



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement,
des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral des routes OFROU

Directive

Édition 2008 V1.06

Ventilation des galeries de sécurité des tunnels routiers

ASTRA 13002

ASTRA OFROU USTRA UVIAS

Impressum

Auteurs / groupe de travail

Jeanneret Alain	(OFROU N-SFS, présidence)
Berner Marcel	(OFROU I-NV)
Hofer Andreas	(OFROU I-FU)
Joseph Cédric	(OFROU N-SFS)
Lüthy Daniel	(OFROU I-NV)
Solari Sacha	(OFROU I-FU)
Wyss Martin	(OFROU I-FU)
Steinemann Urs	(US+FZ Beratende Ingenieure, Wollerau, élaboration)
Zumsteg Franz	(US+FZ Beratende Ingenieure, Lenzburg)

Traduction

Grandjean Pierre (traduction française de la version originale allemande)

Éditeur

Office fédéral des routes OFROU
Division réseaux routiers N
Standards, recherche, sécurité SFS
3003 Berne

Diffusion

La directive est téléchargeable gratuitement sur le site www.astra.admin.ch.

© ASTRA 2008

Reproduction à usage non commercial autorisée avec indication de la source.

Avant-propos

L'autosauvetage des usagers a une grande importance lorsqu'un incendie se déclare dans un tunnel. Pour le garantir dans les meilleures conditions possibles, les tunnels d'une certaine longueur doivent être équipés de chemins de fuite ventilés et d'une ventilation efficace de l'espace de circulation.

Les exigences posées aux chemins de fuite sont fixées dans la norme SIA 197/2 [7], celles qui ont trait aux portes des issues de secours, dans la directive ASTRA 13011 « Portes et portes carrossables des tunnels routiers » [5] et celles qui concernent la ventilation de l'espace de circulation, dans la directive ASTRA 13001 « Ventilation des tunnels routiers » [1].

La présente directive décrit les exigences posées à la ventilation des galeries de sécurité des tunnels routiers.

Office fédéral des routes

Rudolf Dieterle, dr ès sc.
Directeur

Table des matières

	Impressum	2
	Avant-propos	3
1	Introduction	7
1.1	Objectif de la directive.....	7
1.2	Champ d'application.....	7
1.3	Destinataires.....	7
1.4	Entrée en vigueur et modifications.....	7
2	Fonctions de la ventilation	8
3	Tunnels à un tube avec galeries de sécurité	9
3.1	Généralités	9
3.2	Exploitation normale.....	9
3.2.1	Conception et dimensionnement de la ventilation	9
3.2.2	Exploitation de la ventilation	10
3.3	Exploitation en cas de sinistre	10
3.3.1	Conception et dimensionnement de la ventilation	10
3.3.2	Exploitation de la ventilation	10
3.4	Prévention et surveillance d'une aspiration de fumées.....	11
4	Tunnels à un tube avec galeries de fuite donnant directement sur l'extérieur	12
4.1	Généralités	12
4.2	Exploitation normale.....	12
4.2.1	Conception et dimensionnement de la ventilation	12
4.2.2	Exploitation de la ventilation	13
4.3	Exploitation en cas de sinistre	13
4.3.1	Conception et dimensionnement de la ventilation	13
4.3.2	Exploitation de la ventilation	13
4.4	Prévention d'une aspiration des fumées	13
5	Tunnels à deux tubes avec liaisons transversales	14
5.1	Généralités	14
5.2	Exploitation normale.....	15
5.2.1	Conception et dimensionnement de la ventilation	15
5.2.2	Exploitation de la ventilation	15
5.3	Exploitation en cas de sinistre	15
5.3.1	Conception et dimensionnement de la ventilation	15
5.3.2	Exploitation de la ventilation	16
5.4	Prévention et surveillance d'une aspiration des fumées.....	16
6	Autres indications	17
6.1	Raccordement d'autres installations de ventilation.....	17
6.2	Sécurité contre le gel.....	17
6.3	Contrôle d'humidité / formation de brouillard.....	17
6.4	Incidence sur la ventilation de l'espace de circulation	17
6.5	Détection des fumées.....	17
6.6	Nécessité d'installer des sas	17
	Annexes	19
	Glossaire	23

Unités.....	23
Bibliographie	24
Liste des modifications.....	25

1 Introduction

1.1 Objectif de la directive

La présente directive décrit les systèmes de ventilation en usage dans les galeries de sécurité des tunnels routiers. Elle fixe les principes et les critères à observer lors du choix d'un système, pour son dimensionnement et lors de l'exploitation des installations. Elle a pour but, d'une part, de simplifier les projets et, d'autre part, d'uniformiser les systèmes et les installations.

1.2 Champ d'application

La présente directive porte sur le choix du système, le dimensionnement et l'exploitation des installations de ventilation des galeries de sécurité des tunnels routiers creusés et des tranchées couvertes. Elle énumère aussi les exigences relatives à l'exploitation et à l'entretien de ces installations.

La directive définit un standard qui relève de l'état de la technique, et est également applicable lors de l'assainissement d'installations existantes.

1.3 Destinataires

La présente directive s'adresse en premier lieu :

- aux maîtres d'ouvrages, qui y trouveront l'instrument leur permettant de procéder eux-mêmes à une première évaluation lors de projets simples ;
- aux ingénieurs spécialistes de la ventilation, qui disposeront de bases uniformes et précises pour choisir le système et le dimensionner ;
- aux ingénieurs d'autres disciplines, qui bénéficieront ainsi, dès les premières phases du projet, des données nécessaires pour assurer la coordination entre les différentes spécialités ;
- aux exploitants de tunnels, pour qui elle précise les exigences fondamentales relatives à la mise en service, à l'exploitation et à l'entretien de l'installation de ventilation.

