



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Office fédéral des routes OFROU

**DIRECTIVE**  
**INSTALLATIONS CVC DES**  
**CENTRALES DE TUNNEL**

---

*Édition 2024 V1.00*  
*ASTRA 13008*

# Impressum

## Auteurs / groupe de travail

Renato Kundert	OFROU DS-UARS, présidence
Martin Ochsner	Haerter & Partner AG
Bernard Crausaz	OFROU DS-UARS
Markus Eisenlohr	OFROU I-Est FU
Michael Ritler	OFROU I-Ouest EP
Martin Wyss	OFROU I-Ouest B

## Traduction

Services linguistiques OFROU, la version originale en allemand fait foi.

## Éditeur

Office fédéral des routes OFROU  
Division réseaux routiers N  
Standards et sécurité de l'infrastructure SSI  
3003 Berne

## Diffusion

Le document est téléchargeable gratuitement sur le site [www.ofrou.admin.ch](http://www.ofrou.admin.ch).

© OFROU 2024

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

## Avant-propos

Pour assurer l'exploitation des routes nationales, des installations de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) sont indispensables dans les centrales de tunnel. Elles servent à garantir un climat ambiant approprié pour l'exploitation des équipements techniques des centrales de tunnel.

Lors de la réalisation des installations CVC, le défi consiste à choisir le système qui constitue la solution idéale en fonction du site. Quelles sont les mesures structurelles nécessaires, utiles ou même obligatoires pour que le système fonctionne ? Quels seront les coûts ultérieurs d'exploitation des installations avec le dispositif de commande choisi et la puissance installée ?

La présente directive harmonise la planification et la réalisation des installations CVC à l'échelle de la Suisse. L'optimisation des réglages de fonctionnement après la mise en service des installations constitue un aspect important. Cette opération vise à assurer une exploitation idéale sur le plan écologique et économique, pendant toute la durée de vie des équipements.

### Office fédéral des routes

Jürg Röthlisberger  
Directeur



# Table des matières

<b>Impressum</b> .....	<b>2</b>
<b>Avant-propos</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Introduction</b> .....	<b>7</b>
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
<b>2 Exigences</b> .....	<b>8</b>
2.1 Exigences en matière de construction .....	8
2.2 Conditions climatiques extérieures .....	8
2.3 Prescriptions de protection incendie .....	8
2.4 Acoustique .....	8
2.5 Interfaces .....	9
2.5.1 Galerie technique .....	9
2.5.2 Galeries de sécurité .....	9
2.5.3 Ventilation du tunnel .....	9
2.5.4 Alimentation en énergie .....	9
2.6 Surpression .....	9
<b>3 États d'exploitation</b> .....	<b>10</b>
3.1 Exploitation normale .....	10
3.2 Incident dans la centrale de tunnel .....	10
3.3 Incident dans l'espace de circulation .....	10
3.3.1 Dégagement de chaleur accru .....	10
3.3.2 Coordination des parties prenantes .....	10
3.3.3 Courts-circuits de flux d'air .....	11
<b>4 Choix du système / planification de l'installation</b> .....	<b>12</b>
4.1 Principes de base / procédure .....	12
4.2 Dimensionnement .....	12
4.3 Ventilation .....	13
4.3.1 Catégories de locaux .....	14
4.3.2 Compartiments coupe-feu du système de ventilation .....	15
4.3.3 Sonde de température ambiante .....	15
4.3.4 Ventilation des locaux techniques .....	15
4.3.5 Ventilation des locaux de transformateurs .....	16
4.3.6 Ventilation des locaux de batteries .....	16
4.3.7 Ventilation des toilettes .....	16
4.4 Chauffage .....	16
4.5 Refroidissement .....	17
4.6 Humidification/déshumidification .....	18
4.7 Efficacité énergétique .....	18
4.7.1 Registres terrestres (gaine ou tuyaux enterrés) .....	18
4.7.2 Mélange d'air recyclé .....	18
4.7.3 Ventilateurs utilisés pour la ventilation des locaux techniques .....	18
4.7.4 Installations frigorifiques / pompes à chaleur .....	19
4.7.5 Valeurs de consigne de température ambiante variables (commutation été/hiver) .....	19
4.7.6 Refroidissement efficace des armoires de commande dans les locaux techniques ...	19
4.7.7 Locaux ASI .....	19
4.8 Commandes, régulations .....	19
4.8.1 Armoires de commande .....	20
4.8.2 Système de commande et de régulation .....	20
4.8.3 Valeurs mesurées et messages .....	20

4.8.4	Connexion au système de gestion SGG.....	20
<b>5</b>	<b>Spécifications techniques.....</b>	<b>21</b>
5.1	Exigences relatives aux matériaux .....	21
5.2	Corrosion et traitements de surface.....	21
5.3	Appareils monoblocs.....	21
<b>5.4</b>	<b>Appareils de refroidissement à recyclage d'air .....</b>	<b>22</b>
5.5	Clapets articulés .....	22
5.6	Clapets de surpression .....	22
5.7	Filtres à air .....	22
5.8	Ventilateurs .....	22
5.9	Généralités sur les moteurs .....	23
5.10	Gaines de ventilation .....	23
5.10.1	Réalisation des gaines en tôle .....	23
5.10.2	Matériau .....	23
5.10.3	Épaisseurs de tôle .....	23
5.11	Raccordements .....	24
5.11.1	Gaines.....	24
5.11.2	Tuyaux .....	24
5.11.3	Gaines spéciales.....	24
5.12	Suspensions .....	24
5.13	Passage à travers les murs et les plafonds .....	24
5.14	Isolation des gaines .....	24
5.15	Silencieux.....	24
5.15.1	Structure des baffles .....	24
5.15.2	Structure du boîtier .....	24
5.16	Grilles d'aération .....	25
5.16.1	Grilles d'arrivée d'air .....	25
5.16.2	Grilles d'évacuation d'air.....	25
5.16.3	Bouches d'évacuation d'air.....	25
5.16.4	Grilles de protection contre les intempéries.....	25
5.17	Clapets coupe-feu.....	25
5.18	Régulateurs de débit.....	25
5.18.1	Régulateurs à débit variable .....	25
5.18.2	Régulateurs à débit constant .....	26
<b>5.19</b>	<b>Marquages .....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Test de l'installation .....</b>	<b>27</b>
6.1	Préparation de la mise en marche (MEM) .....	27
6.2	Mise en marche .....	27
6.3	Compétences.....	27
6.4	Échéancier .....	27
6.5	Test de fonctionnement et de performance .....	27
6.6	Grandeurs de mesure .....	28
<b>7</b>	<b>Exploitation et maintenance .....</b>	<b>29</b>
7.1	Optimisation .....	29
7.2	Entretien.....	29
7.3	Déconstruction et élimination.....	30
	<b>Glossaire.....</b>	<b>31</b>
	<b>Bibliographie .....</b>	<b>33</b>
	<b>Liste des modifications .....</b>	<b>35</b>

# 1 Introduction

## 1.1 Objectif de la directive

Cette directive décrit les installations CVC pour centrales de tunnel et fixe les principes et les critères à observer pour le choix du système, le dimensionnement, la réalisation et l'exploitation des installations. Elle comporte des prescriptions de construction qui doivent impérativement être prises en considération lors de la conception des centrales de tunnel. Des bases pour l'optimisation y sont également spécifiées. Enfin, la directive sert d'une part à simplifier l'élaboration des projets et d'autre part à uniformiser les systèmes et les exigences.

## 1.2 Champ d'application

La directive concerne la planification, la réalisation, l'exploitation et l'entretien des installations CVC des routes nationales, dans les tunnels et sur les tronçons à ciel ouvert.

Elle s'applique aux centrales de tunnel qui sont la propriété de l'OFROU.

Les centrales de tunnel comprennent les ouvrages suivants des tunnels routiers : centrales et locaux techniques construits en surface, partiellement recouverts ou souterrains.

## 1.3 Destinataires

La directive s'adresse aux :

- spécialistes techniques de l'OFROU (EP, FU, PM, Exploitation, etc.) ;
- spécialistes techniques des unités territoriales ;
- planificateurs et entreprises fournissant des prestations au niveau des installations CVC sur mandat de l'OFROU ;
- inspecteurs et organismes de contrôle.

## 1.4 Entrée en vigueur et modifications

Ce document entre en vigueur le 24.05.2024. La « liste des modifications » est documentée en page 35.

## 2 Exigences

### 2.1 Exigences en matière de construction

Les surfaces des centrales de tunnel et des locaux CVC doivent être choisies de manière à pouvoir accueillir les installations CVC. De plus, il convient de prévoir l'espace nécessaire pour les travaux de maintenance, les révisions, les éventuelles pièces de rechange (p. ex. les filtres) et les extensions.

