

# Sécurité des tunnels



**Mettre en œuvre les normes 61508 ou des SIL, reste un labeur difficile. Leurs mises en application dans les domaines du manufacturier ou du process continu sont déjà complexes, mais qu'en est-il dans des domaines où la sécurité est essentielle ?**

La question de la sécurité se pose inmanquablement dans un secteur comme les tunnels, surtout après les accidents du Mont-Blanc et l'arrivée de nouveaux tunnels comme celui de l'A86 à deux niveaux. Les interrogations sont si importantes que plusieurs pays, dans le monde, regardent de près ce que fait la France.

Le patrimoine des tunnels gérés par l'Etat français reste important avec 158 tunnels, dont 98 sur le réseau non concédé ; 44 % des tunnels de plus de 300 mètres sont situés sur le nouveau réseau routier national.

Sous la responsabilité du Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, se trouve la Direction Générale des Routes avec une triple mission de développement du réseau, d'exploitation des routes et de réglementation en matière technique. Cette Direction intègre le Centre d'Etudes des Tunnels (Cetu) dont les fonctions primordiales sont la recherche, la doctrine, les évolutions technologiques, et notamment de mettre la réglementation en phase avec le terrain. D'où un travail important pour homogénéiser les pratiques.

## MAINTENIR L'OUVERTURE

Comme beaucoup d'industriels, le Cetu ne souhaite pas qu'un seul fournisseur détienne l'ensemble du marché, le monopole n'étant bon pour personne. Mais la contrainte de l'ouverture à plusieurs offreurs reste l'obligation de parler le même langage et de pouvoir comparer les offres à égalité. « *Le plus important est de déterminer le coût réel d'une installation, en intégrant dans ce prix la maintenance et la durée de vie du système, pour cela nous devons comparer avec*

*des critères clairs* » indique Nicolas Farges, animateur du pôle équipements électriques et de gestion au sein du Cetu.

Cette homogénéisation de la sécurité, reste une tâche primordiale. D'autant plus qu'un accident dans un tunnel est ressenti de manière similaire au crash d'un avion. Une perception extérieure qui pousse à aller encore plus loin dans la sécurité, notamment en reconsidérant les installations réalisées depuis plus de dix ans. Et si les premiers tunnels étaient pauvres en équipements, aujourd'hui le nombre de capteurs ne cesse d'augmenter. De quoi booster la quantité d'informations remontant vers la supervision. La complexité du traitement de cette masse de données s'accroît. Depuis quelque temps, ce sont les caméras

qui s'invitent dans les tunnels et les traitements deviennent complexes.

Pourtant il faut à tout prix garder la « vision » des informations, d'où une augmentation de la fiabilité de la communication avec, par exemple, un doublement des canaux de communication. A tout moment, l'opérateur doit avoir accès à l'information, et si cette dernière n'est pas bonne, il doit le savoir.

En situation normale, l'automatisme est apte à gérer l'installation de façon automatique tout en rendant compte à l'opérateur ; en cas de d'urgence, la validation de l'opérateur est exigée pour confirmer le scénario proposé, or il faut que les informations fournies soient fiables. « *L'automatisme est là pour soulager dans les tâches quotidiennes, mais sur une phase sensible, l'opérateur prend la main* ».

## LE CETU

L'essentiel du personnel technique du CETU est regroupé dans sept pôles thématiques. Les pôles ont pour rôle essentiel de capitaliser la connaissance dans un domaine donné, de réaliser les activités de recherche et de doctrine, de mettre en commun, unifier et formaliser le savoir-faire.

Ces actions trouvent leur débouché naturel dans les missions d'expertise et d'ingénierie, ainsi que dans l'élaboration et la mise en œuvre de la réglementation. En retour, ce sont les projets et les chantiers qui permettent de confirmer la valeur des résultats de recherche. Ils mettent en outre en évidence des besoins qui orienteront le choix des travaux futurs. Afin de le conseiller sur les domaines à explorer ainsi que sur l'évaluation des résultats obtenus, un Conseil scientifique se réunit une fois par an et rassemble des représentants du réseau technique du ministère de l'Équipement et des personnalités scientifiques ou techniques qualifiées.

