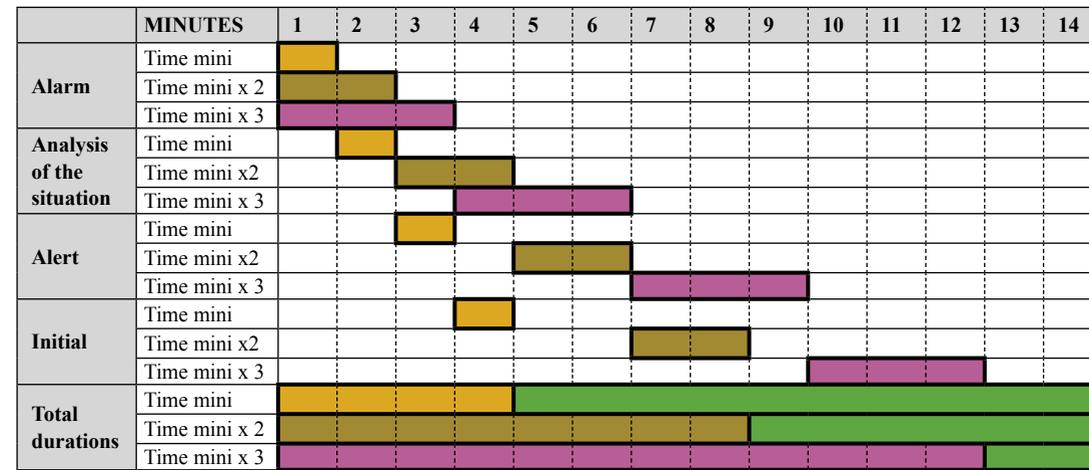
D'un point de vue statistique, la majorité des incendies de poids lourds ne présentent pas une cinétique aussi rapide que celle prise dans cet exemple mais les incendies majeurs correspondent bien à ce cas.

Un autre enseignement au regard de ces délais est que pour les ouvrages à fort

### 1.4.5. Summary

The following diagram illustrates the importance of minimising the time taken for the individual actions that precede the intervention itself. The minimum duration has been multiplied by 2 and 3 though for certain real life interventions this factor was found to be 4.

Table 2. Sensibility of durations



■ Time available for the emergency services to be in attendance and suppressing the fire

When we consider that the emergency services cannot start an efficient operation until 11 to 14 minutes after the beginning of a quickly-developing lorry fire, we might conclude that:

- with the minimum cumulative delay time the fire services have about 10 minutes to mobilise to the fire and initiate fire suppression,
- with the minimum cumulative delay multiplied by a factor of two there are about 6 minutes to mobilise to the fire,
- with the minimum cumulative delay multiplied by a factor of three 3 there are only about 2 minutes mobilisation time remaining; it will not be possible to reach the fire before it develops to a category 3.

Statistically it has been found that most heavy goods vehicles fires don't develop as quickly as assumed in this example but major fire correspond to that case.

Another lesson learned about durations is that for tunnels which carry a high



trafic (et beaucoup de poids lourds), la proximité du centre de secours est très importante. Aussi, pour ce type d'ouvrage, il peut être nécessaire que l'exploitant dispose de son propre service d'intervention si le centre de secours est éloigné et les délais de réponse des services publics jugés trop longs.

### ► 1.5. IMPORTANCE DE LA PLANIFICATION DES SECOURS

Il faut tout d'abord noter qu'il n'existe pas de règle internationale concernant la planification des secours, que ce soit pour les opérateurs ou pour les services de secours.

Certains pays ont fait le choix de plans spécifiques aux exploitants et de plans spécifiques aux services de secours destinés à être mis en œuvre lorsque l'événement est tel que l'exploitant ne peut pas y faire face seul. D'autres pays ont opté pour des plans uniques intégrant la réponse de l'exploitant et celle des services de secours. Ces choix différents tiennent aux particularités de l'organisation administrative des Etats mais ne remettent pas en cause le bien fondé de la planification.

