CETU

Les documents d'information

FONCTIONNEMENT EN SÉCURITÉ DES ÉQUIPEMENTS DE VENTILATION

décembre 2024

Centre d'Études des Tunnels

www.cetu.developpement-durable.gouv.fr

MINISTÈRE CHARGÉ DES TRANSPORTS

Liberté
Égalité
Fraternité

AVERTISSEMENT

Les documents d'information ont pour but de fournir une information sur une technique ou un problème nouveau ou insuffisamment traité par ailleurs. Le lecteur pourra y trouver des repères susceptibles de l'aider dans son activité. Le contenu et les éventuelles conclusions présentés ne doivent pas être considérés comme des recommandations du CETU. Bien que le maximum soit fait pour s'assurer de la fiabilité des sources utilisées, la responsabilité du CETU ou des auteurs du document ne saurait être engagée.

FONCTIONNEMENT EN SÉCURITÉ DES ÉQUIPEMENTS DE VENTILATION

décembre 2024

Centre d'Études des Tunnels
25, avenue François Mitterrand
69500 BRON – France
Tél. 33 (0)4 72 14 34 00
Fax. 33 (0)4 72 14 34 30

cetu@developpement-durable.gouv.fr
www.cetu.developpement-durable.gouv.fr

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 5

2 PRÉVENTION DES RISQUES LIÉS AUX ÉQUIPEMENTS DE VENTILATION 6

3 CAS DES ESSAIS DE VENTILATION 7

4 CAS DES EXERCICES DE SÉCURITÉ 8

5 CAS DE POLLUTION EN PHASE TRAVAUX OU LORS D'UN ACCIDENT 9

6 CAS DU DÉSENFUMAGE AUTOMATIQUE 10

7 CAS D'INCENDIE AVÉRÉ 11

8 QUE RETENIR ? 12

9 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE 13

1 INTRODUCTION

L'utilisation de « machines tournantes » pour la ventilation sanitaire et le désenfumage des tunnels génère des risques importants, qui nécessitent une surveillance permettant de stopper le fonctionnement de ces équipements en cas de détection d'une anomalie.

En situation courante de fonctionnement automatique de la ventilation sanitaire, cette surveillance est assurée par des capteurs de vibration et des sondes de température.

En situation d'urgence, le mode désenfumage est activé et priorité est donnée au fonctionnement ininterrompu de la ventilation ; la protection assurée par ces capteurs est alors désactivée.

Dans la pratique d'exploitation, il peut arriver que la ventilation soit utilisée en mode désenfumage pour de nombreuses raisons ne relevant pas de la mise en sécurité immédiate.

Tous ces cas d'utilisation du mode désenfumage sans nécessité avérée présentent l'inconvénient majeur de désactiver l'ensemble des protections apportées par les capteurs de surveillance des machines, et donc de réduire leur niveau de sécurité. On passe ainsi inutilement et dangereusement dans le mode dit « marche ou crève » qui est initialement destiné aux situations d'incendie avérées et à quelques rares cas d'essais.

L'objectif du présent document est d'apporter des pistes de solution pour limiter, autant que possible, les risques inhérents à l'arrêt des protections des équipements de ventilation grâce à des conseils de « bonnes pratiques » correspondant à chacun des cas concernés. Il complète les notes d'information 5 et 14 du CETU relatives à la sécurité des accélérateurs, qui restent d'actualité (cf. chapitre 9 Documents de référence).

Les exploitants de tunnel et les personnes chargées de la conception et de la programmation des systèmes sont plus particulièrement destinataires de ces informations.

Après un **rappel des risques** liés au fonctionnement des équipements de ventilation et à la neutralisation de leurs systèmes de protection, des **bonnes pratiques relatives au maintien des protections sont proposées pour chacun des cas d'utilisation des équipements de ventilation autres que la ventilation sanitaire**.

