

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 133 (2007)
Heft: 11: Exploiter Alptransit

Artikel: La ventilation, un élément capital pour l'autosauvetage
Autor: Brie, Florence / Crausaz, Bernard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99581>

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: 19.02.2026

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

La ventilation, un élément capital pour l'autosauvetage

Garantir la sécurité des passagers dans les tunnels de base des NLFA est un des éléments clés des projets. Jouant un rôle essentiel dans le concept de sécurité, la ventilation a été l'objet d'études approfondies et de nombreux tests.

Il convient d'abord de rappeler que les accidents ferroviaires restent rares par rapport aux accidents routiers. Statistiquement, compte tenu de la faible proportion de trajet en tunnel par rapport aux trajets à l'air libre, la probabilité d'un accident en tunnel est encore plus faible. Mais du fait du confinement et de la difficulté d'intervention et d'évacuation, les conséquences des accidents en tunnel sont nettement plus graves.

Concept de sécurité au Lötschberg

Dès leur conception, les tunnels de base des NLFA ont été l'objet d'un concept de sécurité visant à réduire autant que possible les conséquences d'un éventuel incident. Pour le tunnel du Lötschberg, le concept global de sécurité imposait entre autres les éléments suivants (fig. 1):

- réalisation de deux tubes, équipés de façon totalement indépendante en matière d'énergie, de communication, de ventilation, d'éclairage, etc;
- concept pour l'évacuation des personnes basé sur l'utilisation de galeries de secours parallèles au tunnel sur toute sa

longueur. Chacun des tubes joue alternativement ce rôle, la communication entre eux étant assurée par le percement de trois galeries transversales par kilomètre (104 galeries au total). Cependant, à la suite de la décision de ne pas réaliser le percement du tube ouest entre Mitholz et le portail nord, on utilise la galerie de reconnaissance de Kandertall sur ce tronçon;

- obligation de prévoir au moins une gare de secours pour les trains ne pouvant rejoindre le portail de sortie. Cette gare a été positionnée à Fermen, afin de profiter de l'accès créé pour les travaux de percement des tunnels;
- création de zones sécurisées à partir desquelles les personnes ayant fui par les galeries de secours seront évacuées;
- prise en compte de trois types de convois : trains de passagers (longueur maximale de 400 m), trains de marchandises et trains pour le ferroulage.

Le concept de sécurité prévoit de sauver avant tout des vies et non du matériel. Il prend donc prioritairement en compte les trains de passagers. Pour les deux autres types de convoi, il est prévu que les trains poursuivent impérativement leur trajet jusqu'au portail de sortie ou qu'ils soient secourus par un train de secours permettant l'extinction de l'incendie, deux trains d'extinction étant prévus de part et d'autre du tunnel.

Concernant les trains de voyageurs, diverses situations sont envisagées. Dans un premier temps, tout doit être fait pour

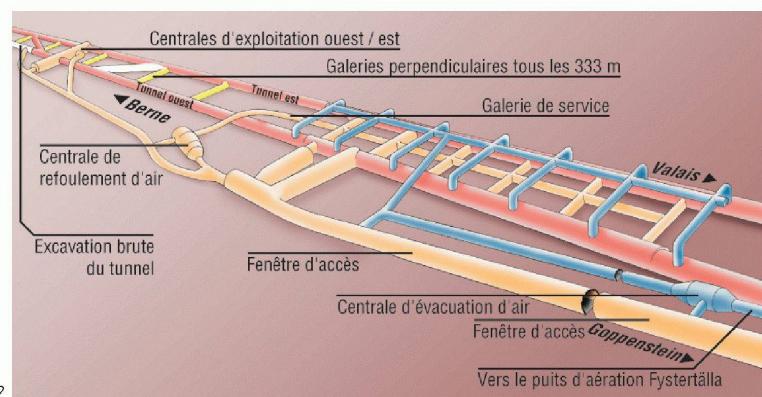
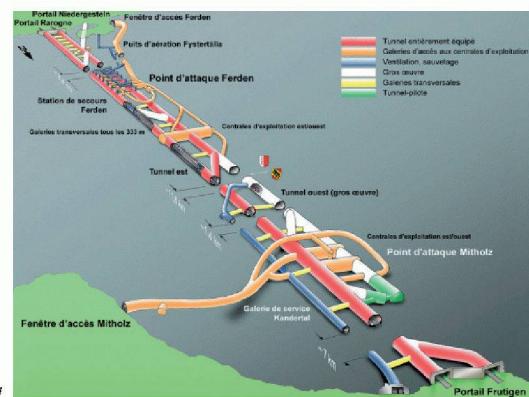


