 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Equipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique éléments de construction Ventilation	23 001-11340
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Système d'air vicié	V1.21 01.01.2026
Division infrastructure routière I		Page 1 de 6

Sommaire

1	Généralités.....	1
1.1	Domaine d'application	1
1.2	Délimitations	1
1.3	Interfaces	2
2	Eléments de construction	2
2.1	Ventilateurs d'air vicié.....	2
2.2	Variateurs de fréquence	5
2.3	Câblage	5
2.4	Défecteurs	5
2.5	Cuvelages aérauliques	5
2.6	Silencieux	5
2.7	Ouvrage d'air vicié.....	5
3	Annexes	6
3.1	Normes et prescriptions.....	6

1 Généralités




Figure 1: Exemple de ventilateur d'air vicié

1.1 Domaine d'application

La fiche technique fait référence aux tunnels équipés d'une ventilation avec aspiration d'air vicié.

1.2 Délimitations

La fiche technique complète la Directive 13001 « Ventilation des tunnels routiers » et la Directive 13004 « Détection des incendies dans les tunnels routiers ».

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Equipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique éléments de construction Ventilation	23 001-11340
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Système d'air vicié	V1.21 01.01.2026
Division infrastructure routière I		Page 2 de 6

1.3 Interfaces

1.3.1 Construction

Les interfaces avec le génie civil (p. ex. exigences sur les locaux, les gaines de ventilation, ainsi que sur les ouvrages d'air frais et d'air vicié) doivent être clairement définies et coordonnées.

Les exigences de la Directive 13001 « Ventilation des tunnels routiers » concernant les niveaux de pression et les fuites des gaines de ventilation ainsi que les indications de la norme SIA 197/2 (p. ex. par rapport à la hauteur minimale d'une gaine d'air vicié de 1.8 m) doivent être considérées et appliquées.

Pour le montage et le démontage d'un ventilateur, il faut prévoir une accessibilité suffisante et permanente, ainsi que les engins de levage nécessaires.

La disposition des locaux doit tenir compte des impacts thermiques en cas d'incident.

1.3.2 Energie

Les ventilateurs d'air vicié sont raccordés au réseau normal en 400 ou en 690 volts AC.

1.3.3 Communication

2 Eléments de construction

2.1 Ventilateurs d'air vicié

2.1.1 Composition

Un ventilateur d'air vicié, en tant qu'unité complète, est essentiellement composé des éléments suivants :

- Buse d'entrée ou pièce de transition avec grille de protection
- Unité ventilateur et moteur
- Pièces intermédiaires ou diffuseur et manchettes élastiques
- Trappe de fermeture en amont

Il faut s'assurer que les transitions aérauliques soient favorables (p.ex. entre l'ouvrage et la buse d'entrée).


En cas d'incident, le fonctionnement du ventilateur doit être garanti à une température appropriée selon la Directive 13001 « Ventilation des tunnels routiers ».

Tous les composants, de l'unité complète d'un ventilateur, exposés à l'air du tunnel doivent respecter les exigences sur les matériaux et sur la protection contre la corrosion définies pour la zone 20, tandis que les composants disposés dans les locaux techniques sont soumis aux exigences de la zone 30 (définition des zones et exigences selon la fiche technique « sélection des matériaux et protection anticorrosion »).

2.1.2 Régulation, surveillance et fonctionnement

Si la régulation des ventilateurs d'air vicié est nécessaire, alors celle-ci est réalisée soit en changeant la vitesse de la rotation, soit en modifiant le pas des pales. La modification du pas des pales est la solution la plus coûteuse et la plus complexe au niveau de la maintenance mais elle permet de démarrer un ventilateur à pales fermées sous de fortes pressions contraires.