Les surfaces de l'enceinte (telles que les murs extérieurs et les plafonds) doivent être isolées thermiquement de façon à ce que les besoins en chaleur puissent être couverts par les rejets thermiques des équipements d'exploitation. Les murs extérieurs qui ne sont pas recouverts de terre doivent être isolés thermiquement.

Selon la situation géologique d'une centrale intermédiaire, les enveloppes extérieures (murs, plafonds et sols) des centrales de tunnel doivent être isolées thermiquement contre la chaleur émanant du sol.

Les prises d'air extérieur et les sorties d'air rejeté doivent être suffisamment éloignées les unes des autres pour éviter un court-circuit d'air. Même si les centrales de tunnel ne sont pas occupées en permanence par des personnes, la prise d'air extérieur doit être placée, si possible, à au moins 3 m au-dessus du terrain dans une zone non polluée.

Exigences concernant l'ouvrage : classe d'étanchéité 1 selon la norme SIA 270 (totale-ment sec), c'est-à-dire sans points d'humidité sur les surfaces de l'ouvrage du côté intérieur.

### 2.2 Conditions climatiques extérieures

Les conditions extérieures sont spécifiées dans la norme SIA 2028. Pour chaque région, il convient d'utiliser la température extérieure de référence applicable.

### 2.3 Prescriptions de protection incendie

Pour les centrales de tunnels dont il est propriétaire, l'OFROU est son propre assureur et n'est pas soumis à l'assurance cantonale des bâtiments. L'OFROU reprend les directives de l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI) à titre volontaire pour la mise en œuvre de la protection incendie dans les centrales de tunnel, en les adaptant aux spécificités de l'OFROU si nécessaire.

L'OFROU assume les tâches des autorités de protection incendie. Les constructions fédérales sont dispensées de validation par les autorités cantonales.

### 2.4 Acoustique

Les valeurs limites d'exposition aux nuisances sonores industrielles et commerciales (issues des composants des installations CVC comme les ventilateurs ou les compresseurs) doivent être respectées conformément à l'annexe 6 de l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB, RS 814.41). En cas de dépassement des valeurs d'exposition déterminantes, des mesures de construction ou d'exploitation appropriées doivent être mises en œuvre (p. ex. silencieux, parois, etc.).

## 2.5 Interfaces

### 2.5.1 Galerie technique

Une galerie technique doit être dotée d'une ventilation mécanique. Lorsque des personnes sont présentes dans la galerie technique, une alimentation suffisante en air extérieur doit être garantie.

Si l'air provenant d'une galerie technique est utilisé pour d'autres installations, il faut en tenir compte dans le bilan du volume d'air. L'air évacué vicié ne doit pas être renvoyé dans la galerie technique, mais rejeté dans l'espace de circulation. L'air évacué non vicié (ventilation des locaux techniques) peut être réinjecté dans la galerie technique.

Si la galerie technique est utilisée comme galerie de sécurité, sa ventilation doit être conçue conformément à [2].

### 2.5.2 Galeries de sécurité

Les ventilations des galeries de sécurité et des centrales de tunnel sont intégrées à une commande commune.

La ventilation des galeries de sécurité doit être conçue conformément à [2].

Si l'air de la galerie de sécurité doit être utilisé pour la ventilation d'une centrale de tunnel, ce prélèvement d'air doit être pris en compte dans la conception de la galerie de sécurité. L'air évacué ne doit pas être renvoyé dans la galerie de sécurité, mais vers l'espace de circulation.

### 2.5.3 Ventilation du tunnel

Les ventilations de l'espace de circulation et de la centrale de tunnel doivent être conçues comme des systèmes séparés sur le plan aérodynamique. L'utilisation de l'air du tunnel pour alimenter les centrales de tunnel (centrale intermédiaire) doit être évitée.

La ventilation du tunnel doit être conçue conformément à [1].

### 2.5.4 Alimentation en énergie

Pour les installations CVC, les alimentations en énergie suivantes doivent être coordonnées :

- L'installation CVC est en principe alimentée à partir du réseau normal.
- Raccordement au réseau d'ASI des composants suivants : commande CVC, ventilateur d'évacuation des ventilations des locaux techniques.

## 2.6 Surpression

Afin de limiter l'intrusion d'air pollué dans les locaux techniques, les centrales de tunnel doivent être en surpression par rapport à l'espace de circulation. Le volume d'air extérieur doit être supérieur d'environ 10 % au débit d'air rejeté et cette surpression doit être facile à paramétrer.

## 3 États d'exploitation

### 3.1 Exploitation normale

L'exploitation normale est l'état d'exploitation le plus fréquent. Les exigences énergétiques relatives aux flux d'air ainsi qu'à la production de chaleur et de froid selon la norme SIA 382/1 doivent être intégralement respectées en état d'exploitation normal.

La présence de personnes dans la centrale de tunnel n'a pas d'impact sur les volumes d'air des installations CVC. En fonctionnement normal, les températures ambiantes doivent être respectées conformément au tableau « 4.1 Températures ambiantes » du chapitre 4.2 « Dimensionnement ». Les modifications spécifiques au projet s'écartant des prescriptions doivent être justifiées et approuvées.

### 3.2 Incident dans la centrale de tunnel

En cas d'alarme incendie dans la centrale de tunnel, les installations CVC sont arrêtées par le système de détection d'incendie du bâtiment et les clapets coupe-feu se ferment. Pour des raisons de sécurité, la validation de l'alarme incendie touchant les installations CVC doit être effectuée sur place, au niveau de l'armoire de commande.

En cas d'alarme incendie dans la centrale de tunnel, ce dernier n'est pas automatiquement fermé. La fermeture doit se faire manuellement si des équipements relatifs à la sécurité dans la centrale de tunnel sont concernés ou si la recherche de la cause de l'alarme incendie nécessite un accès par l'espace de circulation.

En cas de panne de courant dans la centrale de tunnel, les installations CVC continuent à fonctionner partiellement en mode restreint grâce au réseau d'ASI (alimentation de secours). Au moins un ventilateur (air extrait) de la ventilation des locaux techniques et la commande/régulation doivent être raccordés au réseau d'ASI (alimentation de secours) afin que le rafraîchissement (uniquement par l'air extrait mais sans installation de refroidissement) des locaux techniques soit garanti même en cas de panne de courant. Après une panne de courant, les installations CVC doivent se remettre en marche automatiquement.

### 3.3 Incident dans l'espace de circulation

#### 3.3.1 Dégagement de chaleur accru

Un incident survenant dans l'espace de circulation (incendie) peut provoquer d'importants dégagements de chaleur pendant des heures, voire des jours. Ceux-ci peuvent par exemple provenir des convertisseurs de fréquence des ventilateurs d'extraction d'air de la ventilation du tunnel.

Dans cette situation exceptionnelle, des valeurs supérieures aux températures maximales de l'air ambiant figurant dans le tableau « 4.1 Températures ambiantes » sont autorisées. Le fonctionnement des appareils électriques ou électroniques (commande, combinaisons d'appareils de commutation) doit pouvoir être garanti dans tous les cas.

#### 3.3.2 Coordination des parties prenantes

L'évacuation de la chaleur émise par les convertisseurs de fréquence (ventilateurs d'extraction) en cas d'incendie peut nécessiter un refroidissement spécial. Une coordination intensive avec le planificateur de la ventilation ainsi que le fournisseur de la ventilation et du convertisseur de fréquence est nécessaire à cet égard.

La coordination doit porter au minimum sur les aspects suivants :

- la durée de l'incident et la quantité de chaleur dégagée ;
- le lieu d'installation des convertisseurs de fréquence (locaux techniques, halle des ventilateurs) ;
- le pontage des convertisseurs de fréquence pour réduire les pertes thermiques ;
- la possibilité d'utiliser le volume d'air de la halle des ventilateurs ;
- le choix du type de refroidissement (air, eau) et du couplage avec l'installation CVC.

### 3.3.3 Courts-circuits de flux d'air

La fumée dégagée en cas d'incident et évacuée par le portail ou la cheminée de ventilation peut être aspirée par la prise d'air extérieur de la ventilation des locaux. La prévention de tels courts-circuits des flux d'air doit être prise en compte lors de la planification. Dans les situations particulièrement à risque (distance prise d'air – portail < 50 m), la qualité de l'air extérieur doit être surveillée au moyen de détecteurs de fumée. En cas d'aspiration de fumée, l'installation CVC doit être exploitée en mode recyclage.

