

Sécurité des tunnels routiers



Les Etudes Spécifiques des Dangers (ESD)

Jean-Michel Vergnault, SETEC TPI

Sommaire

Le Dossier de Sécurité

L'Etude Spécifique des Dangers : Quoi ? Une Méthode en 5 étapes

Présentation du tunnel et de son environnement

Description fonctionnelle de l'ouvrage

Identification des dangers et choix des scénarios

Étude des scénarios

Synthèse et recommandations

Les recommandations du guide aux MOA et exploitants

Le Dossier de Sécurité : les textes français

Circulaire 2000-63 du 25 Août 2000

Instauration du Dossier de Sécurité pour les tunnels de l'Etat de plus de 300m; Circulaire portée à la connaissance des CT par les Préfets

Loi 2002-3 du 3 Janvier 2002 dite Loi SIST

Loi de portée générale pour tous les tunnels dont $L > 300m$
Apparition des CT avec une représentation en Commission d'examen pour la mise en service (CCDSA)

Décret 2005-701 du 24 juin 2005 complété par D. 2006-1354 du 8 Novembre 2006 Modalités d'application de la Loi SIST



CODE DE LA VOIRIE ROUTIERE (Art. L. et R.)

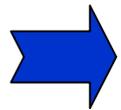
Arrêté du 18 Avril 2007 sur la composition et la mise à jour des DPS et DS ...

Art. 1 – 2° sur les Etudes Spécifiques des Dangers (ESD)

Nota

Notion de Dossier de Sécurité également dans la réglementation européenne pour les tunnels du RTE dont $L > 500m$ avec la Directive 2004/54/CE du 29.04.2004

Le Dossier de Sécurité



L'Etude Spécifique des Dangers : Quoi ?

Une Méthode en 5 étapes

Présentation du tunnel et de son environnement

Description fonctionnelle de l'ouvrage

Identification des dangers et choix des scénarios

Étude des scénarios

Synthèse et recommandations

Les recommandations du guide aux MOA et exploitants

ESD : Quoi ?

Arrêté du 18 Avril 2007

«L'Etude Spécifique des Dangers **précise et justifie** les **mesures** destinées à assurer la **sécurité des personnes** en fonction des **accidents susceptibles de survenir** dans l'ouvrage, depuis **l'événement déclenchant** jusqu'à la **prise en charge des usagers**»

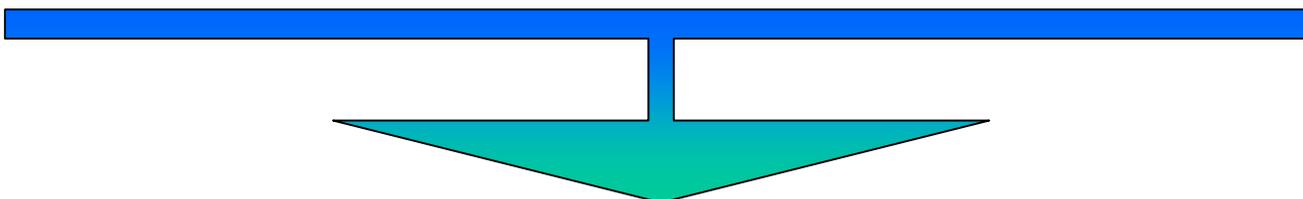
« Elle se base sur des **scénarios** qui tiennent compte :

- Des caractéristiques et du déplacement des **véhicules**;
- De la propagation en milieu confiné des **fumées, des liquides, des gaz, de la chaleur**;
- Du **comportement prévisible des usagers**, notamment ceux ayant quitté leurs véhicules et rejoignant à pied les issues de l'ouvrage;
- Des modes de **déclenchement** et de **fonctionnement** des **équipements**;
- De **l'action des services** d'exploitation et d'intervention. »

CETu - Guide des Dossiers de sécurité Fascicule 4 - ESD - 09.2003

L'Etude Spécifique des Dangers « décrit les accidents, quelle que soit leur origine, susceptibles de se produire en phase d'exploitation ainsi que la nature et l'importance de leurs conséquences éventuelles » ;

