

LAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

PARTE IN TERRITORIO ITALIANO – PROGETTO IN VARIANTE
(OTTEMPERANZA ALLA PRESCRIZIONE N. 235 DELLA DELIBERA CIPE 19/2015)

CUP C11J05000030001 – PROGETTO DEFINITIVO

EQUIPEMENTS – IMPIANTI

VENTILATION – VENTILAZIONE
GENERALITES – GENERALE

TUNNEL DE BASE – TUNNEL DI BASE

ETUDES TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS DE VENTILATION DU TUNNEL DE BASE
STUDIO TECNOLOGICO DEGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE DEL TUNNEL DI BASE

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
		Révisions précédentes phase PD2 (1443_B) et PR (0518_A) Revisioni precedenti fase PD2 (1443_B) e PR (0518_A)			
C	15/11/2016	Première diffusion phase PRF-PRV Prima emissione fase PRF-PRV	L. AGNESE (SETEC)	G. BOVA C. OGNIBENE	M. FORESTA A. MORDASINI
D	15/01/2017	Passage au statut AP Passaggio allo stato AP	L. AGNESE (SETEC)	G. BOVA C. OGNIBENE	M. FORESTA A. MORDASINI



CODE DOC	P	R	V	C	2	B	T	S	3	1	4	4	3	D
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C2B	//	//	40	01	26	10	04
------------------------------	------------	----	----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ECHELLE / SCALA
-



TELT sas – Savoie Technolac - Bâtiment "Homère"
13 allée du Lac de Constance – 73370 LE BOURGET DU LAC (France)
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952
Propriété TELT Tous droits réservés – Proprietà TELT Tutti i diritti riservati

Ce projet
est cofinancé par
l'Union européenne
(DG-TREN)



Questo progetto
è cofinanziato
dall'Unione europea
(TEN-T)

SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUCTION	5
1.1 Description générale du Projet.....	5
1.2 Objet	5
1.3 Documents de référence	5
1.4 Normes et règles techniques de référence	6
2. LOCALISATION.....	6
3. SPECIFICATIONS TECHNIQUES COMMUNES	6
3.1 Acier inoxydable.....	7
3.2 Aluminium, protection par anodisation	7
3.3 Galvanisation	7
3.4 Peinture	7
3.4.1 Normes de référence	7
3.4.2 Conditions générales	7
3.4.3 Abrasifs pour préparation de surface	8
3.5 Peinture sur galvanisation.....	8
3.6 Corrosion galvanique.....	9
4. SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES ACCELERATEURS.....	9
4.1 Performances	9
4.2 Constitution.....	9
4.3 Caractéristiques.....	10
4.3.1 Dimensions	10
4.3.2 Caractéristiques électriques.....	10
4.3.3 Structure de supportage de l'accélérateur	10
5. SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES VENTILATEURS PRINCIPAUX.....	11
5.1 Caractéristiques générales	11
5.1.1 Régimes de fonctionnement.....	11
5.1.2 Support des groupes moto-ventilateurs.....	11
5.1.3 Accessoires	12
5.1.4 Tenue à la température.....	12
5.1.5 Rendement	12
5.1.6 Antidévirage – Reprise à la volée	12
5.1.7 Protection contre l'effet piston des trains	12
5.2 Sélection des ventilateurs	12
5.2.1 Dispositions générales	12
5.2.2 Point de fonctionnement	12
5.3 Performances acoustiques.....	14
5.4 Performances vibratoires	14
5.5 Moteurs électriques.....	14
5.5.1 Caractéristiques générales.....	14
5.6 Variateurs de fréquence	15
5.6.1 Caractéristiques principales	15
5.6.2 Accessoires	15

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tableau 1 – Pressions engendrées par le passage des trains	11
Tableau 2 – Caractéristiques des ventilateurs	14
Tableau 3 – Puissance des moteurs	15

RESUME / RIASSUNTO

La présente note concerne les accélérateurs et les ventilateurs utilisés pour la ventilation hygiénique et le désenfumage du tunnel de base et des descenderies.

Elle décrit les règles générales de conception imposées par les conditions d'environnement des ouvrages, puis les spécifications techniques auxquelles doivent satisfaire les équipements.

La presente nota riguarda gli acceleratori ed i ventilatori utilizzati per la ventilazione igienica e l'estrazione fumi del tunnel di base e delle descenderie.

Descrive le norme generali di progettazione imposte dalle condizioni ambientali delle opere, quindi le specifiche tecniche che gli impianti devono rispettare.

1. Introduction

1.1 Description générale du Projet

Les gouvernements Italiens et Français ont décidé d'engager la réalisation d'une ligne ferroviaire nouvelle entre Lyon et Turin. Ce projet consiste au premier lieu en l'aménagement d'un itinéraire Fret performant pour la traversée des Alpes, destiné notamment à limiter les trafics routiers transitant par ces zones écologiquement sensibles.

Cette nouvelle liaison comportera également une dimension voyageurs importante, dans la mesure où elle reliera les réseaux grande vitesse Français et Italien offrant ainsi des temps de parcours réduits entre deux régions frontalières attractives que sont le Piémont et la Savoie.

Bien que constituée de trois sections distinctes, dont deux nationales, seule la partie commune franco-italienne dite « internationale » entre Saint-Jean de Maurienne et l'interconnexion avec la ligne historique de Bussoleno est l'objet de notre étude.

La section ainsi considérée aura une longueur totale d'environ 60 km et les principaux ouvrages la constituant seront les suivants :

- Les raccordements à la ligne historique de Saint Jean de Maurienne et Bussoleno,
- Le tunnel de base de 57.517 km,
- Les gares internationales de Susa et Saint Jean de Maurienne
- L'Interconnexion avec la ligne historique à Bussoleno par un tunnel d'une longueur de 2 km.

1.2 Objet

Le présent document constitue le cahier des spécifications techniques des ventilateurs des systèmes de ventilation - désenfumage du tunnel de base et des descenderies de la liaison ferroviaire Lyon-Turin.

1.3 Documents de référence

Les documents de référence de la présente étude sont listés dans le document « PR_C2B_0505_40-01-00_10-01_Note méthodologique de la ventilation ».

Ils sont complétés par les notes :

- PRF_C1_0030_00-00-00_10-07_Note récapitulative performances aérauliques _B
- PRV_C2B_1140_40-01-26_10-01 – Etude des scénarii de désenfumage du tunnel de base
- PRV_C2B_1441_40-01-26_10-02 – Etude de la ventilation hygiénique du tunnel de base
- PRV_C2B_1442_40-01-26_10-03 – Analyse fonctionnelle de la ventilation du tunnel de base
- PRV_C2B_1421_40-01-00_10-02 – Etude de la ventilation et du désenfumage des descenderies.
- PRV_C2B_0013_40-01-00_10-05 – Etude de la ventilation des sites de sécurité.
- PRV_C2B_1422_40-01-00_10-03 – Analyse fonctionnelle de la ventilation des descenderies
- PRV_C2B_0014_40-01-00_10-03 – Analyse fonctionnelle de la ventilation des sites de sécurité
- PRV_C2B_1427_40-01-26_30-01 – Schéma de la ventilation du tunnel de base
- PR_C2B_0529_40-01-41_20-01 – Synoptique de la ventilation de Saint Martin la Porte.
- PR_C2B_0534_40-01-43_20-01 – Synoptique de la ventilation de La Praz
- PR_C2B_0541_40-01-45_20-01 – Synoptique de la ventilation de Modane et Avrieux
- PRV_C2B_1522_40-01-48_20-01 – Synoptique de la ventilation de Clarea et la Maddalena
- PRV_C2B_1445_40-01-26_10-06 – Etude acoustique.
- PRV_C2B_1446_40-01-26_10-07 – Etude de robustesse

1.4 Normes et règles techniques de référence

Toutes les normes en vigueur et applicables sont recueillies dans le document :