2

PRÉVENTION DES RISQUES LIÉS AUX ÉQUIPEMENTS DE VENTILATION

Rappel des risques

On utilise pour la ventilation sanitaire et de désenfumage des tunnels des ventilateurs ou des accélérateurs (cf. *Dossier pilote ventilation* référencé dans le chapitre 9). Ces équipements sont des machines tournantes dont les vitesses de rotation varient généralement entre 750 et 3 000 tours par minute.

Les risques créés par ces machines sont principalement liés à la rupture brutale d'un élément (casse d'une pale ou d'un roulement, défaillance de soudure).

De tels événements peuvent provoquer directement ou indirectement (par les vibrations induites) la projection à grande vitesse de pièces métalliques ou la chute d'éléments suspendus. Leurs conséquences sont potentiellement graves, pouvant aller de dégâts matériels importants à des blessures mortelles des usagers ou personnels.

Les moyens de surveillance

Deux moyens sont utilisés pour prévenir ce type d'accident : la surveillance des vibrations et des températures.
En cas de vibrations excessives, la Gestion Technique Centralisée (GTC) doit commander, sauf exception justifiée, l'arrêt immédiat de la machine concernée.

Les températures des paliers (roulements) et des enroulements moteur doivent également être surveillées. Un échauffement excessif peut être le symptôme d'un frottement anormal (suite à une détérioration de roulement par exemple) qui pourra entraîner une casse. Un tel échauffement déclenchera également la mise à l'arrêt de la machine.

L'arrêt des équipements de ventilation en cas de détection d'anomalies, par des capteurs de vibrations ou de température, permet d'éviter leur casse brutale et dangereuse, ainsi que la dégradation plus ou moins rapide de ces matériels coûteux.

Figure 1 : Capteur de vibrations (© Zitron)

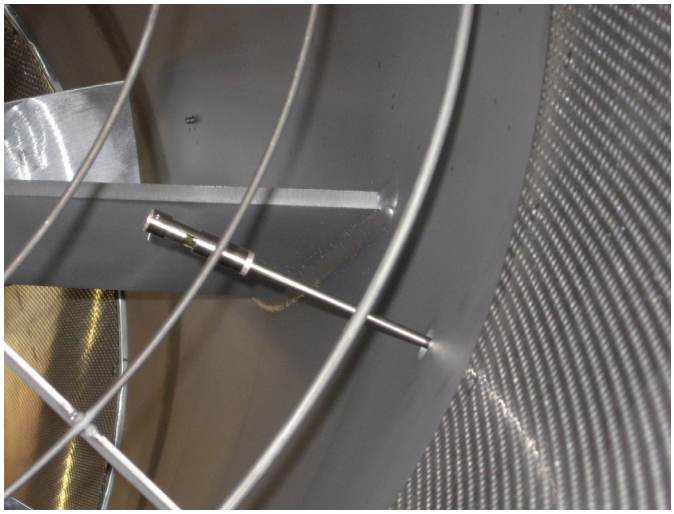

Figure 2 : Sonde de température (© Zitron)

3

CAS DES ESSAIS DE VENTILATION

Objectifs

Les essais de ventilation permettent de vérifier :

1. mensuellement, le bon démarrage de toutes les machines, notamment celles utilisées pour le désenfumage (cf. Annexe C du Fascicule 40). Au-delà du simple démarrage, il est fortement recommandé de faire fonctionner l'ensemble des ventilateurs pendant quelques dizaines de minutes chaque mois, afin d'éliminer l'humidité présente dans les bobinages des moteurs et de prévenir ainsi la dégradation des roulements ;
2. périodiquement, le bon fonctionnement de la séquence de désenfumage programmée dans le système de contrôle-commande.

Constat et analyse

L'activation d'un scénario de désenfumage peut être un moyen simple de démarrer la totalité des machines, ou une grande partie, en une seule manœuvre. Cette pratique présente cependant l'inconvénient majeur de débrayer les protections. Des problèmes graves tels que le bris d'une pale peuvent alors survenir sans provoquer l'arrêt des ventilateurs, avec des conséquences matérielles voire humaines, potentiellement à court terme. Dans le cas de ces essais, aucune urgence ne justifie de courir ce risque. On utilisera donc des méthodes différentes indiquées ci-dessous.