Les retours d'expérience sur accident ou incendie rappellent la nécessité impérieuse de disposer de tels documents, de former les personnels, et de confronter les procédures à l'épreuve d'exercices aussi réalistes que possible. Notons que ceux-ci doivent rester acceptables pour la sécurité des personnels et les inconvénients pour l'ouvrage et ses équipements.

Bien préparée et appliquée par tous les acteurs, cette planification évite nombre d'erreurs ou d'actions inadaptées face aux situations exceptionnelles.

En outre, d'un point de vue psychologique, elle réduit le stress et la crainte de « mal faire » ou de ne pas savoir quoi faire ; elle améliore donc l'efficacité de mise en œuvre des procédures.

La planification de secours présente de nombreuses plus values dont :

- une connaissance préalable à la crise des acteurs entre eux et de leurs responsabilités et rôles respectifs,
- une connaissance élargie des possibilités et des limites respectives des exploitants et des services de secours face à l'environnement et aux spécificités du tunnel,
- des gains de temps considérables lors des prises de décision,
- une connaissance plus approfondie des ouvrages par les exploitants et les services de secours tant du point de vue du génie civil que des équipements,

volume of traffic (with a large component of heavy goods vehicles) the short distance between the nearest fire station and the tunnel is very important. For this type of tunnel it can be necessary to have the operator's fire fighters provide the first line of response if the nearest fire station is too far away or if the response time of the public fire fighting teams is too long.

### ► 1.5. IMPORTANCE OF CONTINGENCY PLANS

There is no international standardisation of contingency planning either for the tunnel operators or for the emergency services.

Some countries have made specific plans, one plan for the tunnel operators and one for the emergency services with the intention that the plans are activated when the fire exceeds the internal capabilities of the tunnel. Other countries have specified one plan that integrates both the response by the operator and the emergency services. These different approaches depend on the peculiarities of the administrative organisation of the different countries but do not affect the coherence of the contingency planning.

Post accidental analyses of incidents or fires and debrief review of emergency exercises emphasize the necessity of such documents, the education of staffs and the importance of making exercises as realistic as possible. It is also important to ensure that emergency exercises remain acceptable in terms of staff security and also in terms of inconvenience for the tunnel and its equipments.

Well prepared and practiced contingency plans prevent numerous mistakes and inappropriate actions when exceptional situations arise.

Such planning and preparation can also reduce stress and fear of "making a mistake" or not knowing what to do and improve the efficiency of the chosen procedures or responses.

Contingency planning presents numerous advantages, which include:

- knowledge of the respective roles and responsibilities of the various intervention teams before a crisis occurs,
- a widespread knowledge of the possibilities for and limitations of the intervention teams facing the environment and the peculiarities of the tunnel,
- a truncated decision making process leading to reduced response times,
- an improved knowledge of the tunnel civil engineering and tunnel equipment for both operators and emergency services,



- l'identification d'inadaptations ou de défaillances dans les systèmes mis en place.

Ces documents de planification doivent être considérés comme des supports opérationnels et devraient être évalués et amendés à la lumière des retours d'expérience d'accidents ou des exercices.

En conclusion, il est communément admis que, bien que ces plans puissent revêtir différentes formes selon les particularismes organisationnels et la culture de sécurité de chaque pays, ils sont un facteur essentiel de réussite de la lutte contre les effets de graves incendies en tunnels.

### ► 1.6. FAMILIARISATION AVEC LE TUNNEL ET EXERCICES

Lors de plusieurs incidents majeurs, il a été établi que les services de secours ne connaissaient pas les caractéristiques des tunnels où ils étaient amenés à intervenir, car ils ne les avaient jamais visités.

Les enquêtes ou analyses post accidentelles ont plusieurs fois fait ressortir une connaissance des ouvrages jugée à posteriori comme insuffisante par les services de secours eux mêmes.

L'enseignement qui ressort de ces constats est la nécessité d'un partenariat exploitants / services de secours en vue d'organiser des visites de familiarisation et des exercices. Les paramètres des exercices sont définis lors de réunions de concertation spécifiques. Les modalités des visites et des exercices doivent être acceptables pour tous et prendre en compte notamment les impératifs de l'exploitation, du trafic et des usagers.

