



**Webinaire PIARC France  
15 avril 2021**



**“Relever les défis de l’exploitation durable des tunnels routiers”**

**Questions / Réponses**

Question :

Existe-t-il aussi une réflexion ou un groupe de travail au sein de PIARC ou/et du CETU sur les (petits) tunnels isolés, notamment de montagne, sur différents sujets : sécurisation dynamique, éclairage autonome ou/et intelligent, vidéo autonome pour visualisation à distance, ... ?

Réponse :

Le comité PIARC Tunnels rassemble plus d’une soixantaine de membres issus de 29 pays et il contribue à identifier, développer et diffuser les meilleures pratiques pour tous les types d’ouvrages. Même si les ouvrages les plus longs et/ou les tunnels urbains à fort trafic sont l’objet d’un investissement important de la part des groupes de travail, les tunnels plus modestes ne sont pas oubliés dans les activités du comité PIARC Tunnels.

A son niveau, le CETU contribue, lui aussi, à la prise en compte des tunnels plus petits et/ou à trafic modeste (qui sont souvent des ouvrages moins équipés) de plusieurs manières.

Tout d’abord, il rassemble régulièrement les exploitants de ce type d’ouvrage dans un comité dédié et il travaille à leurs côtés à apporter des réponses aux problématiques que pose ce type d’ouvrages. Ensuite, il intervient, d’une part pour aider des maîtres d’ouvrages à mettre en place des réponses adaptées aux exigences réglementaires et d’autre part, pour contribuer à la mise en place de solutions plus ou moins innovantes. C’est ainsi en particulier que sont actuellement expérimentées plusieurs pistes de solutions d’éclairage innovantes, valorisant l’éclairage naturel et visant à une autonomie en alimentation électrique, tout en cherchant à renforcer la sécurité des cyclistes dans les tunnels isolés de montagne.

Question :

Avez-vous pris en compte ou êtes-vous informés, de la bascule des réseaux de télécommunication de la Sécurité Civile française sur les réseaux opérateurs téléphoniques à partir de 2023. ? Projet dénommé " Réseau Radio du Futur", RRF. Avez-vous prévu de fiabiliser les installations techniques de communication dans les tunnels ?

Réponse :

Avec d’une part les besoins en radiocommunications des différents intervenants (exploitants et services de secours, notamment) qui restent toujours très prégnants et, d’autre part, des technologies de communication qui évoluent, la DIT (Direction des Infrastructures Terrestres du Ministère des Transports) a engagé un travail de réflexion sur l’actuel système de communication de ses exploitants sur le Réseau Routier National non concédé (les Directions Interdépartementales des Routes).

Elle a ainsi lancé début 2018 une étude de plusieurs scénarios de modernisation du réseau radio des DIR qui s’inscrit dans le projet de Réseau Radio du Futur porté par le Ministère de l’Intérieur. Le CEREMA, en tant qu’expert technique sur le sujet, a assisté la DIT dans son étude. Le CETU, en

tant que conseiller technique auprès des DIR sur les spécificités des ouvrages souterrains, a été impliqué par la DIT dans cette démarche pour la partie concernant les modes de communications en tunnels.

Les premiers échanges visent à faire ressortir les enjeux et problématiques liés à une future modernisation du réseau radio des DIR (réseau air libre pour une large part) avec un regard particulier sur la retransmission des radiocommunications en tunnel (aspects réglementaire et technique ainsi qu'un inventaire des ouvrages concernés).

#### Question :

Avez-vous d'ores et déjà des exemples de déploiement de systèmes ITS pour des tunnels et les sections routières situées en amont/aval ?

#### Réponse :

Dans le cadre du projet InDiD (Infrastructure Digitale de Demain), un projet français sur les ITS coopératifs, plusieurs sites d'expérimentation d'ITS ont été identifiés avec l'implantation de plusieurs Unités de Bord de Route (UBR) qui permettent d'envoyer et de recevoir des informations avec les véhicules.