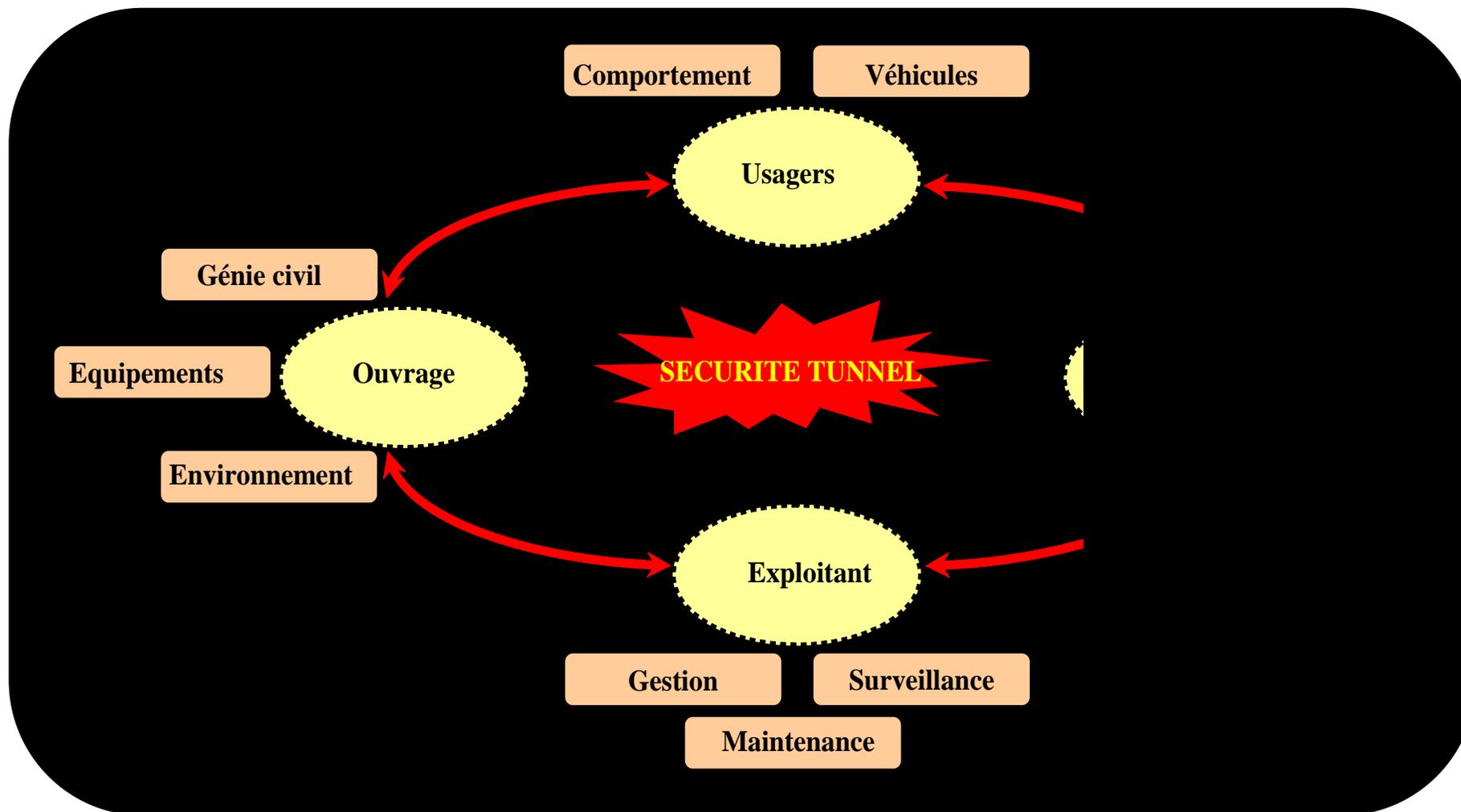
« Elle précise et justifie les mesures propres à réduire la probabilité que ces accidents surviennent et leurs conséquences »



Pièce maîtresse du dossier de sécurité

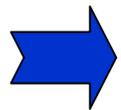
- Validation de la conception générale de l'ouvrage
- Validation de la stratégie de sécurité
- Evaluation du niveau de sécurité de l'ouvrage
- Préparation des pièces opérationnelles, notamment PIS

Une approche systémique du tunnel et de sa sécurité



Le Dossier de Sécurité

L'Etude Spécifique des Dangers : Quoi ?