Bien que chacun reconnaisse l'importance, la nécessité et l'utilité des exercices d'urgence, les impératifs des différents acteurs peuvent présenter des difficultés pour parvenir à la définition de scénarios totalement satisfaisants pour toutes les parties en présence.

#### 1.6.1. Visites de familiarisation

Bien qu'elles concernent en général l'espace trafic lui-même, les visites de familiarisation avec les autres espaces fonctionnels tels que les aires de déploiement des services de secours, les locaux techniques, le poste de commandement et/ou de contrôle sont également importantes.

Selon la configuration de l'ouvrage et son environnement, certaines visites ne nécessitent pas l'interruption du trafic et peuvent se dérouler de jour.

- identification of inappropriate layouts or faults in the systems at work.

These contingency planning documents must be seen as operational support and should to be continuously evaluated and reviewed as a result of experiences and incidents.

In conclusion, it is generally accepted that whilst contingency plans may have different forms according to the organisational peculiarities and the culture of safety of each country; they are an essential factor for success in the struggle against the consequences of serious tunnel fires.

### ► 1.6. TUNNEL FAMILIARISATION AND EXERCISES

In several major incidents, the emergency services did not know the lay out of the tunnels in which they were required to intervene because they have never visited them.

Post incidental inquiries and analyses have, on several occasions, led the emergency services to conclude that certain tunnels are not sufficiently well understood by them.

The lesson learned is the necessity to form a partnership between the operators and the emergency services with an objective of organising familiarisation visits and emergency exercises. The emergency exercises result from specific consultation meetings. The arrangements for these visits and exercises must be acceptable for the operator and be consistent with the requirements of traffic and of the tunnel users.

Whilst they do all recognize the importance, necessity and usefulness of holding emergency exercises, the differing requirements of the various participating bodies can make it difficult to arrive at a scenario that satisfies totally all parties.

#### 1.6.1. Familiarisation visits

Whilst familiarisation visits are generally arranged to the road tunnel itself, the other functional areas such as the deployment area for the emergency services, technical premises, commanding post and/or control centre are also important.

According to the configuration of the tunnel and its environment, it may not be necessary to stop the traffic - some visits may be able to take place during the day.



Pour les ouvrages à fort trafic, il est nécessaire de les fermer pour la visite. Souvent, ceci n'est donc possible que de nuit.

Du point de vue des coûts et de la gêne aux usagers, il est alors judicieux de profiter des créneaux horaires dédiés à la maintenance périodique. Ces visites sont plus constructives si elles bénéficient des explications du personnel technique en charge de l'exploitation des systèmes et équipements du tunnel.

### 1.6.2. Exercices périodiques

Comme pour les visites, les exercices représentent une charge non négligeable au regard de l'exploitation des ouvrages. Mais il est reconnu qu'ils apportent de grands bénéfices en termes de préparation des différents acteurs.

Certains pays ont rendu ces exercices obligatoires, à la fois pour vérifier les dispositions de planification, et entraîner les personnels des exploitants et des services de secours.

Les périodicités sont variables selon les pays et selon les personnels concernés, exploitants ou services de secours.

On peut noter qu'on retrouve en général les types d'exercices suivants :

#### Les exercices des exploitants

- exercices de mise en situation des personnels d'intervention routière avec simulation de panne de véhicule ou d'accident, mise en place de balisage, etc.,
- exercices de mise en situation des personnels de maintenance avec simulation de panne ou problème technique à surmonter, etc.,
- exercices de mise en situation des opérateurs des postes de contrôle des équipements avec simulation de panne de véhicule, accident routier, incendie, panne d'équipement, etc.

Ces exercices sont généralement réalisés sous l'entière responsabilité de l'exploitant. Ils permettent d'entraîner les personnels, de vérifier leurs connaissances et d'améliorer les procédures et les documents d'exploitation.

