



ANNEXE A : PROJETS ET RÉSEAUX INTERNATIONAUX

▶ A.1 DARTS

DARTS est l'abréviation de Durable and Reliable Tunnel Structures ; son but était d'élaborer des méthodes opérationnelles et des outils pratiques de soutien pour le meilleur processus décisionnel proactif destiné à choisir, dans chaque cas d'espèce, le type de tunnel optimal au niveau des coûts et les meilleures procédures de construction en ce qui concerne les conditions environnementales, les qualités techniques, les précautions de sécurité et la durée de vie en service. Les rapports disponibles sont les trois volumes suivants :

1. DARTS - The comprehensive decision tool, CUR Gouda, mai 2004, ISBN 90 3760 4633 ;
2. DARTS – Integrated design examples, CUR Gouda, mai 2004, ISBN 90 3760 4730,
3. DARTS – The reports (CD Rom) CUR Gouda, mai 2004, ISBN 90 3760 4838.

DARTS couvre les tunnels en rocher, les tunnels forés, les tunnels immergés et les tranchées couvertes. DARTS se concentrait sur la conception durable ; traditionnellement, tous les éléments d'un tunnel, tant structurels que non structurels, ainsi que les joints, drainage et membranes, sont conçus en fonction des exigences en matière d'état limite ultime ordinaire et d'état limite d'utilisation. Toutefois, s'agissant de la conception durable afin de vérifier que la durée de vie escomptée peut être atteinte avec un niveau de fiabilité acceptable, la situation est totalement différente de celle de la conception structurelle. Il semble être acceptable sans contestation d'utiliser une approche grossièrement simplifiée à outrance. Au moment de la mise en place de DARTS, les codes ne réussissaient pas à définir la vie de conception par rapport à la durabilité, ni à quantifier les états limites de durabilité devant être dépassés pour que la durée de conception soit achevée. La version actuelle des Eurocodes couvre également les aspects de durabilité.

La conception de la durée de service, l'étude d'impact sur l'environnement et l'analyse des dangers et des risques offrent un ensemble d'outils opérationnels pour les parties prenantes à la conception, à la construction et à l'exploitation des tunnels. DARTS a synthétisé toutes ces solutions fragmentées.

L'innovation première de DARTS est l'intégration de la conception structurelle fondée sur la fiabilité, des questions géotechniques, de la conception de la durée de service, de la conception des dangers y compris l'appréciation des risques, des

APPENDIX A: INTERNATIONAL PROJECTS AND NETWORKS

▶ A.1 DARTS

The DARTS (Durable and Reliable Tunnel Structures) project was aimed at developing operational methods and supporting practical tools to support an optimised pro-active decision-making process. This process allows the choice, on a case by case basis, of the cost optimal tunnel type and construction procedures regarding environmental conditions, technical qualities, safety precautions and long service life. The following reports are available:

1. DARTS - The comprehensive decision tool, CUR Gouda, May 2004, ISBN 90 3760 4633;
2. DARTS – Integrated design examples, CUR Gouda, May 2004, ISBN 90 3760 4730,
3. DARTS – The reports (CD Rom) CUR Gouda, May 2004, ISBN 90 3760 4838.

DARTS covers rock tunnels, bored tunnels, immersed tunnels and cut and cover tunnels. DARTS focused on durability design. Traditionally, all tunnel components, structural as well as non-structural such as joints, gaskets, drainage and membranes, are designed according to usual ultimate limit state and serviceability limit state requirements. However, when it comes to durability design to verify that the intended life can be achieved with an acceptable level of reliability, the situation is entirely different from structural design. It seems to be acceptable to use a grossly over-simplistic approach without question. When DARTS was initiated, codes failed to define the design life in relation to durability, and failed to quantify the durability limit states that must be exceeded for the design life to be ended. The present version of the Eurocode also covers durability aspects.

Service life design, environmental impact assessment, and hazard and risk analysis provide a set of operational tools for the stakeholders in the design, construct and operation of tunnels. DARTS has synthesised all these fragmented solutions.

The dominating innovation of DARTS is the integration of reliability-based structural design, geo-technical issues, service life design, hazard design including risk assessment, environmental aspects, societal needs, sustainability, and economic



aspects liés à l'environnement, des besoins de la société, de la durabilité et des aspects économiques. Ces points sont fusionnés dans un ensemble de méthodes pratiques et d'outils opérationnels permettant de choisir, de concevoir, de construire, d'exploiter et de rénover le type général de tunnel optimal sur le plan structurel, environnemental et socio-économique pour chaque projet de tunnel individuel.

Les actes du 1er Colloque international 'Safe and Reliable Tunnels - Innovative European Achievements', Prague, 4-6 février 2004 [1], qui a été organisé conjointement par les projets de R&D européens DARTS, FIT et UPTUN font partie des résultats de DARTS.

► A.2 SIRTAKI

SIRTAKI (Safety Improvement in Road & rail Tunnels using Advanced information technologies and Knowledge Intensive decision support models: www.sirtakiproject.com) a élaboré et évalué un système avancé de gestion de tunnels qui aborde spécifiquement les questions de sécurité et les cas d'urgence et qui est totalement intégré à la gestion d'ensemble du réseau. Le système de gestion de tunnels proposé a été évalué dans plusieurs sites de tunnels réels. SIRTAKI se concentre sur quatre aspects principaux de la gestion d'un tunnel et des situations d'urgence :

- la prévention des situations de conflit et d'urgence ;
- le soutien aux gestionnaires de tunnels ;
- la gestion intégrée au sein du réseau de transport ;
- l'amélioration des capteurs et de la surveillance.