1.4 Entrée en vigueur et modifications

La présente directive entre en vigueur le 01.12.2008. La « Liste des modifications » se trouve à la page 25.

2 Fonctions de la ventilation

La ventilation des galeries de sécurité des tunnels routiers garantit, en cas de sinistre, des galeries dégagées de fumées, même lorsque les portes des issues de secours sont actionnées. Cela permet aux usagers, lorsqu'ils ont trouvé une telle porte, de quitter le tunnel en empruntant un itinéraire sécurisé situé hors de l'espace de circulation. En situation d'exploitation normale, les galeries de sécurité et les liaisons transversales qui les relient à l'espace de circulation sont maintenues sous une légère surpression par rapport à l'espace de circulation. Cela évite la pénétration de poussières et, en cas de sinistre, empêche la pénétration de fumée avant le déclenchement du programme d'exploitation requis par la situation.

En cas de sinistre la ventilation des galeries de sécurité, des liaisons transversales les reliant à l'espace de circulation, des galeries de fuite conduisant directement à l'extérieur et des liaisons transversales reliant deux tubes, doit fonctionner de manière fiable. Les cas de sinistre sont rares ; dès lors pour garantir un bon fonctionnement, il faut choisir des dispositifs simples et dont le fonctionnement est sûr.

Pour atteindre les objectifs techniques relevant de la sécurité, la ventilation des galeries de sécurité doit satisfaire aux exigences décrites dans les pages qui suivent. Parallèlement, un échange d'air et un apport d'oxygène suffisants doivent être assurés. Le cas échéant, les travaux impliquant de fortes émissions polluantes, dans une galerie de sécurité, dans les liaisons transversales et dans les galeries de fuite, doivent être exécutés sous ventilation renforcée. Lorsque les exigences techniques relevant de la sécurité sont satisfaites, la contamination des espaces ventilés, par des émissions de poussières en provenance de l'espace de circulation, est minime. La présence d'appareils délicats, sensibles aux poussières, dans ces espaces, requière des mesures supplémentaires, notamment une ventilation appropriée des zones ou des armoires contenant les appareils ou une surpression plus élevée par rapport à l'espace de circulation. Dans ce cas, il faut adapter l'étanchéité des portes des issues de secours et des dispositifs de fermeture donnant sur l'espace de circulation.

Des charges thermiques élevées dans les galeries de sécurité, les liaisons transversales, les galeries de fuite, ou encore d'autres conditions particulières posées à la qualité de l'air ambiant, peuvent induire des exigences complémentaires pour la ventilation des galeries de sécurité des tunnels routiers.

3 Tunnels à un tube avec galeries de sécurité

3.1 Généralités

Habituellement, une galerie de sécurité est parallèle au tube de l'espace de circulation. Elle est reliée à ce dernier par des liaisons transversales et est dotée d'une sortie de secours à chacune de ses extrémités. Les galeries transversales sont dotées d'une porte d'issue de secours donnant sur l'espace de circulation et d'une porte intermédiaire donnant sur la galerie de sécurité. Cette situation est schématisée par la fig. 3.1.

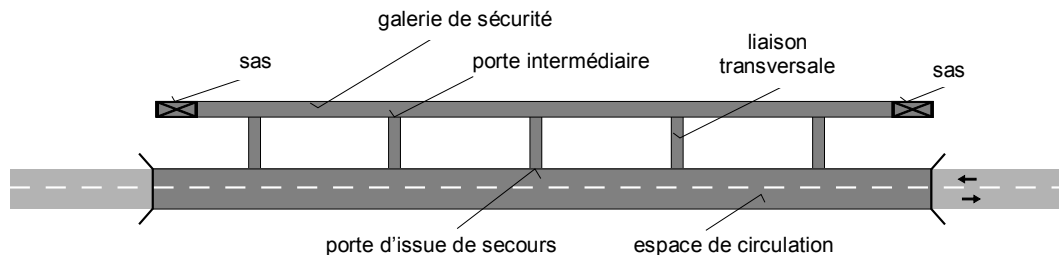


Fig. 3.1 Système de tunnel avec galerie de sécurité.

Dans tous les systèmes équipés d'une galerie de sécurité, celle-ci ainsi que les liaisons transversales qui la relient à l'espace de circulation doivent être ventilées de manière à respecter les exigences décrites ci-après. De plus, toutes les issues de la galerie de sécurité débouchant sur l'extérieur doivent être équipées d'un sas. Ces exigences doivent aussi être observées lorsqu'une galerie technique sert de galerie de sécurité.

3.2 Exploitation normale

3.2.1 Conception et dimensionnement de la ventilation

En exploitation normale, lorsque les sas, les portes des issues de secours et les portes intermédiaires sont fermés, une surpression minimale de 50 Pa par rapport à l'espace de circulation doit être assurée en permanence au droit des portes des issues de secours de la galerie transversale. Le flux d'air induit par les fuites et par d'éventuels autres orifices doit avoir un débit de 0,2 à 0,4 m³/s à chacune des portes.

En exploitation normale, les différences de pression dans l'espace de circulation des tunnels n'excédant pas 3 km peuvent être négligées dans le dimensionnement de la ventilation de la galerie de sécurité ; en d'autres termes, les exigences s'appliquent pour le cas d'un espace de circulation sans trafic et non ventilé mécaniquement.

Pour les tunnels de plus de 3 km, ce même dimensionnement doit prendre en compte les différences de pression engendrées par la ventilation de l'espace de circulation.