Comment faire ?

Pour la surveillance du bon démarrage des machines : il convient de s'assurer que toutes les machines ont fonctionné au moins 20 minutes dans le mois.

Pour cela, une vérification de **l'historique de fonctionnement des machines** peut permettre d'identifier les machines pour lesquelles cela a été le cas, et de réaliser des essais individuels ciblés sur les seules machines qui n'ont pas fonctionné suffisamment longtemps au cours du mois écoulé.

Pour les machines à activer, un **démarrage manuel** sera réalisé, ou un **scénario dédié** sera programmé et utilisé mensuellement, ou encore on utilisera **le régime sanitaire maximum**.

La procédure peut être adaptée selon le contrat de fourniture électrique, par exemple pour éviter de dépasser un seuil de puissance appelée qui ferait fortement augmenter le coût de l'essai.

Pour le contrôle de la séquence de désenfumage, il n'existe **pas d'alternative à l'activation d'un « vrai » scénario de désenfumage**. L'utilisation d'un scénario « jumeau » avec protections ne peut pas garantir l'absence d'erreur informatique dans le scénario de désenfumage proprement dit. Cependant, la périodicité de ce type d'essai n'est pas la même que pour le fonctionnement des ventilateurs. Elle peut par exemple être semestrielle.

Si des interventions sur la GTC-supervision ont eu lieu, des essais complémentaires seront nécessaires pour vérifier qu'elles n'ont pas altéré son fonctionnement.

Dans la mesure du possible, ces essais sont à effectuer **sans présence de personnel** à proximité des machines, que ce soit en tunnel ou en local technique, et **sous fermeture de l'ouvrage pour les accélérateurs en tunnel**.

Si la présence de personnel est nécessaire pour s'assurer du démarrage effectif des ventilateurs, la procédure d'intervention devra éliminer le risque de blessure en interdisant l'accès aux zones potentiellement impactées par une casse de pale, ou à défaut en utilisant un matériel de protection adéquat.

Les remontées des capteurs de vibration et de température devront être surveillées pendant les essais et les machines arrêtées manuellement en cas de dépassement des seuils de protection. Après un tel essai sans protection, il faudra redémarrer les machines avec protections actives pour vérifier qu'une anomalie n'est pas apparue pendant l'essai.

Avantages des bonnes pratiques proposées

Le but des essais est atteint tout en réduisant fortement la durée de désactivation des capteurs de protection.

Ces essais permettent de sécuriser le fonctionnement des installations en cas de besoin, mais aussi d'améliorer leur pérennité grâce à un fonctionnement régulier des équipements.

Les pratiques ci-dessus permettent de minimiser la consommation électrique qu'ils génèrent.

4

CAS DES EXERCICES DE SÉCURITÉ

Objectifs

Les exercices de sécurité, obligatoires dans les tunnels routiers de plus de 300 m, sont destinés à simuler des situations de crise pour en tirer des enseignements utiles à l'amélioration de la sécurité.

Constat et analyse

Ces exercices, y compris ceux qui simulent un incendie et comportent un ou des foyers réels, ne sont pas des situations d'urgence.

La puissance des foyers est toujours largement inférieure à l'incendie de dimensionnement.

Comment faire ?

L'analyse ci-dessus montre que **de tels exercices peuvent être réalisés avec des machines sous protections**.

Ceci est d'autant plus important que de nombreuses personnes sont souvent présentes : services de secours, figurants, personnel de l'exploitant, de la préfecture, vidéastes, observateurs divers.

Avantages des bonnes pratiques proposées

Un scénario d'exercice nécessitant un désenfumage peut être très utile et rester compatible avec le maintien actif des protections.