Au sein de SIRTAKI, un prototype et système intégré de soutien à la prise de décisions (DSS) a été élaboré pour accroître la sécurité des tunnels. Pour atteindre cet objectif, le Consortium SIRTAKI a conçu une application de système composée de quatre modules :

- *Tunnel Management Model* : un modèle de tunnel opérationnel indépendant de tout tunnel spécifique, qui facilite l'adaptation de SIRTAKI aux caractéristiques de la plupart des tunnels en Europe ;
- *Inference Module* : un système de soutien à la prise de décisions qui aide les gestionnaires de crises à prendre des décisions dans des situations d'urgence en identifiant automatiquement les situations potentiellement dangereuses ;
- *Knowledge Basis* : un outil d'apprentissage qui soutient la formation, la prise de décisions et l'automatisation des actions en appliquant les enseignements tirés des expériences précédentes dans des situations d'urgence et de simulation de telles situations ;

aspects. This is merged into a set of practical methods and operational tools for choosing, designing, constructing, operating and upgrading the overall structural, environmental and socio-economic optimal tunnel type for each individual tunnel project.

The proceedings of the 1st International Symposium 'Safe and Reliable Tunnels - Innovative European Achievements', Prague, 4-6 Feb 2004 [1], which was jointly organized by the European RTD projects DARTS, FIT and UPTUN go into the results of DARTS.

► A.2 SIRTAKI

SIRTAKI (Safety Improvement in Road & rail Tunnels using Advanced information technologies and Knowledge Intensive decision support models: www.sirtakiproject.com) developed and assessed an advanced tunnel management system that specifically tackles safety issues and emergencies and is fully integrated into the overall network management. The proposed tunnel management system was evaluated at several real tunnel sites. SIRTAKI is focused on four main aspects of tunnel management and emergency situations:

- the prevention of incidents and emergencies;
- the supporting to tunnel managers;
- the integrated management within the transport network; and
- the sensors and surveillance improvement.

An integrated prototype and Decision Support System (DSS) was developed to increase tunnel safety. In order to meet this goal, the SIRTAKI consortium designed a system application composed of four modules:

- *Tunnel Management Model*: an operational tunnel model independent of any specific tunnel, which facilitates the adaptation of SIRTAKI to the characteristics of most tunnels in Europe.
- *Inference Module*: a decision support system that helps crisis managers to take decisions in emergency situations by automatically identifying potentially dangerous situations.
- *Knowledge Basis*: a learning tool that supports training, decision taking and automation of actions by applying lessons learnt from previous experiences to emergency management and simulation of emergency situations.



- **Tunnel Operator Working Environment** : couvre les interfaces graphiques utilisateur ainsi que les aspects nécessaires pour garantir le soutien approprié aux utilisateurs dans les moments critiques.

Pour clarifier l'interaction et l'interopérabilité des modules, le système SIRTAKI est esquissé dans la figure suivante :

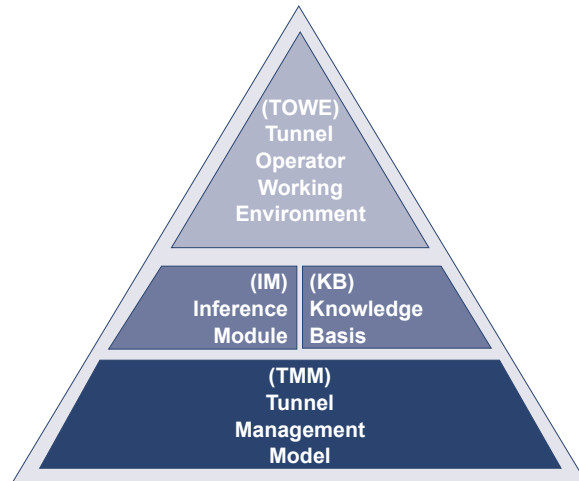


Figure A.2.1 - Esquisse du système SIRTAKI

Le système de soutien à la prise de décisions (DSS) est l'une des principales composantes de SIRTAKI. Il offre une aide intelligente entre :

- le gestionnaire de crise et l'information en temps réel requise pour analyser la situation, et
- le gestionnaire de crise et les moyens de l'intervention d'urgence.

Dans ce domaine, la technologie de pointe veut que, dans la plupart des cas, un DSS se contente de traiter certains paramètres, tels que les données de statut décrivant l'infrastructure et le trafic, et quelques capteurs de sécurité connexes, tels que des détecteurs de chaleur et de fumée. En revanche, d'autres sources d'information, telles que la surveillance audio et vidéo de l'infrastructure, ne sont pas traitées par le DSS – le gestionnaire de crise doit surveiller directement les écrans vidéo et les communications audio et en interpréter le contenu. C'est pourquoi les prétendus DSS actuels aident le plus souvent le gestionnaire de crise en triant les informations et en les présentant de manière structurée, mais sans effectuer de véritable analyse de la situation, ni en résolvant les éventuelles incohérences de l'information ou en prédisant l'évolution de la situation.

- **Tunnel Operator Working Environment**: it covers the Graphical User Interfaces and also those aspects necessary to guarantee adequate support to the users in critical moments.