Lorsque le système fonctionne en mode recyclage, l'éventuelle exigence de surpression par rapport à l'espace de circulation afin d'éviter la pollution ou l'enfumage de la centrale de tunnel par l'air provenant du tunnel ne s'applique pas.

## 4 Choix du système / planification de l'installation

### 4.1 Principes de base / procédure

Le cahier des charges de la phase de réalisation décrit sous une forme concrète comment le mandataire (entrepreneur) entend satisfaire aux exigences du mandant (OFROU). Au préalable, l'ingénieur spécialisé en installations CVC mandaté par le mandant décrit le plus précisément possible l'ensemble des exigences dans le cahier des charges. Ce n'est que lorsque l'ingénieur spécialisé en installations CVC et le mandant acceptent le cahier des charges de réalisation que les travaux de mise en œuvre proprement dits peuvent commencer chez le mandataire.

Afin de garantir une exploitation aussi écologique et économique que possible, il convient si possible d'élaborer dès les premières phases du projet différents concepts, notamment en matière de chauffage/refroidissement, de les comparer et de les optimiser en termes d'efficacité énergétique et de coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance.

La rentabilité des registres terrestres (coûts de construction par rapport aux économies d'énergie) doit être étudiée. Les mesures de construction telles que les registres terrestres (gainés ou tuyaux enterrés) pour les prises d'air extérieur doivent être coordonnées avec les ingénieurs civils compétents.

Nécessaires pour le dimensionnement des débits d'air, les valeurs de chaleur émise par les composants électromécaniques situés dans les locaux des centrales de tunnel doivent être fournies par les ingénieurs électriciens. Il s'agit d'indiquer des valeurs d'émission de chaleur aussi réalistes que possible, sans marges de sécurité excessives et avec des facteurs de simultanéité. C'est la seule façon d'éviter un surdimensionnement des installations CVC des centrales de tunnel, ainsi que les coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance inutiles que cela impliquerait. La plausibilité des valeurs de chaleur émise fournies par l'ingénieur électricien doit être vérifiée par l'ingénieur CVC.

Le dimensionnement des débits d'air est basé sur l'exploitation normale des installations CVC. En cas d'incident (p. ex. un incendie dans le tunnel), les valeurs de chaleur émise, et donc les températures ambiantes, peuvent brièvement dépasser ces seuils dans les centrales de tunnel.

### 4.2 Dimensionnement

Le concept de ventilation des locaux doit garantir une exploitation efficace sur le plan énergétique. Les taux de renouvellement d'air doivent respecter les prescriptions de la norme SIA 180 « Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments ».

Les températures ambiantes suivantes doivent être respectées :

*Tab. 4.1 Températures ambiantes*

Local	Température min.	Température max.	Température de consigne
Installation HT/BT	12°C	30°C	Hiver : 15 °C / été : 25°C
Locaux ASC	12°C	30°C	Hiver : 20 °C / été : 25°C
Locaux de batteries	15°C	25°C	Hiver/été : 20°C

Tab. 4.1 Températures ambiantes

<b>Locaux de transformateurs</b>	12°C	40°C	-
<b>Équipements techniques de gestion et de commande, et infrastructure OT</b>	12°C	30°C	Hiver : 15 °C / été : 25°C
<b>Halles de ventilateurs</b>	12°C	40°C	-
<b>Locaux de communication mobile</b>	12°C	30°C	-
<b>Entrepôts / locaux annexes</b>	12°C	30°C	-

Les valeurs minimales de température ambiante sont les valeurs de planification pour le dimensionnement des chauffages. Les valeurs maximales de température ambiante sont les valeurs de planification pour le dimensionnement des refroidissements. En cas de locaux à usage mixte (p. ex. ASI et batteries dans le même local), les exigences les plus élevées s'appliquent.

L'humidité relative de l'air dans les locaux techniques des centrales de tunnel doit être comprise entre 25 % et 80 %. Aucune eau de condensation ne doit se former.

### 4.3 Ventilation

Les centrales de tunnel et les locaux techniques servent à alimenter le tunnel en énergie, en air et en lumière, ainsi qu'à assurer la communication à l'intérieur du tunnel et avec l'extérieur. Des transformateurs, des installations de commutation électrique, des ventilateurs et des commandes électroniques sont utilisés à cet effet. Les appareils de commande électriques ou électroniques des différentes installations, situés dans les armoires de distribution, dégagent parfois de la chaleur qui doit être évacuée afin de garantir le bon fonctionnement des installations.

En raison du trafic dans le tunnel, ainsi que du système de ventilation, la pression de l'air n'est jamais constante à l'intérieur du tunnel. Les différences de pression qui apparaissent sont nettement supérieures à celles que l'on peut observer dans des conditions normales à l'air libre. En raison des variations constantes de pression, notamment sous l'effet de piston exercé par les véhicules, l'air et ses impuretés peuvent s'infiltrer dans les locaux techniques. La ventilation des locaux a entre autres pour objectif d'éviter cela.

En résumé, la ventilation des locaux doit remplir les fonctions suivantes :

- évacuer la chaleur générée dans les locaux ;
- maintenir en permanence une surpression dans les locaux par rapport au tunnel et à l'extérieur, quelles que soient les conditions d'exploitation ;
- alimenter les locaux des centrales en air frais ;
- conditionner l'air en circulation de telle manière que les températures et les taux d'humidité ambiants puissent être maintenus dans une plage définie (voir tableau 4.1).

Ces exigences doivent être mises en œuvre de manière optimale sur le plan énergétique (voir chap. 4.7) et économique, ainsi qu'en utilisant autant que possible des composants et des techniques couramment disponibles dans le commerce. Comme les équipements de l'installation fonctionnent toute l'année, les installations CVC doivent être conçues pour une exploitation permanente. La fiabilité des installations CVC doit être très élevée. Tous les éléments de l'installation utilisés ont une grande longévité (supérieure à 20 ans) et fonctionnent de la manière la moins énergivore possible. En hiver, la chaleur émise sert à chauffer les locaux présentant un déficit thermique, comme les entrepôts, etc. Les installations sont conçues de façon aussi simple que possible et l'accent est mis sur la facilité d'entretien.

Satisfaire à toutes ces exigences n'est pas chose facile, car elles s'excluent parfois mutuellement (construction simple et robuste non optimisée sur le plan énergétique

ou construction complexe optimisée sur le plan énergétique). C'est pourquoi il convient de procéder selon les priorités ci-après :

- garantie du bon fonctionnement ;
- rentabilité (facilité d'entretien contre exploitation peu énergivore) ;
- simplifications structurelles.

La sécurité passe également par une structure simple et claire des installations CVC, afin que les interventions de maintenance puissent être menées de façon aussi rapide et appropriée que possible. Les installations CVC sont par conséquent réalisées de façon modulaire et, dans la mesure du possible, avec les mêmes éléments dans toutes les centrales de tunnel. Pour certains modules et pièces d'usure, du matériel de remplacement doit être prévu et stocké par le service d'entretien. Lors du choix des appareils, il convient de veiller à une sécurité de fonctionnement maximale. Tous les travaux d'entretien courants (p. ex. un remplacement de filtre) doivent pouvoir être effectués sans outils.

### 4.3.1 Catégories de locaux

En raison de la chaleur générée et des fonctions de sécurité, les locaux prévus dans les centrales de tunnel sont répartis en catégories de locaux (nos 1 à 4) comme suit :

Tab. 4.2 Catégories de locaux

Local	N° de catégorie de locaux	Remarques
Installation HT/BT	3	Locaux avec une chaleur émise moyenne
Locaux ASC	1	Locaux de grande importance où la chaleur émise est en permanence élevée
Locaux de batteries	4	Locaux où la chaleur émise est faible ou nulle
Locaux de transformateurs	2	Locaux de grande importance où la chaleur émise est élevée ou fortement variable
Équipements techniques de gestion et de commande	3	Locaux avec une émission de chaleur moyenne
Équipements techniques de gestion et de commande avec infrastructure OT	2	Locaux de grande importance où la chaleur émise est élevée ou fortement variable
Équipements techniques de gestion et de commande avec convertisseurs de fréquence	2	Locaux de grande importance où la chaleur émise est élevée ou fortement variable
Halles de ventilateurs	3	Locaux avec une émission de chaleur moyenne
Locaux de communication mobile	1	Locaux de grande importance où la chaleur émise est en permanence élevée
Entrepôts / locaux annexes	4	Locaux où la chaleur émise est faible ou nulle

Tous les locaux ne présentant pas la même quantité de chaleur émise, le concept de ventilation des locaux est conçu de manière à utiliser la chaleur en excédent pour chauffer les locaux qui en ont besoin et, plus généralement, pour réchauffer l'air provenant de l'extérieur au besoin.