Si des pressions statiques importantes, contraires sont inévitables lors du démarrage d'un ventilateur (p. ex. poussées d'Archimède ascendantes ou descendantes dans les puits ou pressions adverses dues à des ventilateurs fonctionnant déjà en parallèle) ou lors du fonctionnement de plusieurs ventilateurs raccordés à un puits commun à des régimes divergents (p.ex. ventilateurs de différents tronçons de ventilation), un système de réglage de pas des pales est nécessaire afin d'éviter des instabilités aérauliques.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Equipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique éléments de construction Ventilation	23 001-11340
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Système d'air vicié	V1.21 01.01.2026
Division infrastructure routière I		Page 3 de 6

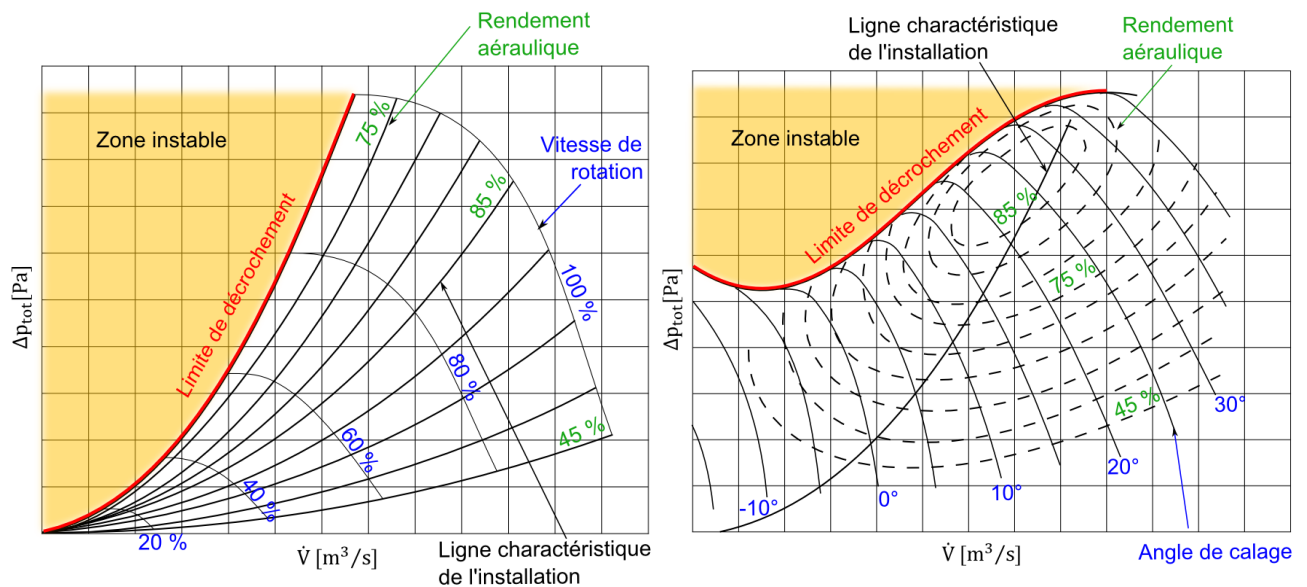


Figure 2: Champ de fonctionnement : Comparaison variation de vitesse de rotation, réglage du pas des pales

De manière général, le dimensionnement des ventilateurs doit être effectué de façon à éviter les instabilités aérauliques. Il faut maintenir une marge de sécurité de 15% entre l'augmentation de la pression totale la plus contraignante requise et l'augmentation de la pression totale maximale possible dans la zone stable de la courbe de fonctionnement (avec angle constant des pales, respectivement avec une vitesse de rotation constante). Les niveaux de pression lors de l'extraction de l'air chauffé sont à observer (pertes de charge supplémentaires au niveau des trappes d'air vicié et dans la gaine).


Un ventilateur d'air vicié doit disposer, au minimum, des équipements de surveillance suivants :

- Mesure de débit
- Mesure de l'augmentation de pression
- Angle des pales (pour ventilateurs avec réglage des pales en marche)
- Vitesse de rotation
- Sens de rotation
- Détection de décrochement
- Surveillance des vibrations sur le châssis du ventilateur
- Surveillance de la température des roulements
- Surveillance de la température des enroulements du stator sur chaque phase (1 x PT100 service et 1 x PT100 réserve)
- Possibilité de raccorder un appareil de mesure des impulsions de choc (shock pulse measurement) depuis l'extérieur, capteurs préinstallés pour chaque roulement.