Une Méthode en 5 étapes

Présentation du tunnel et de son environnement

Description fonctionnelle de l'ouvrage

Identification des dangers et choix des scénarios

Étude des scénarios

Synthèse et recommandations

Les recommandations du guide aux MOA et exploitants

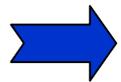
Une méthode en 5 étapes

- **Présentation du tunnel et de son environnement**
- **Description fonctionnelle de l'ouvrage**
- **Identification des dangers et choix de scénarios**
- **Étude chronologique détaillée des scénarios**
- **Synthèse et recommandations**

Le Dossier de Sécurité

L'Etude Spécifique des Dangers : Quoi ?

Une Méthode en 5 étapes



Présentation du tunnel et de son environnement

Description fonctionnelle de l'ouvrage

Identification des dangers et choix des scénarios

Étude des scénarios

Synthèse et recommandations

Les recommandations du guide aux MOA et exploitants

Présentation du tunnel et de son environnement

Elle se base sur la pièce 1 du DS « Description de l'ouvrage » **mais n'est pas un copier / coller de cette pièce**

On y décrit plus particulièrement ce qui est important pour la sécurité et notamment dans cette optique :

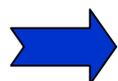
- **Les caractéristiques importantes de l'ouvrage au regard de la sécurité;**
- **l'environnement naturel (géologie, hydrogéologie, météorologie ...);**
- **l'environnement humain (populations et activités de proximité, permanentes ou non);**
- **l'environnement routier et les conditions générales de circulation;**
- **la composition du trafic et les règles de circulation;**
- **les centres d'exploitation et les centres de secours.**

Le Dossier de Sécurité

L'Etude Spécifique des Dangers : Quoi ?

Une Méthode en 5 étapes

Présentation du tunnel et de son environnement



Description fonctionnelle de l'ouvrage

Identification des dangers et choix des scénarios

Étude des scénarios

Synthèse et recommandations

Les recommandations du guide aux MOA et exploitants

Description fonctionnelle de l'ouvrage

L'objectif est d'analyser :

- si certaines fonctions de sécurité ne sont pas ou sont insuffisamment assurées
- comment les dispositifs et dispositions en place permettent d'assurer les fonctions de sécurité

*On analyse les **fonctions de sécurité** suivantes :*

- **prévenir** les incidents et/ou accidents
- **limiter** les conséquences d'un incident et/ou accident
- **mettre à l'abri et évacuer** les usagers
- **permettre et faciliter** l'intervention des secours

Les dispositions de génie civil et les équipements sont mise en regard des fonctions de sécurité visées.

L'analyse est généralement conduite au moyen de tableaux croisés.

Exemple de tableau théorique d'analyse (extrait)

Fonctions de sécurité			Prévenir les incidents			limiter les conséquences			Evacuer et mettre à l'abri		Permettre l'intervention des secours																																																																			
			F1a	F1b	F1c	F2a	F2b	F2c	F3a	F3b	F4a	F4b	F5c																																																																	
Sous fonctions de sécurité			Assurer un confort de conduite en sécurité	Tenir les usagers informés des conditions de circulation	Surveiller l'ouvrage et l'état de ses équipements	Détecter un incident / accident	Transmettre l'alerte aux services de secours et aux usagers	Sécuriser les lieux de l'incident / accident	Signaler et assurer un cheminement d'évacuation	Garantir la sécurité du cheminement et des usagers	Garantir un accès sur les lieux de l'incident	Garantir un environnement de travail	Garantir la communication avec et depuis l'extérieur																																																																	
Moyens			<table border="1"> <tr> <td rowspan="5">M1 – Génie civil</td> <td>M1.1</td> <td>Chaussée et BAU</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>M1.2</td> <td>Trottoirs</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>M1.3</td> <td>Système d'assainissement</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>M1.4</td> <td>Niches de sécurité / Incendie</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>M1.5</td> <td>Issues de secours - Abris</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>										M1 – Génie civil	M1.1	Chaussée et BAU												M1.2	Trottoirs												M1.3	Système d'assainissement												M1.4	Niches de sécurité / Incendie												M1.5	Issues de secours - Abris											
M1 – Génie civil	M1.1	Chaussée et BAU																																																																												
	M1.2	Trottoirs																																																																												
	M1.3	Système d'assainissement																																																																												
	M1.4	Niches de sécurité / Incendie																																																																												
	M1.5	Issues de secours - Abris																																																																												
Sous systèmes																																																																														