- PRF_C1_0003_00-00-00_10-03_C : DPS - Annexe 4.1 - Cadre réglementaire du projet et Non Conformités correspondantes

Les normes, règles, décrets et guides techniques spécifiques sont définis ci-après :

Les normes suivantes :

- Directive du Conseil Européen n° 98/37/CE du 22/06/98 concernant le rapprochement des législations des états membres relatives aux machines (« directive machines »)
- Directive du Conseil Européen n° 89/106/CE du 21/12/88 modifiée par la directive n° 93/68/CE du 22/07/93 relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres concernant les produits de construction

Et en particulier :

- Série NF EN 12101 relative aux systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur
- NF EN292-1 et 292-2, relatives à la sécurité des machines
- La série ISO 10816, relatives aux vibrations mécaniques
- La série NF EN 60034, relatives aux machines électriques tournantes.
- NF ISO 13349 et NF ISO 12499, relatives aux ventilateurs industriels.
- NF ISO 14694 et ISO 1940 relatives à l'équilibrage des machines tournantes.
- Les normes ISO 3741 et ISO 13347 relatives à la détermination des niveaux de puissance acoustique.
- NF ISO 5801 « Ventilateurs industriels - Essais aérauliques sur circuits normalisés »
- NF ISO 5802 « Ventilateurs industriels - Essais de performance in situ »

2. Localisation

Les ventilateurs principaux pour la ventilation et le désenfumage du tunnel de base et des descenderies et galeries sont situés à proximité des têtes :

- dans l'usine de ventilation de Saint Martin la porte,
- dans l'usine de ventilation de la Praz,
- dans l'usine de ventilation d'Avrieux,
- dans l'usine de ventilation de la Maddalena 2.

3. Spécifications techniques communes

Toutes les pièces métalliques mises en œuvre sont réalisées dans un matériau inoxydable ou ayant reçu un traitement de protection efficace contre la corrosion correspondant aux conditions d'ambiance et d'utilisation.

L'attention est spécialement attirée sur l'importance attachée à cette protection anti-corrosive en tunnel du fait de l'agressivité de l'atmosphère, due principalement à l'humidité et à la température ambiante.

3.1 Acier inoxydable

D'une façon générale, la nuance d'acier inoxydable retenue est de type austénitique conforme au standard AISI (American Iron and Steel Institute) :

- type 304 pour les pièces reprenant des efforts importants assemblés par boulonnage.
- type 304 L pour les pièces à risque de corrosion prépondérant ou assemblées par soudage.

Toutes les soudures (usine ou chantier) sont traitées thermiquement et/ou passivées (produit à base d'acide orthophosphatique) de façon à minimiser le risque de corrosion.

3.2 Aluminium, protection par anodisation

La protection de l'aluminium par anodisation est réalisée conformément aux normes en vigueur.

L'épaisseur de la protection anodique doit être supérieure à 12 µm en tous points.

3.3 Galvanisation

Elle est réalisée à chaud et conformément aux normes en vigueur et notamment NF EN ISO 1461.

L'épaisseur de zinc devra être supérieure à 80 µm en tous points des surfaces traitées.

Lorsque la mise en œuvre de ces pièces nécessite ou provoque des mises à nu du métal, il est procédé à une nouvelle protection de ces zones par application d'une peinture riche en zinc.

La galvanisation sur site, à fortiori en atelier, par usage de bombe aérosol est proscrite.

3.4 Peinture

3.4.1 Normes de référence

- NF EN ISO 12944 : « Peintures et vernis – Protection Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture. »
- NF EN ISO 4628-3 : « Peinture et vernis - Évaluation de la dégradation des revêtements - Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect - Partie 3 : évaluation du degré d'enrouillement. »

3.4.2 Conditions générales

La peinture doit être compatible avec le revêtement du support sur lequel repose la pièce peinte (par exemple supports galvanisés pour tuyauteries peintes).

Les travaux de peinture et de protection contre la corrosion sont conçus et réalisés en tenant compte de l'agressivité des atmosphères.

Les peintures doivent, dans la mesure du possible, provenir d'un fournisseur unique. Elles présentent les qualités ci-après :

- lavage facile avec toutes les lessives du commerce,
- résistance aux huiles minérales,
- teinte n'évoluant pas dans le temps,
- bonne adhérence,

- séchage rapide (hors poussière, au touché, définitif).

Les travaux de peinture doivent être exécutés sur des subjectiles parfaitement secs.

Ils comprennent obligatoirement :

- la réception des fonds,
- les travaux préparatoires requis par les règles de l'art (masticage, rebouchage, lissage, ponçage,... selon qualité et exposition à la vue du subjectile),
- l'application de la peinture et/ou protection anticorrosion,
- le nettoyage et la finition de ces travaux (raccord, etc.).

Pour les travaux autres que la protection antirouille, l'application de deux couches de peinture, au minimum, est requise.

L'application des enduits, peintures, etc. ne doit être effectuée :

- ni par température ambiante inférieure à 5°C,
- ni dans une atmosphère humide susceptible de donner lieu à une condensation,
- ni sur des subjectiles gelés ou surchauffés,
- ni sur des subjectiles qui ne présenteraient pas les qualités requises pour un travail parfait.

Les essais des peintures sont effectués conformément aux normes en vigueur.

La protection anticorrosion doit couvrir toutes les surfaces métalliques.

Les couches de peinture sont appliquées sur les surfaces non scellées. Leur application est réalisée strictement suivant les indications du fabricant.

Après séchage, les couches de peinture doivent adhérer fortement entre elles et la couche d'apprêt adhérer fortement sur la surface à protéger.

3.4.3 Abrasifs pour préparation de surface

L'abrasif choisi doit permettre d'obtenir la rugosité et le degré de soin (selon ISO 8501-1) spécifiés par la fiche d'homologation pour le système considéré.

Il doit être conforme aux spécifications des textes relatifs aux conditions d'hygiène et sécurité en vigueur.

3.5 Peinture sur galvanisation

La mise en œuvre d'un système dit duplex doit être réalisée en plusieurs temps :

- Galvanisation des pièces conformément aux spécifications énoncées plus haut
- Elimination de l'oxydation dans les zones où la galvanisation a été détruite et application d'un complexe de réparation (éventuellement)
- Nettoyage et dégraissage selon les données de la fiche technique du fabricant
- Dérochage par voie chimique ou mécanique si préconisé par la fiche technique du fabricant
- Conversion par phosphatation ou chromatisation si préconisé par la fiche technique du fabricant
- Application du complexe de peinture selon les données de la fiche technique du fabricant

3.6 Corrosion galvanique

Afin d'éviter tout risque de dégradation par effet de couple électrolytique, les matériaux des pièces à assembler et de la boulonnerie sont choisis de telle manière que le potentiel des piles créées soit le plus faible possible, et en tous les cas inférieur à 300 mV (référence dans une solution aqueuse à 2% de NaCl).

Si le respect de cette condition est impossible, toutes les précautions doivent être prises pour empêcher le contact direct entre les matériaux considérés (rondelles isolantes, ...).