Pour l'instant il n'y a pas d'UBR implantées en tunnels, mais certaines encadrent des ouvrages. C'est en particulier le cas sur l'A86, au Nord-Ouest de Paris, avec plusieurs tunnels en enfilade encadrés par des UBR (dont le tunnel de Belle-Rive ~2km) ; sur l'autoroute A1 où le tunnel du Landy est encadré par deux UBR ainsi que sur les autoroutes A3 et A4 où quelques tunnels (L= 250, 750 et 800 mètres) sont encadrés.

A l'échelle française, le CETU mène dans le cadre de son programme de recherche une réflexion sur l'accompagnement des systèmes ITS et les questions que soulève leur déploiement en tunnel, participe, en collaboration avec des organismes tels que l'UGE, le STRMTG ou encore le CEREMA, à différentes instances pilotées par le ministère et est notamment attentif aux expérimentations en cours ou à venir. Cela permet aussi d'alimenter les discussions au niveau international du groupe de travail WG3 de PIARC sur les ITS en tunnels, tout en bénéficiant des retours d'expérience de nos collègues européens et internationaux.

#### Question :

Comment gérer la cyber sécurité sur les réseaux Data des tunnels : règles communes ou guides commun à tous ?

#### Réponse :

Dans les tunnels routiers, comme dans de nombreux autres domaines, la cybercriminalité est une menace réelle qui doit être traitée de façon globale. D'un point de vue normatif, la norme CEI 62443 constitue le référentiel pour aider le monde industriel à faire face aux cyber-menaces. En parallèle, il existe la norme CEI 27000 qui est dédiée aux systèmes d'information.

L'Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information (ANSSI) est un acteur incontournable en France concernant la problématique de la cybersécurité. Elle rédige et met à la disposition de tous des guides techniques ou des recueils de bonnes pratiques, dont certains concernent spécifiquement les systèmes industriels en tunnel ou certains équipements. En outre, l'ANSSI certifie ou qualifie des équipements, comme les pare-feux ou les automates.

Plus concrètement, pour le domaine des tunnels routiers, l'exploitant peut prendre diverses mesures pour gérer ce risque, notamment :

- en intégrant les exigences de sécurité de ses systèmes d'informations dans toutes les phases du cycle de vie d'une GTC - Supervision, du cahier des charges jusqu'aux contrats de maintenance ;
- en réalisant une cartographie de ses systèmes, avec une veille sur les menaces potentielles et les vulnérabilités possibles ;
- en réalisant des audits de cybersécurité ;
- en sensibilisant son personnel.

Néanmoins, si les mesures de protection sont nécessaires, elles ne sont pas suffisantes et l'exploitant doit aussi se préparer à la gestion d'une crise cybersécurité en établissant des procédures de détection d'attaque, des plans de continuité et de reprise de l'activité.

Le CETU travaille sur cette problématique et peut d'ores et déjà proposer aux exploitants quelques mesures techniques permettant d'améliorer le niveau de protection de leurs installations comme, entre autres:

- le cloisonnement des réseaux avec l'utilisation de pare-feux certifiés et correctement programmés ainsi que la mise en place de réseaux locaux virtuels (VLAN);
- le filtrage des adresses MAC (Media Access Control) sur les ports utilisés et le blocage des ports inutilisés ;
- la bonne gestion de l'authentification des intervenants, et notamment la création de profils utilisateur individuels (consultation, exploitation, maintenance, administration...), ainsi que la mise en place du principe de moindre privilège (c'est-à-dire accorder à l'utilisateur le niveau d'accès minimum requis pour accomplir son travail) ;
- la modification systématique et au plus tôt des mots de passe par défaut lorsque les systèmes en contiennent ;
- la mise à jour systématique de l'ensemble des logiciels, et notamment les logiciels de supervision et automate.

#### Question :

Quid des vélos en tunnels comment les gérer et les protéger ?

#### Réponse :

En 2018, le vélo ne représentait que 3 % des trajets des français. La part des déplacements modes doux progresse très régulièrement. Le plan « vélo et mobilité actives » a, entre autres, pour objectif de tripler cette part pour atteindre 9 % en 2024.

Il va donc falloir prendre en compte cette évolution dans les infrastructures futures, mais aussi dans celles qui existent déjà. Cette problématique, ainsi que celle plus générale de la prise en compte globale des modes doux dans les ouvrages souterrains, fait partie des préoccupations importantes pour le CETU en tant que Service Technique Central du Ministère des Transports.

