

**GROUPE INTERDISCIPLINAIRE DE RÉFLEXION  
SUR LES TRAVERSÉES SUD-ALPINES  
ET L' AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE MARALPIN**

*Association Loi de 1901 enregistrée au J.O. du 13 mars 1996  
Membre de la Commission Internationale pour la Protection des Alpes (CIPRA)*

*SECRETARIAT : Jacques Molinari - 49 avenue Cernuschi - F - 06500 MENTON  
Tél/Fax : 33 - (0)4 93 35 35 17 - Messagerie électronique : gir.maralpin@wanadoo.fr*

**CARACTÉRISTIQUES D'INFRASTRUCTURES  
COMPARÉES  
DES PERCÉES FERROVIAIRES ALPINES  
FRANCO-ITALIENNES**

**B - CONTRAINTES CONSTRUCTIVES  
(GÉNIE CIVIL & INFRASTRUCTURES LOURDES)  
RÉGISSANT LES CIRCULATIONS SUR LA LIGNE DE MODANE**

**Jacques Molinari**  
Ingénieur honoraire du C.E.A.

**Décembre 1999**

## **PRÉSENTATION**

Le présent cahier constitue le second des trois volets d'un dossier du GIR Maralpin traitant des caractéristiques d'infrastructures comparées des percées ferroviaires alpines franco-italiennes (Fréjus et Col de Tende) dont la partie introductive est intitulée "*Rappels sur les principaux critères de performance d'une ligne ferroviaire – Application aux lignes ferroviaires alpines*", et dont le troisième volet porte sur les "*Contraintes constructives régissant les circulations sur les lignes du Col de Tende*".

Le lecteur voudra bien s'y reporter, ainsi qu'aux cahiers également élaborés par le GIR et traitant de sujets connexes ou complémentaires (notamment les cahiers intitulés "*Transports combinés et infrastructures ferroviaires*", "*Eléments de mécanique ferroviaire*", "*Capacités et potentialités comparées des percées ferroviaires alpines franco-italiennes*", ou encore "*Le chemin de fer du Lötschberg (BLS) – Une référence et un modèle de ligne ferroviaire alpine*"), cahiers dont la liste est dressée en seconde page de couverture.

## **AVERTISSEMENT**

Le présent dossier n'ayant aucune prétention à l'exhaustivité, les données et analyses qui y figurent appellent donc des compléments d'information dont certains, formellement sollicités auprès des administrations ferroviaires concernées, restent en cours d'instruction.

Afin d'en permettre l'examen critique et de faciliter des investigations ultérieures, un grand soin a été attaché à mentionner avec précision chacune des sources, qu'elles relèvent de publications, de "littérature grise", de courriers ou de simples entretiens.

Les références correspondantes, toutes inventoriées selon les cas, soit en tête, soit en fin de chacune des sections de ce document, devraient grandement faciliter les indispensables compléments, révisions, mises à jour, sinon refontes, de ce document de travail.

Ainsi présenté, ce dossier, inévitablement sommaire et incomplet, semble néanmoins devoir constituer une base valide pour des investigations plus systématiques et une analyse plus approfondie.

## **REMARQUES SUR LA PRÉSENTATION DES RÉFÉRENCES**

Le mode d'identification retenu est du type "Harvard", avec quelques nuances toutefois, du fait de notre choix d'un classement catégoriel de ces références, par nature et par sources.

### **Identifications catégorielles**

Tandis que, pour les publications traditionnelles (et, dans le cas présent, pour les articles de bulletins et de revues), la notation est constituée, en premier lieu des noms d'auteurs, et, en second lieu, du millésime de publication (par exemple [LESCA (1998)]), dans le cas des ouvrages collectifs, les noms des auteurs cèdent quelquefois leur rang aux acronymes des organismes auxquels ils ressortissent.

### **Références émanant d'organisations officielles ou d'organismes reconnus**

Pour toute référence bénéficiant d'un tel label, ce dernier figure en tête de notation.

Ce label prend la forme, soit de l'acronyme de l'organisme (UIC, etc.) ou des organismes associés (par exemple [FS/RFF/SNCF (1998)]), soit, dans le cas d'ouvrages ou de documents complexes, d'un acronyme suivi d'une indication de localisation (par exemple [FS/RFF/SNCF (1998) ; Annexe 3.1.3] ou encore [SNCF/RT-5133 (1997)]).

## REMERCIEMENTS

Que tous ceux qui ont bien voulu aider à la collecte, à la compréhension, ainsi qu'à l'attestation des nombreuses informations et données techniques ici rassemblées, soient remerciés, et tout particulièrement Monsieur le Professeur Dott. Geol. Giancarlo BORTOLAMI, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino, Monsieur Jean BRULARD, Adjoint au Directeur Technique d'Alpetunnel, Monsieur Michelangelo DANIELE, Chef de gare honoraire de Cuneo (FS) ; Monsieur André FAVRE, Responsable Production Fret, SNCF, Gare internationale de Modane ; Monsieur Philippe MARTIN, Délégué aux projets alpins de Réseau ferré de France (RFF).

## TABLE DES MATIÈRES

### 1. LE CADRE HISTORIQUE

- 1.1. La genèse
- 1.2. La réalisation de l'ouvrage et de ses accès
  - (a) Le percement du tunnel
  - (b) Les accès

### 2. CARACTÉRISTIQUES DE TRACÉ

- 2.1. Le tunnel de faîte
- 2.2. Ensemble de la ligne
- 2.3. Le tronçon alpin
  - (a) Profil en long
  - (b) Sinuosité et profil en long corrigé

### 3. PARAMÈTRES DE CIRCULATION SUR LE TRONÇON ALPIN

- 3.1. Versant Ouest (St. Jean de Maurienne – Tunnel de faîte)
  - (a) Rampes et pentes caractéristiques [Sections St.-Jean-de-Maurienne - Modane et Modane - Tunnel]
  - (b) "Gradi di prestazione" (Classes de prestations)
  - (b) "Gradi di frenatura" (Classes de freinage)
- 3.2. Versant Est (tunnel de faîte – Bussoleno)
  - (a) Rampes et pentes caractéristiques [Ligne "historique" et voie nouvelle]
  - (b) "Gradi di prestazione" [Ligne "historique" et voie nouvelle]
  - (b) "Gradi di frenatura"

### 4. CONTRAINTES D'EXPLOITATION

- 4.1. Vitesses de circulation et performances de l'itinéraire
  - (a) Exploitation française
  - (b) Exploitation italienne
- 4.2. Résistance des attelages et charges limites remorquables
- 4.3. Traction
- 4.4. Circulation
  - (a) Itinéraires de détournement
  - (b) Garages et évitements

### 5. GABARITS

- 5.2. Ouvrages d'origine (tunnel de faîte)
- 5.2. L'évolution des gabarits sur l'itinéraire fret franco-italien de Modane
- 5.3. La situation actuelle

### RÉFÉRENCES

### PLANCHES & TABLEAUX



# **CONTRAINTES CONSTRUCTIVES (GÉNIE CIVIL & INFRASTRUCTURES LOURDES) RÉGISSANT LES CIRCULATIONS SUR LA LIGNE DE MODANE**

## **1. LE CADRE HISTORIQUE** [LESCA (1998)]

### **1.1. La génèse**

L'extension dans le reste de l'Europe du transport ferroviaire né en Angleterre en 1825 ne pouvait laisser indifférent le Piémont soucieux d'améliorer ses relations, d'une part avec le port de Gênes, et d'autre part avec la Savoie, itinéraires présentant l'un et l'autre de grands obstacles orographiques nécessitant le percement d'importants tunnels.

Le franchissement des Apennins Ligures sur la ligne Turin-Gênes (dont la construction débuta en 1848) fut réalisé par le tunnel du Giovi foré entre 1848 et 1852, d'une longueur de 3255 m, de très loin le plus long tunnel ferroviaire de l'époque (celle du Semmering, premier tunnel alpin, achevé la même année, lui étant très notablement inférieure avec 1408 m).

Le percement des Alpes entre Bardonnèche et Modane préconisé dès 1832 par le piémontais Médail, ne retint l'attention de son Gouvernement qu'en 1848. Ce dernier en chargea, après le court intermède de l'ingénieur anglais Brunel, l'ingénieur belge Maus, lequel réalisa une préétude détaillée situant l'ouvrage à une altitude compatible avec les rampes ferroviaires admissibles sur chaque versant.

Le projet, dont l'emplacement et la longueur (12 290 m) sont assez proches de ceux du tunnel actuel, ne résolvait pas les problèmes de percement autrement plus ardues que ceux du Giovi, lequel, du fait de la faible couverture, fut réalisé à partir de fronts d'attaque multiples distribués de part et d'autre de 14 puits d'accès.

La solution, le recours à l'air comprimé, en fut avancée par l'ingénieur savoyard Sommeiller, qui avec ses collègues piémontais Grandis et Grattoni, en charge de l'exploitation de la dure rampe sud du Giovi (dépassant très largement, avec 35 ‰, celle du Semmering limitée à 25 ‰), avaient conçu une machinerie hydraulique de production d'air comprimé, avec l'espoir de substituer, dans les locomotives qu'ils avaient eux-mêmes conçues, cette forme d'énergie motrice au charbon d'importation considéré comme fort coûteux.

Convaincu par Sommeiller de l'intérêt d'une technique puisant l'énergie aux ressources hydrauliques locales, et assurant conjointement la ventilation des galeries et le travail de perforation (au moyen de la perforatrice à vapeur de l'ingénieur anglais Bartlett transposée puis perfectionnée par Sommeiller), le parlement turinois acquiesçait au projet des trois ingénieurs en mai 1856, avant de le leur en confier officiellement l'exécution le 25 juin 1857.

### **1.2. La réalisation de l'ouvrage et de ses accès**

Quand en août 1857 fut inauguré le chantier, sur le versant Sud seule la section Torino-Susa était réalisée, tandis que la Compagnie du Chemin de fer Victor-Emmanuel (ayant son siège à Paris et présidée par le banquier Laffitte) avait mis en service, depuis seulement une année, la section de ligne Aix-les-Bains – St.-Jean-de-Maurienne (dont la réalisation avait été confiée à la société anglaise Brassey, Henfrey & Co) [On notera que le raccordement avec le réseau français à Culoz, alors située sur la frontière savoyarde, ne fut effectif que peu avant le rattachement de la Savoie à la France].

#### **(a) Le percement du tunnel**

Au rythme du forage manuel, jusqu'à achèvement des centrales hydropneumatiques [en 1861 sur le chantier Sud (Bardonnèche) et en 1863 sur le chantier Nord (Modane-Fourneaux)] et mise au point des perforatrices Sommeiller (en 1861), le percement du tunnel aurait nécessité une durée de quelque vingt-cinq années. La mécanisation et les perfectionnements apportés aux équipements et à la conduite des chantiers permirent d'opérer, avec une remarquable précision pour l'époque, la jonction des deux fronts

d'avancement le 25 décembre 1870, et d'assurer la première circulation de service le 30 septembre 1971 entre Bardonnèche et Modane.

## **(b) Les accès**

Tandis que sous le Règne sarde, le tronçon, initialement à voie unique, d'Aix-les-Bains à St.-Jean-de-Maurienne, avait été mis en service en 1856, le tronçon suivant, jusqu'à St.-Michel-de-Maurienne (14 km), ne le sera qu'en 1862.

Le passage sous administration française en 1860 entraîna, en juin 1867, l'abandon par la Compagnie Vittore Emmanuelle, de sa concession à l'Etat français, lequel la rétrocéda à la Compagnie Paris-Lyon-Marseille (PLM).