Les éventuelles différences de pression thermostatiques ou barométriques entre les portails doivent être prises en compte, indépendamment de la longueur du tunnel, lorsqu'elles sont susceptibles d'influencer le concept de ventilation. A l'instar de la directive « Ventilation des tunnels routiers » [1], on prendra en compte 95 % de la valeur maximale de ces différences de pression. La différence de pression significative à la porte de l'issue de secours est déterminée par le profil de la pression dans la galerie de sécurité et dans le tube principal.

Les liaisons transversales sont séparées de la galerie de sécurité par une porte intermédiaire. Aucune condition n'est posée quant à la différence de pression et à l'étanchéité des portes intermédiaires.

3.2.2 Exploitation de la ventilation

Dans les tunnels à un tube dotés d'une galerie de sécurité, la ventilation de celle-ci doit fonctionner en permanence. Son fonctionnement doit être surveillé au moyen de contrôleurs de débit et de pressostats. On renoncera à un asservissement de la pression.

3.3 Exploitation en cas de sinistre

3.3.1 Conception et dimensionnement de la ventilation

L'exploitation lors d'un sinistre doit tenir compte de toutes les sources de fuites possibles et obéir aux exigences ci-après:

- a) Plusieurs portes d'issues de secours ouvertes afin de garantir l'autosauvetage : les personnes touchées par le sinistre doivent pouvoir quitter l'espace de circulation par les issues de secours. Plusieurs portes d'issues de secours peuvent être ouvertes simultanément, dont au minimum trois.

Dans les tunnels dotés de systèmes de ventilation avec aspiration ciblée des fumées, la longueur de la zone touchée par le sinistre, admise pour le dimensionnement, est de 600 m. Dans tous les autres cas, on admettra la totalité de la longueur du tunnel, mais au maximum 1'200 m.

La vitesse moyenne de l'écoulement de l'air à travers chacune des portes ouvertes doit être d'au moins 1 m/s. Dans ce scénario, il est admis que toutes les autres portes des issues de secours, tous les sas, toutes les portes intermédiaires et toutes les portes carrossables sont fermés. Comme pour l'exploitation normale, on tiendra compte des différences de pression thermostatiques et barométriques ainsi que des fuites afin de garantir le flux d'air minimal exigé lorsque les portes d'issues de secours sont fermées. En sus, il y a lieu de tenir compte de l'effet de la ventilation du tunnel en cas de sinistre.

- b) Porte d'issue de secours ouverte à l'endroit le plus défavorable : lorsqu'une porte d'issue de secours est ouverte à l'endroit le plus défavorable (près du ventilateur), une vitesse moyenne d'écoulement d'au moins 1 m/s doit être assurée à travers la seconde porte ouverte, et cela au droit de chaque autre porte d'issue de secours ouverte. Les autres conditions à respecter sont similaires à celles énumérées à la lettre a).
- c) Alimentation électrique des ventilateurs : tous les ventilateurs servant à la ventilation des galeries de sécurité et de liaisons transversales doivent, comme pour la ventilation de l'espace de circulation, être desservis par deux alimentations électriques indépendantes. Il n'est pas nécessaire de raccorder les ventilateurs à une UPS (alimentation sans coupure). Tous les ventilateurs doivent être équipés de clapets de fermeture qui sont fermés lorsque le ventilateur n'est pas sous tension, et doivent se fermer automatiquement en cas de panne de courant.
- d) Stations de ventilateurs séparées : la ventilation des galeries de sécurité doit être assurée par deux stations de ventilation séparées.

Si les stations sont équipées chacune de deux ventilateurs, les exigences a) et b) concernant la vitesse moyenne de l'écoulement doivent être respectées à 100 % en cas de panne d'un seul ventilateur, et à 80 % en cas de panne de toute une station de ventilateurs (p.ex. du fait d'une défaillance de l'alimentation électrique ou de la détection de fumée à la prise d'air correspondante).

Lorsque les stations de ventilation sont équipées chacune d'un seul ventilateur, les exigences a) et b) concernant la vitesse moyenne de l'écoulement doivent être respectées à 100 % en cas de panne d'un seul ventilateur (= une station de ventilation).

3.3.2 Exploitation de la ventilation

L'exploitation en cas de sinistre doit être déclenchée automatiquement par l'un des événements suivants :

- alarme incendie dans le tunnel ;
- alarme préalable dans le tunnel ;
- décrochage d'un extincteur ;
- ouverture d'une porte d'issue de secours ;

- en exploitation normale, chute de la surpression dans la galerie de sécurité (p.ex. de plus de 50 % pendant plus de 30 secondes, valeurs paramétrables). Les variations de pression dues au trafic, dans l'espace de circulation, ne doivent pas entraîner un tel déclenchement.

Par ailleurs, l'exploitation en cas de sinistre doit pouvoir être enclenchée manuellement.

En cas de sinistre, tous les ventilateurs, prévus pour ce cas de figure, doivent être mis en service.

En cas de sinistre, une alarme provenant des détecteurs d'incendie de la galerie de sécurité ou des liaisons transversales ne doit pas provoquer d'interruption automatique de la ventilation.

La réinitialisation de l'installation, après sinistre, doit toujours être effectuée manuellement.

3.4 Prévention et surveillance d'une aspiration de fumées

Des mesures constructives doivent permettre de limiter le risque d'aspiration de fumées et d'autres émissions indésirables par les prises d'air extérieur. Dans les cas critiques (p.ex. distance horizontale au portail du tunnel < 50 m), on surveillera la qualité de l'air extérieur aspiré à l'aide de détecteurs de fumées. En exploitation normale et en cas de sinistre, lorsqu'une concentration de fumées inadmissible est constatée dans une prise d'air extérieur, les ventilateurs concernés doivent être immédiatement déclenchés, leurs clapets de fermeture fermés et les ventilateurs de l'autre station de ventilation maintenus en service, ou immédiatement mis en service .