The interactions between the modules are illustrated in the following figure:

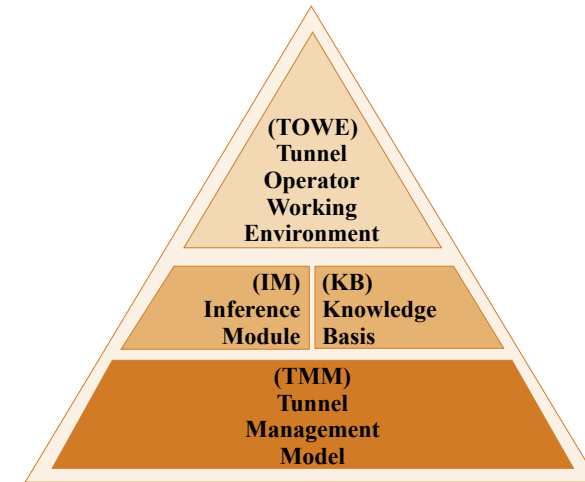


Figure A.2.1 - SIRTAKI system outline

The Decision Support System (DSS) is one of the main components of SIRTAKI. It provides a smart aid between:

- the crisis manager and the real time information needed to analyse the situation, and
- the crisis manager and the means for emergency response.

The state-of-the-art in this domain is, in most cases, a DSS that just handles a few parameters, such as status data describing the infrastructure and the traffic, and a few safety-related sensors, such as heat and smoke detectors. However, other sources of information, like audio and video monitoring of the infrastructure, are not processed by the DSS. Instead, the tunnel manager has to monitor video screens and audio communications, and interpret their content. Therefore, current so-called DSS most often help the crisis manager by sorting out information and presenting it in a structured way. They do not perform an actual analysis of the situation, nor do they solve possible inconsistencies in information, nor predict the evolution of the situation.



SIRTAKI prétend avoir amélioré cette situation en utilisant des techniques de simulation avancées pour construire une base de données de scénarios qui, combinée à une base de connaissances, permet le diagnostic automatique de situations conflictuelles – y compris les alertes précoces – et la production intelligente d’actions recommandées. Contrairement aux systèmes de pointe, SIRTAKI ne se contente pas de fournir une liste d’actions correctrices que le gestionnaire du tunnel est appelé à appliquer de manière plus ou moins automatisée ; il permet également une boucle de contrôle qui vérifie que les mesures appliquées aboutissent aux bons résultats.

Ces outils décrits ci-dessus serviront également à des fins de formation, pour que les gestionnaires de tunnels soient confrontés à des situations d’urgence dans des environnements simulés afin d’être mieux à même d’y faire face au cas où elles surviendraient dans la réalité.

L’exploitant du tunnel est aidé par le DSS de SIRTAKI grâce au Tunnel Operator Working Environment (TOWE). Cet outil affiche constamment les informations pertinentes relatives à la sécurité dans le tunnel : dispositifs disponibles, situations d’urgence actuelles, etc. Lorsque l’utilisateur fait face à une situation d’urgence, le DSS de SIRTAKI offre des suggestions d’actions d’atténuation que l’opérateur peut exécuter, et envisage également l’évolution possible de l’urgence. Le DSS de SIRTAKI peut envoyer automatiquement les décisions de l’opérateur aux systèmes installés dans le tunnel (ventilateurs, feux de circulation, panneaux alphanumériques, régulateurs d’éclairage).

► A.3 VIRTUALFIRE

VIRTUALFIRE (Virtual Real Time Fire Emergency Simulator : www.virtualfires.org).

► A.4 SAFE TUNNEL

SAFE TUNNEL (Innovative systems and frameworks for enhancing of traffic safety in road tunnels : www.crfproject-eu.org) s’est terminé en 2004 ; ce projet portait sur l’amélioration de la prévention des accidents dans les tunnels routiers par le biais d’infrastructures intelligentes et de coopération avec des véhicules intelligents. Son objectif principal était de contribuer à réduire le nombre d’accidents à l’intérieur des tunnels routiers grâce à des caractéristiques de sécurité préventives. Un accent principal consistait à parvenir à une réduction spectaculaire des accidents dus aux incendies qui, bien que rares, constituent le risque de sécurité le plus grave à l’intérieur des tunnels. L’idée de base était d’accroître la sensibilisation du statut des véhicules afin d’éviter l’accès au tunnel pour les véhicules présentant des anomalies à bord détectées ou imminentes, et de parvenir à une télésurveillance des limites de vitesse des véhicules à l’intérieur des tunnels.

SIRTAKI claims to have improved this situation by using advanced simulation techniques to build a database of scenarios that, combined with a knowledge base, allows the automatic diagnosis of incidents - including early warnings - and the intelligent issuing of recommended actions. Compared to current systems, SIRTAKI does just provide a list of correcting actions to be applied by the tunnel manager in a more or less automated way; it also enables a control loop to verify that the measures applied produce the appropriate results.

These tools described above will also be used for training purposes, so that tunnel managers can tackle emergencies in simulated environments in order to be in a better position when these situations actually take place.

The tunnel operator is helped by SIRTAKI DSS through the Tunnel Operator Working Environment (TOWE). This tool continuously displays relevant information about security at the tunnel: available devices, current emergency situations, etc. When the user is dealing with an emergency situation, the SIRTAKI DSS provides suggestions of mitigation actions that the operator can execute and the possible evolution of the emergency. The SIRTAKI DSS can automatically send the operator demands to the systems installed in the tunnel (ventilation fans, traffic lights, message signs, lighting controllers).

► A.3 VIRTUALFIRE

VIRTUALFIRE (Virtual Real Time Fire Emergency Simulator: www.virtualfires.org).