Exemple de tableau d'analyse (un tableau par élément technique)

M1.2	Trottoirs
<i>Description</i>	<i>Des trottoirs non franchissables de 0.70m de large au sol sont aménagés à droite de chaque sens de circulation</i>
F1 : Prévenir les incidents	
- Assurer un confort de conduite	Le trottoir constitue pour les conducteurs un guide visuel et un bute roue (guidage)
F2 : Limiter les conséquences	
- Sécuriser les lieux	Le trottoir permet le cheminement en sécurité des usagers en dehors des voies de circulation et permet leur éloignement par rapport au lieu de l'incident
F3 : Evacuer et mettre à l'abri les usagers	
- Signaler et assurer le cheminement	Le trottoir est le moyen d'évacuation privilégié jusqu'aux issues de secours ou jusqu'à une des têtes.
- Garantir la sécurité du cheminement	Les trottoirs non franchissables empêchent les véhicules de mettre en péril les usagers cheminant vers les niches de sécurité et issues de secours
F4 : Permettre l'intervention des secours	
- Accéder au lieu de l'incident	Les trottoirs permettent aux services de secours de s'approcher à pied ; ils constituent par ailleurs un espace de travail complémentaire à la chaussée.
- Garantir un environnement	

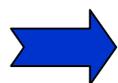
Le Dossier de Sécurité

L'Etude Spécifique des Dangers : Quoi ?

Une Méthode en 5 étapes

Présentation du tunnel et de son environnement

Description fonctionnelle de l'ouvrage



Identification des dangers et choix des scénarios

Étude des scénarios

Synthèse et recommandations

Les recommandations du guide aux MOA et exploitants

Identification des dangers et choix des scénarios

La démarche consiste en une analyse des risques avec :

- **classification des risques par source de danger**
- **classification des risques en fonction de leur criticité**
- **analyse et synthèse des enseignements**
- **choix de scénarios représentatifs**

Risque : croisement de l'occurrence d'un évènement et de sa gravité potentielle

CRITICITE : croisement de la Fréquence d'occurrence d'un évènement et de sa Gravité

Classe	Temps de retour	FREQUENCE	Exemple
A	< 1 an	Très fréquent	Panne d'un véhicule
B	< 10 ans	Fréquent	Accident grave d'un VL
C	Entre 10 et 20 ans	Occasionnel	Accident d'un PL
D	Entre 20 et 100 ans	Rare	Incendie d'un PL
E	Entre 100 et 1000 ans	Très rare	Tunnel Endommagé
F	> 1000 ans	Extrêmement rare	Effondrement du tunnel

Fréquence

Gravité

Classe	Conséquences	GRAVITE	Observation	
			Défaillance Système	Exemple
I	Dégâts matériels	Mineure ou nulle	Incident sans interruption de la circulation	Panne véhicule, accident léger
II	Blessés légers	Significative	Incident pouvant entraîner l'interruption de l'exploitation sans atteinte à la sécurité du système.	Accident grave
III	Blessés graves ou < 5 morts	Critique	Défaillance d'un équipement isolé avec atteinte à la sécurité du système.	Accident grave ou incendie mineur.
IV	Entre 5 et 50 morts	Catastrophique	Défaillance d'équipements pouvant entraîner un accident	Incendie important ou tunnel endommagé
V	> 50 morts	Catastrophe majeure	Défaillance générale pouvant entraîner la perte de la maîtrise du système.	Explosion ou incendie non maîtrisé avec effondrement de l'ouvrage