Avant le montage, la roue doit être équilibrée selon la norme ISO 14694:2003. La qualité de l'équilibrage est à vérifier et à maintenir après le montage.

Le réglage des pales de ventilateurs avec régulation de la vitesse de rotation doit être possible à l'arrêt.

Les variateurs de fréquence des ventilateurs d'extraction doivent disposer d'une fonction de fonctionnement d'urgence ("Run to death"), dans laquelle le convertisseur de fréquence contourne tous les dispositifs de protection autorisés en cas d'incendie et continue à fonctionner afin de garantir que la puissance d'extraction puisse être fournie aussi longtemps que possible.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Equipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique éléments de construction Ventilation	23 001-11340
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Système d'air vicié	V1.21 01.01.2026
Division infrastructure routière I		Page 4 de 6

2.1.3 Conditions de montage

Dans la mesure du possible, les ventilateurs d'air vicié ne doivent pas être disposés au dessus de la chaussée et l'accès aux centrales de ventilation doit se faire depuis l'extérieur, sans utiliser l'espace trafic du tunnel.

Les charges admissibles de l'ouvrage et sa fréquence propre doivent être prises en considération. La sollicitation la plus contraignante à prendre en compte est le déséquilibre (le balourd) résultant de la perte d'une pale.

Les ventilateurs d'air vicié doivent être posés sur des dispositifs anti-vibrations. Ces dispositifs doivent garantir un degré d'isolement de 90%.

Pour les travaux de montage et d'entretien, il faut prévoir un espace libre d'au moins 1.5 m de chaque côté de l'unité complète d'un ventilateur. De plus, il est nécessaire de réserver la place pour l'armoire des équipements de mesure ainsi que, le cas échéant, pour le système hydraulique, en tenant compte des charges thermiques admissibles en cas d'incident.

L'accessibilité des gaines de ventilation en amont et en aval de l'unité complète d'un ventilateur est requise. Le ventilateur doit disposer d'une trappe d'accès, pour permettre le montage et démontage des pales.

2.1.4 Moteur

Les conditions minimales suivantes s'appliquent :

- Isolation H (EN 60034-1)
- Protection IP55
- Cos φ au moins 0.9 dans le point de fonctionnement nominal
- Démarrages au moins 6 par heure (sans variateur de fréquence), cette limitation n'est pas considérée en cas d'incident
- Durée de vie roulements L10 au moins 40'000 h
- Temps de démarrage max. 60 s jusqu'à la vitesse de rotation maximale

2.1.5 Trappe de fermeture

Les conditions minimales suivantes s'appliquent aux trappes de fermeture des ventilateurs d'air vicié :


- Section aéraulique libre min. 80% de l'écartement
- Étanchéité max. 0.1 m³/s/m² à 2000 Pa de différence de pression
- Surveillance Surveillance de la température des enroulements du stator, surveillance du couple, fin de course ouvert/fermé
- Temps d'ouverture/fermeture max. 30 s (ouvert/fermé)

Les trappes de fermeture doivent être conçues et réalisées de manière à éviter des fermetures intempestives, même en cas de défaillance de composants (éviter des sollicitations inadmissibles créées par des vagues de pression). En outre, il faut dimensionner la résistance mécanique des trappes de sorte que la pression maximale du ventilateur puisse être appliquée à la trappe fermée.

2.1.6 Equipements et installations auxiliaires

Les exigences liées à la résistance thermique d'un ventilateur d'air vicié et de la méthode d'exécution (p. ex. réglage des pales avec système hydraulique) peuvent rendre nécessaire un refroidissement externe du système hydraulique et/ou du moteur. En cas d'emploi d'un système de refroidissement externe, ce dernier doit être muni d'un contrôle d'écoulement d'air ainsi que d'une surveillance thermique du moteur.