► A.4 SAFE TUNNEL

SAFE TUNNEL (Innovative systems and frameworks for enhancing of traffic safety in road tunnels: www.crfproject-eu.org), which ended in 2004, was concerned with accident prevention in road tunnels using Intelligent Infrastructure and Intelligent Vehicles cooperation. The main objective was to help reduce the number of accidents inside road tunnels through preventive safety features. A main focus was to achieve a dramatic reduction of fire accidents, which, although rare, are one of the most serious safety risks inside tunnels. The basic ideas were to increase awareness of vehicle status in order to avoid tunnel access to vehicles with detected or imminent on-board anomalies, and to achieve control surveillance of vehicle speed inside the tunnel.



Les objectifs spécifiques sont :

- l'analyse des besoins des exploitants de tunnels pour gérer les opérations liées à la sécurité ;
- la mise au point de deux camions de démonstration équipés de dispositifs de diagnostic préventifs, d'une télécommande et d'installations HMI ;
- la mise en place d'un centre de contrôle pour gérer les applications *SAFE TUNNEL* ;
- l'utilisation d'un réseau de télécommunications public (GPRS) comme lien de communication dans la zone du site d'essai (autoroute de Fréjus).

Du point de vue du système, les idées de base sont liées à la mise en oeuvre de fonctionnalités telles que les pronostics, le contrôle des accès, le contrôle de la vitesse et des distances et la diffusion des informations d'urgence (*voir Figure A.4.1, page suivante*). Toutes les applications sont basées sur la coopération d'équipements embarqués intelligents et d'un centre de contrôle communiquant par le biais d'un réseau sans fil public.

Une des conclusions du projet a été que la sécurité à l'intérieur des tunnels était perçue comme un besoin réel et important par toutes les parties prenantes (conducteurs, exploitants, gestionnaires de flottes). Les solutions pour améliorer la sécurité doivent être fiables et ne pas entraîner de surcoûts excessifs (toutes les parties prenantes ne sont pas disposées à payer, bien que les exploitants puissent rentrer dans leurs frais si le nombre de cas d'urgence diminue). La potentialité des applications *Safe Tunnel* est généralement appréciée, malgré certaines craintes quant à la liberté personnelle des chauffeurs et aux réglementations d'accès. Pour répondre à ces besoins, l'exploitation pratique de *Safe Tunnel* devrait permettre une intégration aisée à des plates-formes télématiques générales, optimiser la communication sur le trafic afin de comprimer les coûts et offrir des services supplémentaires (points d'intérêt, soutien à la solution des problèmes dans les véhicules, information avancée sur les routes/ la circulation et itinéraire alternatif en cas d'urgence).

► A.5 UPTUN

UPTUN (cost-effective, sustainable and innovative UPgrading methods for fire safety in existing TUNnels : www.uptun.net) est un projet de recherche en cours de grande envergure (12 millions d'euros) consacré aux méthodes permettant d'améliorer la sécurité contre les incendies des tunnels en service. Il se concentre sur les technologies novatrices et élaborera une méthodologie pour évaluer le niveau de sécurité des tunnels et définir des améliorations optimales au niveau des coûts. Le projet est réalisé par un consortium de 42 partenaires européens.

Specific objectives are the:

- analysis of the needs of tunnel operators for managing safety-related operations;
- development of two demonstrator trucks equipped with preventive diagnosis devices, tele-control and HMI facilities;
- Development of a control centre to manage *SAFE TUNNEL* applications; and
- use of a public telecom network (GPRS) as communication link in the test site area (Frejus motorway)

From a system point of view, the basic ideas are related to implementation of functionalities such as prognostic, access control, speed and distance control and dissemination of emergency information (*see Figure A.4.1, next page*). All applications are based on co-operation of intelligent on-board equipments and control centre communicating through a public wireless network

One of the conclusions of the project was that safety inside tunnels is perceived as a real and important need from all stakeholders (drivers, operators, fleet managers). Solutions for safety improvement must be reliable and do not cause significant cost excess (not all stakeholders are willing to pay although operators may recover costs with reduced number of emergency). Potentiality of *Safe tunnel* applications is generally appreciated although there are some concerns about personal freedom of the drivers and access regulation. In order to reflect these needs, *Safe Tunnel* seeks to allow easy integration of general purpose telematic platforms, optimize traffic communication to maintain low costs, and offer additional services (point of interest, support to vehicle problems solution, advanced road/traffic problem information and alternative road in case of emergency).

► A.5 UPTUN

UPTUN (cost-effective, sustainable and innovative UPgrading methods for fire safety in existing TUNnels: www.uptun.net) is a major (12 million euros) ongoing research project devoted to methods to improve the fire safety of in-service tunnels. It focuses on innovative technologies and will develop a methodology to evaluate tunnels safety level and define cost-optimal improvements. The project is carried out by a consortium of 42 European partners.