Les tunnels, souvent points de passage obligés, sont bien évidemment concernés lorsqu'ils se trouvent sur un itinéraire autorisé aux cyclistes. De nombreuses dispositions existent à l'air libre, mais toutes ne sont pas adaptables en tunnel. Parmi celles qui le sont, il faut prendre en compte la nature de l'ouvrage (urbain ou interurbain) et savoir s'il s'agit d'un tunnel existant ou en projet.

Si l'ouvrage n'est pas autorisé aux cyclistes, il faut mettre en place une signalisation adaptée, avec notamment l'indication d'un itinéraire de déviation.

Si l'ouvrage est autorisé, il faut aussi l'indiquer. La réponse au passage des cycles se décline alors à la fois sur le parti pris d'aménagement (trafic mixte, piste cyclable, bande cyclable, galerie de sécurité accessible aux cyclistes), mais aussi à travers des équipements spécifiques aux tunnels routiers (signalisation, éclairage, indicateur de présence...).

Cela sous-entend une signalétique compréhensible, des aménagements dédiés, une lecture facilitée du profil en travers et des équipements adaptés.

#### Question :

La méthode DG-QRAM est-elle facile à utiliser sur un tunnel existant ou nécessite-t-elle des compétences pointues en modélisation - analyse de risques et le recours à des spécialistes ?

#### Réponse :

Le modèle ne nécessite pas de compétences pointues en modélisations, en revanche il nécessite une bonne connaissance des méthodes d'analyses de risques, de leurs limites d'application, ainsi qu'une expertise suffisante pour interpréter les résultats que ces types d'analyses produisent.

L'utilisation du logiciel nécessite une formation préalable qui peut être sollicitée auprès du PIARC.

Question :

Cinq pays sont cités dans la présentation, d'autres pays ont-ils déployé l'outil DG-QRAM ?

Si oui, combien ? En Europe ? Hors Europe ? Pourquoi ce choix des 5 pays ?

Réponse :

A partir des informations fournies par le PIARC sur les ventes de licences du logiciel, on peut estimer à 26 le nombre de pays où le logiciel est utilisé.

Ces utilisations peuvent être considérées comme importantes dans 6 de ces 26 pays (de 11 à 48 licences achetées par pays), plus modérées dans 7 autres pays (de 5 à 9 licences achetées par pays) et probablement assez limitées dans les 13 pays restants (de 1 à 4 licences achetées par pays).

Du fait du caractère adapté du modèle DG-QRAM du PIARC aux catégories envisageables de restrictions en tunnels introduites dans l'ADR (Accord Européen relatif au transport international de marchandises dangereuses par route) à partir de 2007, sans surprise la très grande majorité des ventes de licences du logiciel concernent des pays européens (93%). En dehors de l'Europe, la Corée du Sud et le Japon sont les 2 pays où le plus grand nombre de licences a été vendu (10 licences vendues au total dans ces 2 pays).

Dans les 5 pays cités lors du Webinaire, le recours à l'outil DG-QRAM du PIARC permet de répondre efficacement à des objectifs réglementaires ou guides méthodologiques en vigueur à l'échelle nationale, et l'utilisation du logiciel peut y être considérée comme régulière.

Question :

De nouveaux scénarios seront-ils ajoutés dans DG-QRAM?

Réponse :

L'ajout de scénarios n'a pas été retenu parmi les améliorations financées dans le cadre de la phase 2 en cours de mise à jour du logiciel.

Question :

La méthode DG-QRAM s'applique-t-elle à un tunnel existant ou pendant les phases de conception d'un futur tunnel ?

Réponse :

Dans les pays soumis à l'application de la directive européenne 2004/54/CE du 29 avril 2004 concernant les exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels du réseau routier transeuropéen, il est prévu à l'article 3.7 de l'annexe 1, que, s'agissant du transport de marchandises dangereuses, soit réalisée "*une analyse des risques conformément à l'article 13 avant que la réglementation et les exigences sur le transport des marchandises dangereuses dans un tunnel soient établies ou modifiées*". Cette analyse est jointe au dossier de sécurité prévu à l'annexe II de cette même directive européenne.