4. Spécifications techniques des accélérateurs

4.1 Performances

Les performances unitaires que les accélérateurs doivent, au minimum, satisfaire sont les suivantes :

- Poussée en champ libre : 1130N (pour $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$)
- Poussée en champ libre en sens inverse : 1130 N (Réversibilité : 100 %)
- Vitesse d'éjection maximale : 35 m/s
- Temps de démarrage maximal à plein régime : 20 secondes
- Tenue à la température : fonctionnement dans des gaz à 200 °C pendant 2 heures

4.2 Constitution

Chaque groupe moto - ventilateur comprend :

- Une hélice équilibrée statiquement et dynamiquement, composée d'un moyeu et d'un jeu de pâles réglables à l'arrêt, réalisés en alliage d'aluminium, ou en acier inoxydable. Le jeu entre les extrémités de pâles et l'enveloppe du ventilateur assure un bon fonctionnement, y compris en présence de fumées chaudes.
- Une virole en tôle d'acier avec le support de moteur, les supports du coffret électrique et des accessoires (détecteur de vibrations), ainsi que la structure d'accrochage au plafond.
- Des grillages de protection de maille 40 mm réalisés en fils d'acier soudés de 2 mm, à l'aspiration et au refoulement.
- Un moteur - frein asynchrone, conforme aux normes européennes pour courant triphasé alimenté en 50 Hz, 400 V.
 - L'indice de protection du moteur est IP 55.
 - Sa tenue au feu est de 200° C pendant 2 heures.
 - Son isolation est de classe H ou C.
 - Le moteur est à démarrage direct et doit pouvoir supporter 6 démarrages par heure.
 - Le démarrage doit pouvoir s'effectuer normalement sous une chute de tension pouvant atteindre 10 % de la tension nominale.
 - Le moteur possède une protection ipsothermique permettant de stopper son fonctionnement en cas d'échauffement anormal. En cas de procédure de désenfumage, les ipsothermes sont bypassés au niveau des armoires de commande des accélérateurs, afin de garantir leur fonctionnement malgré la présence éventuelle de fumées chaudes.
 - Le rapport de l'intensité de démarrage à l'intensité nominale doit être inférieur à 7.

- Un coffret électrique de sectionnement réalisé en acier inoxydable monté sur une platine soudée à la virole extérieure comprenant :
 - 1 interrupteur général à commande extérieure cadenassable,
 - des presse-étoupe et les borniers de liaison puissance et contrôle-commande.

Le coffret présente un indice de protection IP 65.

Le passage des câbles d'alimentation du moteur (de type C1 CR1) et du câble de l'isotherme entre la boîte à bornes et le coffret s'effectue dans un tube en acier inoxydable fixé à l'intérieur de la virole.

- Un système de surveillance des vibrations intégré dans un boîtier IP65 fixé sur la virole.
Le système de mesure et de contrôle des vibrations de l'accélérateur est conçu et installé conformément aux recommandations des normes en vigueur et, notamment, la norme ISO 10816.

Le système comprend notamment :

- un capteur de vibrations capable de mesurer la valeur efficace de la vitesse de vibrations pour une large bande de fréquence. Il est fixé à l'accélérateur selon un moyen de connexion mécanique rigide (vissage,...).

Il présente une gamme de mesurage et une précision compatible avec les niveaux de vibrations qui auront été mesurés au préalable en usine sur un accélérateur monté sur sa structure de supportage et avec les niveaux de vibrations attendus sur site.

- un dispositif électronique de surveillance comportant un amplificateur, un réseau de filtres, les sorties analogiques et TOR, ...

Le système de surveillance des vibrations est conçu pour couper automatiquement l'alimentation électrique de l'accélérateur lorsque le niveau d'alarme est atteint.

Son déclenchement est temporisé afin de ne pas provoquer d'alarme pendant la phase de démarrage.

En cas de procédure de désenfumage, l'alarme vibrations est bypassée au niveau des armoires de commande des accélérateurs, afin de garantir leur fonctionnement malgré la présence éventuelle de fumées chaudes.

4.3 Caractéristiques

Les autres caractéristiques des accélérateurs, à adapter en fonction du matériel retenu, sont les suivantes :

4.3.1 Dimensions

- Diamètre de la roue : 1000 mm
- Diamètre extérieur : 1200 mm

4.3.2 Caractéristiques électriques

- Puissance moteur maximum : 37 kW
- Rendement moteur minimum : 0,92

4.3.3 Structure de supportage de l'accélérateur

La suspension des accélérateurs au piedroit du tunnel est réalisée au moyen d'une structure de supportage. Sa tenue au feu doit être de 450 °C pendant 2 heures.

Elle doit en outre résister durablement aux effets aérauliques (pistonement) engendrés par le passage des trains. Les critères de dimensionnement sont les suivants :

- Pression maximale : ± 10 kPa
- Pressions cycliques alternées : cf. tableau suivant

Type de train	Pressions maximales (kPa)	Trafic (nbr train/j)
Voyageurs	+3.8/-3.9	16
Fret	+6.5/-5.6	113
AF	+9.6/-8.3	63

Tableau 1 – Pressions engendrées par le passage des trains

La structure de supportage est composée de :

- un cadre en profilés métalliques fixé par des chevilles métalliques
- un ensemble destiné au supportage du ventilateur composé d'un berceau en tôle d'acier sur lequel vient reposer, par l'intermédiaire de plots antivibratiles, les supports du ventilateur ; ces derniers sont fixés à la virole.

Les structures de supportage sont accrochées au piédroit au moyen de fixations mécaniques (fixations chimiques proscrites).

5. Spécifications techniques des ventilateurs principaux

5.1 Caractéristiques générales

Les ventilateurs présentent les caractéristiques principales suivantes :

- type hélicoïde,
- calage de pâles réglable à l'arrêt,
- entraînement direct par le moteur.

Ils sont composés principalement des éléments suivants :

- une roue équilibrée dynamiquement,
- un stator comprenant la virole cylindrique extérieure, le redresseur, le carénage aval profilé, les brides de raccordement aux parties amont et aval de circuit,
- un châssis support métallique.

5.1.1 Régimes de fonctionnement

Les ventilateurs réversibles des usines de ventilation situées en tête des puits de St Martin, La Praz, Avrieux et Val Clarea assurent la ventilation hygiénique du tunnel ainsi que le désenfumage du tunnel et des descenderies.

Les régimes de fonctionnement de chaque ventilateur sont de 30 % à 100 % du régime nominal.

5.1.2 Support des groupes moto-ventilateurs

Chaque ventilateur sera fixé rigidement sur un socle inertiel en béton, l'ensemble étant fixé sur le plancher des salles des ventilateurs par l'intermédiaire de plots antivibratiles type élastiques ou viscoélastiques.

5.1.3 Accessoires

Les points de graissage sont ramenés à l'extérieur de la virole.

Les groupes moto-ventilateurs sont en outre équipés des appareils suivants :

- Sondes de température bobinages moteur,
- Sondes de température paliers à deux seuils (alarme, déclenchement) pour les moteurs de puissance égale ou supérieure à 150 kW,
- Détecteur de vibrations pour les ventilateurs de puissance égale ou supérieure à 150 kW.

5.1.4 Tenue à la température

Les ventilateurs réversibles doivent pouvoir fonctionner :

- pendant 2 heures avec des fumées à 400°C à l'ouïe d'aspiration des machines pour l'usine du puits d'Avrieux,
- pendant 2 heures avec des fumées à 200°C à l'ouïe d'aspiration des machines pour les autres usines.

5.1.5 Rendement

Le rendement global de chaque chaîne variateur-moteur-roue est supérieur à 70%.

5.1.6 Antidévirage – Reprise à la volée

Ces fonctions sont assurées par les convertisseurs de fréquence.

5.1.7 Protection contre l'effet piston des trains

Les ventilateurs fonctionnent en communication avec le tube ferroviaire, ils doivent supporter les ondes de pression générées par l'effet piston des trains.

Un dispositif anti-pompage assurera cette fonction.

5.2 Sélection des ventilateurs

La sélection des machines doit respecter les valeurs nominales des débits aux ventilateurs.

5.2.1 Dispositions générales

Les ventilateurs doivent assurer un fonctionnement stable et ne présenter aucun phénomène de pompage quel que soit le régime de ventilation.

Le point de fonctionnement de chaque ventilateur, au régime maximal, est choisi de telle sorte que la pression totale en service normal soit au plus égal à 80 % de la valeur maximale que présente la « caractéristique débit / pression ».

5.2.2 Point de fonctionnement

Les études sur le désenfumage du tunnel de base (PRV_C2B_1440_40-01-26_10-01_C) indiquent la pression maximale (AP_{max}) et la pression à régime ($AP_{régime}$) aux quelles les ventilateurs sont soumis.