Lorsqu'une régulation du ventilateur avec le réglage des pales en marche est prévue et que ce procédé est réalisé hydrauliquement, il faut équiper le système hydraulique d'une pompe de réserve, en plus de la pompe d'huile principale. De plus, les filtres à huile doivent être doubler et commutables.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Equipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique éléments de construction Ventilation	23 001-11340
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Système d'air vicié	V1.21 01.01.2026
Division infrastructure routière I		Page 5 de 6

Suivant l'exigence thermique et la disposition de l'installation, une isolation thermique du ventilateur d'air vicié peut s'avérer nécessaire. Il faut veiller à permettre un montage et un démontage aisé des composants d'isolation pour faciliter les travaux d'entretien sur le ventilateur.

2.2 Variateurs de fréquence

Lorsque des variateurs de fréquence sont utilisés pour régler la vitesse de rotation de ventilateurs d'air vicié, ils doivent respecter les spécifications de la fiche technique « Disponibilité » et également prendre en considération les normes et prescriptions concernant l'impact sur le réseau électrique qui sont définies dans la fiche technique « Distribution d'énergie ». Moteur, câble et variateur de fréquence doivent être coordonnés.

Les fréquences pouvant entrer en résonance avec le ventilateur et/ou l'ouvrage doivent être évitées.

Lors du choix des variateurs de fréquence, il faut tenir compte des répercussions sur le réseau (taux d'harmoniques) (redresseurs à 12, 24 impulsions).

2.3 Câblage

Les exigences pour les câbles sont définies dans la Directive 13022 « Installation de câblage des routes nationales ».

En règle générale, tous les câbles internes d'énergie, de commande et de surveillance des ventilateurs d'air vicié et des équipements auxiliaires (refroidissement externe, système hydraulique) doivent être raccordés dans des boîtiers de connexion.

2.4 Déflecteurs

Des déflecteurs peuvent servir à améliorer les conditions aérauliques dans les réseaux de ventilation. La nécessité des déflecteurs doit être appréciée sur la base d'une analyse coûts/bénéfices.

Les déflecteurs doivent respecter les exigences sur les matériaux pour la zone 20 selon la fiche technique « sélection des matériaux et protection anticorrosion » et doivent disposer d'une résistance thermique conforme au lieu d'installation.

2.5 Cuvelages aérauliques

Les cuvelages peuvent servir à améliorer les conditions aérauliques dans les réseaux de ventilation. La nécessité des cuvelages doit être appréciée sur la base d'une analyse coûts/bénéfices. Un bon état d'écoulement à l'entrée du ventilateur est particulièrement important.

Les cuvelages doivent respecter les exigences sur les matériaux pour la zone 20 selon la fiche technique « sélection des matériaux et protection anticorrosion » et doivent disposer d'une résistance thermique conforme au lieu d'installation.

2.6 Silencieux

Les exigences acoustiques de l'environnement peuvent rendre nécessaire l'emploi de silencieux en aval et éventuellement aussi en amont des ventilateurs (côté tunnel).


Les silencieux sont de type à coulisse. Les bords d'entrée et de sortie doivent être optimisés aérauliquement. En règle générale, il faut dimensionner les silencieux pour minimiser au maximum les pertes de charge.

Les nattes isolantes des coulisses doivent être composées de fibres incombustibles, non-hygroscopiques, inodores et résistantes à l'abrasion.

Les silencieux doivent respecter les exigences sur les matériaux pour la zone 20 selon la fiche technique « sélection des matériaux et protection anticorrosion » et doivent disposer d'une résistance thermique conforme au lieu d'installation.

2.7 Ouvrage d'air vicié

Les exigences formulées dans la Directive 13001 « Ventilation des tunnels routiers » concernant la position, la hauteur et la vitesse d'expulsion des sorties de fumée ou des cheminées d'air vicié sont à respecter.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Equipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique éléments de construction Ventilation	23 001-11340
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Système d'air vicié	V1.21 01.01.2026
Division infrastructure routière I		Page 6 de 6

Lors de la conception d'un ouvrage d'air vicié il faut particulièrement veiller à ce que les feuilles, la pluie, la glace ou la neige ne gênent pas la sortie de l'air.

3 Annexes

3.1 Normes et prescriptions

ISO 14694:2003	Ventilateurs industriels - Spécifications pour l'équilibrage et les niveaux de vibration
DIN EN 60034-1	Machines électriques tournantes – Partie 1 : Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement