



HAL
open science

L'évolution des approches de la maîtrise des risques dans les infrastructures souterraines

Emmanuel Ruffin

► **To cite this version:**

Emmanuel Ruffin. L'évolution des approches de la maîtrise des risques dans les infrastructures souterraines. Rapport Scientifique INERIS, 2007, 2006-2007, pp.52-55. ineris-01869088

HAL Id: ineris-01869088

<https://ineris.hal.science/ineris-01869088>

Submitted on 6 Sep 2018

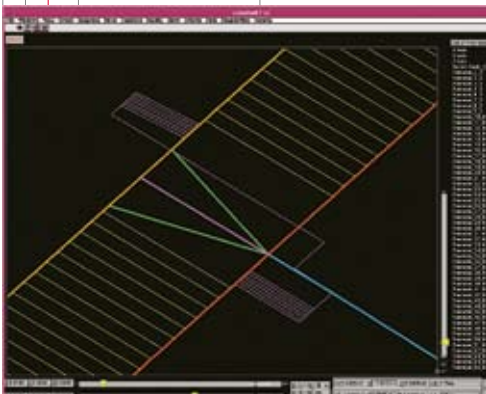
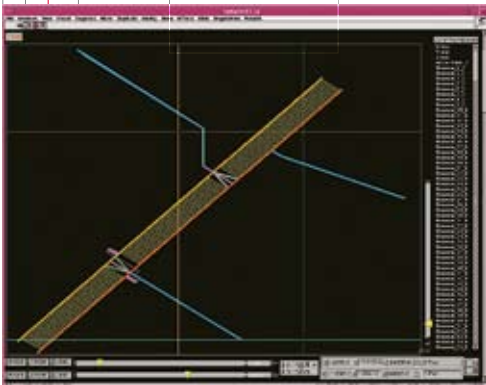
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'évolution des approches de la maîtrise des risques dans les infrastructures souterraines

Emmanuel Ruffin

1



Exemple de simulation de risques accidentels avec NewVendis® dans le tunnel ferroviaire de base du Lötschberg.

CONTEXTE

La sécurité des milieux souterrains confinés repose sur un ensemble de normes et standards utilisés pour construire, exploiter et maintenir les différents types d'ouvrages souterrains. Cet ensemble de règles permet de réduire les coûts d'étude, d'opération et de développement des ouvrages tout en assurant un niveau global de performance en matière de sécurité. Cependant, il est clair que la seule application de ces règles ne permet pas de garantir la maîtrise des risques dans les ouvrages souterrains, surtout si ceux-ci sont novateurs dans leur conception. En effet, l'application des différentes obligations techniques portées sur les sous-systèmes de sécurité ne permet pas de garantir un niveau de sécurité global, surtout lorsque les ouvrages comportent des systèmes techniques innovants ou un concept d'utilisation différent. L'application de ces multiples règles n'assure pas non plus une compréhension globale et efficace du système (dans son ensemble) permettant aux utilisateurs et aux exploitants d'adopter aisément les comportements adéquats pour un usage sûr de l'infrastructure souterraine. L'approche globale et systémique de la maîtrise des risques dans les milieux souterrains fait l'objet d'un ensemble de recherches engagées à l'INERIS depuis les années 1990. Ces recherches ont largement contribué à l'évolution des pratiques de maîtrise des risques dans ces ouvrages et des programmes structurants pour l'avenir de la recherche européenne dans ce domaine sont en cours de réalisation.