Le tableau est rappelé ci-dessous :

Puits	St. Martin	La Praz	Avrieux (1 et 2)	Maddalena 2
Débit (m ³ /s)	±300	±400	±400	±400
\Delta P_{max} (Pa)	5600	6800	7500	6000
\Delta P_{régime} (Pa)	3050	3200	3150	2700
T_{max} (°C)	32	89	280	77

Tableau 2 – Débits des ventilateurs et variations de pression

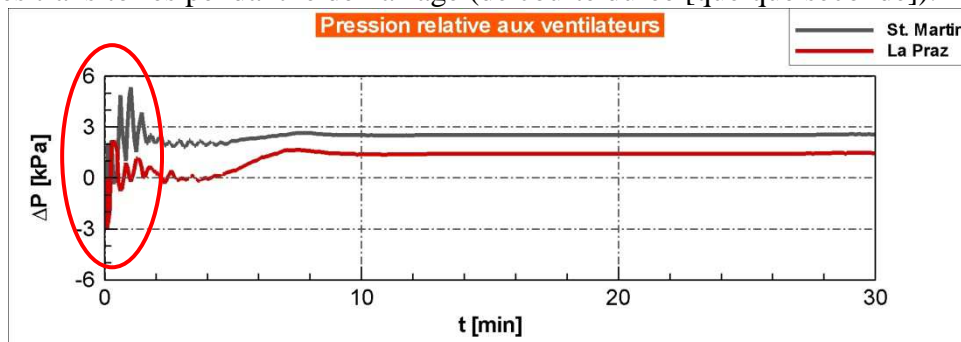
Les différences par rapport aux résultats obtenus dans les études de de PD2/PR sont lié à :

- Le déplacement du site de sécurité de Clarea vers l'Italie
- L'objectif d'une vitesse de l'air de retour de 1,5 m/s

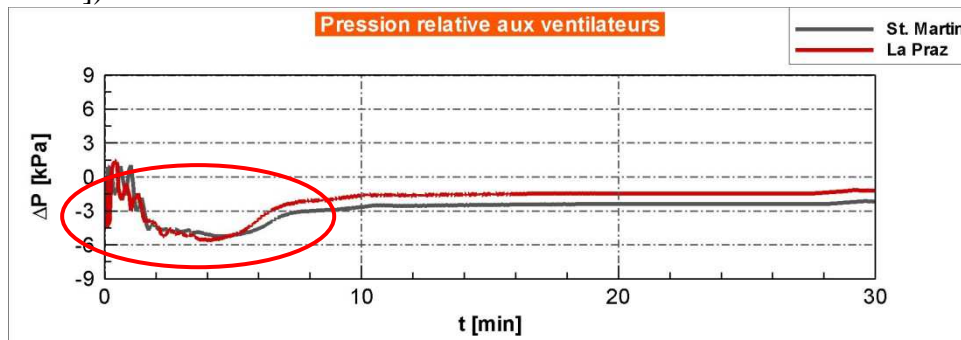
Les pressions au régime sont relativement faibles, de l'ordre de 3000 Pa pour tous les ventilateurs. Les pressions maximales peuvent par contre atteindre des valeurs bien plus important et allant jusqu'au 7500 Pa (Avrieux).

Sur la base de l'analyse des courbes de la variation de pression aux ventilateurs nous distinguons deux phénomènes différents :

- Les transitoires pendant le démarrage (de courte durée [quelque seconde]).



- Les transitoires avant l'établissement du régime établi (de longue durée [plusieurs minutes])



Dimensionner les ventilateurs pour le seul régime établi est trop limitant : le ventilateur pourrait alors se trouver à travailler dans la zone de pompage pour plusieurs minutes avec risque conséquente de casse mécanique. De plus les objectifs de performances ne pourraient pas être atteints.

Nous proposons donc de dimensionner les ventilateurs pour résister, sans perte significative des performances pour les transitoires de longue durée. Les ventilateurs devront d'ailleurs supporter mécaniquement et électriquement les pressions maximales.

Les caractéristiques débit-pression retenues des ventilateurs réversibles sont données dans le tableau suivant pour les cas du désenfumage du tunnel et des descenderies.

Usine de ventilation	Désenfumage tunnel (régime nominal, 100 %)		Désenfumage descenderies	
	Débit	Pression	Débit	Pression
St Martin	150 m ³ /s	4500 Pa	70 m ³ /s	900 Pa
La Praz (Descenderie)	200 m ³ /s	6000 Pa	65 m ³ /s	850 Pa
La Praz (Caverne)			130 m ³ /s	3400 Pa
Avrieux	200 m ³ /s	6500 Pa	110 m ³ /s	1700 Pa
Maddalena 2	200 m ³ /s	5500 Pa	60 m ³ /s	500 Pa

Tableau 3 – Caractéristiques des ventilateurs

5.3 Performances acoustiques

Pour les niveaux acoustiques à respecter se reporter à la note de dimensionnement des silencieux PRV_C2B_1445_40-01-26_10-06 – Etude acoustique.

5.4 Performances vibratoires

Les vitesses vibratoires en tout point des dalles béton et des voiles ne doivent excéder 1 mm/s en valeur efficace quel que soit le mode et le régime de fonctionnement des ventilateurs.

5.5 Moteurs électriques

Les moteurs équipant les groupes moto - ventilateurs présentent les caractéristiques suivantes :

5.5.1 Caractéristiques générales

- Moteurs asynchrones triphasés à rotor en court-circuit
- Fréquence nominale : 50Hz
- Tension d'alimentation nominale : 6kV
- Indice de protection minimal du moteur : IP 55
- Puissance nominale moteur supérieure d'au moins 20 % à la puissance nécessaire à l'arbre
- Déclassement éventuel pour tenir compte de l'alimentation par convertisseur de fréquence.
- Classe d'isolation : H
- Classe d'échauffement : B
- Fonctionnement pendant 2 heures avec des fumées à 400°C pour l'usine d'Avrieux, 2 heures avec des fumées à 200 °C pour les autres usines.
- Intensité au démarrage/intensité nominale < 6
- Câble entre boîte à borne et moteur CR1 C1.

Usine de ventilation	Désenfumage tunnel (régime nominal, 100 %)		Puissance moteurs
	Débit	Pression	
St Martin	150 m ³ /s	4500 Pa	920 kW
La Praz	200 m ³ /s	6000 Pa	1,8 MW
Avrieux	200 m ³ /s	6500 Pa	2 MW
Maddalena 2	200 m ³ /s	5500 Pa	1,6 MW

Tableau 4 – Puissance des moteurs

5.6 Variateurs de fréquence

Les variateurs de fréquence présenteront les caractéristiques suivantes :

5.6.1 Caractéristiques principales

- Variateur de vitesse à pour commande de moteurs asynchrones triphasés alimenté en 6kV.
- Régulateur numérique avec entrées et sorties isolées galvaniquement.
- Système de protection électronique contre : défaut de terre, court-circuit, surtensions ou sous-tension réseau, surintensités, surchauffe, surcharge thermique, absence de phase réseau.
- Panneau frontal permettant la programmation et l'affichage (messages d'état, messages de défaut paramètres de fonctionnement).
- Fonctionnement automatique par signal de régulation 0-10 V, 4-20 mA ou 0-20 mA.
- Possibilité de commande à distance par boutons poussoirs ou par potentiomètre.
- Rendement supérieur à 95% à puissance nominale pour fréquence de découpage de 2 à 4 kHz.
- Possibilité de réglage du débit de 10 à 100%.
- Précision du réglage : inférieure à 2%.
- Adaptation automatique des temps de rampes en cas de dépassement des possibilités de couple.
- Autodiagnostic.
- Trois seuils d'occultation de fréquence (cas de résonance mécanique).
- Mémorisation des 8 derniers défauts.
- 8 vitesses présélectionnées.
- Démarrage à la volée en cas de coupure de réseau.
- Mémorisation de l'état thermique du moteur.
- Conformité aux normes CEM IEC 1004 et IEC 1800-3.