À l'exception du local à batteries et des toilettes, l'air extrait des locaux est généralement de qualité suffisante pour pouvoir être réutilisé directement (sans échangeur) en mode recyclage. C'est pourquoi les installations CVC sont conçues sans système de récupération de chaleur (tels que des échangeurs de chaleur à plaques ou rotatifs, p. ex.).

### 4.3.2 Compartiments coupe-feu du système de ventilation

Du point de vue de la ventilation, les locaux ci-après des centrales constituent des compartiments coupe-feu distincts :

- locaux de transformateurs ;
- locaux de batteries ;
- halles de ventilateurs ;
- couloirs (servant d'issues de secours).

Les locaux tels que l'installation HT/BT, les locaux ASI et les entrepôts / locaux annexes peuvent être considérés ensemble comme un seul et même compartiment coupe-feu.

### 4.3.3 Sonde de température ambiante

Le tableau ci-dessous indique quels locaux doivent être équipés d'une sonde de température ambiante.

*Tab. 4.3 Sondes de température ambiante*

<b>Local</b>	Sonde
<b>Installation HT/BT</b>	Oui
<b>Locaux ASI</b>	Oui
<b>Locaux de batteries</b>	Oui
<b>Locaux de transformateurs</b>	Oui, une sonde par local de transformateurs
<b>Équipements techniques de gestion et de commande</b>	Oui
<b>Halles de ventilateurs</b>	Non
<b>Locaux de communication mobile</b>	Oui
<b>Entrepôts / locaux annexes</b>	Non

### 4.3.4 Ventilation des locaux techniques

Tous les locaux équipés d'installations électromécaniques sont alimentés en air frais au moyen d'un appareil de ventilation. L'air est aspiré à l'extérieur et, si possible, acheminé vers l'unité d'aération via des gaines enterrées ou des registres terrestres. En fonction de la demande de chaleur, l'air extérieur est mélangé à l'air recyclé, filtré, éventuellement refroidi et déshumidifié ou réchauffé, puis distribué dans les locaux par le ventilateur d'apport d'air. L'introduction de l'air frais et le captage de l'air évacué dans les locaux abritant des installations de commutation électrique se font au moyen de gaines au plafond, l'objectif étant d'obtenir un flux longitudinal ou transversal. Dans les locaux où la chaleur dissipée est importante, un ou plusieurs canaux de dérivation sont disposés dans le faux-plancher à partir de la gaine d'air frais.

Au moins un ventilateur (air extrait) doit être raccordé au réseau d'ASI (alimentation de secours) afin que le rafraîchissement soit garanti même en cas de panne de courant. Les ventilateurs d'apport d'air frais et d'extraction sont prévus avec une courbe caractéristique très pentue, afin qu'en cas de panne d'un ventilateur, la puissance de l'autre soit encore suffisante pour maintenir le flux d'air ambiant (rafraîchissement).

Dans l'appareil de ventilation, les clapets d'air extérieur, d'air recyclé et d'air rejeté sont commandés en continu, en fonction de la température. La régulation de l'offre / la demande commande les clapets pour la récupération d'énergie en fonction de l'enthalpie de l'air extérieur / l'air extrait. En cas de besoin de chauffage, l'installation fonctionne dans un premier temps en mélange d'air recyclé, avant l'enclenchement de la machine frigorifique en tant que pompe à chaleur dans un deuxième temps. En

cas de besoin de refroidissement, l'installation passe dans un premier temps en refroidissement naturel, avant l'enclenchement de la machine frigorifique pour le refroidissement mécanique.

#### 4.3.5 Ventilation des locaux de transformateurs

La chaleur émise par les transformateurs est très fluctuante. Elle dépend de la charge des transformateurs, principalement liée au fonctionnement de la ventilation du tunnel. Les ventilations des locaux de transformateurs sont par conséquent activées individuellement selon les besoins, en fonction de la température ambiante. Une sonde de température ambiante est prévue pour chaque local de transformateurs. La température ambiante autorisée étant plus élevée (max. 40 °C) dans les locaux de transformateurs que dans les autres locaux techniques (max. 30 °C), le débit d'air peut y être plus faible. L'installation d'apport d'air frais est équipée d'une simple filtration, sans autre traitement thermique de l'air. Dans les locaux de transformateurs, l'arrivée d'air se situe au niveau du sol et la prise d'air extrait près du plafond. Pour des raisons de sécurité, la chaleur émise par les transformateurs n'est pas utilisée pour réchauffer l'air des locaux techniques de l'installation. L'air rejeté est directement acheminé à l'extérieur par un réseau de gaines.

Les locaux de transformateurs peuvent également être ventilés naturellement (par remontée de l'air chaud) via des grilles de protection contre les intempéries intégrées aux murs. Pour cela, les locaux de transformateurs doivent toutefois être installés en surface et dotés de murs extérieurs. L'inconvénient de la ventilation naturelle est l'air extérieur non filtré qui pénètre dans le local des transformateurs.

#### 4.3.6 Ventilation des locaux de batteries

Si des batteries (fermées) nécessitant peu d'entretien sont utilisées, le local des batteries est équipé d'un ventilateur d'évacuation séparé avec un réseau de tuyaux en plastique (PVC ou PP). Si des batteries (scellées) sans entretien sont utilisées, le ventilateur d'évacuation avec réseau de tuyaux peut également être réalisé en tôle d'acier galvanisée. L'arrivée d'air frais devrait se trouver près du sol ou souffler l'air frais directement ou indirectement en direction du sol via des grilles de ventilation. L'évacuation de l'air doit se faire au niveau du plafond ou directement au-dessus du point de sortie du gaz (donc des batteries) sous forme d'aspiration à la source. L'air rejeté est dirigé vers l'extérieur ou acheminé dans le tunnel. Le renouvellement de l'air est assuré par une gaine provenant d'un local à appareils adjacent ou directement de l'installation d'apport d'air frais des locaux techniques. Pour éviter un court-circuit d'air, les ouvertures d'air frais et d'air extrait doivent être suffisamment espacées. L'installation n'a pas besoin d'être protégée contre les explosions et est conçue pour un fonctionnement continu.

#### 4.3.7 Ventilation des toilettes

Les toilettes sont dotées d'un ventilateur séparé et l'air rejeté est, si possible, directement soufflé vers l'extérieur ou acheminé dans le tunnel. La mise en marche du ventilateur se fait par le contact lumineux avec temporisation dans les toilettes ou par un détecteur de mouvement.

### 4.4 Chauffage

Dans la mesure du possible, il convient d'éviter un chauffage mécanique des locaux techniques. En cas de besoin de chauffage, les locaux techniques sont chauffés par des registres terrestres (gaine ou tuyaux enterrés) et par la chaleur contenue dans l'air extrait ou recyclé (mélange d'air recyclé) qui est réchauffé grâce à la chaleur émise par les équipements d'exploitation tels que les armoires électriques, etc.

Si les mesures indiquées ci-dessus ne permettent pas d'atteindre la valeur minimale de température ambiante dans les locaux techniques, un chauffage mécanique (p. ex. avec une pompe à chaleur) doit être mis en place.

Pour des raisons de sécurité (actes de vandalisme), les chauffages mécaniques intégrant des composants tels que des ventilateurs, des moteurs, des compresseurs, des registres, etc. devraient être installés à l'intérieur des centrales de tunnel et non sous forme d'unités extérieures. L'espace nécessaire à cet effet doit être pris en compte dans la centrale de ventilation. De même, les prises d'air extérieur et d'air rejeté dotées de grilles de protection contre les intempéries doivent être prises en compte dans les façades.

L'installation fixe de nouveaux chauffages électriques à résistance n'est pas autorisée pour le chauffage de bâtiments. Les chauffages électriques à résistance fixes ne doivent pas être utilisés en guise de chauffage d'appoint. Un chauffage est considéré comme un chauffage d'appoint si le chauffage principal ne permet pas de couvrir la totalité de la puissance requise. Un chauffage électrique à résistance fixe est un appareil de chauffage relié de manière fixe à une construction pour produire de la chaleur ambiante, dans lequel une résistance électrique fournit de la chaleur directement ou à un accumulateur d'énergie (accumulateur avec un élément de chauffage électrique).

## 4.5 Refroidissement

À eux seuls, le pré-refroidissement naturel de l'air extérieur par des registres terrestres et la fraîcheur contenue dans l'air extrait ou recyclé (mélange d'air recyclé) ne suffisent généralement pas à assurer le refroidissement, mais permettent de réduire la puissance et la durée de fonctionnement des équipements de refroidissement mécaniques.