Les sources des dangers

Sources de dangers externes

- Environnement extérieur : climat, température A
- Environnement tiers : animaux, piétons ... B
- Usagers : véhicules légers, poids lourds, bus, ... C
- Services externes : véhicules de secours, ... D
- Ressources externes : électricité, eau, ... E

Sources de dangers internes

- Infrastructure : structure principale, trottoirs, chaussée, ... F
- Services internes : véhicules de maintenance, de patrouille, ... G
- Equipements de sécurité : ventilateurs, PAU, éclairage, ... H
- Procédures : exploitation, intervention, ... I

Matrice de criticité de choix des scénarios à étudier

Gravité \ Fréquence		Mineure ou nulle	Significative	Critique	Catastrophique	Catastrophe majeure
		I	II	III	IV	V
Très fréquent	A	C.7				
Fréquent	B	C.8				
Occasionnel	C	G.4 ; H.10 à H.12	A.6 ; B.1 ; C.1 ; G.2 ; G.3 ; G.5	C.2		
Rare	D	A.4 ; A.5 ; A.8 ; B.5 ; B.6 ; C.11 ; F.2 ; F.4	B.2 ; B.3 ; C.9 ; C.10 ; H.7 ; H.24 ; H.26	D.1 ; H.25	C.3 ; C.4	
Très rare	E	A.1 à A.3 ; A.9 ; B.7 ; C.12 ; E.1 ; F.1 ; F.10	A.7 ; B.4 ; F.5 ; F.6 ; F.12	D.2 ; E.2 ; E.3 ; F.7 ; F.11 ; H.5 ; H.6 ; H.21	A.16 ; F.8 ; F.9 ; H.13 ; H.20	C.5
Extrêmement rare	F	A.10 ; A.12 ; A.13 ; F.3	A.11 ; A.14 ; G.1 ; H.2 à H.4 ; H.8 ; H.17	H.1 ; H.9 ; H.14 ; H.15	A.15 ; H.16 ; H.18 ; H.19 ; H.22 ; H.23	C.6

(C1) : VL - 3 MW

(C2) : Incendie VL important - 15 MW

(C3) : Incendie PL - 30 MW

(C4) : Incendie PL important - 100 MW

(C5) : Incendie VTMD - 200 MW

(C6) : Épandage du contenu d'un VTMD

Criticité jugée importante

Criticité jugée moyenne

Criticité jugée faible

Le Dossier de Sécurité

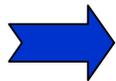
L'Etude Spécifique des Dangers : Quoi ?

Une Méthode en 5 étapes

Présentation du tunnel et de son environnement

Description fonctionnelle de l'ouvrage

Identification des dangers et choix des scénarios



Étude des scénarios

Synthèse et recommandations

Les recommandations du guide aux MOA et exploitants

Étude des scénarios

Selon le guide des ESD :

« Il s'agit, en décrivant l'enchaînement des événements et des actions à mener, de montrer la contribution de chaque facteur matériel et organisationnel participant à la sécurité du tunnel et la façon dont ils interagissent. »