5.6.2 Accessoires

- Carte d'extension pour entrées-sorties additionnelles.
- Self réseau et filtres anti-harmoniques
- By-pass automatique de secours pour le cas de panne du variateur.
- Carte PCMCIA pour protocole de communication.
- Logiciel PC

SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUZIONE	19
1.1 Descrizione generale del Progetto	19
1.2 Oggetto	19
1.3 Documenti di riferimento	19
1.4 Normativa e regole tecniche di riferimento	20
2. UBICAZIONE.....	20
3. SPECIFICHE TECNICHE COMUNI.....	20
3.1 Acciaio inossidabile.....	20
3.2 Alluminio, protezione tramite anodizzazione.....	21
3.3 Galvanizzazione.....	21
3.4 Verniciatura	21
3.4.1 Norme di riferimento	21
3.4.2 Condizioni generali	21
3.4.3 Abrasivi per preparazione della superficie	22
3.5 Verniciatura su galvanizzazione	22
3.6 Corrosione galvanica	22
4. SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ACCELERATORI	23
4.1 Prestazioni.....	23
4.2 Componenti.....	23
4.3 Caratteristiche	25
4.3.1 Dimensioni	25
4.3.2 Caratteristiche elettriche	25
4.3.3 Struttura di supporto dell'acceleratore	25
5. SPECIFICHE TECNICHE DEI VENTILATORI PRINCIPALI.....	25
5.1 Caratteristiche generali	25
5.1.1 Regimi di funzionamento	26
5.1.2 Supporto dei gruppi motoventilatori	26
5.1.3 Accessori	26
5.1.4 Tenuta alla temperatura	26
5.1.5 Rendimento	26
5.1.6 Mantenimento senso di rotazione– Ripresa della rotazione iniziale «à la volée» ..	26
5.1.7 Protezione contro l'effetto pistone dei treni	26
5.2 Selezione dei ventilatori	27
5.2.1 Disposizioni generali	27
5.2.2 Punto di funzionamento	27
5.3 Prestazioni acustiche.....	29
5.4 Prestazioni vibratorie	29
5.5 Motori elettrici	29
5.5.1 Caratteristiche generali.....	29
5.6 Variatori di frequenza	29
5.6.1 Caratteristiche principali	29
5.6.2 Accessori.....	30

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Pressioni generate dal passaggio dei treni	25
Tabella 2 – Caratteristiche dei ventilatori	28
Tabella 3 – Potenza dei motori	29

RESUME / RIASSUNTO

La présente note concerne les accélérateurs et les ventilateurs utilisés pour la ventilation hygiénique et le désenfumage du tunnel de base et des descenderies.

Elle décrit les règles générales de conception imposées par les conditions d'environnement des ouvrages, puis les spécifications techniques auxquelles doivent satisfaire les équipements.

La presente nota riguarda gli acceleratori ed i ventilatori utilizzati per la ventilazione igienica e l'estrazione fumi del tunnel di base e delle descenderie.

Descrive le norme generali di progettazione imposte dalle condizioni ambientali delle opere, quindi le specifiche tecniche che gli impianti devono rispettare.

1. Introduzione

1.1 Descrizione generale del Progetto

Il governo italiano e quello francese hanno deciso di intraprendere la realizzazione di una nuova linea ferroviaria tra Torino e Lione. Il progetto consiste principalmente nel predisporre un itinerario merci più efficiente per valicare le Alpi, con lo specifico obiettivo di limitare il traffico stradale che transita in queste aree ecologicamente sensibili.

La nuova linea avrà inoltre un forte impatto sul trasporto dei passeggeri, nella misura in cui collegherà la rete italiana e francese ad alta velocità, offrendo tempi di percorso ridotti tra il dipartimento francese della Savoia e il Piemonte, due regioni frontaliere particolarmente attrattive.

Per quanto l'opera sia suddivisa in tre sezioni, di cui due nazionali, il nostro studio prende in esame unicamente la parte comune italo-francese, detta "sezione internazionale" tra Saint-Jean de Maurienne e l'interconnessione con la linea storica di Bussoleno.

La sezione presa in esame avrà una lunghezza totale di circa 60 chilometri e sarà costituita dalle seguenti opere principali:

- I collegamenti alla linea storica di Saint Jean de Maurienne,
- Il tunnel di base di 57,517 km,
- La stazione internazionale di Susa,
- L'interconnessione con la linea storica a Bussoleno tramite una galleria lunga 2 km.

1.2 Oggetto

Il presente documento costituisce l'insieme delle specifiche tecniche dei ventilatori dei sistemi di ventilazione ed estrazione fumi del tunnel di base e delle discenderie del collegamento ferroviario Torino-Lione.

1.3 Documenti di riferimento

I documenti di riferimento del presente studio sono elencati nel documento « PRV_C2B_1420_40-01-00_10-01_Nota metodologica ventilazione ».

Sono completati dalle note seguenti:

- PRF_C1_0030_00-00-00_10-07_Note récapitulatives performances aérauliques _B
- PRV_C2B_1440_40-01-26_10-01 – Studio degli scenari di estrazione dei fumi del tunnel di base
- PRV_C2B_1441_40-01-26_10-02 – Studio della ventilazione sanitaria del tunnel di base
- PRV_C2B_1442_40-01-26_10-03 – Analisi funzionale della ventilazione del tunnel di base
- PRV_C2B_1421_40-01-00_10-05 – Studio della ventilazione e dell'estrazione dei fumi delle discenderie
- PRV_C2B_0013_40-01-00_10-01 – Studio della ventilazione delle aree di sicurezza
- PRV_C2B_1422_40-01-00_10-04 – Analisi funzionale della ventilazione delle discenderie
- PRV_C2B_1447_40-01-26_30-01 – Schema della ventilazione del tunnel di base
- PR_C2B_0529_40-01-41_20-01 – Schema della ventilazione di San Martin la Porte
- PR_C2B_0534_40-01-43_20-01 – Schema della ventilazione di La Praz
- PR_C2B_0541_40-01-45_20-01 – Schema della ventilazione di Modane e Avrieux
- PRV_C2B_1522_40-01-48_20-01 – Schema della ventilazione di Clarea e Maddalena
- PRV_C2B_1445_40-01-26_10-06 – Studio acustico
- PRV_C2B_1446_40-01-26_10-07 – Studio di robustezza

1.4 Normativa e regole tecniche di riferimento

Tutte le norme in vigore ed applicabili sono raggruppate nel documento :

- PRF_C1_0003_00-00-00_10-03_C : DPS - Allegato 4.1 - Quadro regolamentare del progetto e Non Conformità corrispondenti

I decreti, le norme, le regole e le guide tecniche particolari sono definiti in seguito:

La normativa seguente:

- Direttiva del Consiglio Europeo n° 98/37/CE del 22/06/98 concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine («direttiva macchine»)
- Direttiva del Consiglio Europeo n. 89/106/CE del 21/12/88 modificata dalla direttiva n. 93/68/CE del 22/07/93 concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, normative e amministrative degli Stati membri riguardo ai prodotti edili

E in particolare:

- Serie NF EN 12101 relativa ai sistemi per il controllo di fumi e calore
- NF EN292-1 e 292-2 relative alla sicurezza delle macchine
- La serie ISO 10816 relativa alle vibrazioni meccaniche
- La serie NF EN 60034 relativa alle macchine elettriche rotanti
- NF ISO 13349 e NF ISO 12499 relative ai ventilatori industriali
- NF ISO 14694 e ISO 1940 relative all'equilibratura delle macchine rotanti
- Le norme ISO 3741 e ISO 13347 relative alla determinazione dei livelli di potenza sonora
- NF ISO 5801 relativa ai ventilatori industriali e alle prove aeruliche sui circuiti standardizzati
- NF ISO 5802 relativa ai ventilatori industriali e ai collaudi delle prestazioni in sito

2. Ubicazione

I ventilatori principali per la ventilazione e l'estrazione dei fumi del tunnel di base e delle discenderie e gallerie sono situati in prossimità degli imbocchi:

- nella centrale di ventilazione di Saint Martin la Porte,
- nella centrale di ventilazione di la Praz,
- nella centrale di ventilazione di Avrieux,
- nella centrale di ventilazione della Maddalena 2.