Fig. 1 : Aperçu schématique du tunnel de base du Lötschberg

Fig. 2 : Détail schématique de la station de Ferden

Fig. 3 : Intérieur de la station de Ferden

Fig. 4 : Trappe d'extraction en voûte du tunnel dans la station de Ferden

empêcher l'entrée dans le tunnel d'un train en difficulté. Si cela n'est pas possible, ou que le train rencontre des difficultés alors qu'il est déjà dans le tunnel, le chauffeur doit poursuivre son chemin jusqu'au portail de sortie, ou au moins jusqu'à la station de secours de Ferden, le but premier étant de sortir du tunnel. Ce n'est que si le train s'immobilise dans le tunnel à une position quelconque que les passagers utiliseront les galeries transversales pour gagner le tube voisin ou la galerie de Kandertall. Cette situation prévoit également l'intervention du train de secours sur les lieux du sinistre.

Compte tenu du temps d'intervention des pompiers, l'autosauvetage – mise en sécurité des passagers par eux-mêmes – est un facteur de sécurité prédominant dans les tunnels. Au niveau de l'équipement de ces derniers, cela signifie qu'on doit faciliter la fuite des passagers vers des zones sécurisées. Il convient donc en premier lieu d'éviter l'asphyxie et l'aveuglement des voyageurs, en éloignant autant que possible les fumées et les gaz. La ventilation joue ici un rôle capital sur lequel nous reviendrons par la suite. Les possibilités d'autosauvetage augmentent également avec la mise en place de panneaux de signalisation vers les galeries transversales (chemins fléchés), d'un éclairage de secours et de mains courantes. On signalera enfin que les chemins de fuite ne comprennent aucun escalier.

Utilisation de la ventilation

En cas d'impossibilité de quitter le tunnel, le train est censé s'arrêter dans la station de secours de Ferden (fig. 2 et 3). A cet endroit, les tubes est et ouest ont été élargis et aménagés pour faciliter l'évacuation des passagers. Six galeries transversales relient les deux tubes qui disposent ici d'un quai. L'accès aux galeries transversales est favorisé par des panneaux de signalisation et l'éclairage. De là, on atteint la galerie de service (ou de fuite) située entre les deux tubes, qui sert de zone de sécurité.

La ventilation permet de créer des zones de surpression sécurisées, les rendant exemptes de fumées et de produits toxiques, favorisant ainsi l'autosauvetage.

Deux systèmes de ventilation fonctionnent en parallèle à Ferden (fig. 2). Il s'agit d'une part d'une ventilation qui apporte de l'air frais dans la zone sécurisée. Cet air, provenant de la fenêtre d'accès de Ferden, est pulsé par un ventilateur de $200 \text{ m}^3/\text{s}$ (système 100% redondant). Cette ventilation crée une surpression dans la zone sécurisée, évitant ainsi que des fumées y entrent. D'autre part, un dispositif d'extraction sert à aspirer les fumées, l'air chaud et les gaz toxiques. Il utilise sept trappes placées en voûte de chaque tube (fig. 4). Une seule trappe est ouverte par défaut, celle située au milieu de



3



4

la station. Quand l'incendie est localisé, la trappe la plus proche du foyer est ouverte, à la place de celle du milieu. Ces trappes sont reliées à la centrale d'évacuation d'air qui mène au puits de Fystertellä. L'évacuation est garantie par un ventilateur de $250 \text{ m}^3/\text{s}$ (système 100 % redondant).