Or :

- d'une part un dossier de sécurité doit être élaboré à différents stades de la vie d'un ouvrage : préalablement à l'approbation d'un projet de tunnel, lors de la mise en service, ou dans le cadre de modifications substantielles ;
- d'autre part le modèle DG-QRAM du PIARC est un outil généralement bien adapté pour répondre aux exigences réglementaires nationales transposant la directive européenne en manière d'analyses de risques relatives au transport de marchandises dangereuses.

Ainsi, au total, le modèle DG-QRAM du PIARC est indifféremment mis en œuvre dans le cas de futurs tunnels en phase de conception, au stade de la mise en service, ou dans le cas de tunnels existants.

Question :

Quelles sont les principales différences que présente DG-QRAM avec les autres méthodes existantes ?

Réponse :

Les deux grandes familles d'approches en matière d'analyse de risques sont présentées dans le rapport suivant du PIARC : "*Pratique actuelle de l'évaluation des risques dans les tunnels routiers*" daté de 2013 (<https://www.piarc.org/fr/fiche-publication/19376-fr-Pratique%20actuelle%20de%20-%C3%A9valuation%20des%20risques%20dans%20les%20tunnels%20routiers>). Elles sont les suivantes :

- "**Les approches par scénarios** : Elles reposent sur la définition d'un ensemble de scénarios pertinents, l'estimation éventuelle de la probabilité d'occurrence de chaque scénario, et l'analyse des conséquences (dans certaines approches par scénarios, l'estimation des probabilités d'occurrence n'est pas réalisée)" ;
- "**Les approches systémiques** : dans ce type d'approche, les indicateurs de risque sont estimés pour le système dans son ensemble. Ainsi, tous les événements/scénarios susceptibles de conduire à un dommage pour les personnes liées au système étudié sont pris en compte".

Le modèle DG-QRAM du PIARC fait partie de la seconde famille d'approches.

Question :

En utilisant DG-QRAM, y a-t-il une réinjection systématique du modèle pour la définition des CME? ((exemple : pour comparaison d'un itinéraire hors tunnel et de l'itinéraire tunnel) ?

Réponse :

Le modèle est généralement mis en œuvre en considérant un état nominal du tunnel, ainsi que des sections adjacentes à l'air libre et des routes alternatives éventuelles. Dans les conditions prévues pour la fermeture du tunnel (dépassement des Conditions Minimales d'Exploitation), le niveau de risque dans le tunnel est supérieur à celui correspondant à l'état nominal du tunnel.

Dans ce cas, deux situations sont susceptibles d'être rencontrées, vis-à-vis des catégories de marchandises dangereuses normalement admises dans le tunnel considéré :

- soit le niveau de risque en mode nominal peut être considéré comme équivalent entre l'itinéraire empruntant le tunnel et les itinéraires alternatifs éventuels, et alors l'augmentation du risque dans le tunnel du fait des conditions dégradées d'exploitation ne fait, en principe et de ce seul point de vue, pas obstacle au report des marchandises dangereuses sur le ou les itinéraires alternatifs éventuels ;
- soit le niveau de risque en mode nominal est inférieur sur l'itinéraire tunnel à celui du ou des itinéraires alternatifs éventuels, et en toute rigueur il conviendrait de se poser la question de savoir si le report des marchandises dangereuses sur le ou les itinéraires alternatifs éventuels est pertinent du point de vue de la comparaison des risques.

Toutefois, ce raisonnement est limité au seul cas des marchandises dangereuses, la fermeture du tunnel entraînant le report de l'ensemble des types de véhicules normalement admis dans le tunnel. Par ailleurs, en France, le choix de la catégorie ADR repose sur une analyse multicritère, le résultat de l'analyse comparative des risques au moyen du modèle DG-QRAM du PIARC ne correspondant qu'à un seul de ces critères (cf. à ce titre le fascicule 3 du guide du CETU des dossiers de sécurité des tunnels routiers, dans son édition de décembre 2018).

Question :

Il est souligné que la démarche permet de réduire les coûts mais si elle conduit à installer des matériels très sophistiqués, n'y-a-t-il pas un risque d'aboutir in fine à des résultats contre-productifs en termes de coûts ?