3. Specifiche tecniche comuni

Tutti i pezzi metallici da impiegare sono realizzati con materiale inossidabile o sottoposto a trattamento protettivo efficace contro la corrosione dovuta alle condizioni ambientali e di utilizzo.

Va sottolineata l'importanza della protezione contro la corrosione nel tunnel data l'aggressività atmosferica dovuta principalmente all'umidità ed alla temperatura nello stesso.

3.1 Acciaio inossidabile

In linea di principio, l'acciaio inossidabile scelto è di tipo austenitico conforme allo standard AISI (American Iron and Steel Institute):

- tipo 304 per i pezzi sottoposti a sforzi considerevoli assemblati mediante bullonatura,
- tipo 304 L per i pezzi ad elevato rischio di corrosione o assemblati mediante saldatura.

Tutte le saldature (in fabbrica o sul cantiere) sono sottoposte a trattamento termico e/o a passivazione (prodotto a base di acido ortofosfatico) per minimizzare il rischio di corrosione.

3.2 Alluminio, protezione tramite anodizzazione

La protezione dell'alluminio tramite anodizzazione è realizzata in conformità alle vigenti norme.

Lo spessore della protezione anodica deve essere superiore a 12 µm su tutte le superfici.

3.3 Galvanizzazione

Viene realizzata a caldo e in conformità alle vigenti norme, in particolare alla NF EN ISO 1461.

Lo spessore dello zinco dovrà essere superiore a 80 µm in tutti i punti delle superfici trattate.

Qualora l'installazione di tali pezzi necessiti o comporti di mettere a nudo il metallo, occorre proteggere nuovamente le zone spoglie con l'applicazione di una vernice ricca in zinco.

È proibita la galvanizzazione sul posto mediante bomboletta spray, a maggior ragione in officina.

3.4 Verniciatura

3.4.1 Norme di riferimento

- NF EN ISO 12944: relativa alle pitture e alle vernici e alla protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura
- NF EN ISO 4628-3: relativa alle pitture e alle vernici, alla valutazione del degrado dei rivestimenti, alla designazione della quantità e della dimensione dei difetti, e dell'intensità dei cambiamenti uniformi di aspetto - Parte 3: Misurazione del grado di ruggine

3.4.2 Condizioni generali

La vernice deve essere compatibile con il rivestimento del supporto del pezzo verniciato (per es. supporti galvanizzati per tubature verniciate).

I trattamenti di verniciatura e di protezione anticorrosiva vanno progettati ed eseguiti tenendo conto dell'aggressività atmosferica.

Le vernici devono per quanto possibile provenire da un unico fornitore. Presentano le seguenti qualità:

- facilità di lavaggio con tutti i detersivi disponibili sul mercato,
- resistenza agli oli minerali,
- colore che non si altera con il tempo,
- buona aderenza,
- asciugatura rapida (fuori polvere, al tatto, definitiva).

La verniciatura deve essere eseguita sulle superfici metalliche perfettamente asciutte.

Essa comporta obbligatoriamente:

- l'accettazione della superficie da verniciare,
- i trattamenti preliminari necessari per compiere un lavoro a regola d'arte (stuccatura, riempimento, lisciatura, levigatura,... a seconda della qualità e dell'esposizione alla vista della superficie metallica),
- l'applicazione della vernice e/o della protezione anticorrosiva,
- la pulitura e le rifiniture (raccordi, ecc.).

Per tutti i lavori di verniciatura, ad esclusione della protezione antiruggine, si richiede come minimo l'applicazione di due mani di vernice.

L'applicazione degli intonaci e delle vernici, ecc. non deve essere effettuata quando:

- la temperatura ambiente è inferiore a 5°C,
- l'atmosfera umida rischia di provocare condensa,
- le superfici metalliche da verniciare sono gelate o surriscaldate,
- tali superfici non presentano le qualità richieste per un lavoro perfetto.

Le prove delle vernici sono eseguite in conformità alle norme vigenti.

La protezione anticorrosiva deve coprire tutte le superfici metalliche.

Le mani di vernice sono applicate sulle superfici non unite. La loro applicazione è realizzata secondo le indicazioni del fornitore.

Dopo l'asciugatura, le mani di vernice devono aderire perfettamente le une con le altre e la mano di fondo deve aderire totalmente alla superficie da proteggere.

3.4.3 Abrasivi per preparazione della superficie

L'abrasivo scelto deve consentire di ottenere la rugosità e il grado di accuratezza (secondo ISO 8501-1) specificati nella scheda di omologazione per il sistema considerato.

Deve essere conforme alle specifiche delle norme relative alle condizioni d'igiene e di sicurezza in vigore.

3.5 Verniciatura su galvanizzazione

L'applicazione di un sistema detto duplex deve essere realizzata per fasi successive:

- Galvanizzazione dei pezzi secondo le caratteristiche sopraindicate
- Eliminazione dell'ossidazione nelle zone dove la galvanizzazione è stata eliminata ed applicazione (eventualmente) di un trattamento completo di riparazione
- Pulitura e sgrassatura secondo i dati della scheda tecnica del fornitore
- Decapaggio di tipo chimico o meccanico se raccomandato dalla scheda tecnica del fornitore
- Conversione mediante fosfatazione o cromatazione se raccomandata dalla scheda tecnica del fornitore
- Applicazione del trattamento completo di verniciatura secondo i dati della scheda tecnica del fornitore.

3.6 Corrosione galvanica

Al fine di evitare qualsiasi rischio di degradazione per effetto di coppia elettrolitica, i materiali dei pezzi da assemblare e della bulloneria vanno scelti di modo che il potenziale

delle pile create sia il più basso possibile, e in ogni caso inferiore a 300 mV (valore in una soluzione acquosa al 2% di NaCl).

Se fosse impossibile rispettare tale requisito, si devono prendere tutte le precauzioni per impedire il contatto diretto tra i materiali considerati (rondelle isolanti, ...).

4. Specifiche tecniche degli acceleratori

4.1 Prestazioni

Le prestazioni unitarie che gli acceleratori devono al minimo effettuare sono le seguenti:

- Spinta in campo libero: 1130N (per $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$)
- Spinta in campo libero nell'altro senso: 1130 N (Reversibilità: 100 %)
- Velocità di erogazione massima: 35 m/s
- Tempo di avviamento massimo a pieno regime: 20 secondi
- Tenuta alla temperatura: funzionamento in gas di 200 °C per 2 ore.

4.2 Componenti

Ciascun gruppo motoventilatore è costituito di:

- Un'elica bilanciata sul piano statico e dinamico costituita di un mozzo e di una palettatura regolabile da fermo realizzati in lega di alluminio oppure in acciaio inossidabile. Lo spazio libero tra le estremità delle pale e la cappa del ventilatore ne consente il corretto funzionamento anche in presenza di fumi caldi.
- Una ghiera in lamiera di acciaio con il supporto del motore, i supporti della scatola elettrica e degli accessori (rivelatore di vibrazioni) nonché la struttura d'aggancio al soffitto.
- Reti di protezione con maglie di 40 mm realizzate con fili in acciaio saldati di 2 mm, in aspirazione e mandata.
- Un motore-freno asincrono conforme alle norme europee per corrente trifase alimentato in 50 Hz 400 V.
 - L'indice de protezione del motore è IP 55.
 - La sua tenuta al fuoco deve essere di 200° per 2 ore.
 - L'isolamento è di classe H o C.
 - Il motore è a azionamento diretto e deve poter sopportare 6 avviamenti all'ora.
 - Deve essere possibile effettuare l'avviamento normalmente con una caduta della tensione anche pari al 10 % della tensione nominale.
 - Il motore è munito di una protezione termica che consente di arrestarne il funzionamento in caso di riscaldamento anomalo. In caso di procedura di estrazione fumi, la protezione termica è bypassata ai quadri di comando degli acceleratori al fine di garantirne il funzionamento malgrado l'eventuale presenza di fumi caldi.
 - Il rapporto dell'intensità dell'avviamento all'intensità nominale deve essere inferiore a 7.
- Una scatola elettrica di sezionamento realizzata in acciaio inossidabile montata su un disco saldato alla ghiera esterna completa di:
 - interruttore generale a comando esterno da chiudere con lucchetto,
 - premistoppa e morsettiere di collegamento potenza e comando-controllo.