#### Les exercices communs aux exploitants et aux services de secours

En référence à la Directive Européenne [7] ces exercices peuvent comprendre:

- les exercices d'état major ou de cadres sans déploiement de moyens lourds ;

For tunnels subject to heavy traffic it is necessary to close them for the visit to take place. This can often only be done but at night.

It is both cost effective and minimises inconvenience to the tunnel user to coincide familiarisation visits with the periodical maintenance closures of the tunnel. Additional value can be obtained during the visit as technical staffs are available to provide explanations of the various systems and facilities.

### 1.6.2. Periodical exercises

In a similar manner to the visits, planning and executing emergency exercises create a work load for the management of the tunnel. It is recognised that the process brings tangible benefits from the enhanced preparedness of the various parties involved.

Certain countries have made these exercises compulsory in order to both check the disposition of contingency planning and to train the staff of the operators and of the emergency services.

The periods at which such exercises are held vary according to the country and the operators or emergency services staff concerned.

In general the following types of exercises can be found:

#### The exercises of the operators

- exercises to test the response of the road intervention staff to the simulation of a car break down or incident by placing mobile safety devices etc,
- exercises to test maintenance staff with the simulation of an equipment breakdown, or a technical problem to overcome etc,
- exercises to test the tunnel control centre operators with the simulation of a vehicle break down, a road incident, a fire, or equipment trouble etc.

Those exercises are carried out under the sole responsibility of the tunnel operators. They enable the authorities to train their staff, to review their knowledge and to improve the procedures and operation manuals.

#### The exercises for operators and emergency services together

To accord with the requirements of the European Directive [7], these types of exercises may include:

- table top exercises without using operational processes that put people on



ceux-ci permettent de tester les communications, d'entraîner les cadres, de simuler la montée en puissance opérationnelle, de contrôler la pertinence des procédures,

- les exercices partiels avec déploiement de moyens limités en matériels et personnels en vue de mettre en œuvre et contrôler une partie précise d'une planification des secours,
- exercices d'ensemble ou de grande ampleur permettant la mise en œuvre et le contrôle de la totalité de la planification d'un événement grave tel que l'incendie d'un poids lourd, l'accident avec de nombreuses victimes, etc.

Il est important de noter que les acteurs de la préparation des exercices doivent porter une grande attention aux objectifs visés et qu'il est par ailleurs indispensable que ceux-ci soient clairement affichés dans les scénarios.

Ces exercices sont les plus difficiles à organiser. Ils doivent être préparés en totale concertation entre l'exploitant et les services de secours quant à la définition des objectifs principaux et du choix du scénario de façon à ce que les modalités de mise en œuvre et les actions opérationnelles se déroulent ainsi que souhaité.

Leurs délais de préparation sont en général assez longs et ils requièrent un nombre important de personnel et des moyens significatifs. Pour toutes ces raisons, de tels exercices ne peuvent pas être organisés de manière très fréquente malgré la volonté commune de tous les acteurs impliqués. La périodicité annuelle est cependant parfois prise comme référence.

Il doit par ailleurs être compris qu'un corps de sapeurs pompiers situé dans une zone comprenant de nombreux tunnels (grandes villes, montagnes ...), des immeubles importants, des établissements industriels ne peut pas organiser annuellement un exercice pour chacun des tunnels de sa zone.

Le choix des exercices se portera donc le plus souvent, sur les ouvrages présentant des difficultés particulières (grande longueur, difficultés d'accès, absence de réseau de lutte contre l'incendie ...).

### ► 1.7. MOYENS À ENGAGER PAR LES SERVICES DE SECOURS

Hors le cas particulier de certains ouvrages disposant des services de sécurité dédiés, la lutte contre l'incendie relève en général de la responsabilité entière des services publics les plus proches.

Les groupes de travail de professionnels créés après les grands incendies ont mis en exergue la nécessité d'engager un 1<sup>er</sup> échelon lourd et puissant et de mettre immédiatement en alerte un 2<sup>e</sup> échelon de renfort. En effet, tout incendie

alert. Such exercises test communication, or provide staff exercises, or conduct written exercises simulating the operational activation and control procedures,

- partial exercises that employ limited materials and personnel so as to test a precise part of the contingency planning for rescue,
- full scale exercises, that activate and control the whole of the contingency planning for a serious event such as a lorry fire, or an incident with numerous casualties, etc.

