

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 95 (2004)

Heft: 15

Artikel: La sécurité dans les tunnels routiers

Autor: Haltiner, Ernst W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857962>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

La sécurité dans les tunnels routiers

Les directives les plus récentes exigent l'utilisation de réseaux de communication à base de plates-formes ATM

Les diverses catastrophes survenues ces dernières années dans les tunnels ont fait apparaître de nouvelles directives beaucoup plus rigoureuses sur les équipements de tunnels et ont abouti à l'installation de systèmes efficaces de surveillance, d'alarme et de contrôle-commande. Cela englobe l'éclairage, l'aération, la surveillance vidéo et la détection d'événements, la gestion du trafic, l'alimentation en énergie et l'alimentation électrique sans coupure, de même que les installations radio, de téléphones d'urgence et de détection-incendie. Seule une plate-forme performante de communication à large bande avec système supérieur de contrôle-commande permet de satisfaire à ces exigences fortement accrues. L'article présente les mesures nécessaires à l'exemple du tunnel autoroutier de Girsberg/TG.¹⁾

Le tunnel autoroutier de Girsberg sur le tronçon allant de Frauenfeld à Kreuzlingen et à la frontière a été ouvert au tra-

Ernst W. Haltiner

fic en novembre 2003. Ses équipements correspondent aux normes les plus récentes, ce qui fait qu'il compte actuellement parmi les tunnels routiers les plus sûrs de Suisse (figure 1).

Il est exigé que toutes les données et états d'exploitation du tunnel de Girsberg soient disponibles à la centrale cantonale d'intervention et d'annonce de la police à Frauenfeld ainsi qu'au centre d'entretien de l'autoroute A7. En vue de la commande et de la surveillance de l'installation, on a construit un réseau de fibres optiques long de plus de 24 km servant à transmettre à la centrale de contrôle du trafic les liaisons LAN²⁾ et TCP/IP³⁾ pour un système supérieur de contrôle-commande. En vue de l'interconnexion des liaisons LAN ainsi que des systèmes téléphoniques et de surveillance vidéo, il s'agissait de définir une plate-forme de communication adéquate. Le choix s'est porté sur ATM (Asynchronous Transfer Mode) qui rend possible la réalisation

d'une plate-forme commune de transport des données, de la parole et des signaux vidéo, ce qui permet de n'investir que dans une seule technologie de réseau.

Le serveur de gestion vidéo (VMS⁴⁾) a pu en outre être réalisé de manière inté-

grée avec le serveur ATM. ATM est évolutif et représente une norme sûre pour de futures extensions de réseau. En outre, ATM a permis de réaliser une structure de réseau offrant une haute disponibilité et les ressources du réseau sont exploitées de manière optimale. Les interfaces et sous-réseaux définis dans un réseau ATM peuvent être configurés de manière transparente⁵⁾ et indépendamment les uns des autres, ce qui était important pour le planificateur⁶⁾ dans le cas du projet du tunnel de Girsberg/A7 (figure 2).

Les interfaces, éléments clés du réseau

Le réseau de communication doit d'une part permettre la gestion vidéo tout en pouvant recevoir les instructions de commutation Codec⁷⁾ du système de contrôle-commande et des installations techniques du tunnel, et d'autre part transmettre les messages sur l'état technique des installations et l'exécution des instructions de commutation vers le système supérieur de contrôle-commande. Pour cela, il faut prévoir des interfaces performantes appropriées.



Source: IUB Ingenieurunternehmen, Berne

Figure 1 Vue des écrans avec tronçon de tunnel

Réseau de communication à large bande par câbles à fibre optique

Le réseau de communication à large bande sert à interconnecter les installations et services et met à disposition la plate-forme ATM pour le système de gestion vidéo:

- Technologie: ATM (Asynchronous Transfer Mode)
- Services ATM: native ATM, LAN, parole, vidéo
- Points nodaux: 3
- Salles de contrôle: 1 entretien, 1 police
- Codeurs vidéo: 36
- Décodeurs vidéo: 13
- Ecrans: 2 à l'entretien, 15 à la police
- Type d'interconnexion: anneau simple

Matériel et logiciel

- ATM Backbone: ASX 1000 de FORE Systems
- Interfaces Ethernet: Edge Switches ES3810 de FORE
- NMS: PC-CSR pour Codec
- Codec vidéo: CellStack Aurora
- Compression video: MPEG-2
- VMS: développement spécial Steria

Techniquement parlant, il s'agit d'interfaces TCP/IP – au niveau fonctionnel, des télégrammes sont transmis depuis et vers le système de contrôle-commande. La figure 2 représente la configuration générale de l'installation. On peut distinguer essentiellement trois types différents d'interfaces, à savoir les interfaces LAN, vidéo et E1⁸⁾ vers le central téléphonique d'urgence.