Si la température ambiante maximale de +30 °C est dépassée dans les locaux techniques avec les mesures mentionnées ci-dessus (registre terrestre et mélange d'air recyclé), une production mécanique de froid doit être utilisée en complément.

La production de froid doit être conçue de façon globale en tenant compte du cycle chaud/froid annuel, de l'utilisation de la chaleur émise et du refroidissement naturel. L'objectif est d'atteindre la meilleure efficacité énergétique possible sur l'ensemble de l'année.

Pour les nouveaux systèmes de refroidissement, il est impératif d'envisager des concepts sans machine frigorifique, c'est-à-dire basés sur le refroidissement naturel, des sondes enterrées, un refroidisseur hybride, l'eau, etc.

Si ces vérifications révèlent qu'une machine frigorifique est malgré tout nécessaire, celle-ci doit être planifiée conformément aux prescriptions de la norme SIA 382/1.

Des calculs doivent déterminer les charges thermiques générées ainsi que la capacité de refroidissement naturel du bâtiment (via les surfaces en béton).

Une seule machine frigorifique centrale doit être mise en œuvre par centrale de tunnel.

Dans des cas particuliers, certaines pièces générant beaucoup de chaleur, comme les salles de serveurs, les locaux de communication mobile ou les locaux ASI, peuvent également être directement refroidies par des appareils de refroidissement à recyclage d'air (armoires de climatisation).

Pour des raisons de sécurité (actes de vandalisme), les refroidisseurs mécaniques intégrant des composants tels que des ventilateurs, des moteurs, des compresseurs, des registres, etc. devraient être installés à l'intérieur des centrales de tunnel et non sous forme d'unités extérieures. L'espace nécessaire à cet effet doit être pris en compte dans la centrale. Les prises d'air extérieur et d'air rejeté dotées de grilles de protection contre les intempéries doivent être prises en compte dans les façades. Des écoulements doivent être prévus au sol pour les condensats générés par les équipements de refroidissement.

## 4.6 Humidification/déshumidification

Il n'est normalement pas nécessaire de prévoir une humidification ou une déshumidification de l'air entrant.

Dans le cas des installations CVC des centrales de portails de tunnels et des centrales intermédiaires (aspiration de l'air extérieur via une galerie technique), il faut impérativement prévoir l'espace nécessaire et les parties vides correspondantes dans l'appareil de ventilation, afin de pouvoir ajouter aisément des équipements de déshumidification mécanique ultérieurement. Le courant supplémentaire nécessaire en cas d'équipement ultérieur doit être planifié et prévu en réserve.

Les constructions souterraines en béton sont foncièrement sujettes à la condensation en été. Dans les ouvrages nouvellement construits, il faut veiller à ce que l'humidité du béton soit la plus faible possible avant de mettre en place les installations électromécaniques dotées de déshumidificateurs. L'expérience montre que la condensation ne se forme normalement que dans les premières années après la construction des locaux. Dans le cas de centrales de tunnel existantes avec des installations CVC déjà installées, il ne devrait pas y avoir de condensation dans les locaux.

## 4.7 Efficacité énergétique

Afin d'améliorer l'efficacité énergétique des systèmes de refroidissement/chauffage des installations d'exploitation, tant du point de vue économique qu'écologique, il convient d'envisager le recours à des sources d'énergie renouvelables (p. ex. la géothermie).

### 4.7.1 Registres terrestres (gaine ou tuyaux enterrés)

Les prises d'air extérieur des systèmes de ventilation des locaux passent par des registres terrestres (gainés enterrés). Cela permet de bénéficier si nécessaire d'un préchauffage en hiver et d'un pré-refroidissement en été. La rentabilité des registres terrestres (coûts de construction comparés aux économies d'énergie) doit être étudiée.

D'un point de vue énergétique, une galerie technique ou de sécurité peut faire office de registre terrestre pour les installations CVC.

### 4.7.2 Mélange d'air recyclé

Au sein des installations de ventilation des locaux, les clapets d'air extérieur, d'air recyclé et d'air rejeté sont commandés en continu, en fonction de la température. Les régulations de l'offre / la demande commandent les clapets pour la récupération d'énergie en fonction de l'enthalpie (teneur en chaleur) de l'air extérieur / l'air extrait. En hiver, l'air froid extérieur peut par exemple être mélangé à l'air plus chaud extrait des locaux des centrales d'exploitation.

### 4.7.3 Ventilateurs utilisés pour la ventilation des locaux techniques

Pour les installations > 3000 m<sup>3</sup>/h, des régulateurs de débit doivent être utilisés pour réguler les volumes d'air. Les gaines d'air frais et d'air extrait de tous les locaux où de la chaleur est émise (local ASI, local BT, local HT, etc.) sont équipées de régulateurs à débit variable permettant de réguler le débit d'air selon les besoins en fonction de la température ambiante. Les locaux sans émission de chaleur et les locaux annexes sont ventilés de manière constante (via des régulateurs à débit constant) avec des volumes d'air plus faibles. Le régime des ventilateurs d'air frais et d'air extrait est régulé avec des convertisseurs de fréquence.

#### 4.7.4 Installations frigorifiques / pompes à chaleur

Ce n'est que lorsque les performances des registres terrestres et du mélange d'air recyclé ne suffisent pas à atteindre la température d'air frais souhaitée que les installations frigorifiques / pompes à chaleur sont mises en service. Cette approche permet de réduire les temps de fonctionnement des installations frigorifiques / pompes à chaleur et donc de diminuer la consommation d'électricité. De plus, cela permet d'employer des installations frigorifiques / pompes à chaleur de moindre puissance. Le régime des compresseurs des installations frigorifiques / pompes à chaleur ainsi que des ventilateurs associés est commandé et réglé en fonction des besoins.

Les installations frigorifiques / pompes à chaleur doivent satisfaire aux valeurs EER/COP de la norme SIA 382/1. Le COP (coefficient de performance) indique le rapport entre la chaleur produite par la pompe à chaleur et l'énergie d'entraînement (électricité) requise à cet effet. La valeur EER (Energy Efficiency Ratio) indique le rapport entre le froid produit par la machine frigorifique et l'énergie d'entraînement (électricité) nécessaire à cet effet.

La valeur ODP du fluide frigorigène utilisé dans les installations frigorifiques / pompes à chaleur doit être égale à 0. L'ODP (Ozone Depletion Potential = potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone) est une valeur qui illustre les effets néfastes d'une substance chimique sur la couche d'ozone dans la stratosphère. Il s'agit d'une valeur relative qui compare les effets d'une substance chimique à ceux du trichlorofluorométhane (R11), auquel le Protocole de Montréal a affecté la valeur ODP de 1 à titre de référence.

Lors du choix du fluide frigorigène prévu pour les installations frigorifiques, il est impératif de respecter et d'appliquer l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim, RS 814.81) en vigueur au moment considéré, avec la réglementation relative à la mise sur le marché d'installations stationnaires contenant des fluides frigorigènes.

#### 4.7.5 Valeurs de consigne de température ambiante variables (commutation été/hiver)

Afin de réaliser des économies d'énergie, les températures de consigne des locaux techniques doivent en principe être de +25 °C en été et +15 °C en hiver (hystérésis fixe 10 K). Le fonctionnement hivernal (p. ex. de début novembre à fin mars) peut être activé et désactivé automatiquement de manière fixe via les systèmes électroniques de commande et de régulation des installations CVC. Ou bien le mode hiver peut être activé automatiquement lorsque la sonde de température extérieure mesure une température moyenne journalière < +12 °C.

#### 4.7.6 Refroidissement efficace des armoires de commande dans les locaux techniques

Dans les locaux où la chaleur émise est importante (locaux ASI, locaux BT, etc.), un ou plusieurs canaux de dérivation sont disposés dans le faux-plancher à partir de la gaine d'air frais. L'air refroidi traverse ainsi les armoires de commande avec leurs sources de chaleur internes et les refroidit efficacement.

#### 4.7.7 Locaux ASI

Dans le local ASI, l'air frais est introduit par le faux-plancher et l'air extrait est évacué directement au-dessus de l'installation d'ASI. Ainsi, le local se réchauffe moins vite.

### 4.8 Commandes, régulations

Fonctions, conception et descriptions précises des prestations des systèmes électroniques de commande et de régulation des installations CVC conformément au projet de mesures ou au projet détaillé.