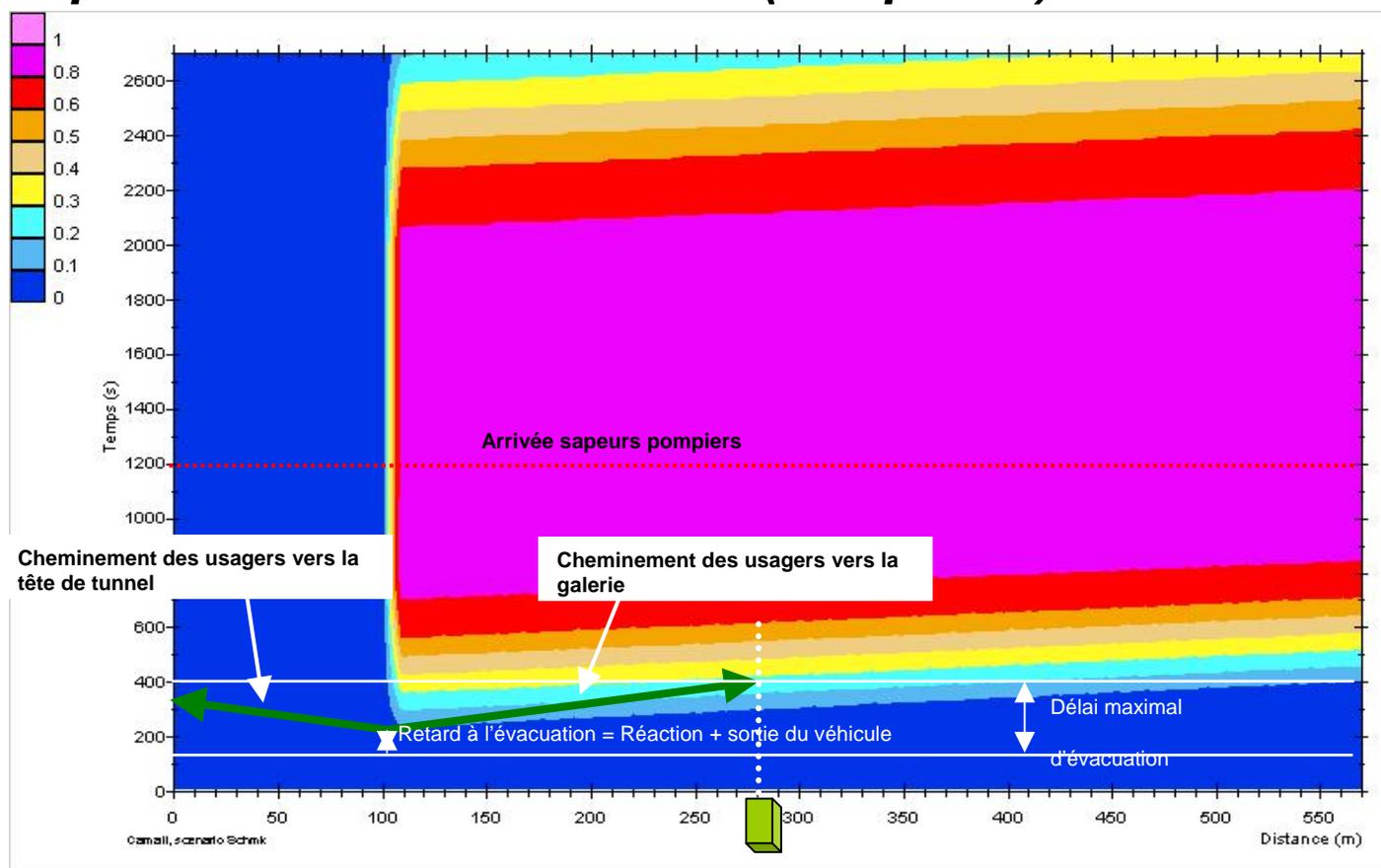
Pour chaque scénario, on décrit :

- la mise en œuvre des équipements;
- la stratégie envisagée par l'exploitant et les services de secours;
- le comportement des usagers;
- les paramètres, notamment les zones à risques (température, toxicité CO, opacité, rayonnement).