It is important to note that the participants involved in the preparation have to pay a great deal of attention to the objectives of the exercise and that it is necessary for these objectives to be presented in the scenario.

Those full scale exercises are more difficult to organize. They must be prepared by integral cooperation between the tunnel managers and the emergency services such that the definition of the main objectives, the choice of a scenario and the required exercise development occurs in the desired manner.

The time necessary to prepare the exercise is generally quite long and requires a great number of people and significant resources. Owing to these different reasons, such exercises cannot be prepared in a short timescale in spite of the will of the people involved. An annual repeat frequency is sometimes quoted.

It must be understood that a corps of fire fighters situated in an area with numerous tunnels (large towns or mountains) and other big buildings and industrial factories or centres cannot materially organize an exercise for every tunnel in its area every year.

In such cases the exercises will often be performed at the tunnels that present peculiar difficulties (great length, difficult access, absence of a fire network...).

### ► 1.7. MEANS TO BE ENGAGED BY EMERGENCY SERVICES

Except for those tunnels that have their own private emergency services, the responsibility to protect against fire is generally the duty of the nearest public services.

The professionals review groups created after the major tunnel fires have insisted on the necessity to engage major resources to immediately address tunnel fires and to immediately mobilise a second level of reinforcements. In effect, any



en tunnel doit être considéré comme un incendie majeur en puissance.

Malgré les implications financières d'une mobilisation importante pour un incendie mineur, ne pas opérer de cette manière peut conduire à se trouver confronté à une catastrophe majeure.

Les services d'incendie recommandent souvent que le 1<sup>er</sup> échelon comporte un officier, des moyens sanitaires et une réserve d'appareils respiratoires isolants. Il est rappelé qu'aucun homme ne doit s'engager en tunnel sans disposer d'appareil respiratoire et de réserves d'air comprimé.

Enfin il ne faut pas omettre de prévoir des moyens d'intervention contre les risques chimiques dès le 2<sup>e</sup> échelon, ces moyens étant généralement assez rares et pouvant être assez longs à mettre sur pied et à acheminer.

### ► 1.8. IMPORTANCE DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

Que ce soit pour les services de secours ou pour les exploitants, l'événement est loin d'être terminé lorsque l'incendie est éteint.

Il a été montré que le bénéfice qui peut être tiré de la démarche de retour d'expérience regroupe tant les enseignements positifs sur les procédures ou méthodes à conserver que les points négatifs à modifier en vue d'une amélioration de la conduite d'opérations à venir.

Elle est conduite afin d'améliorer la qualité de la sécurité des usagers, des employés et des services de secours. L'investigation à des fins de répression ou de sanction y est totalement exclue dans la forme comme dans l'esprit.

Elle est animée par une dynamique de volonté d'amélioration et d'observation critique.

Trop souvent cette démarche est menée uniquement après des accidents majeurs tels que ceux qui se sont produits au cours des dernières années. Il a souvent été noté, et plusieurs Etats l'ont inscrit dans leur réglementation, que les accidents ou incendies mineurs (voiture par exemple) sont également porteurs d'enseignements significatifs dans bien des domaines. Aussi, les analyses menées sur ces événements mineurs (au même titre que les exercices, point traité par ailleurs) permettent d'optimiser les procédures et méthodes, l'adaptation des matériels et des équipements. Ils ne devraient donc pas être négligés.

Bien que l'objet de cette partie ne soit pas de développer la méthodologie du processus de retour d'expérience, il semble bon de rappeler que la fin de la

tunnel fire must be considered as being a potential major fire.

Whilst there is a financial consequence to mobilising major resources for a small fire to not do so could result in a major incident.

Fire services often recommend that the first line of response (initial response team) should be quickly deployed with a staff officer, cleansing arrangements and stocks of breathing apparatus. Note that no one should enter a tunnel in which there is a fire without a breathing apparatus and reserves of compressed air.