1990 - PASSER D'UNE APPROCHE LOCALE À UNE APPROCHE GLOBALE D'ESTIMATION DES RISQUES

Scientifiquement et en pratique, de nombreux freins existent pour passer d'une approche locale à une approche globale et systémique de la sécurité. Notamment :

- le découpage en sous-systèmes « physiques » qui implique une réelle difficulté à faire communiquer différents modèles physiques (modèle de ventilation, modèle de dispersion tenant compte de la stratification, modèle de combustion et d'incendie...) dans une approche globale des effets accidentels en milieu souterrain ;
- la prise en compte simultanée de tous les éléments moteurs, dissipateurs ou de transformation du système souterrain qui influencent le déroulement des situations accidentelles. Il s'agit par exemple, des ventilateurs, du déplacement de véhicules induisant des courants d'air, de l'effet des brouillards d'eau sur un incendie ;
- les interactions dynamiques entre les effets physiques et les systèmes, et sous-systèmes de sécurité. La simple combinaison d'un train entrant dans une ramification munie d'un unique puits d'aérage naturel peut conduire, en situation d'incendie, à des bifurcations de comportement du système selon les conditions limites appliquées [1]. Dans la pratique cela peut se traduire par un « retournement de fumées », c'est-à-dire l'inversion du sens de propagation des fumées d'un incendie. Cette situation peut s'avérer dramatique en intervention d'urgence.

Évaluation comparée des systèmes d'évacuation dans une situation simple d'incendie en tunnel – lignes noires: les usagers confrontés à des zones très dangereuses – lignes blanches: les usagers pouvant évacuer normalement.

Ces constats et les recherches engagées par l'INERIS dès 1990 ont permis de mettre en place un nouvel outil de simulation [2], nommé NewVendis®, qui permet de prévoir les comportements dynamiques globaux d'un ouvrage simple (tunnels routiers ou ferroviaires), (figure 1), ou complexe (plusieurs centaines de galeries de mines, métro ou stockage souterrain) en tenant compte temporellement de l'ensemble des phénomènes physiques requis et des systèmes qui influencent le comportement de la source accidentelle et de ses effets dans l'ouvrage. La catastrophe du Mont-Blanc [3], survenue en 1999, est dramatiquement venue rappeler que la cinétique et l'approche globale de la maîtrise des risques devaient venir compléter le corpus de normes et standards recouverts par les instructions techniques. Dans le domaine des tunnels routiers, les recherches de l'INERIS ont fortement contribué à l'évolution des réglementations qui ont alors vu l'introduction des études spécifiques de dangers, actant de la prise en compte des approches systémiques et de la cinétique [4] dans la maîtrise des risques.

1997 - PASSER D'UNE APPROCHE TRÈS TECHNIQUE À LA PRISE EN COMPTE DES FACTEURS HUMAINS ET ORGANISATIONNELS

À cette époque, les facteurs humains et organisationnels étaient trop souvent mis au second plan dans l'étude des risques en milieux confinés. C'est aujourd'hui un axe fort de travail de nombreux organismes. L'INERIS a contribué activement, dès 1997, à cet axe de recherche de différentes façons. Schématiquement plusieurs

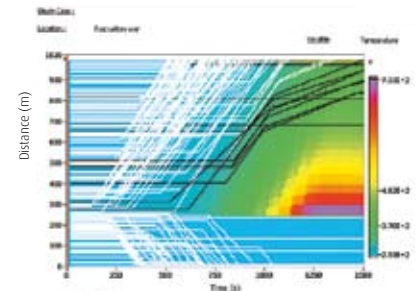
composantes importantes peuvent être listées :

- le comportement des usagers en situation pré-accidentelle ou en situation d'évacuation;
- le comportement des personnels d'exploitation et les opérateurs des centres de contrôles;

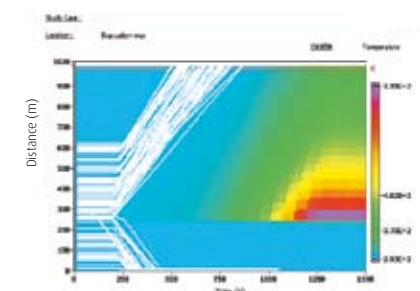
- l'organisation et la gestion des risques aux différentes phases d'exploitation.