## LE CAS ETHERNET

Les premières installations faisaient clairement apparaître quatre métiers différents : la GTC-supervision des équipements de sécurité (panneaux de signalisation, ventilation, éclairage), les radiocommunications, la vidéo surveillance, puis les systèmes de fermetures. L'ensemble était organisé en quatre systèmes complètement indépendants autour d'un

## LE TUNNEL ST CHARLES

Le tunnel St Charles a accueilli la première tentative d'implantation d'une technologie SIL3. Dans ce cas, des capteurs de vibration ont été rajoutés afin d'éviter un décrochement des pales des ventilateurs suspendus. En cas d'urgence, même si le capteur de vibration indique un risque de casse, la demande de ventilation prend le dessus, sauf si du personnel d'intervention se trouve à proximité de la zone de décrochage.

automate et d'un superviseur par système.

Aujourd'hui, l'architecture a totalement changé, se rapprochant beaucoup plus des architectures d'automatismes industriels. Tout en haut, on trouve un seul superviseur apte à présenter toutes les informations. Il est relié par deux anneaux Ethernet redondants auto-cicatrisants aux automates programmables, également redondants. Ces derniers sont reliés aux instruments et capteurs par deux réseaux de terrains redondants, et également auto-cicatrisants.

Pour l'instant, l'utilisation d'Ethernet en lieu et place des réseaux de terrain n'est pas pré-

vue, même si l'équipe de Nicolas Farges reste vigilante. « Les réseaux de terrain sont déterministes et fiables, même si Ethernet se dit quasi-déterministe, ce n'est pas encore suffisant ». Le « monde » des tunnels est à l'opposé du manufacturier, en tant que réseau de terrain, Ethernet ne serait utilisé dans 99 % des cas qu'à 5 % de ses capacités ; à l'inverse en cas de problèmes c'est une avalanche d'informations qui tomberait, « avec un bus de terrain, la priorisation des informations est sensiblement mieux gérée ».

Dans des industries de process, par exemple, le nombre de points ne dépasse généralement pas les 2 à 3.000 points,

dans les tunnels la moyenne est supérieure aux 1.500 points au kilomètre, « nous avons un tunnel de 900 mètres de long qui abrite 12.000 variables. Imaginez que nous ayons à les prendre toutes en compte d'un coup, c'est un cas de figure atypique pour Ethernet ».

Même constat pour les technologies sans-fil, qui avec des

portées limitées à quelques centaines de mètres, ne garantissent pas une transmission sûre. Le filaire reste plus fiable pour l'instant, lors de l'incendie du tunnel de Fréjus, les températures ont dépassé les 1.000 degrés, et la fibre optique servant de moyen de transmissions des informations a résisté. Et si l'architecture mise en œuvre se veut la plus