Réponse :

La démarche FMDS en tunnel routier vise plus à renforcer les architectures systèmes (dans une vision globale) qu'à sophistication des matériels (ce qui toutefois ne peut pas être exclu).

Si la sophistication de tel ou tel matériel s'impose au titre de la démarche FMDS, les risques vis-à-vis de la fiabilité et de la maintenabilité ne sont pas inéluctables -ie- des matériels très sophistiqués peuvent être conçus pour répondre aux critères FMDS (penser aux applications spatiales par exemple).

Dans tous les cas, comme évoqué lors de la présentation, la mise en œuvre des matériels devra respecter quelques règles simples afin d'optimiser la fiabilité de l'ensemble et permettre une maintenance sûre et efficace.

In fine, même avec des matériels sophistiqués, la démarche FMDS peut permettre de réduire les coûts.

Question :

Comment décliner une démarche FMDS sur un tunnel existant, situation différente du cas d'un ouvrage neuf où l'on peut intégrer le raisonnement dès la conception ?

Réponse:

Comme à chaque fois que l'on intervient sur un ouvrage existant, il faut commencer par un état des lieux précis et détaillé pour bien connaître et comprendre les architectures, les fonctionnalités, les risques spécifiques, les contraintes, ...

Il faut dans tous les cas (rénovation lourde complète ou gros entretien et renouvellement d'un système en particulier) composer avec des contraintes intangibles parmi lesquelles le génie civil au sens large et les équipements ou systèmes qui restent en place.

In fine, la démarche FMDS est la même (en termes d'analyse fonctionnelle, d'analyse des risques et enjeux, de choix d'équipements et de définition des architectures systèmes) en plus compliqué et parfois plus frustrant puisqu'il faut admettre les imperfections de l'existant non modifié. Pour autant, il faut faire le maximum possible pour le(s) système(s) concerné(s), saisir les opportunités éventuelles et rendre possible les améliorations futures.

Question :

Quelles sont les clés pour assurer la réussite d'une démarche FMDS dans la durée ?

Réponse :

Les recommandations listées lors de la présentation font partie des clés pour assurer la réussite de la démarche dans la durée, en particulier :

- concepteurs et exploitants doivent systématiquement intégrer à leurs réflexions les 4 critères FMDS, à tous les niveaux (composants, matériels, systèmes) et globalement, au même titre que les objectifs fondamentaux de sécurité et autres exigences réglementaires.
- le respect de règles simples constitue de fait un prérequis indispensable.
- une étude qualitative spécifique ciblée peut utilement objectiver les choix en fonction du niveau de disponibilité visé.
- l'implication de toutes les parties prenantes est essentielle (MOA, MOE, Exploitant, Mainteneur, voire Services de secours si besoin).
- il est important d'exploiter tous les retours d'expérience.
- les facteurs humains doivent être toujours considérés.

On pourrait également souligner l'importance de profiter du suivi des CME et du processus d'amélioration permanente pour systématiquement se questionner sur les taux de pannes et d'indisponibilité (la « méthode des 5 P » peut être utile).

Question :

La méthode FMDS est basée sur un équilibre des 4 critères. En cas de besoin d'arbitrage, quel est le critère prépondérant ?

Réponse :

La sécurité des personnes est une priorité : en effet, comment justifier qu'une conception ou une exploitation puisse mettre en danger les usagers ou les personnels d'exploitation, de maintenance ou de secours ? En faisant un parallèle avec le transport (aérien ou ferroviaire), la sécurité impose des arrêts pour maintenance au détriment de la disponibilité qui est pourtant un objectif fort (comme pour un tunnel routier).

Compte tenu des interactions et oppositions évoquées lors de la présentation, on peut noter que prévenir une situation dangereuse peut être de nature à faciliter la maintenabilité, et donc in fine d'améliorer la disponibilité. A titre d'exemple, on peut reprendre l'exemple de l'ascenseur utilisé pour illustrer les définitions FMDS : en dotant les cabines de diverses sécurités, on permet aux dépanneurs d'intervenir plus vite, sans avoir à déployer préalablement des mesures de protection spécifiques, ce qui réduit le MDT (phase avant MTTR).

Par ailleurs, il faut garder en tête que la disponibilité est un compromis entre fiabilité, maintenabilité et sécurité.