Dans le cas de l'installation de Girsberg, il était exigé une interface Ethernet-10/100-Base-T⁹⁾ selon IEEE 802.3¹⁰⁾, afin de garantir le LAN virtuel sur les ATM-Switches¹¹⁾ (voir encadré).

Afin de pouvoir exploiter efficacement la bande passante du réseau ATM, les signaux vidéo sont comprimés au Codec à 11 MBit/s. La qualité vidéo doit correspondre au moins à un signal vidéo de télévision en direct, donc un signal PAL¹²⁾ de 25 images/s ou MP@ML 4:2:0 selon MPEG¹³⁾. L'algorithme de compression prescrit était MPEG-2¹³⁾. En cas d'interruption du réseau, la configuration ne doit pas être perdue et la synchronisation autonome du Codec à l'état d'exploitation est garantie dans les deux secondes.

Pour la communication parlée des centraux téléphoniques d'urgence par le réseau ATM, il y a des interfaces synchrone E1, le signal d'horloge¹⁴⁾ externe du signal 2 MBit étant en outre pris comme référence.

Dimensionnement et constitution du réseau

Il a été défini pour le système du tunnel de Girsberg sur l'autoroute A7 des liaisons Trunk¹⁵⁾ Tx/Rx STM-410¹⁶⁾ (2 fibres) à structure annulaire et capacité maximale de transmission de 650 MBit/s par côté d'anneau (figure 3)

Pour le moment, les deux côtés de l'anneau passent par le même tronçon de fibres optiques. Cette configuration empêche toute panne d'une liaison Trunk par suite d'un défaut de module. Des interruptions du câble à fibres optiques entraînent cependant la panne totale du tronçon concerné. Dès que des fibres topologiquement séparées seront à disposition, l'anneau sera ultérieurement «ouvert», c'est-à-dire séparé topologiquement.

Le dimensionnement du réseau a été déterminé en premier lieu par le nombre de drains vidéo¹⁷⁾ du réseau concerné.

Un VLAN¹⁸⁾ de 10 MBit/s suffit à assurer tout le trafic télégraphique des installations raccordées. Du point de vue des temps de réaction, il n'y a pas de problèmes à attendre. Les liaisons de parole ont été réalisées en E1 (2 MBit/s). Avec les 17 drains vidéo actuels, la capacité de STM-1 (OC3¹⁹⁾) ne suffirait pas, si bien

que l'on a construit un réseau en STM-4 (650 MBit/s, OC12). Avec la structure annulaire, il y a au total 1,3 GBit/s de capacité de transmission à disposition, pouvant retomber à 650 MBit/s en cas de panne d'un côté de l'anneau (par exemple rupture de câble, défaut de module). L'anneau STM-4 actuel pourrait même être étendu ultérieurement à STM-16 si cela devenait nécessaire.

En alternative ou en supplément, les canaux vidéo pourraient également être configurés à priorité plus basse, si bien qu'en cas de panne (rupture d'une fibre optique) les liaisons TCP/IP seraient maintenues et seuls quelques affichages vidéo seraient perdus.

Il a été exigé des planificateurs du réseau ATM que le fabricant puisse garantir de la manière suivante la disponibilité d'au moins 0,995 de toute l'installation²⁰⁾:

- disponibilité des interfaces de réseau
- disponibilité de la transmission transparente sur la plate-forme ATM
- disponibilité de la fonction de serveur de gestion vidéo
- disponibilité codeur-transmission-décodeur (sur tout le trajet).

Pour la disponibilité d'une fibre de verre, on peut tabler sur un jour de défaillance en six ans, les dommages dus à des influences mécaniques extérieures étant la cause la plus fréquente.