La guerre franco-prussienne contribuera à retarder l'achèvement par le PLM, avec les caractéristiques les plus sévères de l'ensemble du tracé (rampes de plus de 30 ‰), du dernier tronçon du versant nord de la ligne, 21 km entre St.-Michel-de-Maurienne et Modane, tronçon dont la mise en service fut effective quinze jours après celle du tunnel de façade.

Sur le versant piémontais, la mise en service de la section Bussoleno-Bardonnèche (39,5 km à voie unique), retardée par des difficultés géologiques, s'opéra un mois plus tard. Son doublement ne fut réalisé que plus d'un siècle après, en 1985, sur un tracé sensiblement différent.

## **2. CARACTÉRISTIQUES DE TRACÉ**

### **2.1. Le tunnel de façade** [LESCA (1998)]

Des désordres survenus en sa tête nord, peu après mise en service de l'ouvrage, conduisirent à réaliser une galerie de déviation portant la longueur effective de l'ouvrage souterrain de 12 213,55 m à 13 636,45 m.

Une autre modification plus notable du plan initial concerne le profil de l'ouvrage dont le point culminant (1295,00 m) aurait eu pour cote 1338,45 m avec, de part et d'autre, deux rampes monotones, l'une fort déclive vers Modane, l'autre plus modérée vers Bardonnèche.

Les raisons de ces discordances [cf. Planche 1 "*Planimétrie et profil longitudinal du tunnel de façade*"] ne résultent pas uniquement du réajustement (sans incidence sur le déroulement des travaux) des cotes absolues toutes diminuées de 43,86 mètres. Selon Corrado LESCA [in *ibidem* (1998)], elles seraient attribuées, pour ce qui concerne les modifications de profil observées à chacune de extrémités, à des incidents de nivellement rattrapés en fin de chantier. En résulte, notamment sur le versant piémontais, l'anomalie péjorative de la courte section en profil de 34 ‰, puis de 23 ‰, située au portail sud, en sortie de gare de Bardonnèche (Bardonecchia).

### **2.2. Ensemble de la ligne** [FS/RFF/SNCF (1998) - 3.1]

L'axe international de Modane est généralement délimité par l'itinéraire Dijon-Torino qui se développe sur 506 km en France et 91 km en Italie.

L'ensemble de la ligne peut se décomposer en quatre éléments distincts du point de vue de son profil en long [cf. Planche 2 "*Schéma altimétrique de l'axe fret Dijon-Modane-Turin*"] :

- Dijon - Ambérieu (220 km), ligne à profil favorable ne dépassant pas pas 12 ‰, sans contraintes particulières pour la traction de trains de fret de 1600 t avec une seule machine ;
- Ambérieu - St Jean-de-Maurienne (157 km), ligne de vallée au profil encore favorable, ne dépassant pas 12 ‰, et localement 15 ‰ (peu avant St Jean-de-Maurienne), sans contrainte particulière pour la traction de trains de fret jusqu'à 1300 t avec une seule machine ;
- St Jean-de-Maurienne - Bussoleno (86 km), ligne de montagne franchissant l'arc alpin entre Modane et Bardonecchia par le tunnel du Fréjus, d'une longueur de 13 657 m, ouvert à l'exploitation en 1871 ;
- Bussoleno - Torino (43 km), ligne de plaine au profil facile, inférieur ou égal à 11 ‰, sans contrainte particulière pour la traction de trains de fret avec une seule machine.

### **2.3. Le tronçon alpin** (St Jean-de-Maurienne - Bussoleno)

#### **(a) Profil en long** [FS/RFF/SNCF (1998) - 3.1]

Ce tronçon s'inscrit en fond de vallée (versant français) et à flanc de montagne (versant italien), avec des tracés très sinueux et accidentés.

Le point culminant de la ligne se situe vers le milieu du tunnel à la cote 1295 m, alors que l'altitude des gares de St Jean-de-Maurienne et Bussoleno est respectivement de 537 m et 441 m.

Le profil en long réel dépasse 30 ‰ sur le versant français et atteint 30 ‰ sur le versant italien. Le profil du tunnel de faite, en chapeau de gendarme, est surtout fortement marqué avec près de 28 ‰ sur le versant français ; il présente un profil faible sur le versant italien à l'exception d'une très courte section atteignant 34 ‰ [cf. Planche 1 "*Planimétrie et profil longitudinal du tunnel de faite*"].

Sur le versant italien, entre Salbertrand et Bussoleno, resté à voie unique jusqu'à une époque récente, la seconde voie (ligne nouvelle) a été réalisée selon un tracé sensiblement différent, plus long de 2,3 km afin d'en limiter le profil à 26 ‰ et de l'affecter préférentiellement au sens montant, la voie dite "historique", aux rampes de 30 ‰, l'étant au sens descendant [cf. Planche 3 "*Profil en long de la section de ligne Montmélian-Turin*"].

A l'exception de la très forte (34 ‰) mais courte (0,5 km) rampe du portail sud du tunnel au départ de Bardonecchia [cf. Planche 1], les rampes les plus prononcées de la ligne s'observent [cf. Planche 4 "*Profil (pentes moyennes) et vitesses limite de circulation du tronçon St.-Jean-de-Maurienne - Bussoleno*"] sur le versant français,

- entre St Michel-Valloire et le Pont des Chèvres [8,6 km à 31,4 ‰], et
  - entre le Pont des Chèvres et Fourneaux (Modane) [5,3 km à 31,6 ‰],
- puis, dans l'ordre de sévérité décroissante :
- sur la rampe nord du tunnel, entre Terres Froides (amont de Modane) et jusqu'au milieu du tunnel, [plus de 2,5 km à 27,5 ‰],
  - sur la rampe sud, voie montante (ligne nouvelle), entre Bussoleno et Salbertrand [24,2 km à 26 ‰].

On notera, qu'avant la récente réalisation d'une seconde voie aux rampes moins sévères (26 ‰), entre Bussoleno et Salbertrand, les convois des deux sens affrontaient, sur les 15 km de la ligne "historique", des rampes de 30 ‰ sur 6 km et de 29 ‰ sur près de 6,6 km.

#### **(b) Sinuosité et profil en long corrigé**

L'ensemble du tronçon bénéficie d'un tracé en plan généralement ample, mais comporte dans sa partie supérieure de nombreuses courbes avec des rayons de 400 m et au dessous (jusqu'à 320 m) [cf. Tableau 1 "*Caractéristiques géométriques moyennes du tronçon St.-Pierre d'Albigny – Bussoleno*"], limitant la vitesse des trains de voyageurs à 75 km/h et celle des trains de fret à 70 km/h sur le tronçon sommital, entre Modane et Bardonecchia [FS/RFF/SNCF (1998) - 3.1], et même à 50-60 km/h pour ces derniers, entre St Michel-Valloire et Modane [cf. Planche 4].

Le profil en long corrigé, qui tient compte de la résistance à l'avancement supplémentaire provoquée par les courbes de faible rayon, s'élève, selon les indications de [FS/RFF/SNCF (1998) - 3.1], jusqu'à :

- 34 ‰ entre St Michel-Valloire et Modane,
- 28 ‰ entre Modane et le milieu du tunnel du Fréjus,
- 32 ‰ en sortie de Bussoleno au début du tunnel du Fréjus dans le sens de la montée.

Aux modiques écarts près résultant des différences de normes entre les deux administrations [cf. Cahier 6A, Tableau 1 "*Résistances dues aux courbes*"], il appert (ainsi que l'attestent plus loin les données FS sur le versant piémontais [cf. 3.2.] ) que la section la plus contraignante du point de vue des rampes corrigées est assez nettement celle du versant français.

### **3. PARAMÈTRES DE CIRCULATION SUR LE TRONCON ALPIN**

Les principaux paramètres de circulation (vitesse en ligne et freinage) sont théoriquement déduits des caractéristiques géométriques du tracé (profils et rayons de courbes) [cf. Cahier C6A]. Ces paramètres sont normés différemment par les administrations ferroviaires française et italienne. Ils sont transcrits à la SNCF dans les cahiers "Renseignements techniques" spécifiques à chaque ligne ou section de ligne, et, aux FS, dans les "Fascicoli circolazione linee" édités par régions, dont sont respectivement extraits les Tableaux 2 & 3 et les Tableaux 4 & 5.

#### **3.1. Versant Ouest (St. Jean de Maurienne - Tunnel de faite)**

##### **(a) Rampes et pentes caractéristiques**

Rampes et pentes caractéristiques sont théoriquement déduites des caractéristiques géométriques (profils

et tracés en plan) dont le Tableau 1 fournit des valeurs moyennes approximatives.

### **St. Jean de Maurienne – Modane**

Rampes et pentes caractéristiques retenues pour ce tronçon figurent en Tableau 3. Ces valeurs appellent les observations qui suivent.

Bien que les rampes réelles de St Michel de Maurienne à Modane s'y maintiennent à 31,4 ‰ sur près de 14 km (en atteignant même 31,6 ‰) [cf. 2.3.(a)], la rampe caractéristique correspondante retenue par la SNCF et figurant sur les profils de la ligne est manifestement minorée, dans la mesure où elle est donnée pour 30 ‰.

A l'inverse, sur le tronçon St. Jean - St. Michel qui précède cette rampe sévère, les rampes affichées sont successivement 15, 26, 24, et 10 ‰ [cf. Planche 3 "*Profil en long de la section de ligne Montmélian-Turin*"], tandis que la rampe caractéristique retenue en Tableau 3 est de 26 ‰.

### **Modane – Faîte du tunnel** [section exploitée par les FS]

De Modane au faîte du tunnel, une seule rampe caractéristique a été retenue par les FS, à savoir :

- 28 ‰ depuis Modane Fourneaux jusqu'à la frontière située au cœur du tunnel de faîte.

### **(b) "Gradi di prestazione" (Classes de prestations)**

Les classes (ou niveaux) de prestation ("Gradi di prestazione") [cf. Cahier 6A] adoptés par les FS distinguent deux sections sous les codifications suivantes [cf. Tableau 4 a] :

- 1 de Modane-Fourneaux à Modane,
- 27 (soit dans la plage de rampes corrigées 29,3-30,8 ‰) de Modane à la frontière située au cœur du tunnel de faîte.