4 Tunnels à un tube avec galeries de fuite donnant directement sur l'extérieur

4.1 Généralités

Une galerie de fuite donnant directement sur l'extérieur relie directement l'espace de circulation à l'extérieur via une porte d'issue de secours. Cette configuration est schématisée par la fig. 4.1.

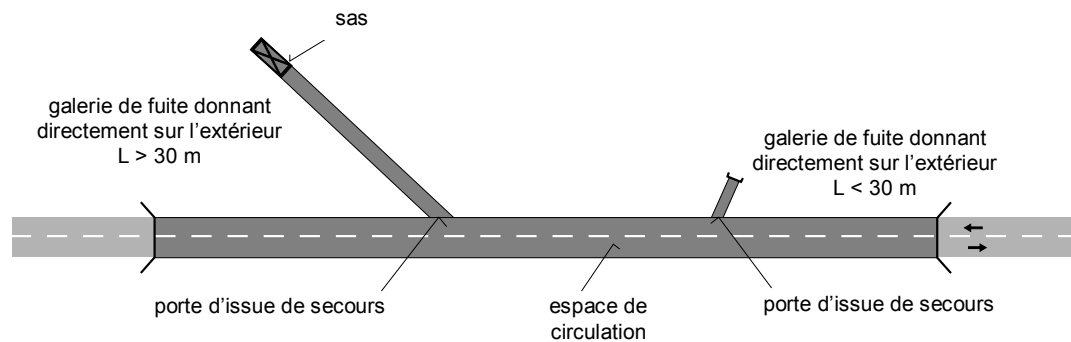


Fig. 4.1 Système avec galerie de fuite donnant directement sur l'extérieur.

Lorsqu'une telle galerie de fuite a une longueur n'excédant pas 30 m et que la dénivellation par rapport à l'extérieur n'excède pas 3 m, une ventilation naturelle ou une ventilation simple sans conditions particulières est admise. Dans ce cas, la présence d'un sas n'est pas nécessaire.

Lorsqu'une galerie de fuite donnant directement sur l'extérieur a une longueur supérieure à 30 m ou que la dénivellation, entre la porte d'issue de secours et l'extérieur, excède +3 m, une ventilation mécanique est nécessaire. De plus chaque galerie sera équipée d'un sas à son extrémité.

Pour les tunnels à faible recouvrement, équipés de cages d'escalier conduisant à l'extérieur par le haut et fermées à leur sommet, il peut être judicieux de les ventiler, sans toutefois les équiper d'un sas.

Les exigences ci-après s'appliquent aux cas où chaque porte d'issue de secours est reliée à sa propre galerie de fuite donnant directement sur l'extérieur. Si plus d'une porte donne sur la même galerie de fuite, on appliquera par analogie les exigences décrites au chapitre 3.

4.2 Exploitation normale

4.2.1 Conception et dimensionnement de la ventilation

En exploitation normale, lorsqu'une galerie de fuite donnant directement sur l'extérieur nécessite une ventilation mécanique, une surpression minimale de 50 Pa doit être assurée en permanence dans la galerie par rapport à l'espace de circulation, lorsque le sas et la porte de l'issue de secours sont fermés. Dans cette configuration, le débit d'air dû aux fuites et aux éventuels autres orifices doit se situer entre 0,5 et 1,0 m³/s.

On peut négliger les différences de pression dans l'espace de circulation dans le dimensionnement de la ventilation de la galerie de fuite pour l'exploitation normale dans le cas de tunnels n'excédant pas 3 km de long; en d'autres termes, les exigences s'appliquent pour un espace de circulation sans trafic et sans ventilation mécanique. Pour les tunnels plus longs, le dimensionnement de la ventilation de la galerie de fuite tiendra compte des différences de pression engendrées par la ventilation de l'espace de circulation.

4.2.2 Exploitation de la ventilation

La ventilation d'une galerie de fuite donnant directement sur l'extérieur doit fonctionner en permanence. Son fonctionnement doit être surveillé au moyen de contrôleurs de débit et de pressostats. On renoncera à un asservissement de la pression.

4.3 Exploitation en cas de sinistre

4.3.1 Conception et dimensionnement de la ventilation

En cas de sinistre l'exploitation doit obéir aux exigences suivantes:

- a) Porte d'issue de secours ouverte : lorsque la porte de l'issue de secours est ouverte, la vitesse moyenne de l'écoulement d'air, à travers la porte, doit être d'au moins 2 m/s. On considère, dans ce cas que le sas est fermé.
- b) Alimentation électrique des ventilateurs : tous les ventilateurs servant à la ventilation de galeries de fuite donnant directement sur l'extérieur doivent, comme pour la ventilation de l'espace de circulation, être desservis par deux alimentations électriques indépendantes. Il n'est pas nécessaire de raccorder les ventilateurs à une UPS. Tous les ventilateurs doivent être équipés de clapets de fermeture qui sont fermés lorsque le ventilateur n'est pas sous tension.
- c) Ventilateurs redondants : si une galerie de fuite donnant directement sur l'extérieur a plus de 30 m de long et/ou présente une dénivellation de plus de +3 m, elle doit être ventilée par deux ventilateurs au moins. L'exigence a) doit pouvoir être satisfaite à 100 % en cas de panne d'un ventilateur.