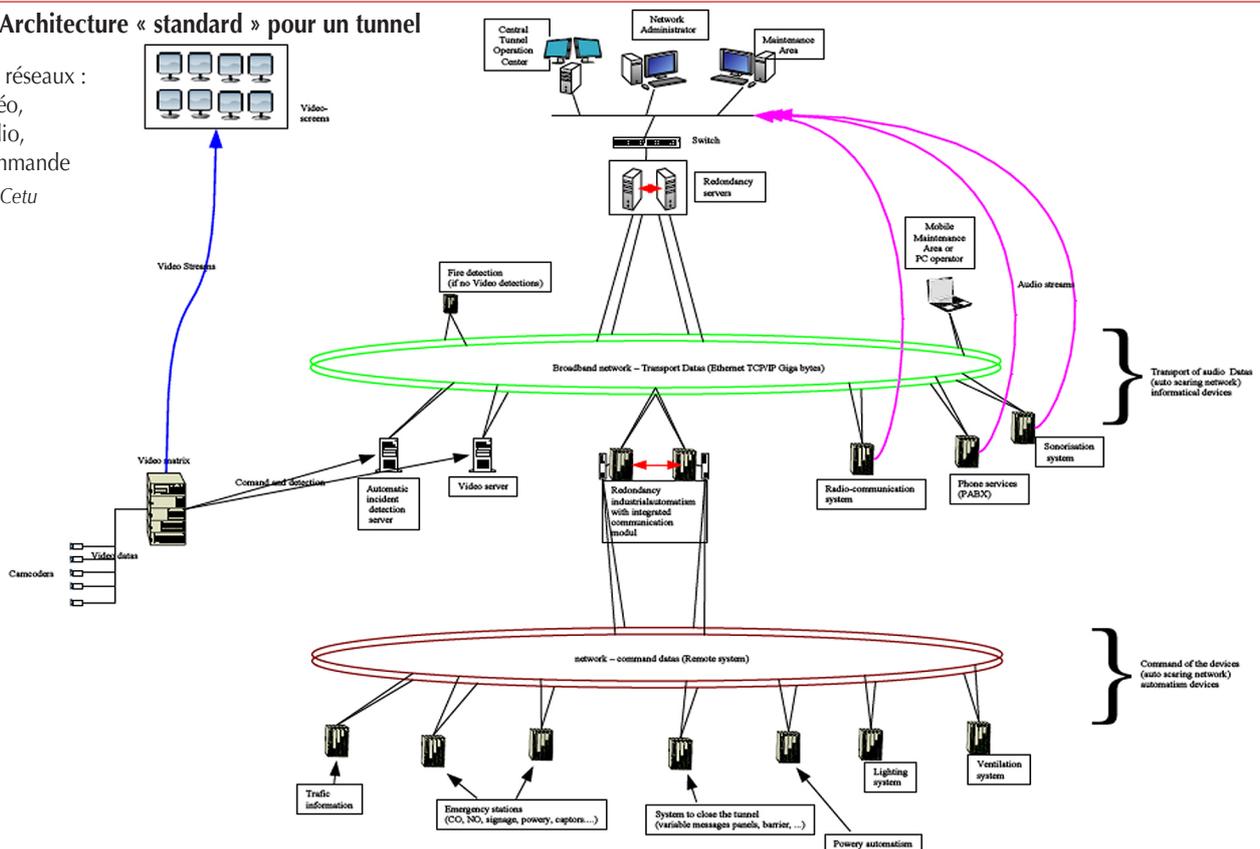
## LE TUNNEL DES MONTS

C'est près de Chambéry que l'une des dernières rénovations tenant compte de tous les impératifs de sécurité a été mise en œuvre. L'étude de sécurité a été menée sur tous les équipements, avec notamment une évaluation des MTBF. La nouvelle architecture comprend deux réseaux redondants, de l'intelligence déportée... la mesure des informations a permis de valider près de 85 % des matériels. Mais, l'énergie demandée a été telle, que les protagonistes ont décidé d'affiner le modèle et de se limiter aux fonctions principales.



### Architecture « standard » pour un tunnel

Trois réseaux :  
- vidéo,  
- audio,  
- commande  
Doc. Cetu





## LE TUNNEL DE SCHIRMECK

Troisième chantier tenant compte des expériences passées. Pour ce tunnel entièrement neuf, seules certaines parties ont fait l'objet de prescriptions SIL de niveau 2 : les parties ventilation, suppression des galeries, barrières et moyens de fermetures du tunnel.

ressemblante d'une installation à une autre, il en va autrement des tunnels qui ont chacun des spécificités propres. Pour certains, c'est la vidéo qui va servir de déclencheur et pour d'autres cette même vidéo ne servira que d'appoint. Le fait que les informations en provenance de la vidéo ne soient plus disponibles, impliquera ou non des conséquences et des réactions différentes.

### A LA RECHERCHE DES SIL

« Cette intégrité des informations implique la mise en place de systèmes temps réel, c'est dans les toutes premières mi-

minutes que se joue la vie des usagers » précise Nicolas Farges. La crainte majeure, c'est l'incendie à l'intérieur d'un tunnel. Si un tel incident arrive, des moyens fiables doivent être déclenchés qu'il s'agisse de la fermeture du tunnel, mais aussi de l'assurance de fournir un environnement viable pour les secours. Comme nous l'avons vu, l'un des rôles du CETU reste d'homogénéiser les pratiques. Et trop souvent, cette course justifiée à la sécurité a amené à doubler, voire tripler, les informations, rendant les systèmes de contrôle/commande encore plus complexes avec un risque de compliquer la maintenance et d'augmen-

ter l'instabilité, « avoir un seul automate pour gérer l'ensemble d'un tunnel serait insensé, mais ce n'est pas une raison pour en mettre trop ».

Aujourd'hui, c'est l'industrie avec sa norme IEC61508 et les SIL qui sert de guide en matière de sécurité des installations. Seulement, les SIL ne sont pas forcément adaptés aux contraintes particulières des tunnels, ils sont là pour évaluer la probabilité directe d'un risque mortel pour l'homme, or dans les tunnels ce ne sont pas les équipements eux-mêmes qui sont susceptibles de blesser l'homme, si ce n'est les pâles d'un ventilateur de désenfumage qui se détacheraient.

Il faut donc adapter les SIL au monde du tunnel, une tâche ardue. Car si la barrière de sécurité qui est censée bloquer l'entrée du tunnel se

doit de recevoir l'information de fermeture, il faudrait que cette barrière soit elle-même de sécurité, or ce n'est pas le cas. De même, pour le feu rouge clignotant imposant légalement un arrêt immédiat et absolu de la circulation, il faudrait que le feu soit sécurisé et, pourquoi pas, que l'ampoule clignotante soit redondée.

Accepter qu'une fonction de contrôle/commande puisse être liée à une probabilité de défaillance reste difficile à accepter. D'où la recherche par le CETU d'un référentiel facilement compréhensible par l'ensemble des acteurs, et sur lequel toutes les propositions pourraient s'appuyer. Arriver à quantifier la sécurité, un challenge et un changement de mentalité important, mais indispensable. Dans les installations classées Seveso, la notion de probabilité a bien été acceptée. ■

## LE FUTUR TUNNEL DE L'A86

Le futur tunnel de l'A86 en région parisienne fait partie de ceux qui ont été conçus après l'accident du Mont-Blanc. Ce futur tunnel à péage, qui se situera dans l'Ouest de la Région Parisienne, permettra de boucler l'A86. La partie Est du tunnel aura une longueur d'une dizaine de kilomètres avec une profondeur moyenne de 70 mètres. Pour la première fois, les voies ne seront plus côte à côte, mais superposées. La voie inférieure mènera vers Rueil, la voie supérieure vers Vélizy.

Cette tranche est gérée par un système centralisé, le Système de Supervision et de Contrôle Commande (SSCC). « L'objectif, en sus des fonctionnalités classiques d'une GTC, est de donner à l'exploitant un ensemble d'indicateurs et de moyens lui permettant une gestion facilitée de la crise » précise Philippe Marsaud, chef de projet du SSCC.

La GTC d'une telle installation comprend tout aussi bien la gestion climatique dont la ventilation en cas d'évacuation ; la gestion du trafic, les bouchons étant strictement interdits sous le tunnel ; la gestion des utilités comme l'éclairage ou la vidéo ; la gestion de la communication avec la radio et la téléphonie ; la gestion de la sécurité avec les appels d'urgence et les détections automatiques à partir de systèmes de vision... Le tout étant piloté en permanence par deux opérateurs.

Le premier constat qu'a tiré Philippe Marsaud est simple « l'opérateur dispose d'un grand nombre de systèmes pour détecter les incidents et mettre en œuvre les actions appropriées, mais ces systèmes peuvent générer un volume important d'informations difficiles à gérer,

nous avons 72.000 points de contrôles, plus de 23.000 équipements pour 37.000 alarmes ».

La durée de vie de l'installation étant largement supérieure à celles des matériels mis en place, la grande difficulté reste d'intégrer toutes ces informations en provenance de matériels hétérogènes, sur un seul superviseur.

La solution qui va être mise en place démarre avec un système de prévision du trafic qui analyse les données en temps réel du trafic Ile-de-France, et effectue la régulation des entrées dans le tunnel, le péage servant de barrière. Ensuite, un système d'aide à l'exploitation (SAE) sera implanté pour centraliser la détection des incidents et la réaction à ces incidents. L'enchaînement, suite à l'apparition d'un événement, est qualifié dans une FMC (Fiche Main Courante) avec une proposition d'un plan d'action adapté en réaction à l'alarme d'exploitation avec une validation (ou modification) par l'exploitant.

Les actions proposées sont adaptées au contexte de l'événement et agissent sur les équipements. Elles peuvent être subordonnées à une confirmation de la part du superviseur, la mécanique de construction de plans d'actions reposant sur l'exécution de règles d'exploitations préprogrammées. Les défaillances sont regroupées selon quatre niveaux représentés par des couleurs, le dernier correspondant à un dysfonctionnement conduisant à la fermeture de l'ouvrage. Sur ses indicateurs, l'opérateur voit la couleur augmenter d'intensité (de vert à rouge foncé). Plus le pourcentage augmente, plus on se rapproche d'un arrêt.