### **(c) "Gradi di frenatura" (Classes de freinage)**

A ces deux sections correspondent respectivement les classes de freinage ("Gradi di frenatura") [cf. Cahier 6A] :

- III (correspondant à la plage de rampes réelles 8-11 ‰) de Modane Fourneaux à Modane ;
- VIII (correspondant à la plage de rampes réelles 25-30 ‰) de Modane à la frontière. [cf. Tableau 5 a]

## **3.2. Versant Est (Tunnel de faîte - Bussoleno)**

### **(a) Rampes et pentes caractéristiques**

#### **Ligne "historique"**

De Bussoleno au tunnel de faîte, les rampes caractéristiques (en ‰) retenues par les FS sont les suivantes [cf. Tableau 4 c]

- 14 de Bussoleno à Ponte sulla Dora (distance 1,727 km),
- 27 de Ponte sulla Dora à P.C. Meana (distance 5,613 km),
- 29 du P.C. Meana à Chiomonte (distance 6,574 km),
- 30 de Chiomonte à Salbertrand (distance 3,739 km),
- 16 de Salbertrand à Oulx (distance 5,939 km),
- 20 d'Oulx à Beaulard (distance 5,810 km),
- 26 de Beaulard à Bardonecchia (distance 5,273 km),
- 30 de Bardonecchia au Km 1 [du tunnel de faîte] (distance 1,594 km),
- 1 du Km 1 à la frontière

#### **Voie nouvelle entre Bussoleno et Salbertrand**

Le doublement tardif de la voie unique subsistant entre Bussoleno et Salbertrand s'est effectué selon un nouveau tracé de plus grand développement (25,945 km au lieu de 23,643 km) afin d'en amenuiser les rampes, lesquelles ont pour valeurs caractéristiques [cf. Tableau 4 b] :

- 14 de Bussoleno à Ponte sulla Dora (distance 1,727 km),
- 26 de Ponte sulla Dora à Salbertrand (distance 24,218 km),

### **(b) "Gradi di prestazione"**

#### **Ligne "historique"**

Les "niveaux de prestation" (gradi di prestazione) relevés sur les fascicules de circulation des FS

[FS/FCLUP/Torino (1998)] sont, dans le sens de la montée, les suivants [cf. Tableau 4 c] :

- 25 (soit dans la plage de rampes corrigées 25,8-27,8 ‰) entre Bussoleno et le P.C. Meana,
- 28 (plage r.c. 30,8-32,5 ‰) entre le P.C. Meana et Chiomonte (sur une distance de 6,574 km),
- 27 (plage r.c. 29,4-30,7 ‰) entre Chiomonte et Salbertrand (sur une distance de 3,739 km),
- 16 (plage r.c. 14,7-15,8 ‰) entre Salbertrand et Oulx,
- 19 (plage r.c. 18,5-18,8 ‰) entre Oulx et Beaulard,
- 21 (plage r.c. 21,0-21,9 ‰) entre Beaulard et Bardonecchia,
- 27 (plage r.c. 29,3-30,8 ‰) entre Bardonecchia et le Km 1 du tunnel du Fréjus (sur une distance de 1,594 km),
- 1 (plage r.c. 0-4,5 ‰) du Km 1 à la frontière.

#### **Voie nouvelle entre Bussoleno et Salbertrand**

- 25 (soit dans la plage de rampes corrigées 25,8-27,8 ‰) entre Bussoleno et Salbertrand [ligne récente] (sur une distance de 25,945 km),

#### **(c) "Gradi di frenatura"**

Trois sections sont observées, sans distinction de niveau pour les deux branches à voie unique (ancienne et nouvelle) [cf. Tableau 5 b]:

- VIII du Km 1 du tunnel de faite à Beaulard (sur une distance de 6,867 km),
- VI de Beaulard à Salbertrand (sur une distance de 11,749 km),
- VIII de Salbertrand à Bussoleno (sur des distances de 23,643 km ou de 25,945 km).

## **4. CONTRAINTES D' EXPLOITATION**

### **4.1. Vitesses de circulation et performances de l'itinéraire [FS/RFF/SNCF (1998)]**

#### **(a) Exploitation française**

Entre St. Jean de Maurienne et Modane, profils et tracé sinueux de la ligne se conjuguent pour limiter notablement les vitesses de circulation [cf. Tableaux 2 a & b].

Sur la section la plus contraignante, St.-Michel-de-Maurienne – Modane, les vitesses voyageurs maximales praticables (pour les TGV notamment) sont de 95 km/h dans le sens montant et de 90 km/h dans le sens descendant. Les fortes déclivités affectent encore davantage dans le sens descendant les trains de fret ; ainsi les plus lourds de ces derniers doivent-ils être limités à 50 km/h (et même à 40 km/h pour certains types de rames) tandis qu'ils gravissent la même rampe à 80 km/h.

Le débit de la ligne est ainsi gravement pénalisé par la diversité des vitesses prévues pour les trains de voyageurs et de fret [SNCF/RT-5133 (1997)]. Dans le cadre de cette exploitation difficile, les trains de fret qui s'écartent des sillons programmés doivent être fréquemment garés pour laisser passage aux trains de voyageurs, ce qui affecte la qualité de l'acheminement fret et limite la capacité globale de l'infrastructure.

#### **(b) Exploitation italienne**

Sinuosité du tracé et profil n'autorisent que des vitesses de 70/75 km/h sur le parcours Modane-Frontière et de 75/85 km/h sur le parcours Tunnel du Fréjus-Bardonecchia

Sur le versant piémontais, à l'exception du long plan incliné Salbertrand-Bussoleno où les vitesses en sens descendant sont plafonnées à 90/80 km/h, les vitesses pratiquées sont du même ordre qu'en partie basse de la Maurienne [cf. Tableaux 5 a & b].

Les rampes imposent l'application de normes auxquelles les FS ont apporté des dérogations autorisant :

- sens de la montée (résistance des attelages) : masse maximale remorquable : 1150 t
- sens de la descente : la composition maximale admise pour le freinage a été élevée, en voie expérimentale, de 1300 t à 1400/1600 t.

### **4.2. Résistance des attelages et charges limites remorquables**

Pour une résistance d'attelage déterminée (elle diffère selon la nature des véhicules), la charge limite remorquable est affectée par l'importance de la rampe corrigée maximale à franchir sur la section de ligne considérée. Le tableau ci-dessous en spécifie les niveaux par types de convois sur les principales sections

du tronçon de ligne Chambéry-Modane.

Charge limite remorquable (en tonnes) [SNCF/RT-5133 (1997)]			
Nature des convois	Chambéry St.-Jean-de-Maurienne	St.-Jean-de-Maurienne Modane	St.-Michel de Maurienne Chambéry
Voyageurs	1240	810	1600
Marchandises	1600	1000	2180

Sur la section de ligne gérée par les FS, la charge remorquable entre Bussoleno et Modane est, comme indiqué en § 4.1., limitée à 1150 t.

#### **4.3. Traction** [FS/RFF/SNCF (1998) ; § 3.2.1.5.]

Le tonnage maximal remorquable pour la motrice ayant les performances maximales varie selon le tronçon de ligne, en fonction des rampes. De surcroît, dans les plus fortes rampes de la partie sommitale, les limites de résistance des attelages imposent, au delà de certaines charges, la présence d'une machine de pousse.

##### **Sens Italie - France**

Torino - Bussoleno	1600 t
Bussoleno - Modane	650 t
Modane - Culoz	1600 t
Culoz - Ambérieu	1400 t
Ambérieu - Dijon	1600 t

Pour les trains dépassant 650 t, et jusqu'à 1150 t, sur le parcours en rampe, de Bussoleno au point culminant du tunnel du Fréjus (PC Fréjus), la traction est assurée par un couplage de deux locomotives. La limite de 1150 t est celle de la résistance des attelages ; pour des trains plus lourds, une troisième locomotive en pousse serait nécessaire, mais le tonnage est limité actuellement par la puissance des sous-stations électriques.

##### **Sens France - Italie**

Dijon - Ambérieu	1600 t
Ambérieu - St. Jean de Maurienne	1300 t
St. Jean de Maurienne - Modane	600 t
Modane - frontière (PC Fréjus)	650 t
Frontière - Torino	1600 t

Pour les trains dépassant 600 t, et jusqu'à 1150 t, sur le parcours en rampe, de St. Jean de Maurienne au point culminant du tunnel du Fréjus, la traction est assurée par une locomotive en tête et une locomotive en pousse. Pour les trains lourds de 1600 t, la traction est assurée par un couplage d'Ambérieu à St. Jean de Maurienne, et par une troisième motrice en pousse de St. Jean de Maurienne à Modane.

De Modane [où s'effectue le changement de traction et de motrices] au point culminant de la ligne, le train est tracté par une unité multiple en tête et une machine de pousse ; la machine de pousse se détache au PC Fréjus (milieu du tunnel) grâce à un dételage commandé sans arrêt du train, et revient haut-le-pied à Modane sur la voie paire (sens Italie France).

#### **4.4. Circulation**

##### **(a) Itinéraires de détournement**

Hormis le Léman et l'itinéraire via le Simplon, au Nord, et Vintimille, au Sud, la ligne ne dispose d'aucun itinéraire de détournement. Aux fins de sécuriser son fonctionnement, fréquemment affecté en Maurienne par des chutes de rochers, éboulements ou crues, la ligne est pourvue d'équipements préventifs multiples dont le plus notable est l'évitement de Pontamafrey destiné à contourner, par une déviation permanente à voie unique, une section fréquemment menacée de coulées de boues.

##### **(b) Garages et évitements**

Tandis que la SNCF s'applique, conformément aux recommandations internationales européennes, à

disposer, sur ses grands itinéraires, de voies de faisceaux et d'évitement à la longueur normée de 750 m, en Italie, la longueur des trains est limitée à 550 m, avec toutefois des exceptions à 650 m, comme c'est le cas sur l'itinéraire Dijon-Torino.

Cependant, n'existe-t-il, sur le versant piémontais, aucune possibilité de garage de rames de longueur supérieure à 600 m entre Modane et Collegno (à l'orée de Torino-Orbassano).

En revanche, l'échelonnement des garages ou évitements apparaît plus dense en Italie.

## **5. GABARITS**

### **5.2. Ouvrages d'origine (tunnel de faite)**

Selon JANNATONI, PISANO (1957) les opérations de percement n'ont pas buté sur d'extrêmes difficultés. Ainsi les venues d'eau ont-elles été particulièrement modiques (au total 7 l/s dont 3 l/s sur le versant sud). Du fait des faibles convergences, sauf exceptions où la maçonnerie a pu atteindre deux mètres d'épaisseur, l'épaisseur du revêtement varie de 0,5 m à 0,8 m. Il fut généralement exécuté en maçonnerie pour le piédroits et toujours en brique pour la voûte.

Outre des niches, disposées pour l'essentiel tous les 25 mètres, onze chambres de dépôt ont été réparties à intervalles d'environ 1000 m, auxquelles s'ajoutent deux chambres de dimensions plus vastes.

Selon JANNATONI, PISANO (1957) également, les dimensions de débouché du tunnel du Fréjus relèvent des trois sections-type reproduites en Planche 5a. Ces auteurs précisent que les coupes extrêmes correspondent aux sections adoptées de part et d'autre de l'ouvrage (côté Modane pour la section la plus arrondie, côté Bardonnèche pour la plus ovoïdale).

La section type de la Planche 5b [LESCA (1998)] semble correspondre au débouché intermédiaire. Les caractéristiques de débouché des plus étriquées ne semblent pas différer sensiblement de celles adoptées à la même époque par le PLM conformément aux instructions ministérielles françaises d'alors.

La coupe 5c [RATEL (1997)] indique d'ailleurs, que lors de la reconstruction en 1945 de la tête nord du tunnel, la SNCF s'est, semble-t-il, satisfaite de reproduire à l'identique le débouché d'origine [cf. coupe de gauche de la Planche 5a].

Il est donc vraisemblable que l'ensemble des ouvrages les plus anciens des deux versants du Fréjus aient offert d'origine à peu près les mêmes débouchés.

### **5.2. L'évolution des gabarits sur l'itinéraire fret franco-italien de Modane [FS/RFF/SNCF (1998) - Annexe 3.1.3 (A4)]**

Un an après avoir défini le gabarit B, en 1983, la SNCF désigne l'axe Belgique-Italie (qui couvre l'itinéraire Ambérieu-Modane) parmi les itinéraires prioritaires à porter à ce gabarit.

A partir de 1984, tous les projets de travaux sur l'axe Ambérieu-Modane prennent en compte le gabarit B, en revanche, les chemins de fer italiens ne donnent aucune assurance en ce qui concerne leur réseau.

Ayant défini en 1986 le gabarit B+ (ultérieurement renommé GB+, puis GB1) dans la perspective de l'augmentation prévisible des normes dimensionnelles de chargement, la SNCF élabore en 1987 un programme échelonné de dégagements de gabarits sur Chambéry-Modane (GB à l'échéance 1990 et GB+ à l'échéance 1995).

En 1990, les chemins de fer italiens annoncent qu'il est dans leur priorité absolue de dégager le gabarit GB+ sur Turin-Modane ; cependant, l'importance des travaux à effectuer sur le parcours français pour y dégager ce gabarit reporte l'échéance de l'ouverture totale de la ligne à 2002.

Dans le même temps, le projet annoncé de ligne nouvelle Lyon-Turin avec percement d'un tunnel de base, semble remettre en cause les travaux de mise à gabarit GB+ .

En 1991, une étude complémentaire de la Direction de l'Équipement de la SNCF révèle que le dégagement du gabarit GB+ (même à l'entraxe minimal de 3,34 m en alignement) conduit à :

- un coût trop élevé,
- une date de mise en service trop éloignée (entre 2001 et 2003),
- l'impossibilité d'écouler le trafic à son niveau actuel pendant toute la durée des travaux,
- l'impossibilité de faire circuler des trains supplémentaires jusqu'à la fin des travaux.

Les difficultés persistant pour le gabarit GB et l'entraxe normal, décision est prise le 23 janvier 1991 par la SNCF de :

- dégager le gabarit GB avec l'entraxe limite (3,34 m en alignement) entre Ambérieu et la frontière italienne à Modane,

- maintenir au GB les tunnels situés entre Ambérieu et St. Jean de Maurienne ; cependant, dans la perspective du percement du tunnel de base, le dégagement du gabarit GB+ pourra être envisagé à l'occasion de travaux de régénération ou de renouvellements importants.

Les chemins de fer italiens, informés de cette position, acceptent, le 21 mai 1991, d'abandonner le projet GB+ et de ne retenir que le gabarit GB (codification 45).

Les difficultés à surmonter pour la mise à ce gabarit du tunnel de faite du Fréjus (où la réduction de l'entraxe limite est limitée à 3,47 m en raison de la surlargeur du gabarit standard italien) conduisent les deux administrations à convenir, le 29.09.95, de n'y dégager que le contour de chargement P30/C30 (P/C30) et de retenir cette norme entre Modane et Turin.

### **5.3. La situation actuelle** [FS/RFF/SNCF (1998)]

Du fait des attermoiements des stratégies de la SNCF et des FS, ainsi que de carence de concertation entre les deux administrations (particulièrement flagrante pour ce qui est de la découverte récente par la partie française de la surlargeur du gabarit italien), le dégagement d'un gabarit plus généreux sur le tunnel du Fréjus et sur les autres tunnels situés entre Modane et Salbertrand, est devenu quasiment impossible en raison de la croissance du trafic.

Le dégagement de gabarits sur la ligne Dijon-Torino, dont le chantier avait considérablement progressé en France, avec la mise au gabarit GB1 de Dijon à Culoz, et au gabarit GB (avec de nombreux ouvrages dégagés au GB1) de Culoz à Modane, reste donc interrompue au stade suivant (janvier 1998) :

- Dijon-Culoz : GB1 en totalité
- Culoz-Modane : GB en totalité (avec de nombreux tunnels dégagés au GB1)
- Modane-Salbertrand : GA et P30/C30
- Salbertrand-Bussoleno : voie descendante (voie "historique") : GA et P30/C30 ; voie montante (mise en service en 1984) : GB (avec possibilité de dégagement de GB1)
- Bussoleno-Torino : GA et P30/C30.

Le rapport d'étape (juin 1998) de la Nouvelle liaison ferroviaire transalpine Lyon-Turin [Alpetunnel (1998)] dresse l'état quantifié suivant du dégagement des gabarits sur l'ensemble de la ligne :

- Ambérieu - Montmélian :  
5 tunnels au gabarit B (longueur cumulée : 1 700 m)
- Montmélian - St.-Jean-de-Maurienne :  
3 tunnels au gabarit B (longueur cumulée : 621 m)  
1 tunnel au gabarit B+ (longueur : 317 m)
- St. Jean de Maurienne - Modane :  
4 tunnels au gabarit B (longueur cumulée : 3 269 m)  
2 tunnels au gabarit B+ (longueur : 551 m)
- Modane - Salbertrand :  
6 tunnels au gabarit A+ (longueur cumulée : 15 442 m)  
1 tunnel au gabarit B+ (longueur : 80 m)
- Salbertrand - Bussoleno [sens descendant (ligne historique)] :  
10 tunnels au gabarit A+ (longueur cumulée : 5 927 m)  
9 tunnels au gabarit B (longueur : 1 921 m)
- Bussoleno - Salbertrand [sens montant (ligne moderne)]  
5 tunnels au gabarit B (longueur cumulée : 18 871 m)
- Bussoleno - Torino :  
Aucun tunnel

---

## **RÉFÉRENCES**

### **Alpetunnel (1998)**

Nouvelle liaison ferroviaire transalpine Lyon-Turin - Rapport d'étape juin 1998.  
Alpetunnel GEIE ; Chambéry 1998 ; 85 pages.

### **FS/FSCLUP/Torino (1998)**

Linea Modane/Suza - Torino  
Fascicolo circolazione linee della unità periferica

Ferrovie dello Stato Torino ; Edizione in vigora dal maggio 1988 ; 623 pages ; pp.36-48.

**FS/RFF/SNCF (1998)**

Etude d'amélioration d'écoulement du trafic fret franco-italien sur l'axe international Dijon-Modane-Turin  
Rapport définitif (septembre 1998) [document provisoire]

*Etude réalisée suite à demandes ministérielles respectives des ministres en charge des transports de France et d'Italie, à Réseau ferré de France (RFF) et à la Société nationale des chemins de fer français (SNCF) d'une part, et aux Ferrovie dello Stato S.p.A (FS) d'autre part.*

Rapport (207 pages) complété de 34 annexes comportant de nombreux tableaux et planches.

**FS/RFF/SNCF (1998) - Annexe 3.1.1**

L'axe fret Dijon-Modane-Turin - Détail du profil altimétrique de l'axe  
3 planches.

[Annexe 3.1.1. à l'étude FS/RFF/SNCF (1998)]

**FS/RFF/SNCF (1998) - Annexe 3.1.3**

Problématique des gabarits ferroviaires

11 pages + 4 sous-annexes (9 planches dont 3 en couleurs).

[Annexe 3.1.3. de FS/RFF/SNCF (1998)]

**JANNATOTTI Livio, PISANO Ferruccio (1957)**

Gli studi, le invenzioni ed i lavori per la realizzazione del traforo  
in Memoria "La ferrovia del Frejus"

Ingegneria Ferroviaria, n. 7-8, luglio-agosto 1957, pp. 17-31.

**LESCA Corrado (1998)**

Tre ingegneri per un traforo – La storia della ferrovia del Frejus

Editrice Melli, Borgone di Susa (To) ; Luglio 1998 ; 190 pages, 1 planche.

**RATEL Roger (1997)**

Le tunnel ferroviaire du Fréjus

Imprimerie Roux, St.-Jean-de-Maurienne ; 2<sup>ème</sup> trimestre 1997 ; 188 pages, 1 planche.

**SNCF/RT-5133 (1997)**

Renseignements techniques – Ligne 5133, Chambéry-Modane & Evitement de Pontamafrey

Edition du 02 juin 1996 ; rectificatif n° E du 01.09.97 (application 28.09.97) ; 19 pages.

**PLANCHES**

**Planche 1**

*Planimétrie et profil longitudinal du tunnel de faite* [LESCA (1998).]

**Planche 2**

*Schéma altimétrique de l'axe fret Dijon-Modane-Turin* [FS/RFF/SNCF (1998) - Annexe 3.1.1]

**Planche 3**

*Profil en long de la section de ligne Montmélian-Turin* [Alpetunnel (1998)]

**Planche 4**

*Profil (pentes moyennes) et vitesses limite de circulation du tronçon St.-Jean-de-Maurienne – Bussoleno*  
[FS/RFF/SNCF (1998) - Annexe 3.1.1]

**Planche 5**

*Les débouchés du tunnel du Fréjus*

Figure 5a - Différentes sections type du tunnel du Fréjus [JANNATONI, PISANO (1957)] [secteur nord (Modane) ; secteur sud (Bardonnèche) ; section de transition]

Figure 5b - Détail de section type du Fréjus [LESCA (1998)]

Figure 5c - Coupe transversale de la partie reconstruite en 1945 de la tête nord du tunnel [RATEL (1997)]

## **TABLEAUX**

### **Tableau 1**

*Caractéristiques géométriques moyennes du tronçon St.-Pierre d'Albigny – Bussoleno*

### **Tableaux 2 a & b**

*Vitesses limites praticables sur le tronçon Chambéry-Modane (extraits) [SNCF/RT-5133 (1997)]*

(a) Circulations de sens impair (France-Italie)

(b) Circulations de sens pair (Italie-France)

### **Tableau 3**

*Rampes et pentes caractéristiques de freinage sur le tronçon Chambéry-Modane (extraits) [SNCF/RT-5133 (1997)]*

### **Tableaux 4 a b & c**

*Caractéristiques d'infrastructure sur le tronçon Modane-Bussoleno [FS/FSCLUP/Torino (1998)]*

(a) Voie impaire (France-Italie) exploitée dans le sens direct

(b) Voie paire (Italie-France) exploitée dans le sens direct via la ligne nouvelle Bussoleno-Salbertrand

(c) Voie paire (Italie-France) exploitée à contresens via la ligne "historique"

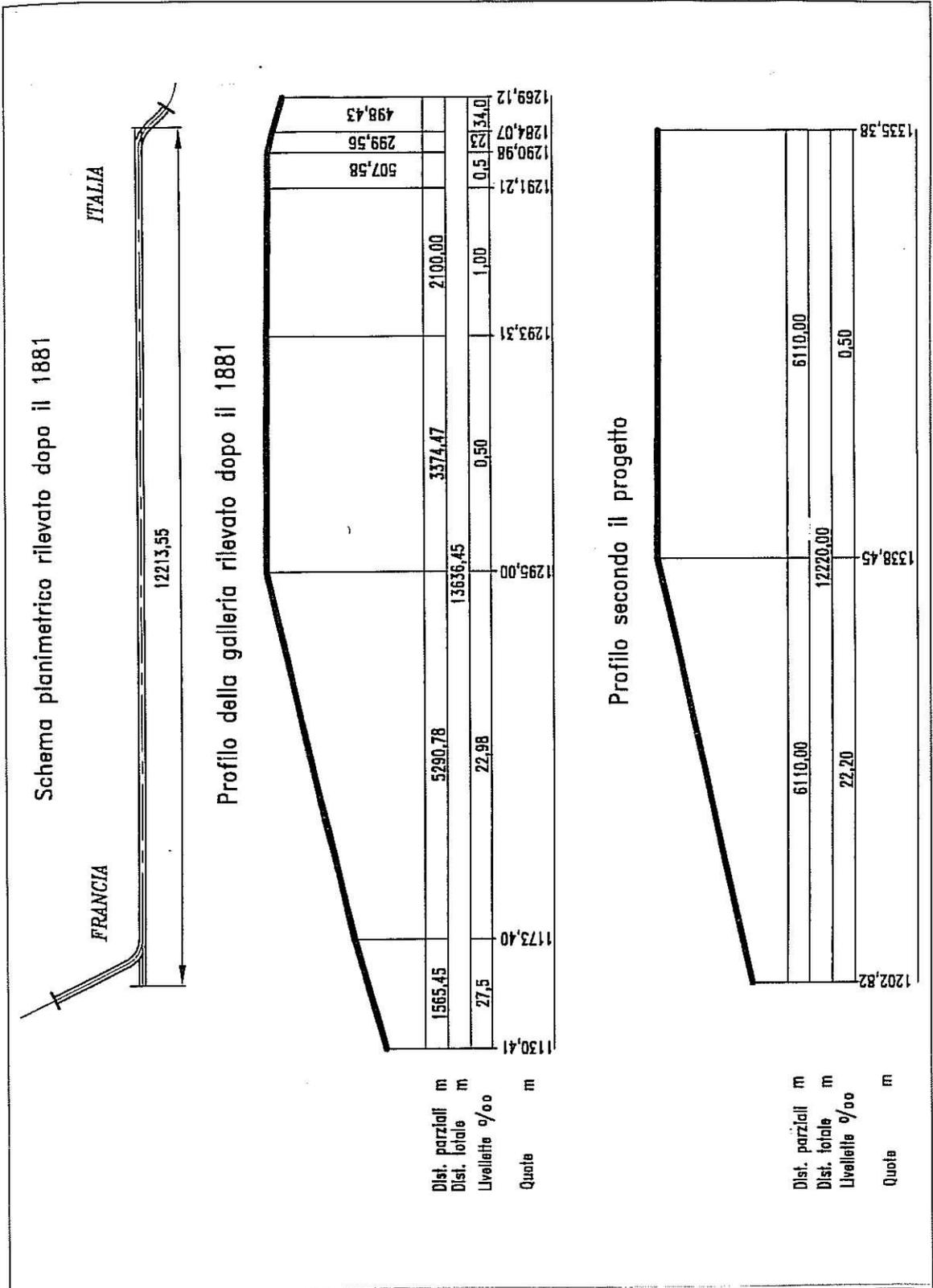
### **Tableaux 5 a & b**

*Vitesses de circulation et caractéristiques de freinage sur le tronçon Modane-Bussoleno [FS/FSCLUP/Torino (1998)]*

(a) Circulations France-Italie (voie directe et contresens)

(b) Circulations Italie-France (voie directe et contresens)

---



**PLANCHE 1** *Planimétrie et profil longitudinal du tunnel de faite [LESCA (1998)]*

# SCHEMA ALTIMETRIQUE DE L'AXE FRET DIJON-MODANE-TURIN

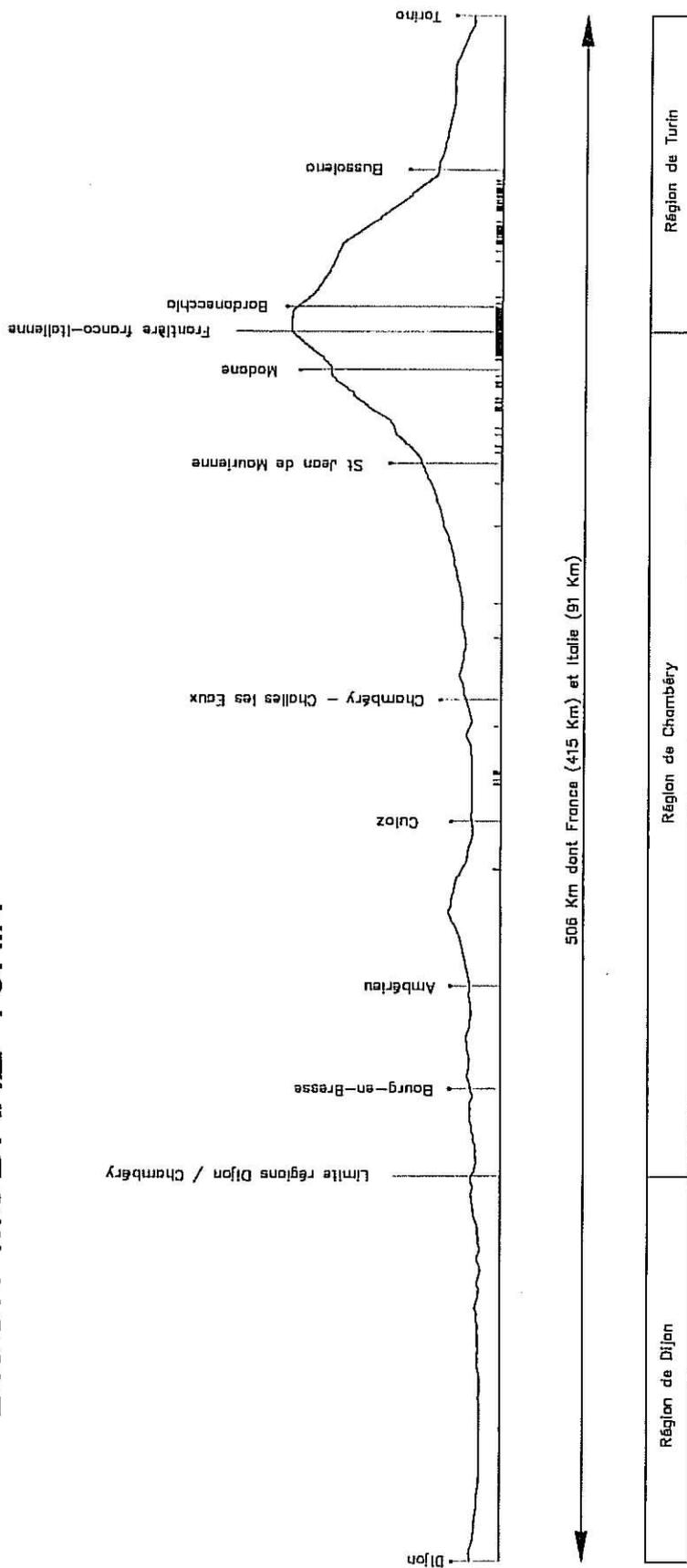
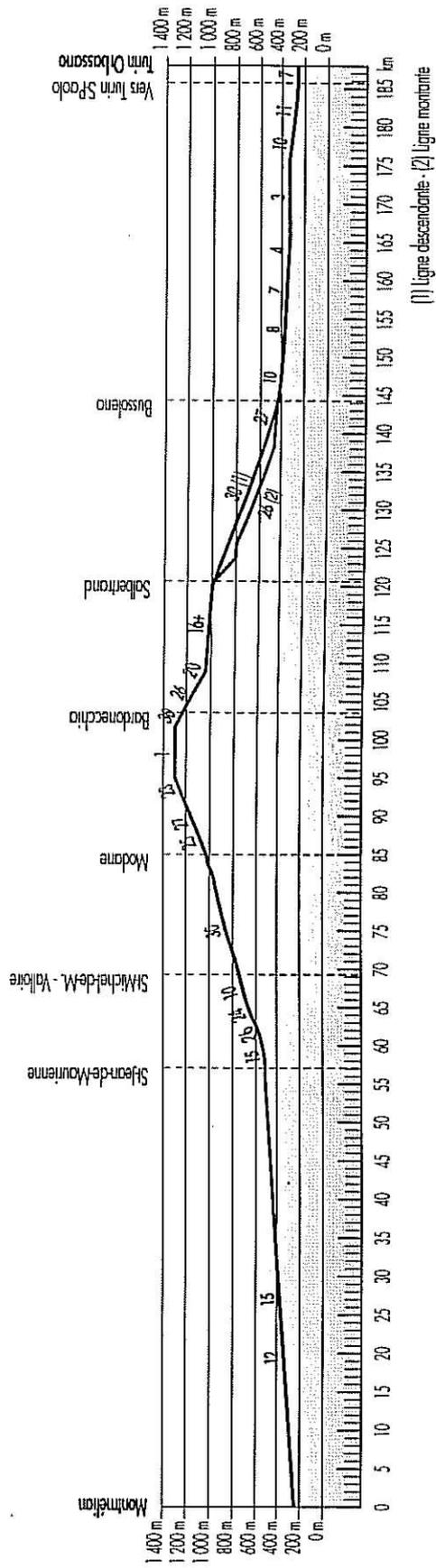


PLANCHE 2 Schéma altimétrique de l'axe fret Dijon-Modane-Turin [FS/RFF/SNCF (1998) Ann.3.1.1]

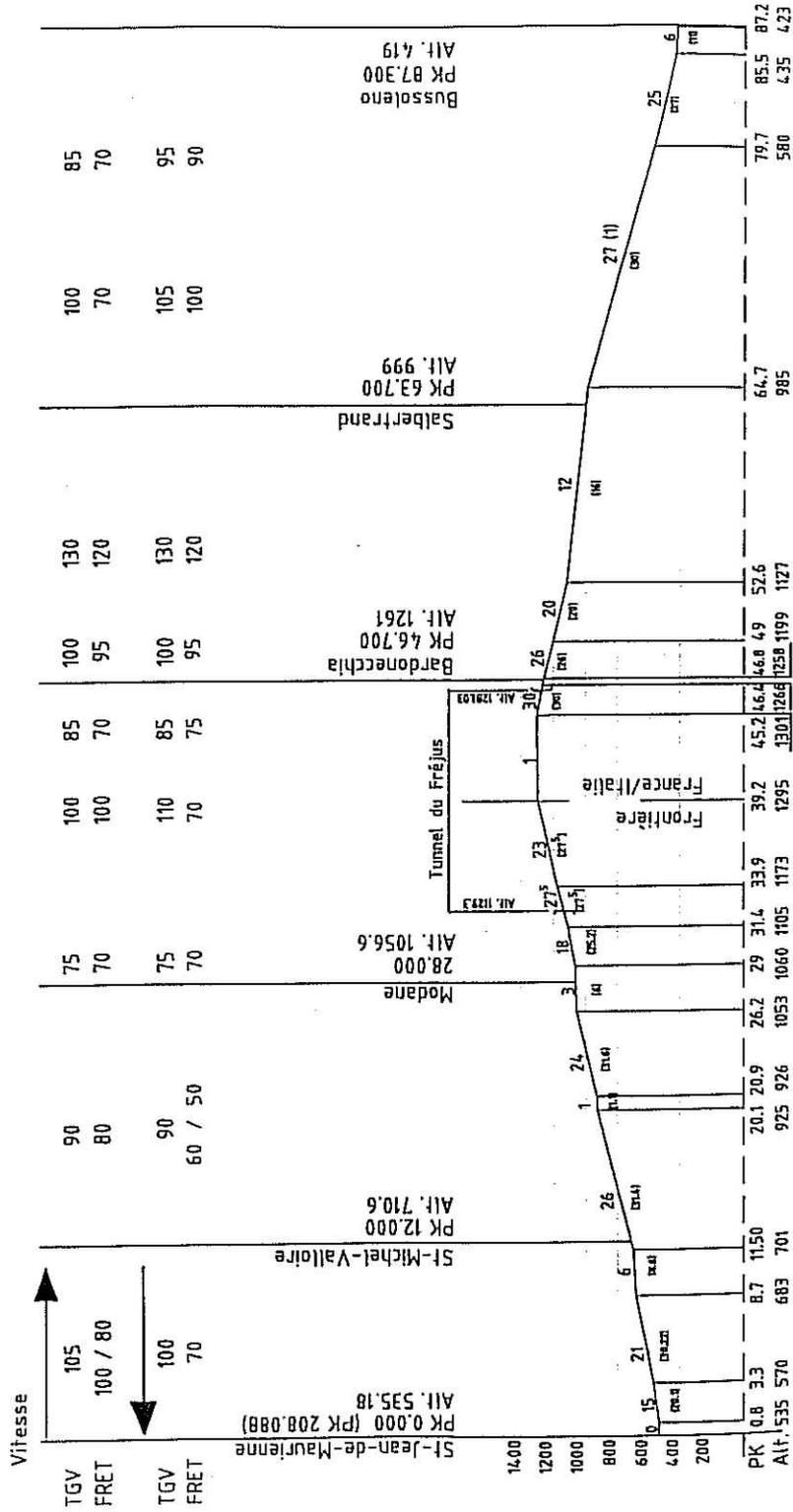
**Profil en long de la section de ligne Montmélian - Turin**



**PLANCHE 3** Profil en long de la section de ligne Montmélian-Turin [Alpetunnel (1998)]

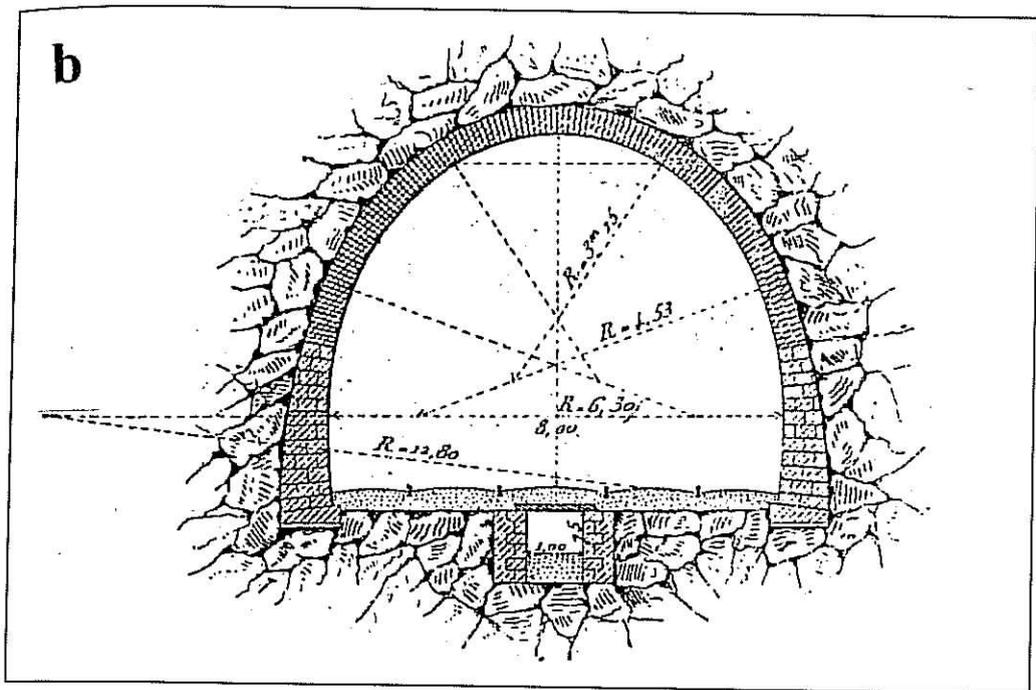
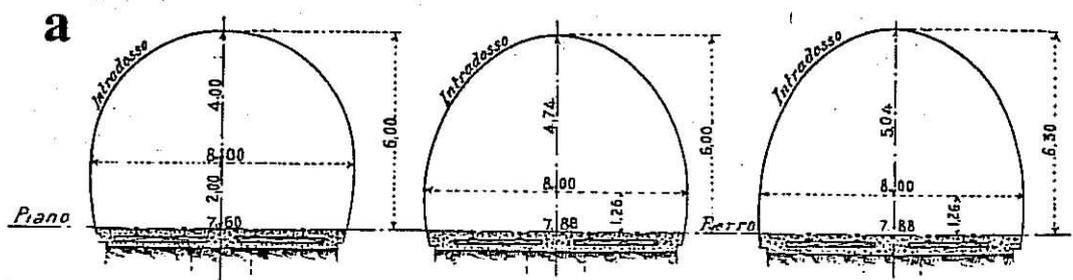
LIGNE ACTUELLE ST-JEAN-DE-MAURIENNE - BUSSOLENO

Annexe 1



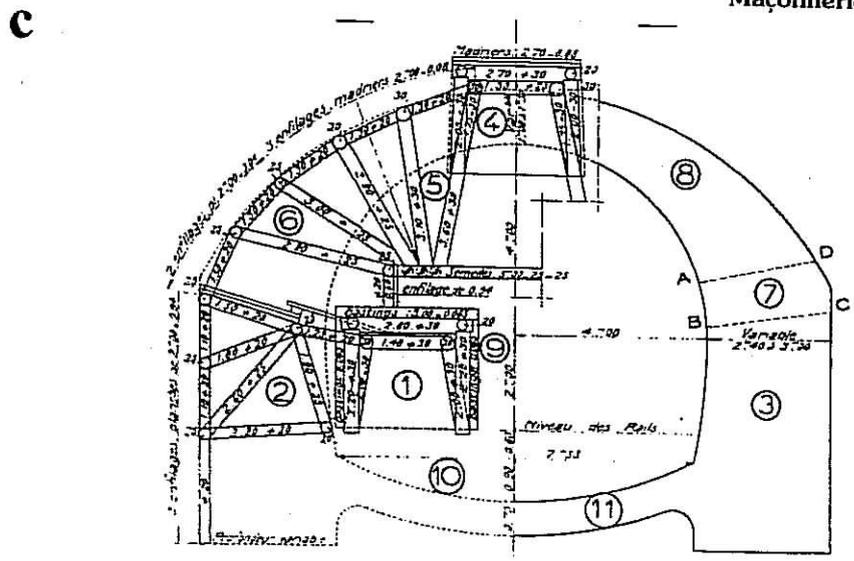
Pente moyenne

PLANCHE 4 Profil (pentes moyennes) et vitesses limite de circulation du tronçon St.-Jean-de-Maurienne - Bussoleno [FS/RFF/SNCF (1998) - Annexe 3.1.1] Commentaire : on remarque le profil erroné du tunnel de fâte, le point culminant étant situé à la frontière et à la cote 1295 (cf. Planche 1 & Tableaux 2)



Boisages-types et déblais

Maçonneries



**PLANCHE 5** Les débouchés du tunnel du Fréjus

Figure 5a - Différentes sections type du tunnel du Fréjus [JANNATONI, PISANO (1957)] [à gauche : secteur nord (Modane) ; à droite : secteur sud (Bardonnèche) ; au centre : section de transition]

Figure 5b - Détail de section type du Fréjus [LESCA (1998)]

Figure 5c - Coupe transversale de la partie reconstruite en 1945 de la tête nord du tunnel [RATEL (1997)]

Tronçon de ligne St.-Pierre d'Albigny - Modane - Frontière			
Caractéristiques géométriques moyennes			
Section	Long.	Pentes moy. (Pm) & maxi (P)	Rayons de courbes (R)
St. Pierre d'A. - Aiguebelle	13 km	Pm = 2 ‰ P < 5 ‰ sauf 1 km : P > 7 ‰	R > 730 m sauf 1 km : R = 600 m
Aiguebelle - Epierre	10 km	Pm = 4,5 ‰ P < 6 ‰ sauf 1,8 km : 8 < P(‰) < 10	R > 800 m sauf 1 km : 500 < R(m) < 650
Epierre - St.-Avre-la-Chambre	13 km	Pm = 6 ‰ P < 7 ‰ sauf 4,5 km : 9 < P(‰) < 12	R > 600 m sauf 1,2 km : 550 < R(m) < 600
St.-Avre - St. Jean-de-M.	10 km	Pm = 9 ‰ P < 10 ‰ (6 km) sur 4 km : 11,6 < P(‰) < 16	R > 600 m sauf 1 km : 435 < R(m) < 600
St.-Jean - St.-Michel-de-M.	11,5 km	Pm = 14,5 ‰ sur 1,6 km : 15 < P(‰) < 20 sur 4,8 km : 20 < P(‰) < 30,2	sur 1,1 km : R = 500 m sur 2,5 km : 500 < R(m) < 600
St. Michel-de-M. - Modane	15 km	Pm = 23 ‰ sur 1,6 km : 20 < P(‰) < 25 sur 10,3 km : 25 < P(‰) < 31,4	sur 1,5 km : 318 < R(m) < 400 sur 5 km : 400 < R(m) < 500
Modane - Frontière	11 km	Pm = 22 ‰ sur 0,8 km : 15 < P(‰) < 20 sur 8,4 km : 20 < P(‰) < 27,5	sur 2,4 km : 338 < R(m) < 400 sur 0,5 km : 400 < R(m) < 500

**SOURCE**

Document manuscrit d'origine SNCF ou RFF référencé DTS/AC - 31.3.98

**COMMENTAIRE**

Les données figurant sur ce tableau, bien qu'approximatives et discordantes avec d'autres données, présentent l'intérêt de fournir quelques indications sur la sinuosité des sections de ligne.

GIR/C6B/JM(99.12.16)

**TABLEAU 1**

*Caractéristiques géométriques moyennes du tronçon St.-Pierre d'Albigny – Bussoleno*

VOYAGEURS		Autor		AUTOM			V160	V140	V120						
		RTG ETG	Autres Autor	TGV Z 2 ETR 460	Z 7100	Autres Autom				ME 120	ME 100				
MESSAGERIES															
MARCHANDISES												MA 100	MA 90	MA 80	
Voie 1	Chambéry.....	160		160			160			120					
	Bif de Montmélian.		140			140		140							
	Pancarte km 159,3	150		150			140								
	Chamousset.....	130	130	130	130		120	120	120	120	115	100	100	90	
	Aigusbelle.....	150	140	150			140	140	140						
	St Avre la Chambre	130	130	130			120	120	120	105			90		
	St J de Maurienne	115	115	115	115	105	105	105	105	100					80
	St Michel - Valloire										80	80	80		
	Modane.....	95	95	95	95	90	90	90	90	80					
Voie 2 Contre sens	Chambéry.....									120					
	Bif de Montmélian.	120	120	120	120		120	120	120		100	90	80		
	Bif de SP d'Albigny														
	Epièrre.....	130	130	130	130					100		100	90	80	
	St Jean de Maur..	100	100	100	100	100	100	100	100		90				
	St Michel Valloire									90		80	80		
	Modane.....	95	95	95	95	90	90	90	90	80					
Voie 4 Sens Impair	St Pierre d'Albigny communication km 161.5.....	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
	St Pierre d'Albigny communication km 162.6.....														

**TABLEAU 2 a**

*Vitesses limites praticables sur le tronçon Chambéry-Modane (extraits)*

[SNCF/RT-5133 (1997) – Rectificatif A ; Edition du 02 juin 1966]

Ces données SNCF concernent les circulations dans le sens impair ; on remarque que les circulations à contre-voie ne sont affectées de réductions relatives de vitesses qu'au delà de 100 km/h.

VOYAGEURS	Autor		AUTOM			V160	V140	V120						
	RTG ETG	Autre Autor	TGV Z2 ETR 400	Z 7100	Autres Autom									
MESSAGERIES									ME 120	ME 100				
MARCHANDISES											MA 100	MA 90	MA 80	
Voie 2	Modane.....	90	90	90	90	80	80	80	80	60 (1)	60 (1)	50 (1)	40 (2)	40 (2)
	St Michel-Valloire.....													
	St Jean de Maurienne.....	100	100	100	100	95	95	95	95	70	70	70	50 (3)	50 (3)
	St Avre la Chambre.....	110	110	110	110	110	110	110	110	105	90	80	80	60
	Epiere.....	120	120	120	120	120	120	120	120					
	Aiguebelle.....	130	130	130		140	140	140		115				
	Chamousset.....	150	140	150		120	120	120						
	Pancarte km 159.3.....	130	130	130	130	120	120	120	120					
	Bif de Montmélian.....	150		150		140	140	140	140	110	100	100	90	80
	Chambéry.....	160	140	160					160	120				
Voie 1 contre sens	Modane.....	90	90	90	90	80	80	80	80	60 (1)	60 (1)	50 (1)	40 (2)	40 (2)
	St Michel-Valloire.....													
	St Jean de Maurienne.....	100	100	100	100	95	95	95	95	70	70	70	50 (3)	50 (3)
	Epiere.....					100	100	100	100		90	90	80	60
	Bif de St Pierre d'Albigny.....	130	130	130	130					100		100	90	
	Bif de Montmélian... Chambéry.....	120	120	120	120	120	120	120	120	120	100	90	80	80
Voie 4 Sens pair	St Pierre d'Albigny communication km 162.6.....	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	St Pierre d'Albigny communication km 161.5.....													

- (1) 40 km/h de Modane à St Michel-Valloire pour les trains remorqués par des locomotives dont le freinage électrique de retenue n'est pas en état de fonctionnement ou par des locomotives qui n'en sont pas munies.  
(2) 50 km/h de Modane à St Michel-Valloire pour les trains munis du FAMAD et remorqués par des locomotives équipées du freinage électrique de retenue en état de fonctionnement.  
(3) 60 km/h de St Michel-Valloire à St Jean de Maurienne pour les trains munis du FAMAD.

Nota : Les vitesses voie 2 sens pair sont inférieures aux vitesses Voie 2 CS pour cause de circulation en fortes pentes

## TABLEAU 2 b

Vitesses limites praticables sur le tronçon Chambéry-Modane (extraits)

[SNCF/RT-5133 (1997) – Rectificatif D ; Edition du 02 juin 1966]

Ces données SNCF concernent les circulations dans le sens pair ; on remarque que les circulations à contre-voie ne sont affectées de réductions relatives de vitesses qu'au delà de 100 km/h.

sens pair		sections de freinage	Sens impair	
Rampes caractéristiques	Pentes caractéristiques		Pentes caractéristiques	Rampes caractéristiques
10	10	Chambéry - Challes les eaux (2)	8	10
		-----Montrélian----- (2)	9	6
6	14	-----St Pierre D'Albigny----- (2)	5	9
		-----Epière----- (2)		12
5	24	-----St Avre la Chambre----- (2)	8	18
	30	-----St Jean de Maurienne----- (2)		26
		-----St Michel - Valloire----- (1)	5	30
		-----Modane----- (1)		

(1) Section de ligne à fortes pentes

(2) Section de ligne à freinage forfaitaire

Gares désignées pour placer le dispositif PM des trains non munis du FAMAD:

- sur montagne :MODANE

- sur Plaine : St Jean de Maurienne

SERIES D'ENGINS MOTEURS MUNIS DU FAMAD: 6500-7200/300/400-9200/9300-22200/300/400-25150-25100-25200 -26000-9600  
66000-67300-67000-67400-7100-8100 munies du FAMAD-7001-7002

SERIES D'ENGINS MOTEURS MUNIS D'UN FREIN ELECTRIQUE DE RETENUE: 6500-7200/300/400-9263/9290-9300 - 22200/300/  
400-26000

REGLES PARTICULIERES DE FREINAGE DES TRAINS DE MARCHANDISES ENTRE ST JEAN DE MAURIENNE ET MODANE  
(Dérogation au règlement S7A art 1109 et 1009Axe Chapitre VI CG TR3 D2 n°2)

	sens impair	Sens pair
MA 90 - MA100	Freinage forfaitaire(1) si machine de pousse attelée	Freinage forfaitaire (1)
MA 80	Freinage pour l'arrêt et la dérive	Freinage pour l'arrêt et la dérive

(1) FA/FD si la masse freinée réalisée est inférieure à la masse freinée nécessaire prévue respectivement aux tableaux FF/FA 90 ou FF/FA 100

DISPOSITIONS PARTICULIERES DE FREINAGE DES TRAINS SUR LA SECTION DE LIGNE A FORTES PENTES:

- Trains non munis du FAMAD

Trains de voyageurs et de Messageries:leur composition est limitée à 30 véhicules et 60 essieux

Trains de Marchandises: leur masse freinée ne doit pas dépasser 600 t

- Trains de Marchandises remorqués par un engin moteur non munis du FAMAD (placé en tête du train dans le cas de double traction)

Remorqués par une locomotive de la série 63001/63250;leur composition est limitée à 45 véhicules et leur masse freinée à 300 t

Remorqués par une locomotive de la série 63500/64000;leur composition est limitée à 35 véhicules et leur masse freinée à 250t

**ARRET DE SECURITE A LA PRAZ**

Un arrêt de sécurité doit être observé à La Praz pour les trains de marchandises sens pair lorsqu'ils sont remorqués par une locomotive autre que celle des séries:

a) 7100 - 8100/200

b) 6500 - 7200/300/400 - 9200/9300 - 22200/300/400 - 25150 - 25100 - 25200 - 26000 - 9600 - 66000 - 67000 - 67300/67400 - 72000

ou lorsque la locomotive de remorque bien qu'appartenant à une des séries a) n'a pas tous ses compresseurs en bon état de fonctionnement. Le mécanicien qui a observé un tel arrêt peut repartir de lui même, si rien ne s'y oppose

### TABLEAU 3

Rampes et pentes caractéristiques de freinage sur le tronçon Chambéry-Modane (extraits)

[SNCF/RT-5133 (1997) – Edition du 02 juin 1966]

Linea MODANE-TORINO Trazione elettrica a corrente continua  
Esercizio con Dirigente Centrale (Sede a Torino). Per i treni percorrenti il binario di sinistra

Grado di prestazione	Ascesa ‰	Progressive chilometriche	Distanze parziali	LOCALITÀ DI SERVIZIO	Posti di blocco	INDICAZIONI DI SERVIZIO E PROTEZIONE P.L.	Numero e capacità binari	
1 <sub>a</sub>	28			<b>MODANE FOURNEAUX</b>			vari	
				<b>MODANE</b>	109		(3) 36 2 6	vari (425-595)
1	0	102,548		Raccordo Saint Gobain				
		100,216	2,332	P.C. TERRES FROIDES	107(1)			
		98,145	2,071	Cippo				
		96,000	2,145		P105			
		94,134	1,866					
		91,215	2,919	Confine Francese				
		91,195	0,020	P.C. FREJUS	103(1)			
		87,925	3,270		P101			
		86,000	1,925	Cippo				
		85,425	0,575	Km. 1				
		83,831	1,594	<b>BARDONECCHIA</b>	285			(405)
		81,895	1,936		P283			
		79,974	1,921	P.L.A.			(2) Disp. Com. Km. 81,404	
		78,694	1,280	P.L.A.			(2) Disp. Com. Km. 80,124	
		78,556	0,136	Beaulard	281			-
		76,100	2,458		P279			
		73,059	3,041	P.L.			Segn. prot. Oulx	
72,748	0,311	<b>Oulx C.C.S.</b>	277			-1- (364)		
72,519	0,229	P.L.			Segn. part. Oulx			
72,356	0,163	P.L.			Segn. part. Oulx			
71,783	0,573	P.L.			Segn. part. Oulx			
70,585	1,198	Ponte Ventoux						
70,140	0,445		P275					
67,465	2,675	Shocco gall. Ceronda						
66,809	0,656	<b>Salbertrand</b>	273			vari (397-561)		
65,945			P271					
63,740	3,069							
63,070	0,670	Exilles				-		
21,992	3,953		P269					
61,195	1,875							
57,097	4,098	<b>Chiomonte</b>	267(1)			vari (405-575)		
15,079	6,913		P255					
53,690	3,407							
50,523	3,167	P.C. MEANA	263					
7,650	7,429		P261					
47,597	2,926							
44,910	2,687	Ponte sulla Dora						
43,166	1,744	(da Susa)						
0,000	7,650	<b>BUSSOLENO</b>	14		(a) (4) 40 9	vari (354-695)		

(1) I segnali di protezione e partenza possono assumere le caratteristiche di permittività secondo le modalità previste dall'art. 48/5 R.S. - (2) Posto di controllo U.M. di Bardonecchia - (3) La locomotiva E633 di spinta dovrà limitare gli assorbimenti a 1100 A nel percorrere i rami deviati di Modane, P.C. Terres Froides e P.C. Frejus. (4) Posto Puller presenziato dalle ore 7,20 alle ore 19,20.  
(a) La stazione di Bussoleno è munita di due successivi segnali di protezione: il primo protegge il fascio merci mentre il secondo protegge soltanto il fascio viaggiatori. L'avviso del secondo è accoppiato al primo.

**TABLEAU 4 a**

*Caractéristiques d'infrastructure sur le tronçon Modane-Bussoleno [FS/FSCLUP/Torino (1998)]*

Ce tableau concerne la voie impaire exploitée dans le sens direct (binario de sinistra) pour les circulations France-Italie, et en conséquence, entre Salbertrand et Bussoleno, le tracé "historique".

Y figurent notamment les données suivantes : niveaux de prestation (Grado di prestazione) [équivalent aux rampes corrigées], rampes (Ascesa), ainsi que nombre et capacités des voies d'évitement (Numero e capacità binari).

Per i treni percorrenti il binario di sinistra

Grado di prestazione	Ascesa %	Progressive chilometriche	Distanze parziali	LOCALITÀ DI SERVIZIO	Posti di blocco	INDICAZIONI DI SERVIZIO E PROTEZIONE P.L.	Numero e capacità binari		
25	14	43,166	0,112	<b>BUSSOLENO</b> <i>(per Susa)</i>	262		vari (256-567)		
		0,000							
	26	1,727	1,727	Ponte sulla Dora					
		3,594	1,867		P264				
		50,523	7,357	P.C. MEANA	266	*			
		7,650	4,056		P268				
		11,326	3,676						
		57,097	6,574	<b>Chiomonte</b>	270(1)		(575)		
		16,079	3,753						
		16,173	1,094	Imbocco Gall. Exilles					
		19,075	2,902		P272				
		63,070	5,973	Exilles			—		
21,992	2,917								
16	16	22,125	0,133		P274				
		66,809	3,739	<b>Salbertrand</b>	276		vari (397-561)		
		25,945	3,820						
		69,050	2,241		P278				
		70,585	1,535	Ponte Ventoux					
		71,783	1,198	P.L.		Segn. prot. Oulx			
		72,356	0,573	P.L.		Segn. prot. Oulx			
		72,519	0,163	P.L.		Segn. prot. Oulx			
		19	20	72,748	0,229	<b>Oulx C.C.S</b>	280		=1= (387)
				73,059	0,311	P.L.		Segn. part. Oulx	
21	23	75,010	1,851		P282				
		78,558	3,548	<i>Beaulard</i>	284		—		
		78,694	0,136	P.L.A.		(2) Disp. Com. Km. 76,835			
		79,974	12,80	P.L.A.		(2) Disp. Com. Km. 78,449			
		80,650	0,676		P286				
27	30	83,831	3,857	<b>BARDONECCHIA</b>	102		(445)		
		1	85,425	1,588	Km. 1				
			86,000	0,575	Cippo				
		87,985	1,985		P104				
		91,195	3,210	P.C. FREJUS	106(1)				
		0	91,215	0,020	Confine Francese				
			94,111	2,896		P108			
			96,000	1,889	Cippo				
			98,145	2,145	P.C. TERRES FROIDES	110(1)			
			102,548	4,403	<b>MODANE</b>			vari (425-595)	

(1) I segnali di protezione e partenza possono assumere le caratteristiche di permissività secondo le modalità previste dall'art. 48/5 R.S. - (2) Posto di Controllo U.M. di Bardonecchia. - (a) La stazione di Modane è munita di due successivi segnali di protezione: il primo protegge il fascio merci lato Italia il secondo protegge soltanto il fascio viaggiatori. L'avviso del secondo è accoppiato al primo. (Secondo le norme degli O.S. 17 e 18/1981 P.d.S. tipo B)  
(3) Posto Polfer presenziato dalle ore 7.20 alle ore 19.20.

**TABLEAU 4 b**

Ce tableau concerne la voie paire exploitée dans le sens direct (binario di sinistra) pour les circulations Italie-France, et en conséquence, entre Bussoleno et Salbertrand, la "ligne nouvelle".

Y figurent notamment les données suivantes : niveaux de prestation (Grado di prestazione) [équivalent aux rampes corrigées], rampes (Ascesa), ainsi que nombre et capacités des voies d'évitement (Numero e capacità binari).

Per i treni percorranti il binario di destra  
(Secondo le norme degli O.S. 17 e 18/1981, P. d.S. tipo A tratto Bussoleno-Bardonecchia e P.d.S. tipo B tratto Bardonecchia-Modane)

Grado di prestazione	Ascesa %	Progressive chilometriche	Distanze parziali	LOCALITÀ DI SERVIZIO	Posti di blocco	INDICAZIONI DI SERVIZIO E PROTEZIONE P.L.	Numero e capacità binari
25	14	43,166 0,000		<b>BUSSOLENO</b>	262		vari (256-567)
		44,910	1,744	Ponte sulla Dora			
28	29	50,523 7,650	5,613 7,650	P.C. MEANA	266		
27	30	57,097 15,079	6,574 7,429	<b>Chiomonte</b>	270		(575)
		62,900	5,803		P271d		
		63,070 21,992	0,170 6,913	Exilles			—
16	16	66,809 25,345	3,739 3,953	<b>Salbertrand</b>	275d		vari (397-561)
		70,585	3,776	Ponte Ventoux			
		71,783	1,198	P.L.		Segn. prot. Oulx	
		72,356	0,573	P.L.		Segn. prot. Oulx	
		72,519	0,163	P.L.		Segn. prot. Oulx	
19	20	72,748	0,229	<b>Oulx C.C.S.</b>	280		*1* (387)
		73,059	0,311	P.L.		Segn. part. Oulx	
21	26	78,558	5,499	<i>Beaulard</i>			—
		78,694	0,136	P.L.A.		(1) Disp. Com. Km. 78,835	
		79,420	0,726		P283d		
		79,974	0,554	P.L.A.		(1) Disp. Com. Km. 78,449	
27	30	83,831		<b>BARDONECCHIA</b>	102		(445)
		85,425	1,594	Km. 1			
1	0	86,000	0,575	Cippo			
		91,195	5,195	P.C. FREJUS	103d		
		91,215	0,020	Confine Francese			
		96,000	4,785	Cippo			
		98,145	2,145	P.C. TERRES FROIDES	107d		
		100,216	2,071	Raccordo Saint Gobain			
		102,548	2,332	<b>MODANE</b>			vari (425-595)

(a) La stazione di Modane è munita di due successivi segnali di protezione: il primo protegge il fascio merci lato Italia mentre il secondo protegge soltanto il fascio viaggiatori. L'avviso del secondo è accoppiato al primo.  
(1) Posto di controllo U.M. di Bardonecchia.  
(2) Posto Poller presenziato dalle ore 7.20 alle ore 19.20.

#### TABLEAU 4 c

Ce tableau concerne la voie paire exploitée à contre sens (binario di destra) pour les circulations Italie-France, et en conséquence, entre Bussoleno et Salbertrand, le tracé "historique".

Y figurent notamment les données suivantes : niveaux de prestation (Grado di prestazione) [équivalent aux rampes corrigées], rampes (Ascesa), ainsi que nombre et capacités des voies d'évitement (Numero e capacità binari) [La comparaison des deux colonnes de gauche des tableaux 4b et 4c atteste les différences de caractéristiques entre les deux tracés de la section Bussoleno-Salbertrand].

Grado di frenatura	Velocità max. km/h DIRETTA				Grado di frenatura	Velocità max. km/h DIRAMATA		LOCALITÀ DI SERVIZIO	Progr. chilom.	Velocità max. km/h BIN. DESTRA				Grado di frenatura	
	A	B	C	P		A	B			A	B	C	P		
					III	30	30	<b>MODANE F.</b>							
III <sub>a</sub>	30	30	30	30				<b>MODANE</b>	102,34	I	30	30			III <sub>a</sub>
	70	75	75	75				Dev. U.			70	75			
								Racc. St. Gob km. 100,216							
								P.C. TERRES F. km 98,145							
I	100	110	110	110				Cippo km 96,000			100	110			
								Confine franc. km 91,215							
VIII	75	85	85	120				P.C. FREJUS km 91,195			75	85			
				85				Cippo Km. 91,000							
								Cippo km 86,000							
VI	120	130	130	130				Cippo km 1,000-km 85,425						VIII	
								<b>BARDONECCHIA</b>	83,83	I	95	100			
								Scambio estremo							
								<i>Beaulard</i>	78,56	I	120	130		VI	
								<b>Outz C. Clav. Sest.</b>	72,74	I	90	100			
								Ponte Ventoux km 70,585			100	105			
								Sb. gall. Cer. km 67,465							
VIII	90	100	100	100				<b>Salbertrand (a)</b>	66,80	I					VIII
								imb.gall.S. de la Voûte km 65,270	25,93						
								<i>Exilles (a)</i>	63,06	I					
									21,99						
								<b>Chiomonte (a)</b>	57,09	I					
								Dev. U.	15,08						
								Dev. I.							
								P.C. MEANA (a)	50,52	I					
								Cippo Km. 5,000	7,65		90	95			
								Porte sulla Dora km 44,910							
								<b>Susa</b>	50,69	I					
								P.L.A. km 50,085							
								P.L.A. km 47,784							
								P.L.A. km 47,589							
								P.L.A. km 47,127							
								P.L.A. km 46,560							
III	100	110	110	130				<b>BUSSOLENO (a)</b>	43,16	I					
	130	150	150	150				Cippo km 42,469	0,00						
								<i>Bruzolo di S.</i>	38,57	I					
								<b>Borgone</b>	35,72	I	130	150		III	
								Dev. U.			155				
II		155	155	155				<b>S. Antonino Vaie</b>	32,19	I				II	

(\*) Rispetto nuovo binario pari assegnata a Bussoleno, P.C. Meana, Chiomonte, Exilles e Salbertrand doppia progressiva diomertica.

### TABLEAU 5 a

Vitesses de circulation et caractéristiques de freinage sur le tronçon Modane-Bussoleno [FS/FSCLUP/Torino (1998)]

Ce tableau est relatif aux circulations France-Italie et porte sur chacun des deux tracés possibles, à savoir selon la voie impaire (itinéraire de voie directe [Diretta] et donc sur l'intégralité de la ligne "historique"), et selon la voie paire exploitée à contresens [Binari di destra] (en empruntant de ce fait, entre Bussoleno et Salbertrand, la "ligne nouvelle").

Outre les indications relatives à l'antenne de Susa (Diramata), sont notamment portées sur ce tableau les données suivantes : classes de freinage (Grado di frenatura) et les vitesses de circulation des trains de voyageurs classés en quatre catégories (A, B, C et P) [cf. Cahiers C5 & C6A] ; les vitesses admises pour les circulations de convois de fret figurent sur d'autres tableaux.

Grado di frenatura	Velocità max Km/h BIN. DESTRA				Progr. chilom.	LOCALITÀ DI SERVIZIO	Velocità max. km/h DIRAMATA		Grado di frenatura	Velocità max. km/h DIRETTA				Grado di frenatura
	A	B	C	P			A	B		A	B	C	P	
I <sub>33</sub>	130	155	—	—	32,19	<b>S. Antonino Vale</b>				130	155	155	155	I <sub>33</sub>
		150			35,72	Dev. I. <b>Borgone</b>					150	150	150	
					38,57	<i>Bruzolo di S.</i>								
III <sub>1</sub>	80	85	—	—	43,16	Segn. Prot. <b>BUSSOLENO (a)</b>	75	80	I <sub>33</sub>	100	110	110	130	III <sub>1</sub>
					0,00	P.L.A. km 46,570 P.L.A. km 47,127 P.L.A. km 47,559 P.L.A. km 47,754 P.L.A. km 50,085	50	50		90	95	100	115	
					50,69	<i>Susa</i>								
	90	100			50,52	Ponte sulla Dora km 1,727 Cippo Km. 5,000 P.C. MEANA (a)				100	105	110	110	
					7,65	Dev. II. Dev. I.						110	120	
					57,09	<b>Chiomonte (a)</b>						105	105	
					15,08	Imb. gall. Exilles km 16,173								
	100	105			163,06	<i>Exilles (a)</i>								
					21,99	Sb. gall. de la Voute km 65,270								
I <sub>4</sub>	120	130			166,80	<b>Salbertrand (a)</b>								I <sub>4</sub>
					25,93	Imb. gall. Ceronda km 67,465 Ponte Ventoux km 70,585				90	100	100	100	
					72,74	<b>Oux C. Clav. Sest.</b>				120	130	130	130	
III <sub>1</sub>	95	100			78,56	<i>Beaulard</i>				95	100	100	100	III <sub>1</sub>
	75	85			83,63	Segn. Prot. <b>BARDONECCHIA</b>				75	85	85	85	
I	100	110				Cippo km 1,000-km 85,425 Cippo km 86,000 Cippo km 91,000 P.C. FREJUS km 91,195				100	110	110	110	I
VIII	70	75				Confine Fr. km 91,216 Cippo km 96,000				70	75	75	75	VIII
	30	30				P.C. TERRES F. km 98,145 Racc. St. Gob km 100,216 Dev. I.				30	30	30	30	
					102,54	<b>MODANE</b>								

(a) Rispetto nuovo binario pari assegnata a Bussoleno, Chiomonte, Exilles, P.C. Meana e Salbertrand doppia progressiva chilometrica.

### TABLEAU 5 b

Vitesses de circulation et caractéristiques de freinage sur le tronçon Bussoleno-Modane [FS/FSCLUP/Torino (1998)]

Ce tableau est relatif aux circulations Italie-France et porte sur chacun des deux tracés possibles, à savoir selon la voie paire (itinéraire de voie directe [Diretta] en empruntant de ce fait, entre Salbertrand et Bussoleno, la "ligne nouvelle"), et selon la voie paire exploitée à contresens [Binari di destra] (en empruntant, entre Salbertrand et Bussoleno, l'intégralité de la ligne "historique").

Outre les indications relatives à l'antenne de Susa (Diramata), sont notamment portées sur ce tableau les données suivantes : classes de freinage (Grado di frenatura) et les vitesses de circulation des trains de voyageurs classés en quatre catégories (A, B, C et P) [cf. Cahiers C5 & C6A] ; les vitesses admises pour les circulations de convois de fret figurent sur d'autres tableaux.