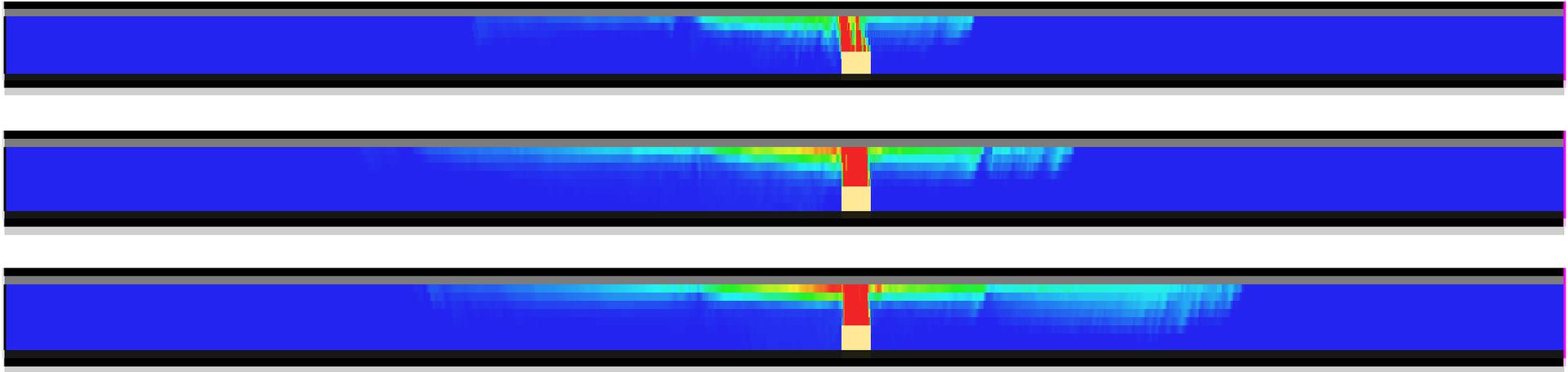
Utilisation des outils informatiques :

- Outils monodimensionnels : CAMATT, EXPRESS'AIR
- Outils tridimensionnels : FDS, SOLVENT

Exemple de sortie avec CAMATT (ici opacité):



Exemple de sortie avec FDS (ici température):



Exemple de sortie avec FDS (ici rayonnement):

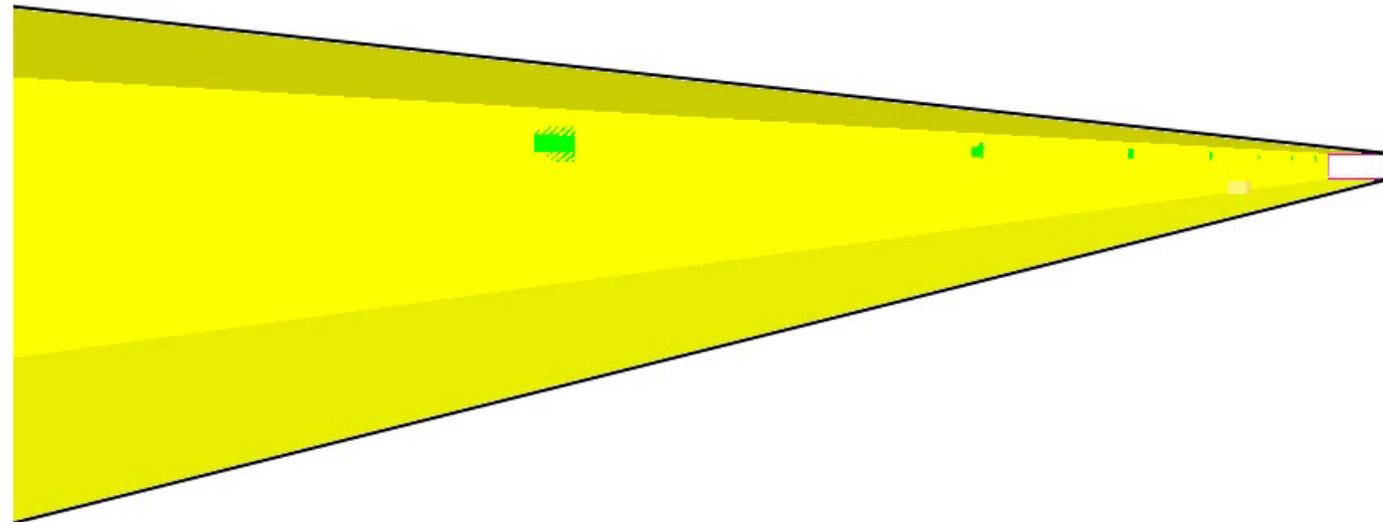


Smokeview 5.1.6 - May 31 2008

Exemple

**Animation FDS
comportement
des fumées**

**(600s/40s
= 15 fois)**



mesh: 1

Frame: 0

Time: 0.0



Matrice de criticité des scénarios (non obligatoire)