La scatola presenta l'indice di protezione IP 65.

Il passaggio dei cavi di alimentazione del motore (di tipo C1 CR1) e del cavo della protezione termica tra morsettiera e scatola avviene in un tubo in acciaio inossidabile fissato all'interno della ghiera.

- Un sistema di monitoraggio delle vibrazioni integrato in una scatola IP65 fissata sulla ghiera. Il sistema di misurazione e di controllo delle vibrazioni dell'acceleratore è progettato e installato secondo le raccomandazioni delle norme vigenti e in particolare della norma ISO 10816. Il sistema comporta in particolare:

- un rivelatore di vibrazioni capace di misurare il valore efficace della velocità di vibrazione per una larga banda di frequenza. È fissato all'acceleratore tramite un collegamento meccanico rigido (vite,...).

Presenta una gamma di misurazione e una precisione compatibile con i livelli di vibrazione che saranno stati misurati precedentemente in fabbrica su un acceleratore montato sulla propria struttura di supporto e con i livelli di vibrazione previsti in sito.

- un dispositivo elettronico di monitoraggio completo di amplificatore, rete di filtri, uscite analogiche e TON, ...

Il sistema di monitoraggio delle vibrazioni è stato progettato per interrompere automaticamente l'alimentazione elettrica dell'acceleratore appena raggiunto il livello di allarme.

La sua attivazione è temporizzata per non provocare l'allarme durante la fase di avviamento.

In caso di procedura di estrazione fumi, l'allarme vibrazioni viene bypassato nei quadri di comando degli acceleratori al fine di garantirne il funzionamento malgrado l'eventuale presenza di fumi caldi.

4.3 Caratteristiche

Le altre caratteristiche degli acceleratori, da adattare secondo la macchina scelta, sono le seguenti:

4.3.1 Dimensioni

- Diametro della girante : 1000 mm
- Diametro esterno : 1200 mm

4.3.2 Caratteristiche elettriche

- Potenza massima motore : 37 kW
- Rendimento minimo motore : 0,92

4.3.3 Struttura di supporto dell'acceleratore

La sospensione degli acceleratori al piedritto del tunnel viene realizzata con una struttura di supporto. La sua tenuta al fuoco deve essere di 450 °C per 2 ore.

La struttura deve inoltre resistere a lungo agli effetti aeraulici (effetto stantuffo) generati dal passaggio dei treni. I criteri di dimensionamento sono i seguenti:

- Pressione massima: ± 10 kPa
- Pressioni cicliche alterne: vedi tabella sotto

Tipo di treno	Pressioni massime (kPa)	Traffico (numero treni/g)
Passeggeri	+3,8/-3,9	16
Merci	+6,5/-5,6	113
AF	+9,6/-8,3	63

Tabella 5 – Pressioni generate dal passaggio dei treni

La struttura di supporto è costituita di:

- un telaio in profilati metallici fissato con apposite spine metalliche
- un insieme destinato al supporto del ventilatore costituito da una culla in lamiera di acciaio sulla quale sono posti su piedi antivibratili i supporti del ventilatore; questi ultimi sono fissati alla ghiera.

Le strutture di supporto sono agganciate al piedritto con dispositivi di fissaggio meccanici (sono assolutamente vietati dispositivi di fissaggio chimici).

5. Specifiche tecniche dei ventilatori principali

5.1 Caratteristiche generali

I ventilatori presentano le seguenti caratteristiche principali:

- di tipo elicoidale,
- sistemazione delle pale regolabile da fermo,
- azionamento diretto dal motore.

Sono costituiti essenzialmente dai seguenti componenti:

- una girante bilanciata sul piano dinamico,
- uno statore completo di ghiera cilindrica esterna, raddrizzatore, carenatura a valle profilata, flange di collegamento alle parti a monte e a valle del circuito,
- un telaio supporto metallico.

5.1.1 Regimi di funzionamento

I ventilatori reversibili delle centrali di ventilazione situate all'imbocco dei pozzi di St Martin, La Praz, Avrieux e Val Clarea assicurano la ventilazione sanitaria del tunnel nonché l'estrazione dei fumi del tunnel e delle discenderie.

I regimi di funzionamento di ciascun ventilatore vanno dal 30 % al 100 % del regime nominale.

5.1.2 Supporto dei gruppi motoventilatori

Ogni ventilatore sarà fissato con un dispositivo rigido su una base inerziale in calcestruzzo. L'insieme è a sua volta fissato sul pavimento delle sale dei ventilatori mediante piedi antivibratili di tipo elastico oppure viscoelastico.

5.1.3 Accessori

I punti di ingrassaggio sono riportati all'esterno della ghiera.

Inoltre, i gruppi motoventilatori sono dotati delle seguenti apparecchiature:

- Sonde di temperatura avvolgimenti motore,
- Sonde di temperatura limite con due soglie (allarme, attivazione) per i motori di potenza maggiore o uguale a 150 kW,
- Rivelatore di vibrazioni per i ventilatori di potenza maggiore o uguale a 150 kW.

5.1.4 Tenuta alla temperatura

I ventilatori reversibili devono poter funzionare:

- per 2 ore con fumi a 400°C alla bocca aspirante delle macchine per la centrale del pozzo di Avrieux,
- per 2 ore con fumi a 200°C alla bocca aspirante delle macchine per le altre centrali.

5.1.5 Rendimento

Il rendimento complessivo di ciascuna catena variatore-motore-girante è superiore al 70%.

5.1.6 Mantenimento senso di rotazione– Ripresa della rotazione iniziale «à la volée»

Queste funzioni sono assicurate dai variatori di frequenza.

5.1.7 Protezione contro l'effetto pistone dei treni

I ventilatori funzionano in comunicazione con la canna ferroviaria, devono resistere alle onde di pressione generate dall'effetto pistone dei treni.

Un dispositivo antipompaggio assicurerà questa funzione.

5.2 Selezione dei ventilatori

La selezione delle macchine deve rispettare i valori nominali delle portate ai ventilatori.

5.2.1 Disposizioni generali

I ventilatori devono assicurare un funzionamento stabile e non presentare nessun fenomeno di pompaggio qualunque sia il regime di ventilazione.

Il punto di funzionamento di ciascun ventilatore, a massimo regime, è scelto di modo che la pressione totale in servizio normale sia tutt'al più uguale all'80 % del valore massimo che presenta la «caratteristica portata/pressione».