Dans le cadre des ouvrages souterrains, le premier axe a fait l'objet d'une contribution de l'INERIS au projet de recherche européen UPTUN. Il s'est avéré que de nombreuses questions étaient encore à résoudre dans ce domaine et que surtout les moyens expérimentaux permettant la validation des modèles de comportement en situation accidentelle faisaient encore cruellement défaut. Cependant, des résultats intéressants ont été obtenus, qui permettent de mettre au point l'intégration d'un modèle d'évacuation de personnes (CRISP) au modèle NewVendis® d'évaluation globale des situations accidentelles [5]. La figure 2 montre qu'il est aujourd'hui possible, par exemple, de tester l'influence des caractéristiques des dispositifs d'évacuation de personnes.

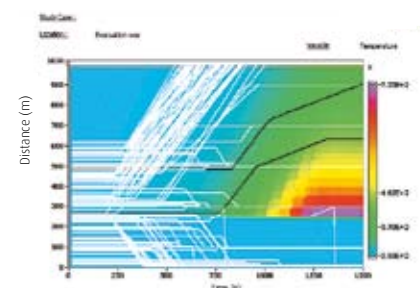
Ces travaux de recherche ont également permis, avec la compréhension des éléments clés de l'organisation de l'exploitation, des plans de secours et des facteurs humains associés d'analyser l'accident catastrophique du métro de Daegu [6], survenu en 2003. Les résultats montrent qu'aujourd'hui encore, il convient de renforcer ces démarches d'analyse globale de la sécurité des systèmes souterrains afin de rendre ces systèmes plus robustes aux effets accidentels ou aux malveillances et de mieux tenir compte du comportement des usagers dans la conception des ouvrages.



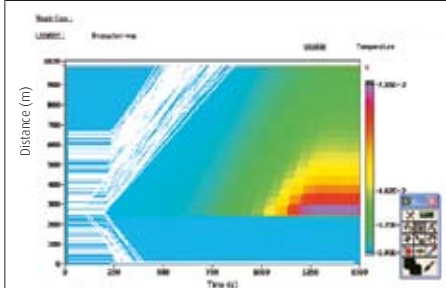
Pas d'issues de secours
Pas de détection ni d'alarme



Pas d'issues de secours
Avec détection et alarme



Issues de secours (200 m)
Pas de détection ni d'alarme



Issues de secours (200 m)
Avec détection et alarme

3



Fumées sortant du métro durant l'incendie de la catastrophe de Daegu, près de Séoul.

2000 - PASSER DE LA PRISE EN COMPTE DES SITUATIONS D'INCENDIE À LA PRISE EN COMPTE D'AUTRES SOURCES DE DANGERS

Outre les événements accidentels fortuits, les événements à caractère intentionnel ou mettant en jeu des substances dangereuses amènent aujourd'hui des voies de recherche communément admises. Dès 2000, l'INERIS a lancé un projet de recherche dédié à l'étude des effets accidentels de produits dangereux en milieu souterrain.

Ceci résultait d'un double constat :

- trop peu de connaissances existent sur le comportement des sources de produits dangereux dans les ouvrages souterrains et notamment sur le développement des rejets de gaz lourds ou cryogéniques ;
- les études des couches stratifiées sont presque toujours réalisées dans un cadre académique, c'est-à-dire sans les perturbations engendrées dans les situations réelles, où la présence d'équipements, d'obstacles ou de véhicules constitue la situation normale de dispersion rencontrée dans la réalité.

De ce fait, les modèles physiques théoriques et analytiques ne peuvent donner qu'une image très éloignée de la réalité pour ces situations accidentelles. Le projet STRATUS a donc abordé cette question par une double approche expérimentale et numérique.