Fréquence \ Gravité		Mineure ou nulle	Significative	Critique	Catastrophique	Catastrophe majeure
		I	II	III	IV	V
Très fréquent	A					
Fréquent	B					
Occasionnel	C	← (C1) →	← (C2) →			
Rare	D			← (C3) →	← (C4) →	
Très rare	E				← (C5) →	
Extrêmement rare	F					← (C6) →

(C1) : Incendie VL - 3 MW

(C2) : Incendie VL important - 15 MW

(C3) : Incendie PL - 30 MW

(C4) : Incendie PL important - 100 MW

(C5) : Incendie VTMD - 200 MW

(C6) : Épandage du contenu d'un VTMD

Criticité jugée importante

Criticité jugée moyenne

Criticité jugée faible

Le Dossier de Sécurité

L'Etude Spécifique des Dangers : Quoi ?

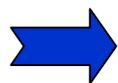
Une Méthode en 5 étapes

Présentation du tunnel et de son environnement

Description fonctionnelle de l'ouvrage

Identification des dangers et choix des scénarios

Étude des scénarios



Synthèse et recommandations

Les recommandations du guide aux MOA et exploitants

Synthèse et recommandations de l'ESD

- récapitule les enseignements tirés des précédentes analyses et notamment de l'étude des scénarios ;
- synthétise les éléments qui pourraient avoir une utilité notamment pour les consignes d'exploitation ;
- vérifient la cohérence des moyens envisagés pour réduire la probabilité d'occurrence et la gravité des conséquence d'un incident ;
- précise les pistes d'amélioration éventuelles possibles ;
- présente un avis sur le niveau global de sécurité du tunnel.

Le Dossier de Sécurité

L'Etude Spécifique des Dangers : Quoi ?

Une Méthode en 5 étapes

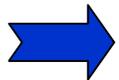
Présentation du tunnel et de son environnement

Description fonctionnelle de l'ouvrage

Identification des dangers et choix des scénarios

Étude des scénarios

Synthèse et recommandations



**Les recommandations du guide ESD aux MOA
et Exploitants**

Les recommandations du guide ESD **aux MOA et aux exploitants**

- **« Le MOA et l'exploitant doivent s'impliquer fortement »**
 - bonne prise en compte des spécificités du contexte local
 - bonne coordination de tous les acteurs concernés
 - 4 réunions minimum (Etat de référence, Chap. 1 et 2 + choix des scénarios (chap.3), Déroulement des scénarios et 1^{ers} résultats (chap.4), Finale de synthèse).

Ceci sur une durée de 2 à 6 mois

- **« Il ne doit pas y avoir d'ambiguïté sur les caractéristiques de l'état de référence pris en compte »**
 - L'ESD peut déboucher sur une nécessité de modifier \pm l'Etat de référence [(modifications mineures / RAS) ou (modifications majeures alors à prendre en compte dans l'ESD finale)]
 - Importance primordiale de la connaissance du trafic
 - Le choix pour de transit ou non des marchandises dangereuses doit être fait en amont de l'ESD

- **« Les outils de modélisation doivent être utilisés »** et leurs résultats **« interprétés avec discernement »**
 - part d'incertitude sur les phénomènes aérauliques
 - part d'incertitude sur le comportement des usagers
 - cependant ils peuvent apporter des éléments pour suggérer des dispositions d'exploitation et d'intervention plus adaptées et efficaces
 - (ne pas penser systématiquement 3D)

- **« L'ESD doit être un document pédagogique fondateur »**
 - c'est sur elle que repose l'analyse du niveau de sécurité d'un futur ouvrage analysé en CNESOR puis périodiquement en CCDSA
 - elle a un caractère permanent sauf cas de modifications substantielles

I'ESD

« Elle n'est pas destinée à rester dans un tiroir; bien au contraire, elle est un document à valeur pédagogique, qui doit être lu et pouvoir être compris par toute personne ayant une responsabilité en matière de sécurité dans le tunnel (y compris et surtout les nouveaux arrivants) »

**Merci de votre
attention**