Considérant qu'aucun système ne peut être parfait à 100%, le quarté gagnant pourrait finalement être Sécurité, Maintenabilité, Fiabilité, Disponibilité.

Question :

Comment peut-on s'assurer qu'un équipement est intrinsèquement fiable car les technologies et pièces évoluent rapidement. Cette démarche se heurte-elle pas à la méconnaissance de la fiabilité de chaque équipement nouveau, multipliée par le nombre d'équipements en tunnels et aux modes d'achat avec mise en concurrence sans garanties sur la durée de vie des équipements ?

Réponse :

La FMDS fonctionne comme les « poupées russes », en ce sens que la démarche s'applique aux composants, aux matériels (ensembles de composants), aux systèmes (ensemble de matériels), au tunnel (ensemble de systèmes) voire à l'infrastructure globale (ensemble tunnel + section courante).

Intuitivement, on imagine assez bien que plus un système est « rustique », plus il a de chances d'être fiable i.e. de ne pas « tomber en panne ». C'est l'exemple donné d'une chicane HCM comparé à un clapet coupe-feu HCM motorisé.

Pour autant, des matériels sophistiqués peuvent être « intrinsèquement fiables » s'ils ont été conçus pour, constitués de composants eux-mêmes fiables architecturés en un « système » fiable ou tolérant à la panne. A titre d'exemple, il existe des serveurs de données qui intègrent les composants et mécanismes nécessaires à un haut niveau de disponibilité.

Face à la méconnaissance ou à l'incertitude sur la fiabilité intrinsèque des équipements (point qu'il est intéressant d'évoquer), plusieurs éléments de réponse (rapidement évoqués lors de la présentation) peuvent être apportés :

- veiller à la qualité de la prescription initiale (cahier des charges) puis au contrôle de conformité (visa) ; à ce titre, l'idée de recourir à des standards est importante vis-à-vis des évolutions rapides soulignées dans la question (privilégier par exemple une interface TOR ou analogique plutôt qu'un protocole propriétaire plus ou moins éphémère).
- travailler autant que possible à l'amélioration du produit en phase de recette en usine (Bien des exemples qui ont amélioré la fiabilité ou la maintenabilité pourraient être fournis).
- travailler sur les architectures et la mise en œuvre des équipements en acceptant de composer avec leurs « limites ».

Question :

Concernant la mise en œuvre d'équipements qui ne servent pas souvent : N'est-ce pas là le rôle des contrôles périodiques que doivent déjà réaliser les exploitants, en dehors des inspections périodiques ?

Réponse :

Les contrôles périodiques « de base » sont effectivement un bon moyen d'assurer la disponibilité d'une installation (comme indiqué lors de la présentation, il peut s'agir par exemple de la simple manœuvre d'une vanne d'isolement à échéances régulières pour éviter qu'elle ne grippe). Ils ont toutefois leurs limites et c'est là que les inspections détaillées périodiques ont un intérêt car elles couvrent l'ensemble des exigences de qualité, de performances et de fonctionnalités, et permettent d'en évaluer l'évolution (donc d'anticiper les risques de dysfonctionnement et d'indisponibilité).

Exemple : *Un poteau incendie peut être manœuvré pour voir s'il débite de l'eau mais ... il faut mesurer ses performances pour être sûr qu'il remplisse sa fonction / que le système ne s'est pas dégradé (là encore bien des exemples concrets pourraient être mentionnés). Idem avec le contrôle des débits de fuite d'une gaine de ventilation ou les différentes fonctions d'une DAI par vidéo.*

Question :

Aujourd'hui la GTC constitue un mode commun pour la majorité des équipements. Existe-t-il des règles simples pour en fiabiliser le fonctionnement ?

Réponse :

La GTC, comme l'alimentation électrique HT-BT et les réseaux de transmission, constitue un « point commun » par son rôle transversal.

Les « composants » de GTC (API, MESD, réseaux de terrain et « accessoires » connexes) présentent un très bon niveau de fiabilité.