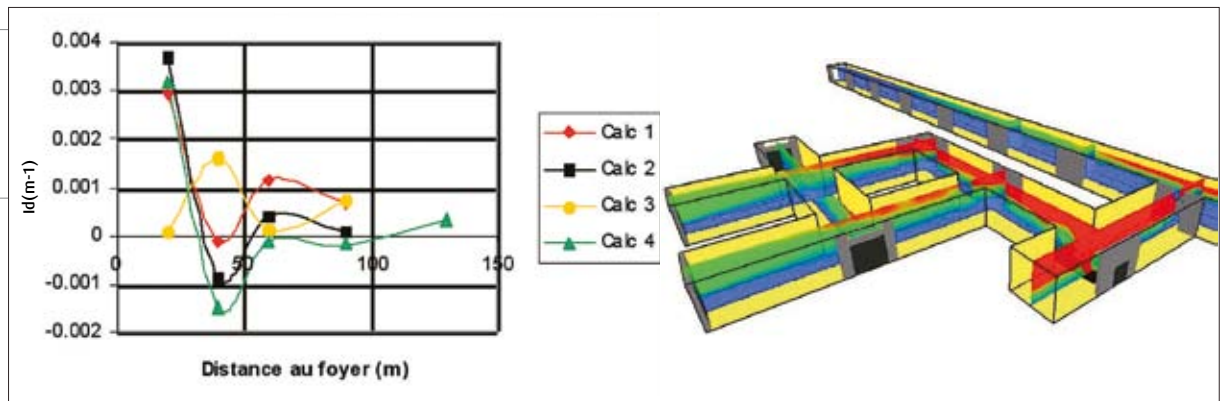
Des premiers résultats ^[7], qui seront complétés par ceux d'un projet plus large initié dans le cadre du programme « Sécurité Globale » de l'ANR, ont permis de confirmer l'importance de réaliser une recherche appliquée des situations accidentelles mettant en scène des situations réalistes. En effet, trop souvent, la perception des services de secours diffère de celle issue des recherches plus académiques sur le comportement des couches stratifiées. Le développement de situations réalistes qui seront étudiées dans le projet EGSISTES devrait permettre, à terme, de mieux concevoir et modifier les infrastructures souterraines de

transport pour les rendre moins vulnérables, tout en permettant la mise en place de plans d'intervention mieux adaptés aux situations réelles (figure 4).

LES ENJEUX ACTUELS - PASSER D'UNE RECHERCHE EXPÉRIMENTALE FRAGMENTÉE EN EUROPE À LA COORDINATION EFFICACE DES OUTILS DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT

Aujourd'hui, l'INERIS, en collaboration avec ses partenaires européens VSH - TNO - STUVA et SP, participe à la mise en place d'une plate-forme européenne dédiée à la recherche expérimentale pour la sécurité et la sûreté des milieux souterrains. Ce projet, nommé L-surF pour Large-Scale Underground Research Facility (www.l-surf.org), est issu du constat suivant : la recherche en sécurité des milieux souterrains est de plus en plus basée sur des démarches de conception par objectif de performance, qui impliquent des innovations lors de la conception de ces ouvrages et généralement le besoin de démonstrations expérimentales à grande échelle des niveaux de performance atteints. Ceci est le cas de tous les nouveaux ouvrages qui ont été construits récemment ou sont en cours de construction. L'introduction des démarches par objectif de performance (appelée ISI pour le secteur de l'incendie), dans certaines réglementations, ne fait qu'amplifier ce besoin. On peut d'ailleurs noter que les directives européennes prévoient et permettent ces évolutions par l'introduction systématique d'un article précisant la prise en compte des « innovations techniques ». Ceci est le cas de la directive relative à la sécurité des tunnels routiers mais l'est également pour les autres secteurs industriels utilisant des ouvrages souterrains, comme, par exemple, les transports ferroviaires. La Commission européenne a donc confié au consortium L-surF la définition d'une plate-forme européenne d'essais

4



Mesure d'intensité de déstratification (à gauche) - Simulation de dispersion de fumées en milieux souterrains complexes (à droite).

qui permettra de répondre aux besoins de recherche et d'évolution technologique pour la sécurité et la sûreté des milieux souterrains. Outre les aspects de développement technologique, la recherche appliquée dans l'ensemble des domaines importants pour la sécurité et la sûreté des milieux souterrains sera un objectif de cette plate-forme. Ainsi, les chercheurs européens disposeront d'un outil leur permettant d'étudier à grande échelle la mise en scène

de situations réalistes d'accidents. Ceci viendra compléter le travail de développement sectoriel des systèmes de sécurité et participera à la sécurité des ouvrages souterrains par la possibilité de tester un système souterrain ou un nouveau concept dans son ensemble et de façon réaliste. Cette démarche s'accompagnera de la mise en place d'un organisme européen permettant également la mise en réseau des moyens expérimentaux déjà existants et des chercheurs européens.