Figure 3 : Exercice de sécurité tunnel de Saint-Béat

Figure 4 : Exercice de sécurité tunnel de Toulon

5

CAS DE POLLUTION EN PHASE TRAVAUX OU LORS D'UN ACCIDENT

Objectifs

Une ventilation renforcée par rapport au mode sanitaire utilisé ordinairement est parfois nécessaire dans certaines situations, notamment lors de travaux en tunnel ou d'accidents pouvant générer d'un nuage de poussière et/ou des quantités de polluants importantes.

Constat et analyse

Il peut être tentant d'utiliser le mode désenfumage pour disposer de la pleine puissance du système, mais là encore, ces situations ne justifient absolument pas de désactiver les protections des machines.

Le risque peut être considéré comme particulièrement élevé en situation de travaux, car du personnel est alors présent dans l'ouvrage et ses locaux techniques, parfois en nombre conséquent.

Comment faire ?

Il conviendra donc de **gérer manuellement la ventilation**, ou si la fréquence de ce type de situations le justifie, d'ajouter des scénarios préprogrammés adéquats au système de supervision.

Figure 5 : Exemple de travaux pouvant générer un nuage de poussière

Ces scénarios ne seront pas nécessairement identiques à ceux utilisés pour le désenfumage, et leur définition pourra tenir compte des objectifs de sobriété énergétique.

Avantages des bonnes pratiques proposées

Il est tout à fait possible d'utiliser les équipements de ventilation pour « purger » un tunnel dans des situations de pollution indépendante de la circulation ; ceci ne doit pas conduire à la neutralisation de leurs protections.

6

CAS DU DÉSENFUMAGE AUTOMATIQUE

Objectifs

Dans certains tunnels, le désenfumage est automatiquement déclenché en cas de détection d'un très haut niveau de pollution ou d'opacité, pouvant correspondre à un début d'incendie.

Constat et analyse

Le déclenchement d'un tel scénario peut intervenir hors de toute situation d'urgence, par exemple à cause d'un capteur défaillant, du brouillard, du passage d'un ou plusieurs véhicules particulièrement polluants ou « salissants » (véhicules anciens, convois militaires ou agricoles, transports de matériaux pulvérulents, etc.). Ces situations sont nettement plus probables qu'un incendie.

Une fois enclenché, le désenfumage automatique ne s'arrête en général que sur instruction humaine. En l'absence de surveillance permanente, cela peut conduire à un fonctionnement prolongé sans protection des machines, et donc à un risque élevé de casse dangereuse, alors que la nécessité de ce fonctionnement non protégé n'est pas avérée.

Pour les systèmes de ventilation transversale, l'activation automatique du désenfumage n'est en général pas autorisée ; en effet, sauf cas particuliers, il est nécessaire de confirmer la localisation du foyer.

En ventilation longitudinale, en revanche, le fonctionnement de la ventilation est souvent identique pour le désenfumage et pour le régime maximal de ventilation sanitaire. Ceci autorise théoriquement l'activation d'un scénario « de désenfumage » sur détection d'un niveau de pollution très élevé, qui peut correspondre à un début d'incendie. Cependant, la différence, qui réside dans la désactivation des protections des accélérateurs, doit conduire à réserver le mode de désenfumage aux cas de suspicion d'incendie.

Comment faire ?

La désactivation des protections ne doit pas être réalisée automatiquement, mais uniquement après confirmation de la présence d'un incendie ou d'une autre situation d'urgence nécessitant absolument une ventilation continue (dégagement de gaz toxique par exemple).

Avantages des bonnes pratiques proposées

Les objectifs de retour rapide à une bonne qualité de l'air sont atteints, sans que les protections des équipements de ventilation soient inutilement désactivées.

7

CAS D'INCENDIE AVÉRÉ

Objectifs

Pour minimiser les risques liés au fonctionnement des équipements de ventilation en situation d'incendie avéré, une analyse fine poussant plus loin le raisonnement précédent peut être faite.