La mise en œuvre des règles simples évoquées lors de la présentation est un complément indispensable et suffisant en général :

- redonder les API dans des volumes distincts et cloisonnés coupe-feu,
- raccorder toutes les E/S sur des MESD (et non directement sur les API) et répartir judicieusement les E/S sur les MESD,
- éviter les borniers intermédiaires inutiles et veiller au(x) type(s) de bornes utilisées,
- réaliser de vraies boucles optiques et segmenter éventuellement les réseaux de terrain,
- limiter le nombre de matériels à coder / programmer,
- veiller à documenter les configurations et s'assurer de la validité des codes à télécharger.

Question :

Quid du SIL2 ou plus sur les automatismes des tunnels ? Cela conduit-il à avoir des systèmes plus complexes mais avec plus de fiabilité, et/ ou une complexification des systèmes inutile ?

Réponse :

Dans un cadre réglementaire qui définit les exigences de sécurité pour les tunnels routiers, la démarche FMD(S) suppose de fixer des objectifs en termes de fiabilité (F), disponibilité (D) et maintenabilité (M) en fonction des spécificités d'un ouvrage donné (caractéristiques géométriques de l'ouvrage, nature et composition du trafic, organisation d'exploitation existante, moyens humains et équipements existants, etc. Ce travail est à réaliser pour chaque famille d'équipements (ou « système ») présente en tunnel, mais chacune contribuant avec un "poids" différent en termes de sécurité offerte à l'usager les objectifs pourront être différents d'une famille (ou « système ») à l'autre.

Pour chaque famille (ou « système »), une fois les objectifs F, D et M fixés, l'étape suivante va consister à fixer un niveau SIL permettant de les atteindre. Ce niveau SIL est propre à la globalité de l'équipement (ou « système ») considéré : chaîne 'capteurs – unité logique – actionneurs du système' et alimentation électrique comprises. Ainsi, si on fixe un niveau SIL (quel que soit le niveau) ce niveau devra être atteint pas seulement pour la partie "automatisme/informatique" (pour laquelle

il existe des matériels certifiés), mais aussi pour la partie alimentation en énergie, pour la partie capteurs, pour la partie actionneurs, etc.

Si les caractéristiques intrinsèques de fiabilité de chaque partie (ou sous-ensemble) ne sont pas connues ou disponibles, il reste alors possible d'atteindre l'objectif SIL fixé en agissant sur les architectures (plus ou moins redondantes) et/ou sur les dispositions de maintenance et contrôles/vérifications.

Le choix d'un SIL (quel que soit le niveau retenu) conduit-il alors à avoir un système plus complexe, mais plus fiable ? Pour savoir si un système est « plus fiable », il faut encore pouvoir définir plus fiable par rapport à quoi ! En fait, on aura un système qui atteindra l'objectif de fiabilité (mais aussi de disponibilité et de maintenabilité) fixé au début de la démarche. Cela pourra peut-être conduire, dans certains cas, à un système plus complexe, mais ce n'est pas une règle générale. On peut dire que, pour un objectif de fiabilité fixé, la réponse apportée sera, peut-être, un peu plus complexe, mais surtout elle sera globalement satisfaisante.

Le choix d'un SIL (quel que soit le niveau) conduit-il alors à complexifier inutilement les systèmes ? La réponse, comme précédemment, se trouve dans la démarche FMD(S) : on ne fixe pas un niveau SIL comme objectif, on fixe un niveau de "fiabilité, disponibilité, maintenabilité" et on en déduit un niveau SIL qui permette d'y répondre.

Question :

Au sein d'une structure, quel service (exploitant, mainteneur...) pilote la démarche ?

Réponse :

En termes de principe général, la démarche FMDS doit être collaborative :

- le MOA fixe les objectifs généraux (fonctionnalités, disponibilité, coûts, délais, ...),
- le MOE compose avec les exigences de sécurité et autres textes réglementaires en intégrant les critères FMDS en étroite concertation avec les services d'exploitation et de maintenance qui peuvent intervenir en phase études amont puis visa, recettes en usines, éventuellement travaux et réception puis, évidemment, tout au long de l'exploitation,
- des experts sont missionnés si des modélisations sont requises.

De fait, le service maintenance (ou les mainteneurs) semble tout à fait indiqué pour « piloter » la démarche car il est au contact direct d'un sujet très technique et peut en assurer le suivi de bout en bout.