4.3.2 Exploitation de la ventilation

L'exploitation en cas de sinistre doit être déclenchée automatiquement par l'un des événements suivants :

- alarme incendie dans le tunnel ;
- alarme préalable dans le tunnel ;
- décrochage d'un extincteur ;
- ouverture d'une porte d'issue de secours ;
- en exploitation normale, chute de la surpression dans la galerie de fuite (p.ex. de plus de 50 % pendant plus de 30 secondes, valeurs paramétrables). Les variations de pression dues au trafic dans l'espace de circulation ne doivent pas entraîner un tel déclenchement.

Par ailleurs, l'exploitation en cas de sinistre doit pouvoir être enclenchée manuellement.

En cas de sinistre, tous les ventilateurs, prévus pour ce cas de figure, doivent être mis en service en même temps dans toutes les galeries de fuite donnant sur l'extérieur.

En cas de sinistre, une alarme provenant des détecteurs d'incendie dans les galeries de fuite ne doit pas provoquer d'interruption automatique de la ventilation.

La réinitialisation de l'installation, après sinistre, doit toujours être effectuée manuellement.

4.4 Prévention d'une aspiration des fumées

Des mesures constructives doivent permettre de limiter le risque que des fumées et d'autres émissions indésirables soient aspirées par la prise d'air extérieur, de manière à garantir une exploitation permanente et sans restriction de la ventilation.

5 Tunnels à deux tubes avec liaisons transversales

5.1 Généralités

Les tunnels à deux tubes parallèles (trafic unidirectionnel) offrent aux usagers la possibilité de fuir vers le tube adjacent par des liaisons transversales. Cette situation est schématisée par la fig. 5.1. A la différence d'une galerie de sécurité, le tube adjacent présente un grand volume d'air et il y circule généralement une quantité d'air considérable. En vertu de la directive « Ventilation des tunnels routiers » [1], les tunnels unidirectionnels d'une longueur de plus de 600 à 800 m doivent être équipés d'une ventilation de l'espace de circulation empêchant la fumée du tube sinistré d'envahir le tube adjacent.

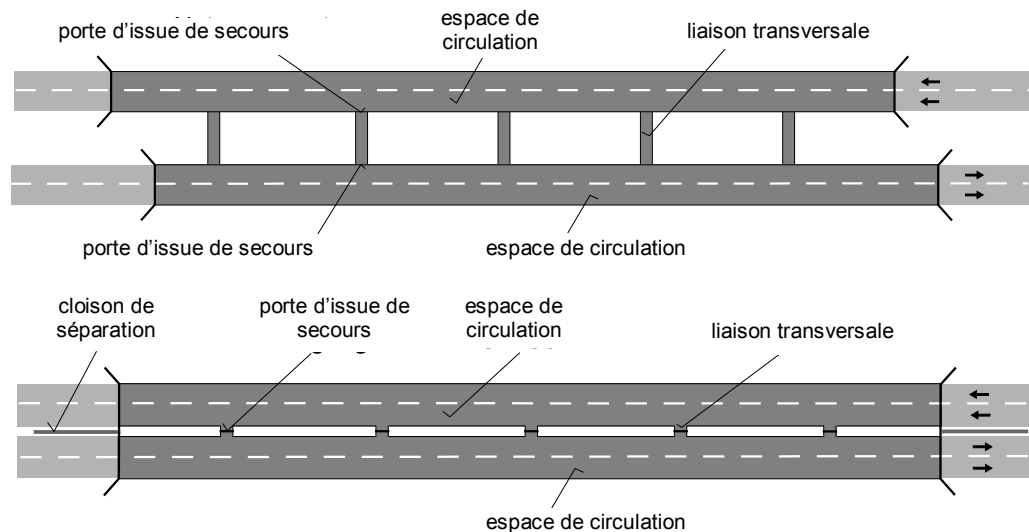


Fig. 5.1 Tunnels à deux tubes avec liaisons transversales.
 En haut : tunnel creusé (variante avec portails décalés).
 En bas : tranchée couverte (variante avec cloisons de séparation).

En cas de sinistre, toutes les liaisons transversales des tunnels à deux tubes doivent être maintenues libres de fumées par l'application de l'un des dispositifs suivants (exigences posées aux portes selon la directive ASTRA 13011 « Portes et portes carrossables des tunnels routiers » [5]) :

- 1) Cas normal pour les tunnels creusés : liaisons transversales avec deux portes d'issues de secours. Les portes doivent être dimensionnées de manière à limiter le transfert des fumées dans le tube adjacent. En présence d'un écoulement d'air du tube où a lieu le sinistre vers le tube adjacent, la fermeture et l'équipement des portes doit garantir la fermeture de la deuxième porte sous l'effet du flux d'air ou avec l'assistance d'un dispositif de fermeture. Les portes coulissantes doivent être conçues pour se fermer automatiquement.
- 2) Cas normal pour les tranchées couvertes : liaisons transversales avec porte coulissante à fermeture automatique en guise de porte d'issue de secours.
- 3) Cas spécial : dans les cas spéciaux (p.ex. en raison de la longueur et de la déclivité des liaisons transversales), une ventilation mécanique des liaisons transversales peut être nécessaire pour assurer une surpression par rapport à l'espace de circulation à toutes les portes de secours. Dans ce cas la présence de deux portes d'issues de secours par liaison transversale est nécessaire. En règle générale, on admet qu'une dénivellation de plus de 3 m sur l'ensemble de la longueur de la liaison transversale constitue un cas de configuration spéciale.