### 4.8.1 Armoires de commande

Dans chaque centrale, une armoire de commande est équipée d'un terminal de commande graphique en couleur (écran tactile) pour la représentation visuelle claire des processus. Chaque appareil de terrain (clapet coupe-feu, ventilateur, sonde d'ambiance, etc.) doit être représenté sur les schémas du système avec des indicateurs de fonctionnement et de défaut, ainsi que des interrupteurs de fonctionnement. Les clapets coupe-feu et tous les clapets motorisés doivent être affichés avec leur position actuelle. Les valeurs mesurées par les sondes de température, d'humidité et de pression doivent également être affichées. Les installations frigorifiques / pompes à chaleur doivent être représentées sous forme d'image système et les messages d'exploitation et de défaut de leurs commandes séparées doivent être repris. Tous les messages d'exploitation et de défaut actuels et passés sont répertoriés sur le terminal de commande graphique.

### 4.8.2 Système de commande et de régulation

Les systèmes électroniques de commande et de régulation des installations CVC doivent fonctionner de manière autonome. Après une panne de courant, les installations CVC et leurs systèmes de commande et de régulation doivent se remettre en marche automatiquement. En cas d'alarme incendie déclenchée par le système de détection d'incendie du bâtiment, les contacteurs « Alarme incendie » correspondants doivent être validés directement sur l'armoire de commande pour des raisons de sécurité.

### 4.8.3 Valeurs mesurées et messages

Les valeurs mesurées suivantes sont relevées en permanence par les systèmes de commande et de régulation électroniques des installations CVC et enregistrées à titre rétroactif pendant un an selon une cadence de 1/4 h (toutes les 15 minutes) :

- Températures ambiantes des locaux techniques (transformateurs, local ASI, local à batteries, local BT, local MT, etc.).
- Valeurs de température et d'humidité de l'air extérieur, de l'air entrant et de l'air extrait.
- Consommation d'énergie (kWh), avec détail de la consommation des installations frigorifiques / pompes à chaleur par rapport à la consommation totale des installations CVC.
- Compteur d'heures de fonctionnement.
- Tous les messages d'exploitation et de défaut.

Les valeurs mesurées doivent pouvoir être représentées sous forme de courbes sur le terminal de commande graphique (écran tactile) et consultées sous forme de jeux de données selon une cadence de 1/4 h (toutes les 15 minutes). Les systèmes électroniques de commande et de régulation des installations CVC doivent disposer d'une capacité de mémoire suffisante pour enregistrer les valeurs mesurées pendant un an. Les données issues des mesures servent à optimiser les installations pendant leur fonctionnement. Les paramètres de régulation et les valeurs de consigne sont saisis sur place.

### 4.8.4 Connexion au système de gestion SGG

La connexion des commandes au système de gestion de l'exploitation (SGG, système de gestion supérieur) s'effectue par l'intermédiaire du serveur de gestion de section (SGS), via la commande d'installation (CI) des équipements auxiliaires ou des installations diverses.

Les directives 13032 Ingénierie des données EES s'appliquent aux messages et aux points de données.

## 5 Spécifications techniques

### 5.1 Exigences relatives aux matériaux

Les matériaux utilisés pour les composants CVC doivent être conformes aux normes en vigueur et à l'état actuel de la technique.

### 5.2 Corrosion et traitements de surface

Les exigences générales relatives aux composants de l'installation dépendent fondamentalement de leur emplacement de montage. Les conditions climatiques avec une atmosphère non agressive / agressive due aux immissions de la chaussée (sel) sont définies dans la fiche technique Éléments de construction, thèmes 23 001-12210, Zones et conditions climatiques du manuel technique EES de l'OFROU. Les constructions et la protection de surface de tous les éléments doivent au moins satisfaire aux exigences de la zone 40 (locaux d'exploitation) selon la fiche technique susmentionnée.

Après le montage des installations CVC, il faut éventuellement réparer les protections de surface endommagées. Tous les éléments de fixation tels que les vis, écrous, rondelles, crochets, etc. doivent être en acier galvanisé à chaud.

### 5.3 Appareils monoblocs

Les boîtiers des appareils monoblocs doivent avoir une structure solide en métal à double paroi avec une isolation intermédiaire, être galvanisés sendzimir à l'intérieur et à l'extérieur et thermolaqués.

Exigences générales relatives aux appareils monoblocs :

- conception selon la norme SIA 382 ;
- la structure de l'appareil doit être conforme à la directive sur l'hygiène SICC VA 104-01 (VDI 6022) ;
- l'épaisseur d'isolation de l'appareil doit pleinement correspondre aux exigences de la norme SIA 382/1 ;
- tôles d'habillage galvanisées sendzimir à l'intérieur et à l'extérieur et thermolaquées min. 100 mm ;
- charnières et fermetures en V2A/plastique ;
- bacs de drainage et matériel d'assemblage et de fixation des éléments incorporés en V2A ;
- cadres de manchons galvanisés ;
- hublot et éclairage pour le ventilateur et la machine frigorifique / la pompe à chaleur.

Pour la bonne accessibilité des pièces incorporées, l'installation doit être dotée de portes à fermeture étanche. Des amortisseurs de vibrations entre les appareils et les dalles de fondation ainsi que des manchons Flex. sur les ouvertures d'aspiration et de refoulement des boîtiers d'appareils sont fournis lors de la livraison. Lors du choix des appareils monoblocs, il convient de tenir compte de l'espace disponible sur place.

Les appareils monoblocs doivent être livrés avec un cadre de socle et des pieds réglables. Les portes de révision doivent être équipées de charnières et de fermetures.

## 5.4 Appareils de refroidissement à recyclage d'air

Les appareils de refroidissement à recyclage d'air (armoires de climatisation) se composent des éléments suivants :

- boîtier thermolaqué ;
- aspiration d'air par le haut ;
- ventilateurs avec moteur ;
- filtre de recyclage de l'air ;
- batterie de refroidissement à eau froide ;
- élément d'armoire de commande à régulation par microprocesseur.

En cas d'utilisation d'un appareil de refroidissement à recyclage d'air, celui-ci doit être équipé de vannes mécaniques facilement accessibles pour fermer les conduites d'eau de refroidissement.

Dans les locaux contenant des infrastructures OT, des bacs de récupération d'eau (hauteur min. 5 cm) sont installés sous les appareils de refroidissement. Ces bacs de récupération couvrent toutes les vannes et tous les raccords des conduites et des appareils de refroidissement.

## 5.5 Clapets articulés

Tous les clapets doivent être réalisés en tant que clapets articulés à mouvement opposé et étanches à l'air selon DIN 1946. Pour les clapets automatiques, un moteur d'entraînement par dispositif de clapets. Extrémité d'arbre libre sortie pour l'entraînement motorisé, tringlerie incluse. La position des clapets doit être clairement et durablement visible de l'extérieur du boîtier des clapets. Dans le cas de clapets à réglage manuel, ceux-ci doivent pouvoir être réglés sans outil.

## 5.6 Clapets de surpression

Lamelles couplées de façon synchronisée par une tringlerie extérieure et réglables de manière simple au moyen d'un contrepoids. Le réglage fin doit être possible en charge et en décharge. En position de repos, les lamelles sont fermées. Si la pression augmente au-delà de la valeur prédéfinie, les lamelles s'ouvrent et reviennent automatiquement à leur position initiale lorsque la pression a diminué.

## 5.7 Filtres à air

Filtres à air à poches de classe de qualité EU4 pour les préfiltres et EU8 pour les filtres à poussières fines selon la norme EN 779/SICC-84. Il faut veiller à ce que les filtres aient une longue durée de vie. Il convient d'utiliser des filtres avec un média en fibres de verre ou d'autres matériaux filtrants dépourvus de charge électrostatique afin de bénéficier durablement d'une bonne efficacité. Pour la surveillance des filtres, il faut prévoir des contrôleurs de filtres avec indicateurs et contacts (mesures de pression différentielle). Les appareils d'affichage et de commutation sont montés côté révision avec des consoles en applique.

## 5.8 Ventilateurs

Ventilateurs en tant que roues radiales libres déjà installés dans l'appareil monobloc. Roue de ventilateur avec aubes courbées vers l'arrière, montée directement sur un moteur EC à rotor extérieur pour l'exploitation avec une unité de commutation électronique (< 5000 m<sup>3</sup>/h) ou sur un moteur triphasé CEI pour l'exploitation avec un convertisseur de fréquence (> 5000 m<sup>3</sup>/h).