5.2.2 Punto di funzionamento

Gli studi sull'estrazione fumi del tunnel di base (PRV_C2B_1440_40-01-26_10-01_C) indicano le pressioni massimali (AP_{max}) e le pressioni a regime (AP_{regime}) alle quali i ventilatori sono sottoposti

La tabella è la seguente :

Puits	St. Martin	La Praz	Avrieux (1 et 2)	Maddalena 2
Débit (m ³ /s)	±300	±400	±400	±400
$ \Delta P_{max} $ (Pa)	5600	6800	7500	6000
$ \Delta P_{regime} $ (Pa)	3050	3200	3150	2700
T _{max} (°C)	32	89	280	77

Tableau 6 – Portate dei ventilatori e variazioni di pressione

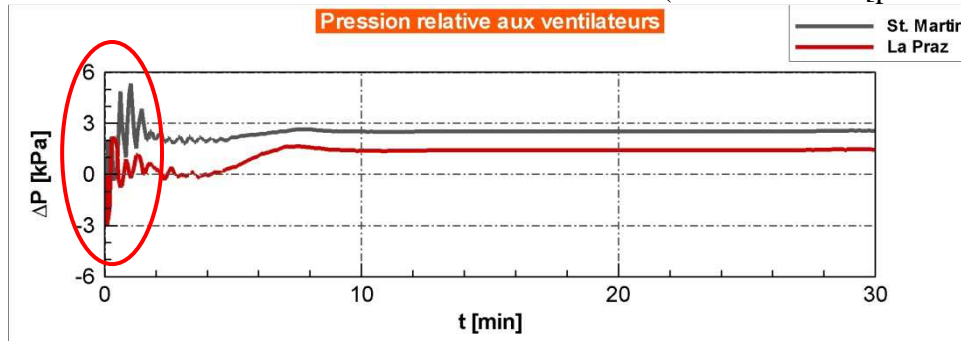
Les differenze rispetto ai risultati ottenuti durante gli studi di PD2/PR sono legati essenzialmente a:

- Lo spostamento del sito di sicurezza di Clarea
- L'obiettivo di una velocità di non ritorno dei fumi di 1,5 m/s

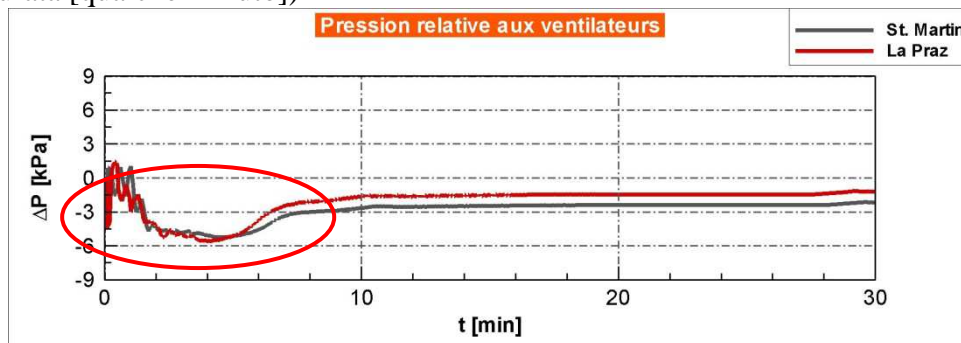
Le pressioni a regime sono abbastanza limitate, intorno ai 3000 Pa. Le pressioni massimali possono invece raggiungere dei valori ben più elevati, fino a 7500 (Avrieux).

Analizzando le curve della variazione di pressione dei ventilatori possiamo distinguere due fenomeni diversi:

- Fenomeni transitori durante la fase di messa in moto (di corta durata [pochi secondi])



- Fenomeni transitori prima di raggiungere il regime stabile di ventilazione (di lunga durata [qualche minuto])



Dimensionare i ventilatori per il solo regime stabile è limitante : i ventilatori si troverebbero a lavorare nella zona di pompaggio per diversi minuti, con in conseguente rischio di rottura meccanica. In aggiunta gli obiettivi di di velocità d’aria in tunnel non potrebbero essere raggiunti.

Proponiamo quindi di dimensionare i ventilatori per resistere, senza perdita significativa delle performance, alle fasi transitorie di lunga durata. I ventilatori dovranno in aggiunta sopportare meccanicamente ed elettricamente le pressioni massimali istantanee.

Le caratteristiche portata/pressione dei ventilatori reversibili sono elencate nelle tabelle qui sotto per i casi di estrazione dei fumi del tunnel e delle discenderie.

Centrale di ventilazione	Estrazione fumi tunnel (regime nominale, 100 %)		Estrazione fumi discenderie	
	Portata	Pressione	Portata	Pressione
St Martin	150 m ³ /s	4500 Pa	70 m ³ /s	900 Pa
La Praz (Discenderia)	200 m ³ /s	6000 Pa	65 m ³ /s	850 Pa
La Praz (Caverna)			130 m ³ /s	3400 Pa
Avrieux	200 m ³ /s	6500 Pa	110 m ³ /s	1700 Pa
Maddalena 2	200 m ³ /s	5500 Pa	60 m ³ /s	500 Pa

Tabella 7 – Caratteristiche dei ventilatori

5.3 Prestazioni acustiche

Per i livelli acustici da rispettare, riferirsi alla nota di dimensionamento dei silenziatori PRV_C2B_1445_40-01-26_10-06 – Studio acustico.

5.4 Prestazioni vibratorie

Le velocità vibratorie in ogni parte delle solette in calcestruzzo e delle paratie non devono eccedere 1 mm/s in valore efficace qualunque sia il modo e il regime di funzionamento dei ventilatori.

5.5 Motori elettrici

I motori montati sui gruppi motoventilatori presentano le seguenti caratteristiche:

5.5.1 Caratteristiche generali

- Motori asincroni trifase con rotore in cortocircuito
- Frequenza nominale: 50Hz
- Tensione di alimentazione nominale: 6kV
- Indice di protezione minima del motore: IP 55
- Potenza nominale motore superiore di almeno il 20 % alla potenza necessaria all'albero
- Eventuale declassamento per tener conto dell'alimentazione con variatore di frequenza
- Classe d'isolamento: H
- Classe di riscaldamento: B
- Funzionamento per 2 ore con fumi a 400°C per la centrale di Avrieux, 2 ore con fumi a 200 °C per le altre centrali
- Intensità all'avviamento/intensità nominale < 6
- Cavo tra morsetti e motore CR1 C1.

Centrale di ventilazione	Estrazione fumi tunnel (regime nominale, 100 %)		Potenza motori
	Portata	Pressione	
St Martin	150 m ³ /s	4500 Pa	920 kW
La Praz	200 m ³ /s	6000 Pa	1,8 MW
Avrieux	200 m ³ /s	6500 Pa	2 MW
Maddalena 2	200 m ³ /s	5500 Pa	1,6 MW

Tabella 8 – Potenza dei motori

5.6 Variatori di frequenza

I variatori di frequenza presentano le seguenti caratteristiche:

5.6.1 Caratteristiche principali

- Variatore di velocità per comando di motori asincroni alimentati in 6kV.
- Regolatore numerico con ingressi e uscite ad isolamento galvanico.
- Sistema di protezione elettronica contro: difetto di terra, corto circuito, sovratensioni o sottotensioni rete, sovrintensità, surriscaldamento, sovraccarico termico, assenza di fase rete.
- Monitor di programmazione e di visualizzazione (messaggi di stato, messaggi di difetto, parametri di funzionamento).

- Funzionamento automatico con segnale di regolazione 0-10 V, 4-20 mA o 0-20 mA.
- Possibilità di comando remoto mediante pulsanti o potenziometro.
- Rendimento superiore al 95% alla potenza nominale per frequenza di frazionamento da 2 a 4 kHz.
- Possibilità di regolazione della portata dal 10 al 100%.
- Precisione della regolazione: inferiore al 2%.
- Adattamento automatico dei tempi di cambiamento di velocità di rotazione in caso di superamento delle possibilità di coppia.
- Autodiagnosi.
- Tre soglie di oscuramento di frequenza (caso di risonanza meccanica).
- Memorizzazione degli ultimi 8 difetti.
- 8 velocità preselezionate.
- Avviamento detto «à la volée» in caso di interruzione dell'alimentazione.
- Memorizzazione dello stato termico del motore.
- Conformità alle norme CEM IEC 1004 e IEC 1800-3.

5.6.2 Accessori

- Scheda di estensione per ingressi e uscite addizionali.
- Self sulla rete e filtri antiarmoniche.
- By-pass automatico di soccorso in caso di guasto del variatore.
- Scheda PCMCIA per il protocollo di comunicazione.
- Software PC.