Constat et analyse

Si la protection en température doit évidemment être désactivée pour un fonctionnement dans les fumées, avec les méthodes actuelles de dimensionnement du désenfumage, la désactivation de la protection vis-à-vis des vibrations n'est pas toujours une nécessité, y compris en cas d'incendie avéré.

Le désenfumage transversal repose en général sur un nombre réduit de machines. Il existe le plus souvent une redondance, mais le basculement sur un ventilateur de secours peut prendre un certain temps. Il faut donc éviter ce basculement en cours d'incendie. Par ailleurs, la présence humaine dans les stations de ventilation en situation d'incendie en tunnel est exclue, la procédure d'urgence devant comprendre l'évacuation de ces locaux.

Le désenfumage longitudinal est assuré par des accélérateurs. Il peut entrer en fonctionnement en présence de personnes. En effet, même si les usagers doivent évacuer l'ouvrage rapidement, il est toujours envisageable que certains ne puissent le faire. Les services de secours sont quant à eux clairement susceptibles de stationner de manière prolongée sous des accélérateurs en fonctionnement. Leur positionnement leur est dicté par l'emplacement du foyer et les contraintes pratiques de l'attaque du feu. Par ailleurs, la défaillance éventuelle de machines soumises à la chaleur n'affecte que partiellement l'efficacité du système ; et surtout, cette possibilité de défaillance est prise en compte dans le dimensionnement. L'équilibre bénéfices-risques d'une désactivation des sécurités peut donc être sérieusement questionné pour ce type de désenfumage.

Comment faire ?

Dans le cas **d'un désenfumage transversal, la désactivation des sécurités est justifiée en cas d'incendie avéré**.

Dans le cas d'un **désenfumage longitudinal**, si le tunnel comporte de nombreux accélérateurs, il est préférable de **conserver la protection vis-à-vis des vibrations** même en cas d'incendie avéré, si cela est possible compte tenu de la capacité de fonctionnement des capteurs en atmosphère chaude. En effet, dans ce cas, l'exposition des personnes est plus élevée du fait de la mise en marche simultanée des accélérateurs sur toute la longueur de l'ouvrage. Quant à la protection en température, elle doit évidemment être désactivée pour permettre un fonctionnement des équipements de ventilation dans les fumées.

Avantages des bonnes pratiques proposées

Il est ainsi possible de minimiser les cas de désactivation de tout ou partie des protections.

8

QUE RETENIR ?

Les risques liés à la casse d'équipements de ventilation sont réels et potentiellement graves. Afin de les prévenir au mieux (sans pouvoir les éliminer totalement), les machines sont équipées de capteurs de température et de vibrations. Toute détection d'une anomalie entraine leur arrêt.

La désactivation de ces protections doit être motivée par une **urgence impérieuse de maintien du fonctionnement ininterrompu des machines**. Les cas d'usage correspondants sont peu nombreux. Le maintien des protections peut même se justifier dans certaines situations d'incendie avéré. C'est notamment le cas en ventilation longitudinale du fait de la redondance du système et de l'exposition des personnes aux accidents sur les machines.

9

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Dossier pilote ventilation, CETU, 2003.

Guide d'application de l'Instruction technique sur la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art, fascicule 40 – Tunnels, CETU, 2012.

Note d'information n°5, *Sécurité des accélérateurs utilisés en ventilation longitudinale des tunnels routiers*, CETU, 1994.

Note d'information n°14, *Ancrage des accélérateurs en tunnel*, CETU, 2005.

NOTES

PILOTAGE DE LA RÉDACTION
Antoine MOS

Crédits photos : CETU / Couverture : Laurent MIGNAUX (Terra) - Rédaction et coordination : collaborateurs CETU - Réalisation : PAO Concept - Impression : VASSEL GRAPHIQUE

Centre d'Études des Tunnels

25 avenue François Mitterrand
69500 BRON - FRANCE
Tél. +33 (0)4 72 14 34 00
Fax. +33 (0)4 72 14 34 30
cetu@developpement-durable.gouv.fr

MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS
Liberté
Égalité
Fraternité

CETU