Dans les tunnels à deux tubes, la ventilation de l'espace de circulation doit être exploitée de manière à réduire au minimum le danger d'un transfert de la fumée aux portails et

dans les liaisons transversales. Le risque d'un tel transfert aux portails doit être réduit au minimum par des mesures constructives (décalage des portails, cloisons de séparation) [1].

5.2 Exploitation normale

5.2.1 Conception et dimensionnement de la ventilation

Dans les cas 1) et 2) du chap. 5.1, les liaisons transversales entre les deux tubes d'un tunnel ne sont pas ventilées en exploitation normale.

Dans le cas 3) du chap. 5.1, la ventilation doit être conçue et dimensionnée en respectant des conditions particulières, de manière à atteindre un standard de sécurité comparable à celui qui est exigé dans les cas 1) et 2).

La ventilation de l'espace de circulation en condition normale, ne requière, dans les trois cas, aucune exigence additionnelle.

5.2.2 Exploitation de la ventilation

Dans les cas particuliers ou les liaisons transversales entre les tubes de tunnels sont ventilées mécaniquement, la ventilation doit fonctionner en permanence. Son fonctionnement doit être surveillé au moyen de contrôleurs de débit et de pressostats. On renoncera à un asservissement de la pression.

5.3 Exploitation en cas de sinistre

5.3.1 Conception et dimensionnement de la ventilation

Dans les cas 1) et 2) du chap. 5.1, les liaisons transversales ne sont pas ventilées en cas de sinistre.

Dans le cas 3) de ce même chap. 5.1, l'absence de fumée dans les liaisons transversales est assurée par une ventilation séparée. Il en résulte, au droit de toutes les portes des issues de secours, un flux d'air s'écoulant de la liaison transversale vers l'espace de circulation. En cas de sinistre, en tenant compte des fuites existantes, les exigences suivantes doivent être satisfaites:

- a) Plusieurs portes d'issues de secours ouvertes afin de garantir l'autosauvetage : les personnes touchées par le sinistre doivent pouvoir quitter l'espace de circulation par les issues de secours. Plusieurs portes d'issues de secours peuvent être ouvertes simultanément, mais trois au minimum.

Dans les tunnels dotés de systèmes de ventilation avec aspiration ciblée des fumées, la longueur de la zone touchée par le sinistre, admise pour le dimensionnement, est de 600 m. Dans tous les autres tunnels, on admet leur longueur totale, mais 1'200 m au maximum.

La vitesse moyenne de l'écoulement de l'air à travers chacune des portes ouvertes doit être d'au moins 1 m/s. Dans ce cas, toutes les autres portes des issues de secours et toutes les portes carrossables doivent être considérées comme fermées. De façon analogue à l'exploitation normale, pour garantir le flux d'air minimal exigé, on tiendra compte des différences de pression thermostatiques et barométriques ainsi que des fuites à travers les portes d'issues de secours fermées. En sus, il y a lieu de tenir compte de l'effet de la ventilation du tunnel lors d'un sinistre.

- b) Porte d'issue de secours ouverte à l'endroit le plus défavorable : lorsqu'une porte d'issue de secours est ouverte à l'endroit le plus défavorable (près du ventilateur), une vitesse moyenne d'écoulement d'au moins 1 m/s doit être assurée à travers la seconde porte ouverte, et cela à l'ouverture de chaque autre porte d'issue de secours. Les autres conditions à respecter sont similaires à celles énumérées à la lettre a)

- c) Alimentation électrique des ventilateurs : tous les ventilateurs servant à la ventilation de liaisons transversales doivent, comme pour la ventilation de l'espace de circulation, être desservis par deux alimentations électriques indépendantes. Il n'est pas nécessaire de raccorder les ventilateurs à une UPS. Tous les ventilateurs doivent être équipés de clapets de fermeture qui sont fermés lorsque le ventilateur n'est pas sous tension, et doivent se fermer automatiquement en cas de panne de courant.
- d) Ventilateurs redondants : la ventilation de liaisons transversales doit être assurée par deux ventilateurs au moins. Les exigences a) et b) doivent continuer à être satisfaites à 100 % en cas de panne d'un ventilateur.

5.3.2 Exploitation de la ventilation

Dans le cas 3) du chap. 5.1, et pour toutes les liaisons transversales ventilées mécaniquement, l'exploitation en cas de sinistre doit être déclenchée automatiquement par l'un des événements suivants:

- alarme incendie dans le tunnel ;
- alarme préalable dans le tunnel ;
- décrochage d'un extincteur ;
- ouverture d'une porte d'issue de secours ;

Par ailleurs, l'exploitation en cas de sinistre doit pouvoir être enclenchée manuellement.

En cas de sinistre, tous les ventilateurs disponibles doivent être mis en service.

En cas de sinistre, une alarme provenant des détecteurs d'incendie propres aux liaisons transversales ne doit pas provoquer d'interruption automatique de la ventilation.

La réinitialisation de l'installation, après sinistre, doit toujours être effectuée manuellement.

5.4 Prévention et surveillance d'une aspiration des fumées

Dans le cas 3) du chap. 5.1, des mesures constructives doivent permettre de limiter le risque d'aspiration de fumées et d'autres émissions indésirables par les prises d'air extérieur de la ventilation des liaisons transversales. De plus on surveillera la qualité de l'air extérieur aspiré à l'aide de détecteurs de fumées. En exploitation normale et en cas de sinistre, lorsqu'une concentration de fumée inadmissible est constatée dans une prise d'air extérieur de la ventilation des liaisons transversales, les ventilateurs concernés doivent être immédiatement déclenchés et leurs clapets de fermeture fermés.