SUMMARY

EVOLUTIONS IN THE RISK MANAGEMENT OF UNDERGROUND INFRASTRUCTURES

In the 90's, INERIS very quickly came to the conclusion that a fragmented approach to risks using sub-systems was not sufficient to ensure a good level of preparedness of safety and security in underground infrastructures. Based on this consideration, INERIS has developed a full set of research topics that has led to a global risk management approach. In 1990, INERIS developed completely new software known as NewVendis© allowing a global and dynamic simulation of accident risks in underground infrastructures. As a result, since 2000 complete safety assessments of infrastructures have been possible, taking into account ventilation and propagation of smoke, vehicle movements and the behaviour of hazardous sources such as fire and toxic substances. These results have directly contributed to the French methodology for Specific Hazard Studies for road tunnels that was set up in 2001. These developments are also applicable in rail tunnels, metros, underground storage sites, etc. Since 1997, INERIS has completed its research by studying the human factors in underground safety. In particular, the behaviours of road and rail tunnel users, operators and emergency services were studied during the UPTUN project. This allowed INERIS to carry out a full systemic and global approach to risks considering a combination of technical, human and organisational factors. For example, it is now possible to assess the safety margin offered with emergency exits, taking into account important aspects of evacuation procedures and rescue plans. Research is now being carried out in specific fields of new hazards, such as terrorist acts, brought about by society changes. Nowadays, besides this research, INERIS is involved in the L-surF project that will result, in 2008, in the emergence of a new European organisation to increase the efficiency of the European Research Area in the field of underground safety and security. An important objective is the re-organisation of large-scale European experimental R&D programmes and facilities to support a performance-based approach to the risk management.

RÉFÉRENCES

- [1] Daëron S., Ruffin E. (2000). "Calculations of fire smoke behaviour in long rail tunnels". 1st International Conference "Tunnels and Underground Station Fires", 3-4 May 2000, Hong-Kong.
- [2] Ruffin E. (2001). « Mise au point d'un outil de simulation de situations accidentelles en réseaux souterrains » rapport INERIS 25-BCRD-97, juin 2001.
- [3] Brousse B., Voeltzel A., Le Botlan Y., Ruffin E. (2001). "Ventilation and fire tests in the Mont-Blanc Tunnel to better understand the catastrophic fire of March 24th 1999". International congress on Tunnel Fires. October 2001, Washington, USA.
- [4] Cwiklinski C., Marlair G., Ruffin E. & Lacroix D. (2002). "Upgrading fire scenarios for typical vehicles and their loads in the context of roads tunnels". International Symposium of Fire Safety, June 2002, Worcester, USA.
- [5] Waymel F., Fraser-Mitchell J., Ruffin E. (2006). "A new tunnel risk assessment procedure integrating smoke dispersion and evacuation models". 2nd international symposium on tunnel safety and security, 15-17 March 2006, Madrid, Spain.
- [6] Marlair G., Le Coze J.C. and Kim W.H. (2006). "The Daegu Metro Fire: a review of technical and organisational issues that led to a major disaster". 2nd international symposium on tunnel safety and security. 15-17 March 2006, Madrid, Spain.
- [7] Waymel F., Fournier L., Ruffin E. (2005). « Étude numérique de l'influence des véhicules sur la déstratification des fumées d'un incendie en tunnel ». Congrès AFTES, Les tunnels, clé d'une Europe durable, 10-12 octobre 2005, Chambéry, France.