Exigences relatives aux ventilateurs et accessoires :

- puissance spécifique des ventilateurs, y compris rendement du convertisseur de fréquence, conforme aux valeurs limites fixées par la norme SIA 382/1 ;
- kit de montage de ventilateur galvanisé sendzimir et thermolaqué 80 - 100 µm ;
- roue de ventilateur en acier partiellement soudée et thermolaquée min. 100 µm ;
- moyeu de ventilateur en aluminium ou en acier laqué ;
- buse d'entrée du ventilateur en acier revêtu 80 µm ;
- arbre du ventilateur et vis en V2A ;
- structure de support du ventilateur en acier revêtu 80 µm ;
- dispositif de mesure du débit volumique, conduites de mesure dirigées vers l'extérieur sur 2 tubulures de mesure.

## 5.9 Généralités sur les moteurs

Tension de fonctionnement : 400 V 3/N ~ 50 Hz

Tension de commande : 230 V ~ 50 Hz

Type : moteurs triphasés selon la norme CEI, B3, IP 44 correspondant à la classe de rendement EFFH, moteurs de commande du régime avec thermistance CTP. Moteurs EC de classe de rendement IE3 ou IE4.

## 5.10 Gaines de ventilation

Elles comprennent toutes les pièces de gaine réalisées en tôle, les tubulures de re-foulement et les cônes d'aspiration des appareils, les pièces de raccordement, les déflecteurs ainsi que le matériel d'assemblage, de fixation et de suspension nécessaire. Le concept de mise à la terre doit être pris en compte.

### 5.10.1 Réalisation des gaines en tôle

Tous les coudes doivent être munis d'un nombre suffisant de déflecteurs ou présenter un rayon de courbure d'au moins 1 D. Tous les dispositifs de régulation nécessaires doivent être installés pour assurer une répartition uniforme de l'air. Des couvercles de contrôle et de mesure doivent être prévus en nombre suffisant.

### 5.10.2 Matériau

Tôle d'acier galvanisée, toutes les arêtes de coupe retraitées par galvanisation à froid. Autre solution : utiliser de l'aluman. Dans ce cas, toutes les suspensions et fixations doivent être isolées galvaniquement (cales en caoutchouc) en raison du risque de corrosion électrolytique.

### 5.10.3 Épaisseurs de tôle

Plus grande largeur de la gaine	Épaisseur de tôle
en mm	en mm
Jusqu'à 200	0,56
De 201 à 400	0,62
De 401 à 1000	0,75
De 1001 à 1500	0,87
De 1501 à 2500	1,00
Plus de 2501	1,25

Si leur largeur dépasse 500 mm, les gaines doivent être dotées de renforts.

## 5.11 Raccordements

### 5.11.1 Gains

Il est fondamental de toujours opter pour des raccords de cadre présentant l'étanchéité requise.

### 5.11.2 Tuyaux

Assemblage par bride ou par collage. Les assemblages collés doivent être résistants au vieillissement et à des températures de l'air allant jusqu'à 60 °C.

### 5.11.3 Gains spéciales

Les gains d'installations CVC exposées à des pressions supérieures à 400 Pa dans le réseau de gains doivent être réalisées et montées de manière étanche. Elles doivent satisfaire à la classe d'étanchéité Eurovent 2/2, classe C. Le débit de fuite d'air ne doit pas dépasser 3 % du débit nominal. La classe d'étanchéité dépend par conséquent de l'étendue des réseaux de gains. Le maître d'ouvrage et le concepteur sont en droit de demander des tests d'étanchéité.

## 5.12 Suspensions

Les gains et tuyaux doivent être fixés au plafond à l'aide de suspensions évitant les bruits de structure.

## 5.13 Passage à travers les murs et les plafonds

Les gains et tuyaux doivent être entourés de panneaux de laine minérale de 10 mm, d'un poids spécifique de 80 kg/m<sup>3</sup> et dépassant de 10 cm des deux côtés.

## 5.14 Isolation des gains

Conformément à la directive SICC 92-2B, dans la section des spécifications A3.7, Isolation des conduites d'air. Toutes les gains d'air extérieur et d'évacuation de la PAC / l'installation frigorifique doivent être isolées thermiquement par l'extérieur contre la formation de condensation. Les prescriptions locales de la police du feu AEAI doivent être prises en compte lors du choix du matériau d'isolation.

Isolation coupe-feu conforme aux prescriptions locales de la police du feu AEAI et testées selon les normes EN 1366-1:2014 et EN 15882-1+A1:2017.

## 5.15 Silencieux

Pour isoler les bruits des installations CVC, il faut prévoir des silencieux de type baffles.

### 5.15.1 Structure des baffles

Cadre périphérique solide en tôle d'acier galvanisée. Couverture des deux côtés en tôle perforée galvanisée. Remplissage en laine minérale ininflammable et non hygroscopique. Voile de fibres de verre inséré en guise de protection anti-fluage, résistant à l'abrasion jusqu'à des vitesses de passage de 20 m/s. Pour des vitesses de passage supérieures à 10 m/s, les cadres de baffles doivent être équipés, côté entrée, d'un recouvrement semi-circulaire favorisant l'écoulement.

### 5.15.2 Structure du boîtier

Pour les silencieux de gaine, tôle galvanisée avec cadre des deux côtés et contre-cadre percé en conséquence.

## 5.16 Grilles d'aération

### 5.16.1 Grilles d'arrivée d'air

Grilles de diffusion avec lamelles de guidage d'air horizontales et verticales et régulation de débit couplée en sens inverse.

### 5.16.2 Grilles d'évacuation d'air

Grilles de diffusion avec lamelles de guidage d'air verticales et régulation de débit couplée en sens inverse.

### 5.16.3 Bouches d'évacuation d'air

Il convient d'utiliser des soupapes à disque enfichables en plastique.

### 5.16.4 Grilles de protection contre les intempéries

Réalisation en acier inoxydable V4A, We 1.4435 ou 1.4571 dans l'espace de circulation et We 1.4401 à l'air libre, avec grilles de protection contre les oiseaux, faible perte de charge et niveau sonore réduit. Choix du matériau des éventuels cadres de mur avec fixations en fonction des grilles de protection contre les intempéries.

## 5.17 Clapets coupe-feu

Ceux-ci doivent être étanches à la fumée et galvanisés à chaud. La structure doit être approuvée par l'AEAI.

Résistance au feu à atteindre : EI-90.

Clapets coupe-feu prêts à brancher avec homologation AEA1 et système de sécurité intégré, adaptés à la fermeture de compartiments coupe-feu dans les installations CVC. Les messages d'état de fonctionnement et les dysfonctionnements sont affichés visuellement sur l'appareil de commande (dans l'armoire de commande). La défaillance du déclencheur thermoélectrique (> 72 °C) ou d'un éventuel détecteur de fumée est signalée par une diode lumineuse séparée. Alimentation électrique et communication des données par câble à deux fils.

Les clapets coupe-feu se composent des éléments suivants :

- clapet coupe-feu EI-90 ;
- mécanisme à ressort de rappel 24 V ;
- appareil de connexion et de communication ;
- déclencheur thermoélectrique ;
- détecteur de fumée (en option).

Les prescriptions de la police du feu (AEAI) en matière de protection contre les incendies ou la directive de protection incendie pour les installations de ventilation s'appliquent pleinement au montage et à l'accessibilité.

## 5.18 Régulateurs de débit

### 5.18.1 Régulateurs à débit variable

Composés des éléments mécaniques et des composants électroniques de régulation, ces appareils contiennent un capteur de pression différentielle à valeur moyenne pour déterminer le débit et les clapets de régulation.

### **5.18.2 Régulateurs à débit constant**

Composés d'un boîtier avec un clapet de régulation monté sur palier facile à manipuler, d'un soufflet de régulation et d'une came extérieure avec ressort à lame. Les régulateurs de débit sont réglés en usine sur un débit de référence (réglage du débit souhaité grâce à une échelle graduée).

## **5.19 Marquages**

Les marquages de tous les éléments de l'installation, des appareils, des appareils de terrain et des composants doivent en principe être réalisés conformément à la directive 13013 AKS-CH et à la fiche technique Éléments de construction, thèmes 23 001-12230, Étiquetage réalisation du manuel technique EES de l'OFROU.

## 6 Test de l'installation

Le test de l'installation conformément à la directive ASTRA 13028 Contrôles et tests des EES est un processus complexe. Il nécessite une bonne planification et une documentation compréhensible, car de nombreux experts et corps de métier sont impliqués. Le respect du planning est donc essentiel pour tous les corps de métier et tout aussi important.

### 6.1 Préparation de la mise en marche (MEM)

Cette opération désigne la préparation d'une installation CVC achevée en vue de son premier démarrage. En d'autres termes, l'installation CVC est progressivement mise en état de fonctionner en suivant des étapes bien définies.