Système de gestion vidéo

Le système de gestion vidéo sert, dans le réseau de communication ATM, à com-

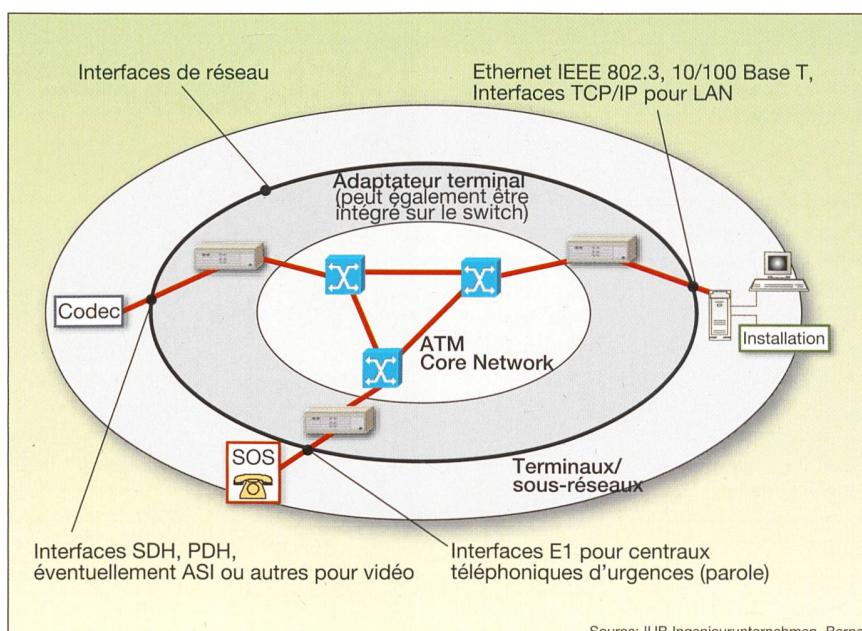


Figure 2 Centrale d'intervention du réseau des autoroutes de Thurgovie avec schéma du trajet et caméras vidéo

muter les liaisons vidéo de sources (caméras, mémoires) vers des drains (écrans TV, moniteurs PC).

Ces communications sont déclenchées soit par le système supérieur de contrôle-commande (par navigateur), soit par une installation du tunnel (par télégramme). En outre, le terminal VMS permet également d'effectuer des commutations. Lors de commutations directes, avec le VMS, les commandes sont entrées par le clavier. Le VMS contient une grille permettant d'affecter et de stocker la communication vidéo à effectuer en fonction d'un télégramme reçu. Cette grille de commutation vidéo peut être configurée à volonté depuis le système de commande par l'intermédiaire de l'interface de navigateur. On peut configurer des commutations individuelles (de point à point, par exemple d'une caméra à un écran de contrôle), des commutations de groupe (d'un point à plusieurs points, comme d'une caméra à des écrans de différents locaux) et des séquences (représentations simultanées de successions d'événements sur différents récepteurs de signal vidéo) (figure 1).

- En cas de détection d'incendie, par exemple, l'installation de détection envoie un télégramme au VMS. Ce télégramme indique dans quelle zone l'incendie a été détecté. Il est défini à la grille du VMS les caméras couvrant la zone en question et les moniteurs sur lesquels ces caméras doivent être commutées. Les instructions de commutation ATM sont déclenchées par la grille et confirmées ensuite au système supérieur de contrôle-commande.
- Si un extincteur est retiré de son support, l'installation de sécurité et auxiliaire envoie un télégramme au VMS. Il est indiqué sur ce télégramme quel extincteur a été pris. La grille du VMS indique quelles caméras couvrent la zone concernée et sur quels moniteurs il faut les commuter.
- Enfin, des événements comme des véhicules arrêtés, de la fumée ou un incendie, peuvent être détectés par la centrale vidéo. Depuis la centrale vidéo du tunnel (une seconde centrale se trouve au centre de surveillance de Frauenfeld), il est envoyé un télégramme au VMS. Ce télégramme contient l'indication de la caméra ayant détecté l'événement.

Nombreuses précautions de sécurité

Outre la gestion du trafic, les installations de détection-incendie et l'installation de ventilation à ventilateurs de souff-

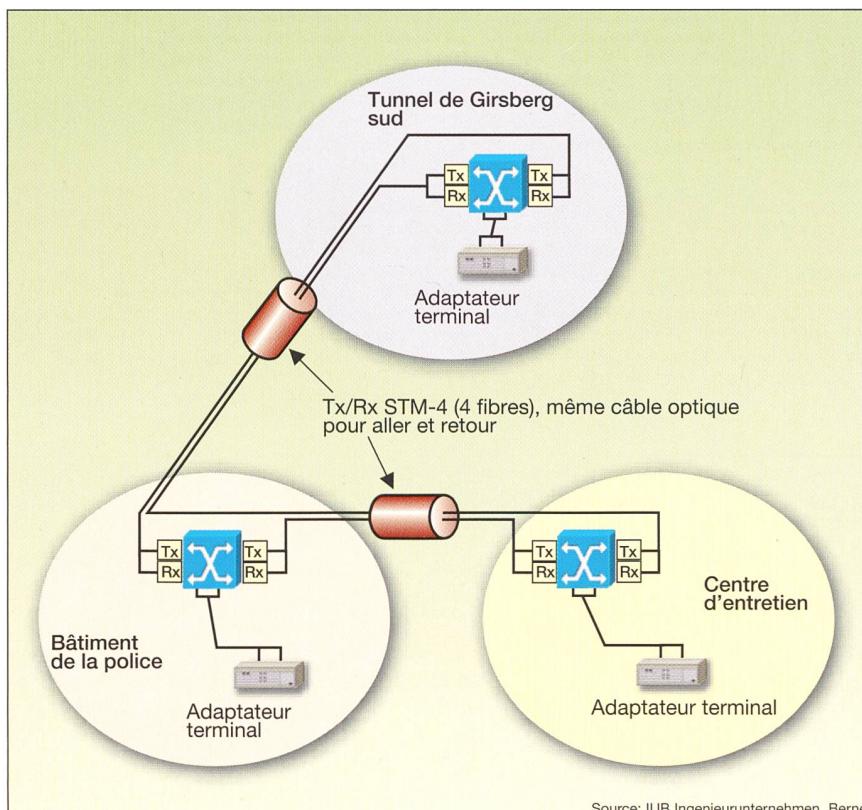


Fig. 3 Structure du réseau de transmission des données

Actuellement, le même câble à fibre optique est utilisé pour les deux côtés de l'anneau police-tunnel de Girsberg sud et police-centre d'entretien

flage, le tunnel de Girsberg sur l'A7 est équipé de signaux au ras du sol des voies de fuite, de luminaires de secours en cas d'incendie et de dispositifs de guidage à diodes luminescentes des deux côtés de la chaussée. L'approvisionnement en eau d'extinction est assuré par des hydrants disposées à intervalle de 150 m. Tous les 150 m également on trouve des niches SOS dans lesquelles sont installés des téléphones d'urgence, de même que dans les galeries de fuite que l'on trouve tous les 300 m.

Les véhicules arrêtés, la fumée et le feu sont détectés par l'installation de surveillance vidéo qui annonce ces événements automatiquement à la centrale d'urgence. Toutes les données, images et signaux sont transmis par câbles à fibres optiques au centre cantonal d'urgence de Frauenfeld. Il faut encore mentionner l'installation d'annonce par autoradio dont dispose la police.

la sécurité, la disponibilité, l'aptitude à l'exploitation et la durée de vie utile, il s'agit de définir de manière univoque et de prescrire des domaines partiels exigeants comme les interfaces et le dimensionnement du réseau, les modules de matériel, les normes, la gestion des adresses, la formation, l'exploitation et la maintenance.

Il n'y avait pas beaucoup de temps à disposition pour réaliser ce projet du tunnel de Girsberg sur l'A7: les travaux d'avant-projet ont débuté en juillet 2001 et l'ouverture du tunnel autoroutier était prévue pour novembre 2002. Une autre difficulté était qu'au début de la planification, on ne pouvait utiliser de plate-forme de communication répondant aux exigences posées. Le trafic à travers le tunnel depuis novembre 2002 est surveillé par le système supérieur de contrôle-commande au centre de Frauenfeld.

Une planification de projet fort délicate

La planification des réseaux de communication ATM à système supérieur de contrôle-commande représente pour le planificateur une tâche pleine d'exigences. Outre les exigences générales sur

Informations sur l'auteur

Ernst W. Haltiner, ingénieur électricien ETS, a assumé diverses fonctions dirigeantes dans le domaine de la technique ferroviaire et dans des entreprises d'énergie et d'approvisionnement. Depuis 15 ans, il est ingénieur-conseil indépendant en matière d'énergie et d'environnement.
9450 Altstätten, ernst@haltiner.ch

Réseau de communication dans des tunnels

¹ Dernier tronçon de l'autoroute A7 de Kreuzlingen (Schwaderloh) à la frontière allemande. Le tunnel de Girsberg se compose de 2 tubes de 1,750 km de long chacun (gabarit d'espace libre 7,75 m x 4,50 m de haut). La déclivité longitudinale est entre 3,2% et 5,5%. La construction a duré de mai 1998 à novembre 2002. Les coûts du tunnel s'élèvent au total à environ 111 millions de francs.

² LAN: Local Area Network

³ TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Principales propriétés: transmission fiable (complète, correcte et dans l'ordre); communication transparente pour l'utilisateur et active simultanément dans les deux directions; possibilité de communications parallèles; la transmission se fait en fonction de la liaison: la communication doit d'abord être établie puis coupée à la fin; elle est surveillée par le TCP; les paquets défec-

tueux sont répétés jusqu'à ce qu'ils arrivent correctement; les perturbations sont annoncées à l'application; l'application ne reçoit pas simplement des paquets isolés mais le jeu complet de données.

⁴ Serveur gestion vidéo (VMS): ce serveur gère et configure tout le système de gestion vidéo y compris le logiciel correspondant.

⁵ Transparent: le signal (audio ou vidéo) arrive à destination sans déformations et sans modifications quelconques.

⁶ Les travaux de planification ont été effectués par IUB Ingenieur-Unternehmung AG Bern, 3005 Bern, www.iub-bern.ch.

⁷ Codec: un codeur-décodeur convertit et comprime les signaux vidéo «analogique-numérique-analogique».

⁸ E1: interface de 2,048 MBit/s; E2 à 8,448 MBit/s et E3 à 34,368 MBit/s.

⁹ Ethernet: Protocole pour LAN 10/100 Mbps

¹⁰ IEEE 802.3: cette norme spécifie les réseaux à topologie de bus, les procédures d'accès CSMA/CD et les vitesses de transmission de 1 à 100 MBit/s.

¹¹ ATM-Switch: point nodal pour ATM, réglant le trafic des données sur le réseau.

¹² PAL: Phase Alteration Line. Norme vidéo allemande, 768 x 576 points.

¹³ MPEG: Motion Picture Experts Group. Procédé de compression pour vidéo. MPEG-2 peut mieux venir à bout du procédé interface utilisé à la télévision. MPEG-2 est en train de s'établir comme norme de radiodiffusion. «MP@ML 4:2:0» signifie: Main Profil Main Level comme définition standardisée de qualité de compression.

¹⁴ Clock: l'horloge assure un rythme unique pour toute l'installation y compris le réseau raccordé, ainsi que la synchronisation des signaux.

¹⁵ Les lignes de raccordement d'abonnés sur Switch sont appelées «Lines», les liaisons entre les Switches sont des «Trunks». Avec 2 MBit/s (soit environ 30 canaux de parole), les Trunks ont des capacités plus élevées que les Lines (par exemple 64 kBit/s). Des faisceaux entiers de Trunks peuvent être placés entre deux Switches.

¹⁶ STM-4: (dans le cas normal STM-1, STM-4, STM-16 et STM-64) 4,4 x STM-1 = 620 MBit/s. Les lettres T et R signifient Transmitter (T) et Receiver (R). Le chiffre indique le taux de bits de hiérarchie numérique (SDH): – 51,84 Mbit/s

STM-1: 155,52 Mbit/s

STM-4: 622,06 Mbit/s

STM-16: 2488,32 Mbit/s

STM-64: 9953,28 Mbit/s.

¹⁷ Drain: expression courante de la branche vidéo pour le point de sortie du signal vidéo (à ne pas confondre avec «récepteur»).

¹⁸ VLAN: virtual LAN

¹⁹ OC3: Optical Carrier Level 3. Spécification pour un milieu de données de transmission 155 MBit/s dans le cadre de la norme internationale à grande vitesse SONET (Synchronous Optical Network) pour les transmissions dès 44 MBit/s. Des détails sur les niveaux correspondant aux taux de Bits sont indiqués aux normes correspondantes. Par exemple Level 1: 44 MBit/s.

²⁰ La disponibilité concerne l'ensemble du système. Les disponibilités des différents composants sériels sont plus élevées par définition.

Sicherheit in Strassentunnels

Neuste Richtlinien erfordern den Einsatz von auf ATM-Plattformen basierenden Kommunikationsnetzen

Die verschiedenen Katastrophen der letzten Jahre in Tunnels führten zu massiven Verschärfungen der Tunnelausrüstungsrichtlinien und zum Einbau von wirkungsvollen Überwachungs-, Alarm- und Leitsystemen. Betroffen davon sind Beleuchtung, Lüftung, Video- und Ereignisdetection, Verkehrsführung, Energieversorgung und unterbrechungsfreie Stromversorgung, aber auch Funk-, Notruftelefon- und Brandmeldeanlagen. Die stark gestiegenen Anforderungen können nur dank leistungsfähiger Breitbandkommunikationsplattformen mit übergeordnetem Leitsystem bewältigt werden. Im vorliegenden Beitrag werden die nötigen Massnahmen am Beispiel des Autobahntunnels Girsberg/TG vorgestellt.

Dieser Fachartikel wurde bereits im *Bulletin SEV/VSE* 1/2004 auf Deutsch veröffentlicht.