6 Autres indications

6.1 Raccordement d'autres installations de ventilation

D'autres installations de ventilation (ventilation des locaux) peuvent extraire leur air frais des galeries de sécurité, des galeries de fuite ou des liaisons transversales ventilées et rejeter leur air vicié dans celles-ci, si elles disposent de leur propre dispositif de détection d'incendie et de leurs propres clapets de fermeture en cas d'incendie. En cas d'incendie dans une zone ventilée de la sorte, l'installation de ventilation concernée doit être immédiatement déconnectée, et les clapets de protection contre l'incendie doivent être fermés.

Le dimensionnement de la ventilation des galeries de sécurité et des liaisons transversales doit tenir compte de l'effet de telles installations de ventilation. Lors de l'exploitation de la ventilation des galeries en cas de sinistre, les ventilations des locaux raccordées ne peuvent être déconnectées automatiquement, en l'absence d'alarme incendie locale, que si cela n'induit pas de risques accrus dans les zones desservies.

6.2 Sécurité contre le gel

La ventilation des galeries de sécurité et des liaisons transversales ne requière aucun chauffage. Les conduites d'eau exposées doivent être protégées contre le gel par des mesures appropriées (isolation thermique, év. câble chauffant). Il faut éviter la formation de verglas sur le sol (éviter ou capter les gouttières).

6.3 Contrôle d'humidité / formation de brouillard

Le risque de formation de brouillard dans les galeries de sécurité, les galeries de fuite et les liaisons transversales doit être limité par des mesures appropriées comme la réduction des venues d'eau et l'écoulement d'air des zones froides vers des zones chaudes.

6.4 Incidence sur la ventilation de l'espace de circulation

Il n'y a généralement pas lieu de prendre en compte les effets limités de la ventilation des galeries de sécurité dans le dimensionnement de la ventilation de l'espace de circulation.

6.5 Détection des fumées

Il n'est pas nécessaire d'installer une détection des fumées (détecteurs d'incendie) pour localiser des incendies dans les galeries de sécurité et les liaisons transversales. D'éventuels incendies touchant des équipements techniques dans ces zones sont signalés par d'autres alarmes techniques.

6.6 Nécessité d'installer des sas

Des sas sont nécessaires pour la fermeture extérieure de galeries de sécurité, des galeries de fuite ou des liaisons transversales ventilées en permanence et signalisées comme chemins de fuite. Aucun sas n'est nécessaire dans les gaines et les galeries ventilées en permanence, mais non signalisées comme chemins de fuite. (p.ex. galerie technique non utilisée comme chemin de fuite)

Annexes

I	Valeurs indicatives.....	21
I.1	Exigences directes et indirectes	21
I.2	Valeurs indicatives relatives à la puissance et à l'énergie absorbées	21

I Valeurs indicatives

I.1 Exigences directes et indirectes

Les exigences du chapitre 3 s'appliquent aux tunnels à un tube avec galeries de sécurité, et celles du chapitre 4, aux tunnels à un tube avec galeries de fuite donnant directement sur l'extérieur. La fig. I.1 récapitule ces exigences directes et les autres caractéristiques indirectes qui en découlent dans les cas particuliers.

Fig. I.1 Exigences directes et indirectes

	Tunnels à un tube avec galeries de sécurité (chapitre 3) *	Tunnels à un tube avec galeries de fuite donnant directement à l'extérieur (chapitre 4) **
Exploitation normale		
- Δp sur porte d'issue de secours fermée	≥ 50 Pa	≥ 50 Pa
- Flux d'air par porte d'issue de secours fermée	0,2 – 0,4 m³/s	0,5 – 1,0 m³/s
Exploitation en cas de sinistre avec tous les ventilateurs		
Vitesse de l'air à travers la/les porte(s) d'issue de secours entièrement ouverte(s) :		
- une seule porte d'issue de secours ouverte	env. 3,0 m/s	env. 3,0 m/s
- 3 portes d'issue de secours consécutives ouvertes	env. 1,5 m/s	-
- 2 portes d'issue de secours défavorablement réparties ouvertes	env. 1,5 m/s	-
Exploitation en cas de sinistre avec panne d'un seul ventilateur		
Vitesse de l'air à travers la/les porte(s) d'issue de secours entièrement ouverte(s) :		
- une seule porte d'issue de secours ouverte	env. 2,0 m/s	$\geq 2,0$ m/s
- 3 portes d'issue de secours consécutives ouvertes	$\geq 1,0$ m/s	-
- 2 portes d'issue de secours défavorablement réparties ouvertes	$\geq 1,0$ m/s	-
Exploitation en cas de sinistre avec panne de toute une station de ventilateurs		
Vitesse de l'air à travers la/les porte(s) d'issue de secours entièrement ouverte(s) :		
- une seule porte d'issue de secours ouverte	env. 1,6 m/s	-
- 3 portes d'issue de secours consécutives ouvertes	$\geq 0,8$ m/s	-
- 2 portes d'issue de secours défavorablement réparties ouvertes	$\geq 0,8$ m/s	-

Valeurs en caractères gras : exigences directes de la directive. Les autres valeurs sont indirectement déterminées par les impératifs de la redondance, les valeurs concrètes dépendant de la situation considérée et du dimensionnement.

* 2 stations de ventilateurs avec chacune 2 ventilateurs.

** 1 station de ventilateurs avec 2 ventilateurs.

I.2 Valeurs indicatives relatives à la puissance et à l'énergie absorbées

Les valeurs indicatives suivantes sont applicables à la ventilation de galeries de sécurité :

- Puissance absorbée en exploitation en cas de sinistre 10 – 20 kW/km ;
- Puissance absorbée en exploitation normale 0,2 – 1,0 kW/km ;
- Coûts d'énergie en exploitation normale (20 ct./kWh) 350 – 1'750 Fr/km-année.