Cette préparation comprend les étapes suivantes :

- contrôle des composants et des systèmes de l'installation (contrôles fonctionnels des clapets motorisés, des ventilateurs, des sondes, etc.) ;
- contrôle de l'installation et du fonctionnement des dispositifs de sécurité tels que les clapets coupe-feu ou les liaisons entre l'installation CVC et le système de détection d'incendie de la centrale de tunnel ;
- réglage (ajustements) de ces composants et systèmes ;
- contrôle de l'ensemble des installations CVC conformément au processus technologique prévu (démarrage et exploitation, pannes, redémarrage après une coupure de courant, exploitation de l'installation via le réseau d'ASI, etc.).

### 6.2 Mise en marche

On entend par là, la première exploitation (première mise en marche) d'une installation CVC. Peu importe qu'il s'agisse de l'exploitation de test d'une installation CVC complexe ou de la première exploitation suivie de la remise de l'installation CVC.

### 6.3 Compétences

Les prérogatives et les responsabilités doivent être clairement définies. Notamment lorsque plusieurs entrepreneurs mettent conjointement en exploitation une installation CVC ou qu'il n'existe pas de mandats intégraux. Dans ce cas, l'entrepreneur en charge de l'automatisation du bâtiment (régulation de l'installation CVC) assure la direction. En collaboration avec le chef de chantier spécialisé / coordinateur technique et la direction des travaux, il doit coordonner et planifier les différentes opérations de MES et de MEM.

### 6.4 Échéancier

Le test de l'installation doit suivre un calendrier détaillé, dans lequel toutes les activités et étapes sont consignées. Les étapes importantes font en outre partie intégrante du programme global de construction ou du processus de réception et de remise. Dans le cas d'installations CVC de grande envergure, les interventions des différents corps de métier ne peuvent pas être clairement séparées dans le temps. Certaines étapes s'enchaînent de façon transparente ou se chevauchent.

### 6.5 Test de fonctionnement et de performance

Dès que les installations CVC sont en marche, il faut en tester les fonctions (démarrage et exploitation, pannes, redémarrage après une coupure de courant, exploita-

tion de l'installation via le réseau d'ASI, arrêt de l'installation par le système de détection d'incendie de la centrale de tunnel, etc.) et mesurer les performances (débits volumiques, régime des ventilateurs, consommation de courant des moteurs, etc.). Ces opérations doivent être documentées de manière compréhensible et consignées dans le protocole de test de l'installation.

## 6.6 Grandeurs de mesure

Les débits d'air sont une grandeur déterminante pour une mise en marche correcte. D'autres valeurs peuvent également être importantes, p. ex. les résultats des mesures de bruit et de débit d'air. Ces mesures nécessitent des instruments de mesure précis et l'expertise d'un spécialiste.

Étendue des mesures et des contrôles :

- performances thermiques (réchauffeurs d'air) ;
- performances frigorifiques (refroidisseurs d'air, refroidisseurs à recyclage d'air) ;
- obtention des températures système ;
- rendement de la récupération de chaleur ;
- consommation électrique ;
- régime des ventilateurs ;
- débits d'air (ensemble de l'installation, lignes principales, locaux, entrées et sorties) ;
- classes d'étanchéité (réseaux de gaines et de tuyaux) ;
- pression positive, neutre ou négative des locaux ;
- vitesses de l'air ambiant ;
- valeurs de niveau sonore (à l'intérieur de la centrale de tunnel et à l'extérieur au niveau des grilles de protection contre les intempéries dans les façades) ;
- humidité de l'air ambiant ;
- température ambiante des locaux.

## 7 Exploitation et maintenance

### 7.1 Optimisation

Une fois les tests individuels, les tests collectifs, les tests d'objets de l'installation et les tests intégraux réalisés avec succès, on procède à une phase d'exploitation probatoire d'une durée habituelle de 2 à 3 mois.

Après la mise en marche des installations CVC, les valeurs de mesure / paramètres en conditions hivernales et estivales doivent une nouvelle fois être vérifiés par l'entrepreneur, afin d'être évalués et optimisés si nécessaire. Les valeurs de mesure / paramètres suivants doivent être relevés et évalués :

- températures de l'air extérieur, entrant et extrait ;
- humidité de l'air extérieur, entrant et extrait ;
- températures ambiantes des locaux techniques (transformateurs, local ASI, local à batteries, local BT, local MT, etc.) ;
- débits d'air (constants et variables) des installations CVC ;
- valeurs mesurées par les capteurs de pression des gaines d'amenée et d'évacuation d'air, surpression de la galerie technique, surpression de la centrale de tunnel par rapport à l'extérieur ;
- mesures de niveau sonore au niveau des prises d'air extérieur et des évacuations d'air ;
- consommation d'énergie (kW/h), avec détail de la consommation des installations frigorifiques / pompes à chaleur par rapport à la consommation totale des installations CVC ;
- consommation électrique des différents composants CVC ;
- heures de fonctionnement des différents composants CVC ;
- tous les messages d'exploitation et de dysfonctionnement.

Pour l'optimisation de l'exploitation énergétique, l'exploitant doit avoir facilement accès aux paramètres de CVC nécessaires à cet effet, afin de pouvoir les corriger sans nécessairement passer par le fabricant, le cas échéant.

### 7.2 Entretien

La durée de vie des installations CVC dépend en grande partie de leur entretien. La maintenance de ces installations doit être effectuée tous les ans, voire tous les six mois pour certains composants comme les filtres.

Des travaux d'entretien réguliers sont donc importants pour une installation CVC robuste et économique. L'entretien contribue à :

- réduire les coûts énergétiques ;
- garantir la disponibilité ;
- augmenter la durée de vie ;
- garantir l'hygiène – ce qui est particulièrement important pour les filtres à air et les échangeurs de chaleur des installations refroidies par air ;
- protéger l'environnement ;
- prévenir les dysfonctionnements ;
- planifier les coûts de manière fiable (notamment avec un contrat de maintenance).

L'exploitation et l'entretien des installations CVC des centrales de tunnel doivent être effectués conformément à la norme SIA 382/1.

Lors de l'acquisition / des appels d'offres d'installations CVC, les opérations de maintenance de ces installations doivent être mises au concours (sous forme de contrat de maintenance) pour la période de garantie de 3 ans.

L'entretien des installations de CVC doit pouvoir être assuré par l'unité territoriale. Les documents de maintenance nécessaires à cet effet doivent être mis à la disposition de l'Exploitation afin qu'elle puisse, au besoin, les réaliser sans nécessairement passer par le fabricant ou avec l'aide d'un intervenant externe.

### **7.3 Déconstruction et élimination**

Les aspects de la déconstruction et de l'élimination des déchets mentionnés au chapitre 8 de la norme SIA 382/1 doivent être pris en compte dès la planification.

## Glossaire

Terme	Signification
AKS-CH	Anlagenkennzeichnungssystem Schweiz (système suisse de désignation d'installations)
SGS	Serveur de gestion de section
CI	Commande d'installation
BSA EES	Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) Équipements d'exploitation et de sécurité (EES)
COP	Coefficient of Performance Coefficient de performance d'une pompe à chaleur
DS	Division Services numériques
EER	Energy Efficiency Ratio Rendement énergétique des systèmes de climatisation
EP	Gestion du patrimoine
FU	Soutien technique
CF	Convertisseur de fréquence
HT	Haute tension
MEM	Mise en marche
MES	Mise en service
BT	Basse tension
ODP	Ozon Depletion Potential Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone
OT	Operation Technology
PM	Gestion de projet
PP	Polypropylène
PVC	Chlorure de polyvinyle
SIA	Société suisse des ingénieurs et des architectes (normes)
UARS	Domaine Architecture d'entreprise et standards
SGG	Système de gestion supérieur
CD	Clapet de déviation
ASI	Alimentation sans interruption
AEAI	Association des établissements cantonaux d'assurance incendie
WELK	Galerie technique



## Bibliographie

---

### Instructions et directives de l'OFROU

---

- [1] Office fédéral des routes OFROU, « **Ventilation des tunnels routiers** », *directive ASTRA 13001*, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
  - [2] Office fédéral des routes OFROU, « **Ventilation des galeries de sécurité des tunnels routiers** », *directive ASTRA 13002*, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- 

### Normes

---

- [3] Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA, « **Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments** », *norme SIA 180*.
  - [4] Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA, « **Installations de ventilation et de climatisation – Bases générales et performances requises** », *norme SIA 382/1*.
- 

### Manuel de l'OFROU

---

- [5] Office fédéral des routes OFROU (2014), « **Exploitation** », *manuel ASTRA 26010*, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
-



## Liste des modifications

Édition	Version	Date	Modifications
2024	1.00	24.05.2024	Entrée en vigueur de l'édition 2024 et publication.