Si un train en feu s'arrête hors de la station de secours, l'évacuation des passagers s'effectuera par la galerie transversale la plus proche. Le système de ventilation passera alors en mode urgence: la centrale de pulsion d'air de Ferden et la centrale d'extraction de Fystertellä fonctionneront à leurs puissances optimales, créant de la sorte une différence de pression entre la zone saine et le tube sinistré. On limite ainsi l'opacité tout en garantissant de bonnes conditions d'évacuation. Dans les zones des portails, la surpression est assurée par des ventilateurs de jet supplémentaires.

Scénario d'accident et simulations

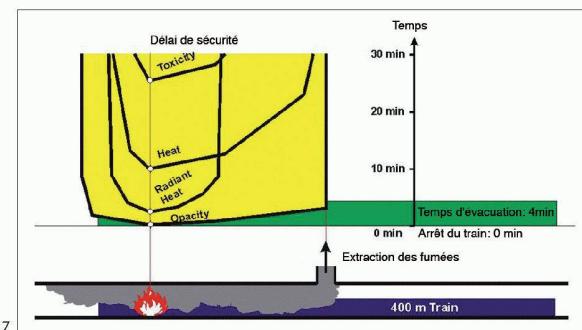
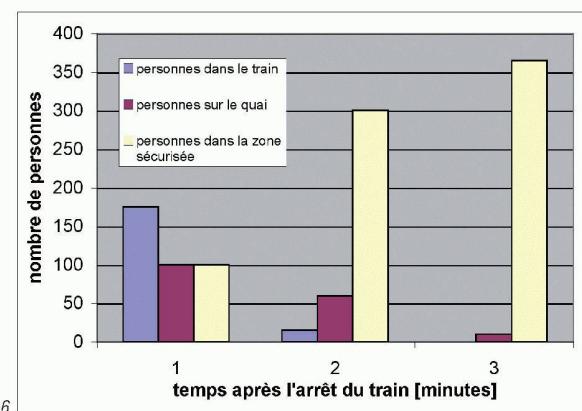
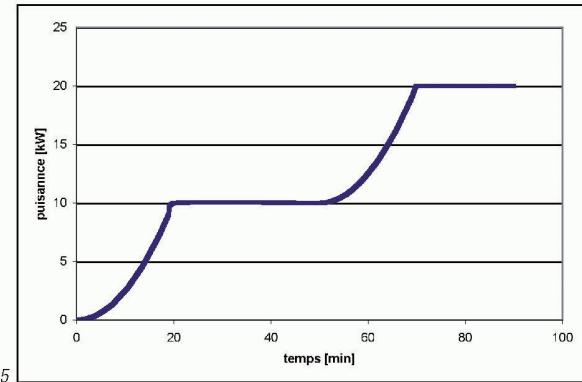
L'établissement des scénarios nécessite la définition de plusieurs paramètres dont le type de train (train de passagers, longueur 400 m) et le type d'incendie (puissance, production de fumée, dégagement de gaz toxiques, température). Ces deux premiers paramètres sont identiques pour tous les scé-

Fig. 5 : Simulation de la montée en puissance d'un incendie. Le feu atteint une deuxième voiture après 50 minutes.

Fig. 6 : Résultats d'une simulation de mouvement de foule : scénario d'un train s'arrêtant en gare de Ferden

Fig. 7 : Résultat d'une simulation de propagation des fumées confronté au temps d'évacuation : scénario d'un train s'arrêtant en gare de Ferden

Fig. 8 : Train en feu arrêté en gare de Ferden lors du test Neat TRE (Tous les documents illustrant cet article ont été fournis par les auteurs)



narios de dimensionnement de la ventilation. Les scénarios sont alors obtenus en faisant varier les paramètres suivants :

- le lieu d'arrêt du train: dans la gare de secours (Ferden), au sud ou au nord de Ferden,
- le schéma de ventilation: avec ou sans extraction, débits des ventilateurs.