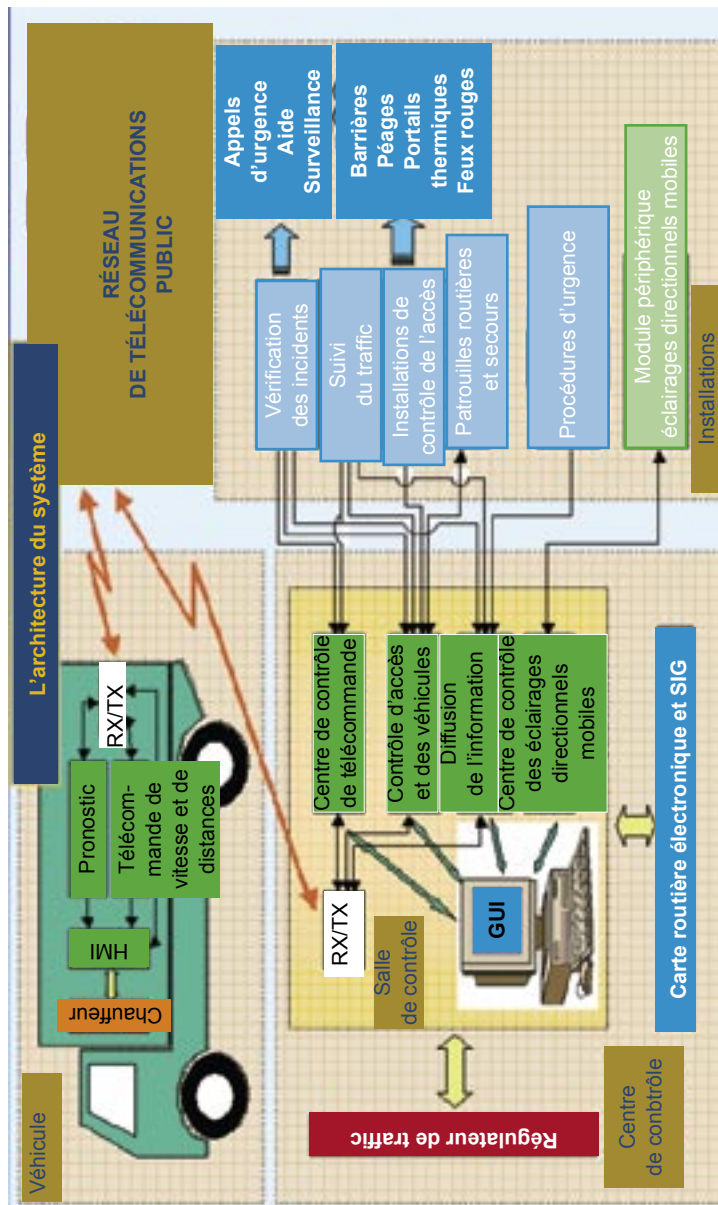


Figure A.4 .1 - Architecture du système des infrastructures intelligentes et de la coopération avec des véhicules intelligents

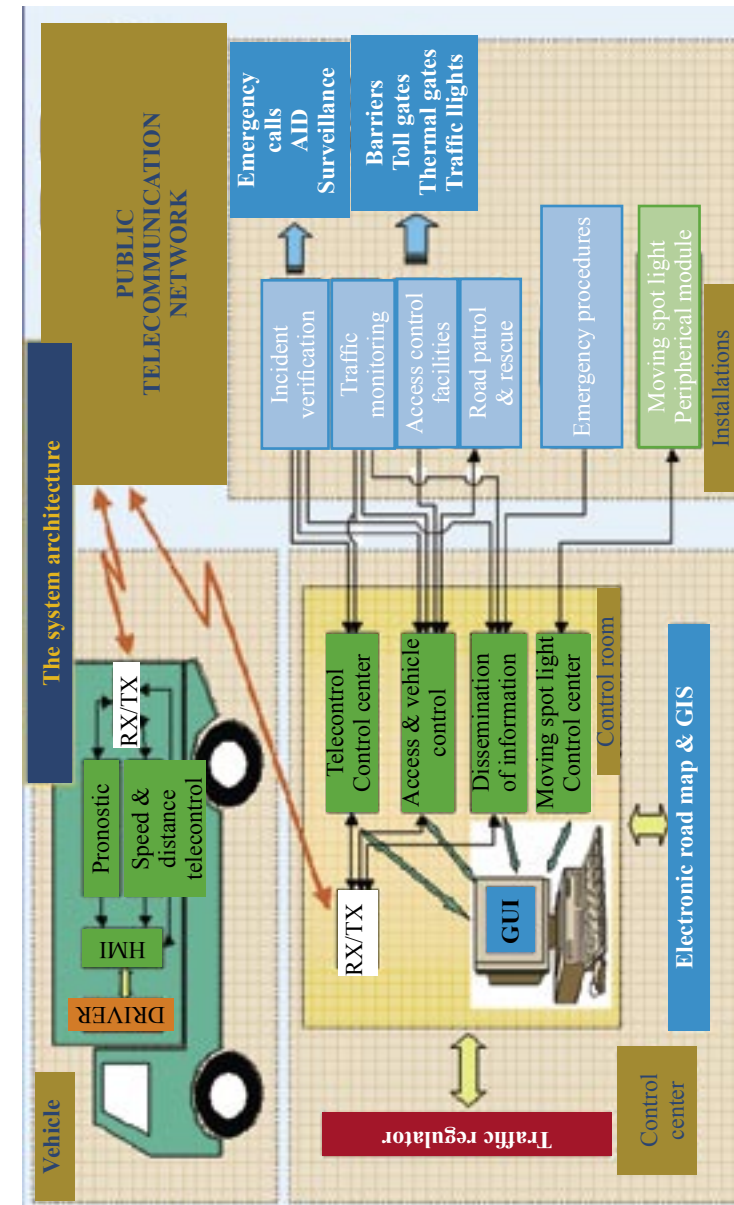


Figure A.4 .1 - System architecture of the intelligent infrastructures and intelligent vehicles cooperation



Tout d'abord, UPTUN a étudié les systèmes actuels de surveillance et de détection, a signalé les améliorations pouvant leur être apportées, et a évalué les nouvelles méthodes et techniques pour déterminer les incidents et les incendies à l'intérieur et à l'extérieur des tunnels. Il a ainsi établi une base de données détaillée des tunnels (tant routiers que ferroviaires) en Europe, en détaillant le type de tunnels dans chaque pays, le type de systèmes de détection qui sont en place, l'installation éventuelle de systèmes de lutte active, les détails des incidents récents. Cette base de données peut être utilisée pour analyser les incidents récents et évaluer si les tunnels qui disposent de meilleurs systèmes de surveillance et de détection réagissent plus rapidement aux incidents.