Means of intervention to protect against a chemical incident should also be considered as part of the second line of response. Chemical protection resources are not commonly available and it may take a long time to prepare and send them.

### ► 1.8. IMPORTANCE OF THE POST INCIDENTAL ANALYSIS

For the emergency services as well as for the tunnel authorities, the incident is not concluded when the fire is extinguished.

It has been shown that the benefit which can be drawn from post incident common analysis includes positive points to be retained and negative points to be modified with a view of improving the future response.

Post incidental evaluation is done in order to improve the quality of the safety of users, employees and emergency services. Any investigation regarding responsibility has to be totally excluded from this.

The analysis should be motivated by a dynamic will for improvement and critical observation.

Too often, these proceedings are organized only after major incidents such as those that happened in recent years. It has often been noticed, and several countries have noted in their procedures, that minor incidents or fires (i.e. a car fire) can also generate significant learning across numerous fields. Post incident analysis of this sort of minor event (as well as the exercises, mentioned above) enables procedures and methods to be improved and materials and equipment to be adapted. Appropriate Post Incident Analysis for these types of minor events should not be neglected.

Though the object of this part of the report is not to develop the methodology of the post incidental analysis, it may seem advisable to remember that the aim of



démarche ne se situe pas lorsque les enseignements ont été trouvés et listés dans un document ou un rapport.

Si l'analyse confirme le bien fondé d'apporter des modifications au référentiel opérationnel (exploitant et services de secours), il y a alors bien lieu de mener les actions suivantes :

- analyser et prendre en compte les contraintes qui peuvent entraver la mise en œuvre des objectifs d'amélioration,
- trouver les parades et les moyens palliant les difficultés liées à ces contraintes et permettant de se rapprocher des objectifs, voire de les atteindre totalement,
- établir un échéancier de mise en œuvre des actions,
- former les acteurs aux nouvelles dispositions,
- soumettre ces nouvelles dispositions à l'épreuve d'une mise en œuvre sous forme d'exercices,
- analyser les actions menées, évaluer, mesurer et confirmer la pertinence des nouvelles dispositions ou, selon les résultats obtenus, affiner, améliorer certains points particuliers qui le nécessiteraient encore.

Il est reconnu que le retour d'expérience est consommateur de temps et donc souvent considéré comme une contrainte lourde, ses apports n'étant pas immédiatement comptabilisables en crédit ou bénéfice.

Sa mise en œuvre dépend donc de la volonté de la décider en ayant acquis la conviction qu'il s'agit d'un investissement utile à long terme qui justifie la dépense de court terme. Dans de nombreux secteurs de l'industrie notamment, des démarches similaires permettent d'améliorer la productivité et/ou de réduire les coûts. Pour la sécurité, le retour d'expérience aide à analyser les conséquences potentielles humaines, matérielles et financières des accidents et incendies en vue d'en minimiser les coûts induits.

### ► 1.9. CONCEPTION CONCERTÉE DES PROJETS DE TUNNELS

Diverses enquêtes menées après de grands incendies ont permis aux services de secours de s'exprimer sur la nécessité d'être associés étroitement à la définition du projet d'ouvrage. Cette concertation entre concepteurs et services de secours tend bien à se développer mais n'est pas encore considérée partout comme une démarche garantissant un apport en termes de sécurité pour les usagers et les employés et une amélioration des conditions futures d'intervention des services de secours.

Les règlements de sécurité des tunnels (Europe, Etats) ne peuvent pas prendre en compte tous les cas d'espèce et toutes les particularités de l'environnement

the proceedings does not stop when information have been found and listed in a document or report.

If the analysis confirms that there are grounds for making modifications in the operational referential and guidelines or manuals (authorities and emergency services) the following steps must be taken:

- analysing and taking into account the constraints which can hinder the carrying out of the objectives for improvement,
- finding the corrective measures and means to resolve the difficulties arising from these constraints so as to permit the objectives to be achieved,
- establishing a programme to carry out the actions,
- familiarising the participants with the new arrangements,
- submitting these new arrangements to test via appropriate exercises,
- analysing the actions that have been undertaken and confirming the relevance of the new arrangements; by measurement of the results obtained, improve such particular points as might be necessary.