Glossaire

Terme	Signification
chemin de fuite <i>Fluchtweg</i>	Parcours balisé qui conduit de l'espace de circulation à l'extérieur (SIA 197/2).
chemin de fuite pour l'autosauvetage <i>Fluchtweg zur Selbstrettung</i>	Parcours allant de l'endroit où se trouve un usager dans l'espace de circulation à la porte d'issue de secours.
exploitation en cas de sinistre <i>Betrieb im Ereignisfall</i>	État de fonctionnement de la ventilation après une alarme ou un événement pouvant avoir pour conséquence l'utilisation de portes d'issues de secours.
exploitation normale <i>Normalbetrieb</i>	État de fonctionnement de la ventilation correspondant à toutes les situations dans lesquelles il n'y a pas d'événements particuliers.
galerie de fuite <i>Fluchtstollen</i>	Galerie conduisant d'une porte d'issue de secours vers l'extérieur.
galerie de sécurité <i>Sicherheitsstollen (SISTO)</i>	Galerie généralement parallèle au tube du tunnel, reliée à l'espace de circulation par des liaisons transversales, et fermée par des sas à chacune de ses extrémités.
galerie technique <i>Werkleitungskanal</i>	Galerie aménagée au-dessous ou à côté de l'espace de circulation pour les conduites et les équipements techniques. (Une galerie technique peut faire office de galerie de sécurité, si elle est suffisamment praticable et dotée de liaisons appropriées avec l'espace de circulation et l'extérieur.) <i>gaine de service</i>
liaison transversale <i>Querverbindung</i>	Liaison entre deux tubes de tunnels ou entre un tube et une galerie de sécurité.
porte d'issue de secours <i>Notausgangstür</i>	Porte située dans l'espace de circulation et signalée comme issue de secours. Elle donne sur l'extérieur, sur le second tube, sur une liaison transversale ou sur une galerie de fuite conduisant directement vers l'extérieur. Elle ne fait jamais partie d'un sas.
porte de chemin de fuite <i>Fluchtwegtür</i>	Terme générique groupant toutes les portes jalonnant le chemin de fuite.
porte intermédiaire <i>Zwischentür</i>	Porte située à l'extérieur de l'espace de circulation entre une porte d'issue de secours et l'air libre (p.ex. entre une liaison transversale et une galerie de sécurité). Les portes intermédiaires doivent pouvoir être ouvertes par les fuyards. Elles ne font pas partie d'un sas.
sas <i>Schleuse</i>	Espace délimité par deux portes se fermant manuellement ou automatiquement en sens contraire l'une de l'autre. Les sas permettent d'établir durablement une surpression contrôlée. Certains sas sont exclusivement réservés au passage de personnes, d'autres servent également au passage de voitures et de petits véhicules d'entretien.
UPS	alimentation sans coupure (UPS) <i>uninterruptible power supply (UPS)</i>
Δp	Différence de pression [Pa].

Unités

Unité	Grandeur physique
m/s	Vitesse de l'air (moyenne sur la section considérée)
m ³ /s	Débit volumique d'air
Pa = N/m ²	Pression
W = J/s	Puissance

Bibliographie

-
- [1] Office fédéral des routes OFROU (2008), « **Ventilation des tunnels routiers** », *directive ASTRA 13001, V2.01*, www.astra.admin.ch.
-
- [2] Office fédéral des routes OFROU (2007), « **Détection des incendies dans les tunnels routiers** », *directive ASTRA 13004, V2.10*, www.astra.admin.ch.
-
- [3] Office fédéral des routes OFROU (2012), « **Équipements vidéo** », *directive ASTRA 13005, V1.00*, www.astra.admin.ch.
-
- [4] Office fédéral des routes OFROU (2011), « **Signalisation des dispositifs de sécurité dans les tunnels routiers** », *directive ASTRA 13010, V2.04*, www.astra.admin.ch.
-
- [5] Office fédéral des routes OFROU (2009), « **Portes et portes carrossables des tunnels routiers** », *directive ASTRA 13011, V1.03*, www.astra.admin.ch.
-
- [6] Société suisse des ingénieurs et architectes SIA (2004), « **Projets de tunnels - Bases générales** », *Norme SIA 197*.
-
- [7] Société suisse des ingénieurs et architectes SIA (2004), « **Projets de tunnels – Tunnels routiers** », *Norme SIA 197/2*.
-
- [8] Steinemannm Urs, Zumsteg Franz (2003), „**Belüftung von Sicherheits- und Querstollen von Strassentunneln**“, *Leitfaden 01-03-2003*.
-

Liste des modifications

Édition	Version	Date	Modifications
2008	1.06	30.03.2012	<ul style="list-style-type: none">• Modifications formelles dans : groupe de travail, bibliographie, glossaire, ...• Glossaire : définition du chemin de fuite pour l'autosauvetage.
2008	1.05	21.06.2011	Modifications formelles dans l'impressum, la bibliographie, ...
2008	1.04	25.05.2010	Révision de la traduction française.
2008	1.03	26.02.2010	Chap. 3.1, 4.1 et glossaire : correction d'une erreur de traduction et modifications formelles.
2008	1.02	11.08.2009	<ul style="list-style-type: none">• Modifications formelles, mise en page.• Glossaire.• Bibliographie.
2008	1.01	13.01.2009	Publication de la version française.
2008	1.00	01.12.2008	Entrée en vigueur de l'édition 2008 (version originale en allemand).