Ensuite, les mesures existantes et innovantes de développement et d'atténuation des incendies ont été étudiées dans le but d'élaborer des mesures d'atténuation rentables en cas d'incendie dans un tunnel. UPTUN a réussi à améliorer les outils d'évaluation nécessaires et à fournir de nouveaux outils novateurs le cas échéant, tels que des modèles mathématiques, ainsi que les scénarios de conception appropriés qui permettent de prédire les situations dangereuses. Des scénarios d'incendies et des critères d'acceptation ont été conçus, sur la base de meilleures connaissances de incendies et des risques d'explosions impliqués.

Par la suite, de nouvelles méthodes et de nouveaux moyens pour supprimer, neutraliser ou évaluer convenablement tous les facteurs qui contribuent à une intervention humaine négative en cas d'incident (les accidents de grande envergure sont toujours la conséquence d'incidents moins importants) et d'accident (qui en découlent si aucune mesure appropriée n'est prise) ont été trouvés, élaborés, évalués et encouragés.

Parmi les autres questions étudiées figure aussi la réponse structurelle du système (effets de l'incendie et performance du tunnel). Des moyens d'optimiser le comportement thermique et structurel de toutes les composantes des tunnels conçues pour une sécurité active et passive ont été explorés. La robustesse et la capacité de charge en cas d'accident ont été examinées. L'essentiel était d'évaluer la performance de la structure intégrale du tunnel dans toutes les phases d'un incendie : depuis l'embrasement jusqu'à la période de déclin, en passant par la croissance et le stade de plein développement. Grâce à ces connaissances, il a été possible de faire des recommandations pour réduire et limiter le temps non opérationnel et le travail de rattrapage pour les réparations. Les technologies existantes ont été évaluées, notamment en mettant l'accent sur les aspects de coût-utilité (y compris la maintenance).

Le cœur de UPTUN est constitué par l'évaluation et l'amélioration du niveau de sécurité des tunnels existants – tant au niveau des composantes que de manière

First of all, in UPTUN the current monitoring and detection systems were studied, possible improvements to those systems were reported, new methods and techniques for determining incidents and fires inside and outside tunnels were evaluated. Therefore, a detailed database of tunnels in Europe (both road and rail) was established, detailing the type of tunnels in each country, what type of detection systems are in place, whether any suppression systems are installed, details of recent incidents. This database can be used to analyse recent incidents and to assess if tunnels that have better monitoring and detection systems achieved a quicker response to an incident.

Secondly, existing and innovative fire development and mitigation measures were studied with the aim to develop cost-effective mitigation measures in case of fire in a tunnel. UPTUN has succeeded in improving the necessary evaluation tools and at providing innovative new tools where appropriate, such as mathematical models and the appropriate design scenarios that enable the prediction of hazard conditions. Design fire scenarios and acceptance criteria were developed, based on better knowledge about the fire and explosion hazards involved.

Subsequently, new methods and means to remove, neutralise or correctly assess all factors which contribute to a negative human response in incidents (larger accidents always result from smaller incidents) and accidents (resulting if no adequate action is taken) were found, developed, evaluated and promoted.

Other issues that were studied were the system structural response (fire effects and tunnel performance). Ways to optimise the thermal and structural behaviour of all tunnel components designed for active and passive safety were explored. The robustness and load bearing capacity under accidental conditions were examined. The essential point was to assess the performance of the whole tunnel structure in all fire conditions: from ignition, through growth to the fully developed stage and the decay period. With this knowledge, it was possible to make recommendations to reduce and limit non-operational time and repair retrofitting work. Existing technology were evaluated including main emphasis on cost-benefit (including maintenance) aspects.

The core of UPTUN is the evaluation and upgrading of the safety level of existing tunnels - both at the component level and holistically - in an integrated fashion



globale – d'une manière intégrée cohérente avec les niveaux de sécurité établis dans ce projet dans son ensemble. A cet effet, des caractéristiques de sécurité à évaluer ont été identifiées. Des critères pour l'évaluation des niveaux de sécurité et la défaillance des systèmes ont été fixés compte tenu de l'interaction entre les différentes caractéristiques de sécurité. Une procédure d'évaluation globale pour relever le niveau de sécurité des tunnels existants a été établie. Une appréciation des profils de risque incendie des tunnels avant et après la rénovation a permis d'évaluer l'impact socio-économique, tant au niveau micro qu'au niveau macro. L'utilité pratique de la procédure d'évaluation et de rénovation a été démontrée en l'appliquant à un tunnel existant.

Des tests réels grande nature (tests sur les tunnels de Runehamar et de Virgolo) faisaient partie de UPTUN. Grâce à eux, les modèles théoriques ont pu être validés. Sur la base des tests, des recommandations ont été dressées pour la collecte et l'analyse de données à grande échelle. En outre, du matériel promotionnel et éducatif adéquat a été produit.