Etabli en concertation avec les différents bureaux travaillant sur le projet, un incendie de référence a été choisi (fig. 5): dans un train de passager, une voiture prend feu. La puissance de l'incendie augmente en fonction du temps au carré, et atteint un palier. Puis la voiture adjacente prend feu aussi, la puissance augmente à nouveau, puis se stabilise à un nouveau palier. On admet un accroissement de 0 à 10 MW en 20 minutes pour un train avec passagers. Des valeurs de production de CO et de fumées ont également été fixées.

Des simulations portant sur les écoulements des fumées et les mouvements de foule ont été effectuées. Les simulations de l'écoulement des fumées et de la toxicité permettent de déterminer un délai de sécurité pendant lequel les usagers peuvent encore circuler dans la zone sinistrée. Elles se basent sur les principes de la dynamique des fluides, incluent la convection de la fumée et donnent la concentration en gaz toxiques, la température et la visibilité en tout point. Les simulations de mouvements de foule permettent quant à elles de calculer le temps d'évacuation nécessaire pour atteindre une zone sécurisée. Leurs paramètres sont le choix du trajet, la densité de personnes et leur vitesse maximale. Le choix du trajet dépend essentiellement de la qualité de la signalisation. La densité de la foule augmente près d'un goulot d'étranglement (portes ou couloirs) et les personnes se déplacent moins rapidement si la densité est élevée. En appliquant la simulation à un endroit donné, on peut obtenir le temps nécessaire pour gagner un abri. Les résultats des deux types de simulation sont ensuite comparés, l'objectif étant d'obtenir un temps d'évacuation inférieur au délai de sécurité.

Pour les simulations en gare de Ferden, on a testé le débit d'extraction, la position des trappes, le débit d'air frais, le nombre de galeries transversales, la largeur du quai et des portes. Les résultats de simulations de mouvement de foule (fig. 6) montrent que certaines personnes mettent près de trois minutes pour atteindre la zone sécurisée. La figure 7 présente les résultats d'une simulation de propagation des fumées avec extraction. On constate qu'entre la position de l'incendie et la position de la trappe d'extraction, les conditions deviennent rapidement mauvaises: faible visibilité et forte température. Sans extraction, les conditions sont encore pires.

Tests réels d'évacuation et d'intervention

Avant l'ouverture officielle du tunnel, des essais complets d'évacuation et d'intervention ont été effectués pour valider toute la procédure, notamment pour tester le système de ventilation.

Le 1^{er} juin, le test Neat TRE simulait un train victime d'un incendie après son entrée dans le tunnel (par le portail nord) et s'arrêtant à la gare de Ferden (fig. 8). Les 350 passagers devaient alors quitter le train, accéder à la zone sécurisée, puis être évacués par un train dans le tube sain. Les blessés étaient quant à eux pris en charge par les trains de secours. Le déroulement des opérations était le suivant:

- alerte générée par le conducteur au poste de contrôle du tunnel,
- ouverture à distance des portes d'accès à la zone sécurisée de Ferden,
- mise en route de la ventilation et de l'extraction (trappe centrale, par défaut)
- arrivée du train en gare de Ferden,

- début d'évacuation des passagers vers la zone sécurisée (autosauvetage),
- changement de la trappe d'extraction (selon la position avérée du foyer),
- arrivée des pompiers par la galerie de Ferden et des trains de secours dans le tube sinistré,
- arrivée du train d'évacuation pour les rescapés dans le tube sain.

Les résultats du test sont en cours d'analyse, mais on peut d'ores et déjà tirer les conclusions suivantes:

- le dispositif d'urgence est bien coordonné,
- la ventilation a fonctionné comme prévu,
- le délai total d'intervention imposé (<90 minutes) a été respecté.

Florence Brie, ing. génie mécanique Ecole polytechnique de Paris
Bernard Crausaz, ing. mécanique EPF
BG Ingénieurs Conseils
Av. de Cour 61, CH-1001 Lausanne

Protection de l'environnement



WEY®
Trademark of SISTAG



SISTAG |

SISTAG Absperotechnik
CH-6274 Eschenbach
Tél. 041 449 99 44
Fax 041 448 34 31
www.sistag.ch
E-Mail: info@sistag.ch