It is acknowledged that major post accidental analysis takes a lot of time and is burdensome - the advantages of it are not immediately evident or accountable in credit or benefit.

Having acquired the conviction that it is a useful investment and that an immediate cost is justified the results are a function of the effort put into them. In numerous sectors of industry for instance, similar processes permit the improvement of productivity and cost reduction. In the field of safety, the post accident analysis assists in the review of the human, material or financial consequences of fires and incidents to reduce future costs.

### ► 1.9. CONCERTED TUNNEL DESIGN PROCESS

Several enquiries carried out after major fires have enabled the emergency services to emphasize their lack of involvement in the design process of the tunnel. This involvement between designers and emergency services has a tendency to develop but is not universally regarded as a process guaranteeing an improvement safety for the users and employees or bringing better intervention conditions for the emergency services.

The tunnel safety regulations (EU and state level) cannot foresee every specific case nor globally take into account the numerous characteristics of the environment



individuel de la totalité des futurs ouvrages.

Ceci est normal mais a déjà mis des services de secours non impliqués dans la démarche de définition concertée de l'ouvrage face à des situations de grande difficulté voire d'impossibilité d'action, certains impératifs qui leur sont propres n'ayant pas été pris en compte lors de cette étape amont.

On peut citer au titre de ces impératifs :

- l'accessibilité aux têtes mais également à l'intérieur de l'ouvrage,
- les aires nécessaires aux têtes pour le stationnement des engins de secours incendie et médicaux,
- la résistance au feu de l'ouvrage et de ses équipements avant risque de chute ou de ruine,
- les caractéristiques et possibilités des réseaux de communication,
- les caractéristiques et possibilités du réseau d'eau pour la lutte contre l'incendie,
- les caractéristiques et possibilités du système de ventilation et de désenfumage,
- la gestion de l'alerte puis de la crise.

Cette participation des services de secours permet de mener une démarche systémique de construction du schéma de sécurité de l'ouvrage selon les étapes suivantes :

- définition et analyse exhaustive des risques,
- prévention ou dispositions prises pour que la probabilité de survenance des risques répertoriés soit nulle ou réduite à un minimum acceptable,
- anticipation de dispositions à prendre en cas d'échec de la prévention et de survenance de l'événement,
- action ou assistance aux victimes et lutte contre l'incendie,
- retour à la normale.

Le rapprochement des concepteurs et des services de secours lors des travaux de définition des éléments concourant à obtenir un niveau de sécurité optimal des ouvrages lors de leur ouverture au public est essentiel. Il en va de même pour les ouvrages existants nécessitant des travaux d'amélioration de sécurité.

of all future tunnels.

This is normal but has already led to situations in which those emergency services that have not been involved in the design process of the tunnel being put into great difficulty or even unable to act. This has arisen because certain essential issues have been neglected during the design process.

These issues include:

- the access to the portals and the inside of the tunnel,
- the areas at the portals necessary for the stationing of the emergency vehicles,
- the fire resistance of the structure of the tunnel and of its equipments before collapse,
- the characteristics and capabilities of the communication network,
- the characteristics and capabilities of the fire water supply,
- the characteristics and capabilities of the smoke exhaust system,
- crisis identification and management,

Participation of the emergency services permits to lead the systematic building of a safety scheme according to the following steps, the tunnel being considered as a global system:

- definition and exhaustive analysis of risks,
- measures taken so that the probability of unexpected incidents are reduced to an acceptable level,
- anticipation of measures to be taken in case of failure of the fire prevention mechanisms,
- action and assistance to the victims and fight against the fire,
- return to normality.

It is essential to bring designers and emergency services together during the design process to define the elements necessary to achieve an optimal level for the safety of the tunnels when they open to the public. Similarly for already existing tunnels where improving safety is necessary.