Enfin, un transfert des résultats de UPTUN dans la pratique à toute la communauté chargée de la sécurité dans les tunnels aura lieu à la fin de 2006. Les résultats de UPTUN seront encouragés et disséminés. Des initiatives d'éducation et de formation seront lancées. L'impact socio-économique de la rénovation de tunnels existants sera montré. De premiers jalons pour établir une connexion avec d'autres projets nationaux ou internationaux ainsi que la faisabilité d'un Comité européen sur la sécurité des tunnels (COSUF) ont déjà été posés.

► A.6 FIT

Outre les projets de recherche, les réseaux thématiques européens fournissent des enceintes permettant l'échange d'expériences, l'exploitation des résultats de recherche et la préparation de projets futurs. Le réseau thématique FIT (Fire In Tunnels : www.etnfit.net) a produit six bases de données techniques portant sur : les projets de recherche, les installations d'essai de résistance au feu, les modèles numériques, les équipements de sécurité dans les tunnels, l'évaluation des incendies réels dans les tunnels et les activités de rénovation dans les tunnels. En outre, il dégage une vue d'ensemble des directives pertinentes sur la conception des tunnels résistant au feu dans le monde. Parmi les autres travaux techniques figure la préparation de recommandations sur les scénarios d'incendies, la conception résistant aux incendies et la gestion des réactions aux incendies.

consistent with the safety levels established in this project as a whole. Hereto, safety features to be evaluated were identified. Criteria for evaluating safety levels and systems failure were set taking into consideration the interaction between the different safety features. An 'holistic' evaluation procedure to upgrade the safety level of existing tunnels safety was made. An assessment of fire risk profiles for a tunnel before and after upgrading allowed the socio-economic impact to be evaluated, both at the micro as well as at the macro levels. The practical utility of the evaluating and upgrading procedure was demonstrated by applying it to an existing tunnel.

Real full scale testing (Runehamar tunnels tests and Virgolo tunnel tests) was part of UPTUN. With these tests, the theoretical models were validated. Based on the tests recommendations were made for large-scale data gathering and analyses. Besides, adequate promotional and educational material was provided.

Finally, a transfer of the UPTUN results into the practice all over the tunnel safety community will be made by the end of 2006. The findings of UPTUN will be promoted and disseminated. Initiatives for education and training will be made. The socio-economic impact of upgrading existing tunnels will be shown. First steps to interrelate with other (inter)national projects and the feasibility of a European Tunnel Safety Board (COSUF) have already been made.

► A.6 FIT

In addition to the research projects, European thematic networks provide forums to exchange experience, exploit research results and prepare future projects. The thematic network FIT (Fire In Tunnels: www.etnfit.net) has delivered six technical databases on: research projects, fire test facilities, numerical models, tunnel safety equipment, assessment of real tunnel fires and upgrade activities in tunnels. In addition, an overview of relevant guidelines on fire-safe tunnel design worldwide is displayed. Other technical work includes the preparation of recommendations on fire scenarios, fire safe design and fire response management.



► A.7 SafeT

Le projet SafeT (www.safetunnel.net) vise à produire des 'Directives de bonnes pratiques' [2, 3]. L'objectif de ces directives est de faciliter la mise en œuvre de la Directive 2004/54/CE de l'UE. Dans un premier temps, SafeT a dressé un rapport reprenant l'état actuel de la pratique, à savoir l'approche, les directives, la législation, les pratiques actuelles et les évolutions de la sécurité des tunnels lors de la conception et de l'exploitation de tunnels dans l'UE et dans les autres pays. Une partie du rapport retrace l'état de la technique en matière de détection, de prévention et de gestion du trafic, d'atténuation des conséquences, d'enquêtes/évaluations sur les accidents, d'enquêtes/évaluations après des accidents, de méthodologies d'appréciation des risques dans les tunnels et de systèmes de gestion de la sécurité.

Ensuite, SafeT recommande les méthodes et systèmes les plus appropriés pour la détection des incidents, l'information des conducteurs et la gestion et le contrôle du trafic dans les tunnels routiers. Avec ces recommandations, la sécurité préventive dans les tunnels existants ayant des failles en matière de sécurité sera améliorée et le comportement sûr des conducteurs sera encouragé.

Par la suite, SafeT valide et recommande des méthodes et techniques visant à améliorer la gestion des évacuations/ des interventions. Une source d'inspiration était constituée par les données réunies par le réseau thématique FIT (*voir Annexe A*). Des améliorations possibles sont étroitement liées à la formation du personnel de secours ; les systèmes de formation assistée par ordinateur (multimédias, outils de réalité virtuelle, formation des équipes par le jeu) pour le personnel de secours et les organisations de gestion des catastrophes ont été évalués.

Les enquêtes et évaluations entreprises après les accidents font également partie du projet SafeT. Les accidents pertinents dans les tunnels routiers, ferroviaires et de métro ont été étudiés et évalués et des projets de leçons à tirer des incidents et accidents dans les tunnels ont été élaborés. Un protocole d'enquête sur les accidents a été produit.

Par ailleurs, le rôle de l'appréciation des risques a été examiné. Cette partie de SafeT est étroitement liée au travail qui a été fourni dans le GT2 de l'AIPCR Gestion de la sécurité dans les tunnels routiers. Dans SafeT, le but est d'harmoniser l'application de l'appréciation des risques dans l'évaluation de la sécurité des tunnels en rassemblant des informations sur les méthodes et données disponibles ainsi que sur l'application actuelle. C'est pourquoi une évaluation des outils disponibles pour l'appréciation quantitative ou qualitative des risques a été

► A.7 SafeT

The SafeT project (www.safetunnel.net) aims to produce 'Best Practice Guidelines' [2,3]. The objective of these guidelines is to facilitate the implementation of the EU Directive 2004/54/EC. At first, SafeT produced a report with the current state of practice, viz. the approach, guidelines, legislation, current practice and developments in tunnel safety during design and operation of tunnels in the EU and other countries. Part of the report is the state-of-the-art on detection, prevention and traffic management, consequence mitigation, accident investigation/evaluation, post accident investigation/evaluation, tunnel risk assessment methodologies and safety management systems.

Secondly, SafeT recommends the most appropriate methods and systems for incident detection, driver information and traffic management and control in road tunnels. With these recommendations, preventive safety in existing tunnels with safety deficiencies will be enhanced and safer driver behaviour can be promoted.

Subsequently, SafeT validates and recommends methods and techniques to improve the evacuation/intervention management. A source of inspiration was data collected from the FIT thematic network (*see Appendix A*). Possible improvements are closely related to the training of rescue personnel; computer supported training systems (multimedia, virtual reality tools, team training by gaming) for rescue personnel and disaster management organizations were evaluated.

Post accident investigation and evaluation is also part of the SafeT project. Relevant tunnel accidents in road, train & metro tunnels were investigated and evaluated and draft lessons were learnt from tunnel incidents and accidents. An accident investigation protocol was delivered.

Furthermore, the role of risk assessment was examined. This part of SafeT is closely related to the work that has been done in this PIARC WG2 Management of Road Tunnel Safety. In SafeT, it is objected to harmonise the application of risk assessment in tunnel safety evaluation by collecting information on available methods and data and on current application. Therefore, an evaluation of available tools for quantitative or qualitative risk assessment was done. Examples of applications of the different risk analysis techniques for tunnel upgrading and new



effectuée. Des exemples d'applications des diverses techniques d'analyse des risques pour la rénovation de tunnels et les nouveaux projets de tunnels ont été rassemblés et évalués. Des exemples d'application des différentes méthodes (analyse de scénarios, appréciations déterministes et appréciations probabilistes) ont été décrits, et le pour et le contre en ont été indiqués. Des recommandations ont été faites pour l'application future des outils d'appréciation des risques.

Pour finir, une approche intégrée des systèmes de gestion de la sécurité dans les tunnels a été produite, abordant les aspects techniques aussi bien que les aspects organisationnels, institutionnels, transfrontaliers et juridiques pertinents pour l'exploitation sûre des tunnels en Europe.

Un plan d'application technologique a été lancé avant que le projet ne vienne à son terme.

Un rapport supplémentaire du projet SafeT, non prévu à l'origine, décrit la manière dont « l'approche globale de la sécurité des tunnels » a été développée à partir des connaissances obtenues par le projet SafeT, et des connaissances des approches de la sécurité dans les tunnels du monde entier [2].

ANNEXE B - EXPÉRIENCES PRATIQUES EN MATIÈRE DE PRINCIPES DE SÉCURITÉ

B.1. AUSTRALIE

Des critères de sécurité qualitatifs ou des niveaux de sécurité sont fixés par le biais du processus réglementaire et de planification d'un projet de tunnel. La législation australienne sur la sécurité routière exige que des niveaux de sécurité suffisants soient atteints. En outre, des critères de sécurité pour les projets de tunnel sont également fixés par les approbations individuelles de projets par le gouvernement, et forment alors la base de l'approche de sécurité. Des critères de sécurité détaillés sont fixés et convenus par les parties prenantes du projet à l'aide de la législation et des conditions d'approbation servant de base pour la sécurité, en liaison avec les directives pertinentes des autorités routières. Les exigences de sécurité sont satisfaites soit de manière prescriptive dans un cadre de travail pour le projet, soit par des critères basés sur les performances lorsque l'on adopte un processus de parties prenantes. Les dispositions de sécurité adaptées sont convenues et garanties par le biais d'audits de sécurité au cours de la conception et de la construction.

tunnel projects were collected and evaluated. Examples of application of the different methods (scenario analysis, deterministic assessments and probabilistic assessment) were described and the pros and cons were indicated. Recommendations for future application of risk assessment tools were made.

At last, an integrated view of tunnel safety management systems was produced, in which technical aspects as well as organizational, institutional, cross border and legal issues relevant to the safe operation of tunnels in Europe were addressed.

A Technology Implementation Plan was launched before the project came to an end.

An originally unanticipated extra report in the SafeT project describes how an original holistic “Global Approach to Tunnel Safety” from the knowledge gained in the SafeT project, and from knowledge of tunnel safety approaches worldwide was developed [2].

APPENDIX B - PRACTICAL EXPERIENCES OF SAFETY PRINCIPLES

B.1. AUSTRALIA

Qualitative safety criteria or safety levels are set through the regulatory and planning process of a tunnel project. The Australian road safety legislation requires that adequate safety levels are achieved. In addition, tunnel project safety criteria are also set by individual government project approvals that then form the basis for the safety approach. Detailed safety criteria are set and agreed by the project stakeholders using the legislation and conditions of approval as the safety basis in conjunction with relevant road authority guidelines. Safety requirements are met either prescriptively within a scope of work for the project and/or via performance-based criteria where a stakeholder process is adopted. Adequate safety provisions are agreed and ensured through safety audits during design and construction.